

# SYSTEMHANDLING

Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg -  
Skandiahammen

## Teknisk handling Geoteknik


Projektnummer: 108 793

2015-05-31




Foto: Göteborgs Hamn

Sweco	Revidering/Revideringsdatum:	Skapad av:	Uppdragsansvarig:
	-/-	AnnLouise Elliot, Ingvar Rhen, Peter Danielsson	Karl Holmström
	Uppdragsnummer: 2343005000	Internt granskad av: Carina Hultén, Magnus Liedholm, Joakim Karlsson	Datum för interngranskning: 2015-04-24 - 2015-05-04
Revidering kapitel:			
Trafikverket	Dokumentbeteckning: Geokonstruktioner, kapitel 3		
	Dokumentnummer projekt: 108793-15-010-001		
	Granskad av: Terese Löfgren	Datum: 2015-01-29	Bandel: 603
	Fastställd av: Christer Claesson	Datum: 2015-05-31	Km: 4+100 – 7+500
	Dokumentnummer förvaltning:		

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg - Skandiahammen	Sidnr: 1 (28)		
	Teknisk handling Geoteknik	Projektnummer: 108 793		
		Dokumentnummer projekt: 108793-15-010-001		
Produkt:  Systemhandling	Dokumentbeteckning:  Geokonstruktioner, kapitel 3	Datum: 2015-05-31	Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

## Innehållsförteckning


3	Geokonstruktioner.....	3
3.1	Allmän sammanfattning.....	3
3.1.1	Uppdrag och syfte.....	3
3.1.2	Underlag och redovisning .....	3
3.1.3	Sammanfattande geoteknisk, bergteknisk och geohydrologisk beskrivning .....	3
3.1.4	Utvärdering och kommentarer .....	5
3.1.5	Utvärdering av ansökan om tillstånd till vattenverksamhet.....	6
3.2	Befintliga förhållanden/anläggningar .....	6
3.2.1	Topografi och geologi .....	6
3.2.2	Grundvattenmagasin .....	6
3.2.3	Grundvattennivåer.....	7
3.2.4	Grundvattenbildning .....	7
3.2.5	Grundvattenströmning.....	7
3.2.6	Grundvattenkemi.....	8
3.2.7	Sättningsförhållanden .....	9
3.2.8	Stabilitetsförhållanden .....	9
3.2.9	Vibrationer .....	9
3.2.10	Befintliga anläggningar .....	9
3.3	Planerade åtgärder.....	11
3.3.1	Grundläggningsrekommendationer .....	11
3.3.2	Linje 4+090 – 4+280.....	11
3.3.3	Linje 4+280– 4+400 Stödkonstruktioner väster om Nordviksgatan.....	12
3.3.4	Linje 4+400 – 4+550 Betongtunnel i bergschakt öster om Bratteråsberget.....	13
3.3.5	Linje 4+550 – 4+720 Betongtunnel öster om Bratteråsberget .....	14
3.3.6	Linje 4+720 – 4+810 Bergtunnel Bratteråsberget .....	16
3.3.7	Linje 4+810 – 5+080 Betongtunnel mellan Bratteråsberget och Krokängsberget .....	17
3.3.8	Linje 5+080 – 5+290 Bergtunnel Krokängsberget .....	18
3.3.9	Linje 5+290 – 5+510 Betongtunnel väster om Krokängsberget .....	20
3.3.10	Linje 5+510 – 5+790 Tråg Pölsebo.....	21
3.3.11	Linje 5+790 – 6+300.....	22

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg - Skandiahamnen	Sidnr: 2 (28)	
	Teknisk handling Geoteknik	Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-15-010-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Geokonstruktioner, kapitel 3	Datum: 2015-05-31	Uppdragsnr: 2343005000
			Rev. datum: -/-

3.3.12	Linje 6+300 – 7+010.....	23
3.3.13	Linje 7+010 – 7+210.....	24
3.3.14	Linje 7+210 – 7+500 .....	24
3.3.15	Kontaktledningsfundament .....	25
3.3.16	Järnvägsanläggning i anslutning till Kolhamnsgatan.....	25
3.3.17	Järnvägsbro över rörgata vid km ca 6+765.....	26
3.3.18	Fotbollsplan vid Krokängsparken.....	26
3.3.19	Flytt av befintlig GC-bro i Pölsebo.....	27
3.3.20	Säterigatans korsning över betongtunnel .....	27
3.3.21	Ledningar .....	27
3.3.22	Dräneringar .....	28
3.3.23	Etapper och tillfälliga anläggningar .....	28
3.3.24	Kontrollprogram .....	28

#### Bilagor

108793-08-081-001	Markteknisk undersökningsrapport, MUR – Geoteknik
108793-08-080-001	Projekterings-PM, Geoteknik
108793-18-081-001	Markteknisk undersökningsrapport, MUR – Hydrogeologi
108793-18-080-001	Projekterings-PM, Hydrogeologi
108793-18-080-004	PM – Hydrogeologi, Dränering under tunnel
108793-18-080-005	PM – Hydrogeologi - Pump/infiltrationsbrunnar,
108793-19-081-001	Markteknisk undersökningsrapport, MUR – Bergteknik
108793-19-080-001	Projekterings-PM, Bergteknik

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg - Skandiahammen	Sidnr: 3 (28)	
	Teknisk handling Geoteknik	Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-15-010-001	
Produkt:  Systemhandling	Dokumentbeteckning:  Geokonstruktioner, kapitel 3	Datum: 2015-05-31	Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum: -/-	

## 3 Geokonstruktioner

### 3.1 Allmän sammanfattning

#### 3.1.1 Uppdrag och syfte

Syftet är att klarlägga de geotekniska, bergtekniska samt hydrogeologiska förutsättningarna i tillräcklig omfattning för planerad sträckning av Hamnbanan, för att kunna beskriva väsentliga tekniska lösningar och deras konsekvenser samt att detta ska utgöra underlag för fortsatt projektering och byggande.

#### 3.1.2 Underlag och redovisning

Inventeringar av förhållanden och tidigare undersökningar i området har utförts. Utifrån dessa har fält- och laboratorieundersökningar genomförts för att klarlägga förutsättningarna för planerad anläggning. De geotekniska, hydrogeologiska och bergtekniska förhållandena beskrivs i specifik Markteknisk undersöknings-rapport, MUR, för respektive teknikslag – Geoteknik (108793-08-081-001), Hydrogeologi (108793-18-081-001) och Bergteknik (108793-19-081-001).

I Projekterings-PM beskrivs grunder och härledningar till förutsättningarna för att anlägga Hamnbanan tillsammans med beräkningar etc: Geoteknik (108793-08-080-001), Hydrogeologi (108793-18-080-001) och Bergteknik (108793-19-080-001). Underlag till Projekterings PM-Hydrogeologi redovisas i PM – Hydrogeologi, Dränering under tunnel (108793-18-080-004) och PM Hydrogeologi - Pump/infiltrationsbrunnar, (108793-18-080-005).


#### 3.1.3 Sammanfattande geoteknisk, bergteknisk och geohydrologisk beskrivning

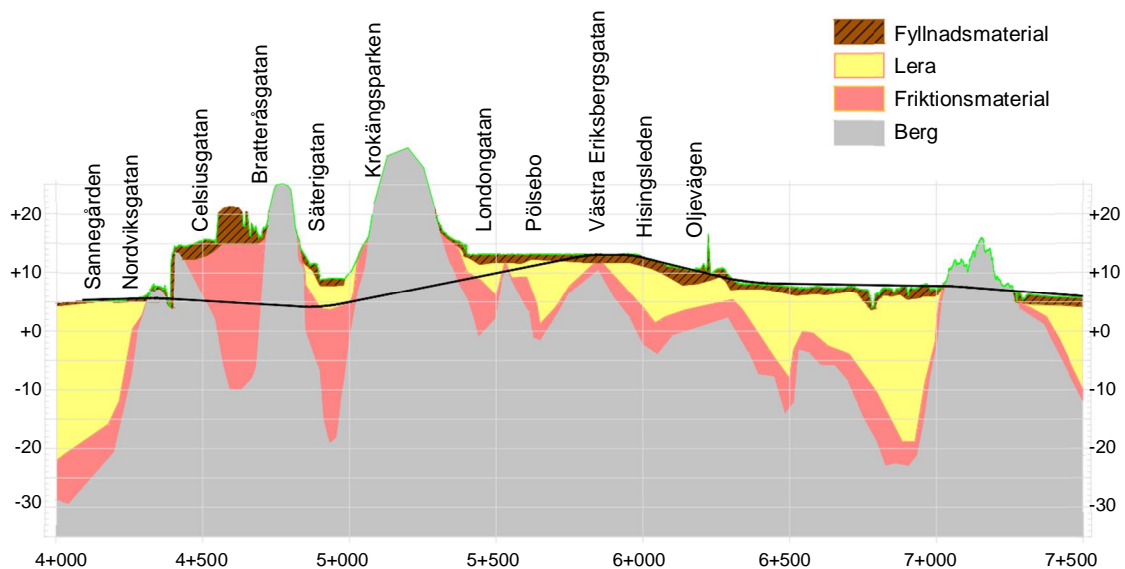
Både geoteknik- och grundvattenförhållanden varierar stort på sträckan mellan Eriksberg och Skandiahammen, se Figur 3-1. Områden med lera och isälvsmaterial förekommer omväxlande med partier med berg i eller nära i dagen.

Det huvudsakliga grundvattenmagasinet i jord återfinns i morän och/eller sandlager inom större delen av projektområdet. Grundvattenmagasinet i jord överlagras av lerlager i större delen av området i lågpartier mellan bergkullar och höjdområden, förutom i vissa områden som inte är lertäckta. Utöver detta i huvudsak slutna magasinet i jord, finns ett övre öppet magasin i fyllnadsmassorna.

Längs hela korridoren förekommer grundvatten i berggrunden i öppna spricksystem, som även står i hydraulisk kontakt med grundvattenmagasinet i jordlagren.




	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg - Skandiahallen	Sidnr: 4 (28)	
	Teknisk handling Geoteknik	Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-15-010-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Geokonstruktioner, kapitel 3	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-



Figur 3-1. Schematisk översikt över geologiska förhållanden på sträckan

På sträckan korsar planerad järnväg ett antal undermarksanläggningar, vars exakta läge och funktion omfattas av sekretess. Dessa berörs av utbyggnaden både direkt och indirekt. Några anläggningar kommer att behöva ersättas, innan eller i samband med utbyggnaden. Några kan kräva restriktioner vid bergschakt och extra förstärkningsåtgärder i nya tunnlar och eventuellt kan också vissa försvarsåtgärder komma att krävas i dessa befintliga undermarksanläggningar.

I den östra delen går järnvägen i skärning, och undergrunden utgörs av lös lera med upp till 30 m mäktighet. I anslutning till Nordviksbron, där den nya anläggningen viker av från befintligt spårområde, grundar leran upp och övergår till friktionsjord, sand och grus. Därefter skär anläggningen genom en mindre bergplint och spåret anläggs i betongtunnel fram till Bratteråsberget. De naturliga jordlagren utgörs här av friktionsjord/isälvsmaterial, företrädesvis sand, med upp till 30-35 m mäktighet. Block kan naturligt förekomma i isälvsmaterialet. Mäktiga lager med fyllnadsmassor finns i denna del (totalt upptill ca 16 m, varav ca 8 m under omgivande marknivå och ca 8 m över). Mellan Bratteråsberget och Krokängsberget anläggs betongtunneln tvärs en dal där fyllnadsmassor och naturlig lera, ca 8 m, underlagras av skiktad friktionsjord till som mest ca 25 m djup. Väster om Krokängsberget och fram till Ivarsbergsmotet varierar såväl jordmäktighet som jordarter. Jordmäktigheten är mer måttlig i denna del, huvudsakligen kring 10 m, och utgörs under fyllning främst av lera som överlagras friktionsjord, sand och grus. På sträckan förekommer även silt, samt gytta har påträffats lokalt. Väster om Ivarsbergsmotet utgörs jordlagren huvudsakligen av lös lera med mäktighet, upp till 25 m. I leran finns ställvis konduktiva skikt av friktionsjord.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg - Skandiahallen	Sidnr: 5 (28)	
	Teknisk handling Geoteknik	Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-15-010-001	
Produkt:  Systemhandling	Dokumentbeteckning:  Geokonstruktioner, kapitel 3	Datum: 2015-05-31	Uppdragsnr: 2343005000
			Rev. datum: -/-

Berggrunden i området utgörs till största delen av en blockig till storblockig, fintill medelkornig granit-granodiorit. Berggrunden bedöms, baserat på nya utförda undersökningar och tidigare material, ur bergbyggnadssynpunkt generellt att vara av god kvalitet.

Bergschakt kommer för den nya sträckningen av Hamnbanan i huvudsak utföras för två korta bergtunnlar, igenom Bratterås- och Krokängsbergen. Dessutom ska en befintlig bergskärning i väster breddas för ytterligare ett spår. Utöver detta kommer bergschakt även att utföras för grundläggning av betongtunnlar, tråg och ledningar etc.

De båda bergtunnlarna går igenom topografiskt markerade bergplintar. Inga större svaghets- eller krosszoner har identifierats. Korta avsnitt med sämre berg som noterats vid kärnbörningar utgörs av smala zoner som inte bedöms påverka byggnationen av tunnlar.

Bergtäckningen över tunnlar varierar från 5-6 meter i påslagslägena till som högst ca 20-25 meter. Höjden på bergskärning är som störst ca 10 meter.

### 3.1.4 Utvärdering och kommentarer


För att säkerställa järnvägsanläggningens funktion i framtiden och minimera riskerna för omgivningspåverkan i såväl byggskedet som i driftskedet behöver flera åtgärder och förstärkningsarbeten utföras.

Grundvattennivåförändringar kan eventuellt påverka fastigheter norr och öster om Bratteråsberget, mellan Krokängsberget och Bratteråsberget samt i Pölsebo. Skyddsvärda träd i Krokängsparken och vid Bratteråsberget kan också påverkas. Trädens anpassningsförmåga till höjda grundvattennivåer är betydligt sämre jämfört med sjunkande grundvattennivåer.

Betongtunnlar och tråg behöver i huvudsak grundförstärkas för att inte skadliga rörelser ska uppkomma och för att inte störande vibrationer ska genereras i driftskedet. Med hänsyn till grundvattensituationen i området behöver åtgärder utföras såväl för byggskedet som för driftskedet.

Under byggskedet kommer djupa schakter, upp till 20 m, att anläggas för byggnation av betongtunnel inklusive bergtunnelpåslag. Omfattande temporära stödkonstruktioner som t ex spont i kombination med tätkaka på schaktbotten kan utföras för att stabilisera schaktslänter och undvika grundvattensänkning i området under byggskedet. Tekniska lösningar behöver också utformas så att inte dämning uppkommer då den grundvattenförande jordmaktigheten minskar på grund av betongtunneln vilket kan påverka grundvattenbalansen i området och orsaka höjda grundvattennivåer etc. Förutsättningarna för att bygga brunnar för att kunna styra grundvattennivåerna under byggskedet, inom de ramar som fastställs i ett kontrollprogram, bedöms som goda med spont i kombination med tätkaka på schaktbotten. Andra lösningar, tex utan tätkaka och släntschakt, kräver mer markutnyttjande och kan eventuellt också vara ogenomförbara på grund av oacceptabla risker.

Det kan finnas lokala problem med att driva ned spont på grund av tex block och fyllnadsmassor. Det kan därför lokalt krävas temporära lösningar under byggskede med pump- och infiltrationsbrunnar för att kunna utföra åtgärder som leder till att spont kan drivas till erforderligt djup. Bedömningen är att det i

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg - Skandiahammen	Sidnr: 6 (28)	
	Teknisk handling Geoteknik	Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-15-010-001	
Produkt:  Systemhandling	Dokumentbeteckning:  Geokonstruktioner, kapitel 3	Datum: 2015-05-31	Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum: -/-	

huvudsak sannolikt är goda förutsättningar att bygga brunnar, förutom strax väster om Bratteråsberget.

Arbetsutförandet ska kompletteras med kontrollprogram som är kopplade till åtgärder främst i anslutning till schaktområdena, men även i närområdet till schakter under byggskedet. Anläggningen ska tillsammans med skyddsåtgärder utformas så att risk för såväl dämning som grundvattensänkning minskas i driftskedet. Efter byggnationen behövs därför också ett kontrollprogram under en period för verifikation av att utförda åtgärder även på sikt är tillräckliga.

Etappindelning, produktionsplanering och logistik inom arbetsområdena i byggskedet påverkar i hög grad utförandet och kan innebära att åtgärder behöver förändras.

### 3.1.5 Utvärdering av ansökan om tillstånd till vattenverksamhet

Byggandet av den nya Hamnbanan bedöms endast påverka de befintliga grundvattenförhållandena på sträckan från Nordviksgatan till Pölsebo där betongtråg, betongtunnel och bergtunnel planeras, men inte inom övriga delar av bansträckningen. Åtgärder behöver utföras för både byggskedet och driftskedet, för att upprätthålla befintliga grundvattennivåer och därmed minimera risken för omgivningspåverkan. Föreslagna åtgärder under byggskede bedöms dock medföra att inga aktiva åtgärder är nödvändiga under driftskedet för att bibehålla befintliga grundvattennivåer. Bedömningen är att byggandet av järnvägsanläggningen medför en betydande påverkan av grundvattenförhållanden och att en ansökan om Vattenverksamhet behöver utföras för sträckan Eriksberg - Pölsebo.

## 3.2 Befintliga förhållanden/anläggningar

### 3.2.1 Topografi och geologi

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


### 3.2.2 Grundvattenmagasin

Det huvudsakliga grundvattenmagasinet i jord återfinns i vattenförande lager i morän och/eller sandlager och i uppsprucken bergyta i större delen av projektområdet. Grundvattenmagasinet i jord överlagras av lerlager, framför allt i lågpartier mellan bergkullar och höjdområden. Detta magasin är slutet. I fyllnadsmaterialet ovan lera finns ett öppet grundvattenmagasin.

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

Väster om Ivarsbergsmotet finns två avrinningsområden som berör den västra delen av bansträckningen. Större delen av området täcks av en postglacial lera och enligt tidigare undersökningar underlagras den av friktionsjord med mindre



	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg - Skandiahammen	Sidnr: 7 (28)		
	Teknisk handling Geoteknik	Projektnummer: 108 793		
		Dokumentnummer projekt: 108793-15-010-001		
Produkt:  Systemhandling	Dokumentbeteckning:  Geokonstruktioner, kapitel 3	Datum: 2015-05-31	Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

måktighet som bildar ett undre slutet grundvattenmagasin. Ett öppet, ytligt grundvattenmagasin finns i torrskorpelera och periodvis uppstår sumpområden inom vissa delar (tex Ryaskog).

De mäktiga lerlagren under Göta älv underlagras av friktionsjord, se MUR Hydrogeologi (108793-18-081-001). Det undre grundvattenmagasinet längs bansträckningen bedöms stå i kontakt med detta friktionsjordslager under leran i älvområdet.

Längs hela korridoren förekommer i berggrunden grundvatten i öppna spricksystem, som även står i hydraulisk kontakt med grundvattenmagasinet i jordlagren.

### 3.2.3 Grundvattennivåer

Inom utredningsområdet finns befintliga undermarksanläggningar, vars exakta lägen och funktion omfattas av sekretess. Dessa anläggningar har sedan länge påverkat grundvattennivåerna i området. Även Lundbytunneln, norr om området, påverkar vattenbalansen inom tillrinningsområdet. Ett antal infiltrationsanläggningar finns inom området som normaliserar grundvattennivåerna till följd av undermarksanläggningarna.

Grundvattennivåns årsvariation är relativt väl känd nära aktuellt område då Stadsbyggnadskontoret (SBK) i Göteborg Stad utför långtidsmätningar i några punkter. Den allmänna bilden är att variationen är störst i avrinningsområdets högre belägna delar och minskar i avrinningsområdet lägre delar, vilket stämmer väl när data från SBK analyseras. Skillnaden mellan uppmätta högsta och lägsta grundvattennivåerna är ca 4-5 m i övre delarna av avrinningsområdet som omfattar Pölsebo, Säterigatan och öst om Bratteråsberget medan motsvarande skillnader är ca 2-3 m i närheten av planerad bansträckning. Grundvattenytan bedöms i huvudsak ligga 1–8 meter under markytan i jord och 2-11 meter i berg.

### 3.2.4 Grundvattenbildning


Åtta stycken ytavrinningsområden berör den planerade bansträckningen. Nybildning av grundvatten i området sker i huvudsak i randområdena mellan jord och berg, och beror till stort del på områdets karaktär (andelen hårdgjorda ytor, jordarter, anläggningar och dränerande/läckande ledningar i området).

Grundvattenbildningen är sannolikt något större i området med isälvsediment öster om Bratteråsberget, jämfört med övriga områden som berörs av Hamnbanan. Detta på grund av att det, enligt kartering av SGU (Sveriges geologiska undersökning), inte finns något ihållande lerlager dokumenterat i detta område. Grundvattenbildningen i Göteborg är generellt liten.

Grundvattenbildningen till det undre grundvattenmagasinet strax väster om Ivarsbergsmotet sker sannolikt i huvudsak i de sandiga områdena i avrinningsområdets nordöstra del.

### 3.2.5 Grundvattenströmning

Grundvattenströmningen i området sker generellt från höjdområden i norr, i riktning ner mot Göta älv. Två huvudavrinningsområden har identifierats, ett på var sida om Älvsborgsbron, se bilaga 1 figur B1-005 i MUR, Hydrogeologi (108793-18-081-001). Grundvattendelarna antas här i stort sett sammanfalla

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg - Skandiahallen	Sidnr: 8 (28)	
	Teknisk handling Geoteknik	Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-15-010-001	
Produkt:  Systemhandling	Dokumentbeteckning:  Geokonstruktioner, kapitel 3	Datum: 2015-05-31	Uppdragsnr: 2343005000
			Rev. datum: -/-

med ytvattendelare i området. Ytvattendelare för delavrinningsområden i dessa två huvudavrinningsområden har identifierats utifrån topografi och höga berglägen. I några fall nära bansträckningen motsvaras dessa inte av grundvattendelare på grund av de geologiska förhållandena. Grundvattenflödet går i huvudsak från norr till söder i områden för planerad bansträckning.

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

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

Vattenprov i berg har tagits vid kortare pumpningar i hammarborrhål vid Bratteråsberget och Krokängsparken. Halterna för några analyserade komponenter indikerar följande:

- pH är (mätt i lab) ca 6.8-7.8 och 7.8 i Bratteråsberget respektive Krokängsparken.
- Hårdhet mätt som tyska hårdhetsgrader (vilket motsvaras ca 10 mg/L av CaO (Kalk)) är ca 1.1-7.3 och 5.6 °dH i Bratteråsberget respektive Krokängsberget.
- Alkalinitet är ca 150-180 och 110 mg/L i Bratteråsberget respektive Krokängsberget.
- Järnhalt är ca 1.2-1.9 och 11 mg/L i Bratteråsberget respektive Krokängsberget.
- Kloridhalt är ca 11-19 och 23 mg/L i Bratteråsberget respektive Krokängsberget.
- Sulfathalt är ca 8.7-16 och 15 mg/L i Bratteråsberget respektive Krokängsberget.

Se MUR - Hydrogeologi (108793-18-081-001) för detaljer.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg - Skandiahammen	Sidnr: 9 (28)		
	Teknisk handling Geoteknik	Projektnummer: 108 793		
		Dokumentnummer projekt: 108793-15-010-001		
Produkt:  Systemhandling	Dokumentbeteckning:  Geokonstruktioner, kapitel 3	Datum: 2015-05-31	Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

### 3.2.7 Sättningsförhållanden

Leran i området är i huvudsak normal till svagt överkonsoliderad. Utförda belastningsförsök (CRS) visar en överkonsolideringsgrad (OCR) mellan ca 1,1-1,8, vilket ungefär motsvarar en överkonsolidering med ca 10-30 kPa. Leran är känslig för ökad belastning då dessa kan leda till sättningar som inom vissa delar kan pågå under lång tid. Detta är viktigt att beakta vid all belastning av marken så väl inom som i anslutning till anläggningen t.ex. avseende markuppfyllnader och grundvattensänkningar.

I delar med stora lerdjup, inledningsvis på sträckan vid Eriksberg samt i de västra delarna, huvudsakligen mellan ca km 6+300 - 7+000, där lermåktigheten uppgår till 20 m och mer pågår det troligen små krypsättningar uppskattningsvis 1-3 mm/år.

I område med isälvsavlagringar/friktionsjord bedöms inga sättningar pågå.

### 3.2.8 Stabilitetsförhållanden

Totalstabiliteten i området är idag i huvudsak tillfredställande och även för färdig anläggning kommer stabiliteten vara tillfredställande när erforderliga åtgärder utförts. För Kolhamnsgatan behöver stabilitetshöjande åtgärder utföras på del av sträckan för driftskedet samt för befintlig trumma i km ca 7+365. Under byggskedet behöver även åtgärder inom vissa delar vidtas i form av temporära stödkonstruktioner och/eller belastningsrestriktioner då tex uttag av fullschakt för underbyggnad utförs i de delar där spåret går i skärning. För dagens markutnyttjande i anslutning till planerat spår område är stabiliteten tillfredställande i driftskedet. I byggskedet kan tillfälliga lastrestriktioner erfordras vid exempelvis; Eriksberg, Bratterås, Oljevägen, beroende på arbetsordningar och etappindelningar etc. Vid förändrade verksamhet/markutnyttjande/detaljplanläggning etc kan för angränsande delar tex belastningsrestriktioner behöva införas för att stabiliteten ska säkerställas även i framtiden.

### 3.2.9 Vibrationer


Markförhållandena inom större delen av sträckan har en god förmåga att fortplanta vibrationer vilket behöver beaktas vid vibrationsalstrande arbeten (sprängning, pålning, spontning etc). Sådana arbeten ska utföras så att störningar i området inte överskrider angivna gränsvärden samt så att inte skador uppkommer på befintliga objekt och anläggningar inom och i anslutning till arbetsområdet. Angående stomljud och vibrationer i driftskede och åtgärder kopplat till dessa se Kap 10 i Systemhandlingen, Miljöskydd, 108793-04-010-001.

### 3.2.10 Befintliga anläggningar

Nordviksbron, vägbro över Hamnbanan vid km 4+270, är pålgrundlagd med betongpålar till fast botten. Tillfartsramperna är grundförstärkta med bankpålar och med övergång till lättklinkerfyllning.

Kolhamnsgatan längs hamnbanan är delvis grundförstärkt med lättklinker i vägkroppen på del av sträckan, (längs ca km 4+125 – 4+255).

Västra Eriksbergsbron, vägbro över Hamnbanan vid ca km 5+835, är grundlagd dels på pålar till fast botten och dels direkt på berg.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg - Skandiahammen	Sidnr: 10 (28)		
	Teknisk handling Geoteknik	Projektnummer: 108 793		
		Dokumentnummer projekt: 108793-15-010-001		
Produkt:  Systemhandling	Dokumentbeteckning:  Geokonstruktioner, kapitel 3	Datum: 2015-05-31	Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

Ivarsbergsmotet, vägbro över Hamnbanan km 5+985, är grundlagd dels på pålar till fast botten och dels direkt på berg.

Oljevägsbron, vägbro över Hamnbanan vid km 6+200, är grundlagd dels på packad fyllning och dels direkt på berg.

I anslutning till planerat spår finns idag för befintligt spår en pålgrundlagd järnvägsbro över rörgata, ca km 6+765. Banken i anslutning till bron är förstärkt med bankpålar och lättfyllning.


Vid ca km 7+365 är bankroppen för det södra spåret avlastad med lättklinkerfyllning i anslutning till befintlig dagvattentrumma med hänsyn till stabiliteten.

Längs planerat spår finns ytterligare byggnadsverk och ledningar som inte har direkt inverkan för de geotekniska förutsättningarna, se Teknisk handling byggnadsverk, 108793-21-010-001.

Enligt kapitel 3.1.3 korsas och berörs ett antal befintliga undermarksanläggningar i berg, vars exakta läge och funktion omfattas av sekretess. Utöver dessa så går befintlig järnvägstunnel parallellt i Bratteråsberget ca 70-100 meter söder om ny bergtunnel.

Nedan beskrivs översiktligt förekommande förhållanden med avseende på berganläggningar som förekommer på sträckan och som omfattas av sekretess:

- Ny bergtunnel för järnväg ska utföras rakt igenom en befintlig berganläggning (tunnel). Denna anläggning kommer dock troligen att vara ersatt när detta ska ske vilket innebär att ingen hänsyn till verksamhet i denna ska behöva tas. Dock måste hänsyn tas till den anläggning som ersatt denna och troligen är belägen nära ny bergtunnel.
- Ny betongtunnel ska utföras där idag en befintlig berganläggning (tunnel) är belägen på delar av sträckan. Denna anläggning kommer dock troligen att vara ersatt när detta ska ske vilket innebär att ingen hänsyn till verksamhet i denna ska behöva tas. Dock måste hänsyn tas till den anläggning som ersatt denna och troligen är belägen nära ny betongtunnel.
- Ny järnvägsanläggning i berg utförs i närheten av befintliga berganläggningar, på flera sträckor, som måste tas hänsyn till genom t ex restriktioner på framdrift, sprängning, vibrationer etc. Eventuellt kan försvarsåtgärder komma att krävas i befintliga anläggningar.
- Ytterligare undermarksanläggningar i berg förekommer i närheten av ny sträckning, men som inte bedöms komma att påverkas direkt men ändå kan behöva tas hänsyn till.
- Befintlig hamnbana korsar idag på sträckan km 7+010-7+210, en ytlig undermarksanläggning i berg där taket, under befintligt spår, utgörs av en betongkonstruktion på vilken befintlig järnvägsanläggning är förlagd. Nytt spår kommer också att korsa denna anläggning och en motsvarande konstruktion kommer att krävas. Dessa förhållanden kommer att påverka utförande av bergschakt på denna sträcka.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg - Skandiahammen	Sidnr: 11 (28)		
	Teknisk handling Geoteknik	Projektnummer: 108 793		
		Dokumentnummer projekt: 108793-15-010-001		
Produkt:  Systemhandling	Dokumentbeteckning:  Geokonstruktioner, kapitel 3	Datum: 2015-05-31	Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

### 3.3 Planerade åtgärder

För mer detaljerade beskrivningar se Projekterings PM Geoteknik (108793-08-080-001), Hydrogeologi (108793-18-080-001) och Bergteknik (108793-19-080-001).

#### 3.3.1 Grundläggningsrekommendationer

Nya spår och växlar utföres med en banunderbyggnad enligt Teknisk handling Markanläggning, 108793-11-010-001. Markförlagt spår bedöms inte medföra några ytterligare markbelastningar som åstadkommer konsolideringssättningar. Pågående krypsättningar i området kommer efter ombyggnaden att fortsätta i samma takt som idag. Inom huvuddelen av markförlagt spår erfordras därför inga geotekniska åtgärder. Sträckor med betongtunnel, tråg och stödmurar som inte är grundlagda på berg grundförstärks i huvudsak genom pågrundläggning, förutom öster om Bratteråsberget där betongtunnel grundläggs med fullständig lastkompensation.

För att förhindra dämning under driftskedet ökas vattengenomsläppligheten under betongkonstruktioner genom att dränerande friktionsmaterial, grövre än naturlig jord, utläggs under konstruktionen (benämnt dräneringslager eller dränerande lager i texten).

Bergschakt och bergförstärkningsåtgärder kommer främst att utföras för två nya korta bergtunnlar samt för att bredda en större befintlig bergskärning för det nya spåret. Utöver detta kommer också bergschakt att utföras för betongtunnlar, tråg och stödkonstruktioner samt för spår, ledningar etc. Dessa bergschakter kommer att fyllas igen.

Tätning av nya bergtunnlar kommer att utföras genom en kontinuerlig förinjektering på alla bergtunnelsträckor. Övergångar mellan berg-och betongtunnel (bergtunnelpåslag) ska tätas för att motverka inläckage av grundvatten som skulle kunna orsaka oönskade grundvattennivåsänkningar inom ett större område.

Kompletterande fältundersökningar behöver utföras före byggskedet som stöd till underlag för dimensionering/uppbyggnad av bankropp, konstruktioner, markanläggningar, samt upprättande av kontrollprogram etc. Berglägen under befintligt spår och ledningar etc behöver också säkerställas med kompletterande geotekniska undersökningar innan byggskedet.

#### 3.3.2 Linje 4+090 – 4+280


Spåren är markförlagda på sträckan och nya växelförbindelser planeras söder om Kolhamnsgatan. Den nya anläggningen breddas och kommer därmed att påverka stabiliteten mot Kolhamnsgatan då slänterna förändras.

##### 3.3.2.1 Geotekniska och hydrogeologiska förhållanden

Jordlagren i området utgörs av ca 1 m med fyllnadsmassor som i huvudsak består av sand och grus.

Under fyllnadsmassorna utgörs de naturliga jordlagren företrädesvis av en homogen silting lera. Den övre ca 1 m av leran är av torrskorpekaraktär. Leran är där under lös och klassas som mellansensitiv. Leran vilar på ett lager



	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg - Skandiahammen	Sidnr: 12 (28)	
	Teknisk handling Geoteknik	Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-15-010-001	
Produkt:  Systemhandling	Dokumentbeteckning:  Geokonstruktioner, kapitel 3	Datum: 2015-05-31	Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum: -/-	

friktionsjord ovan berg. Längst i öster är lermäktigheten som störst, över 30 m, och avtar successivt mot väster.

Jordakviferen bedöms vara ett öppet grundvattenmagasin väster om Nordviksgatan och slutet grundvattenmagasin öster om Nordviksgatan. Öster om Nordviksgatan finns även ett övre grundvattenmagasin i fyllnadsmassorna ovan leran.

Grundvattennivån är i medeltal ca +1.4 m. Prognostiserad högsta grundvattennivå är ca +3.5 m. Grundvattennivån i det övre magasinet bedöms vara ca +4 till +5 m men nivåerna är osäkra.

Den hydrauliska konduktiviteten (K) på jordlagren under leran är tämligen hög; ca  $K=10^{-5}-10^{-3}$  m/s.

Den nya spåranläggningen kommer skära in i slänten mot Kolhamnsgatan, vilket innebär att stabiliteten för gatan påverkas. Befintlig Kolhamnsgata är på sträckan ca km 4+125 – 4+255 grundförstärkt med lättklinker i vägbanken.

### 3.3.2.2 Rekommendationer

Spåret ligger i svag skärning och RÖK för planerat spår är beläget strax under befintlig markyta, varför tilläggsbelastningarna uppskattas bli små och endast påverka anläggningen marginellt. Ingen grundförstärkning utförs för spår och växlar med hänsyn till sättningar.

För att säkerställa stabiliteten för järnvägsanläggningen mot Kolhamnsgatan behöver ett antal kombinerade åtgärder utföras. Dels ska bangårdsöverbyggnad utföras på båda sidor för delsträckan fram till Nordviksbron. Inom ett parti, ca km 4+195 – 4+263, erfordras en stödmur mot spårområdet för att säkerställa slänten. För långa glidytorbehöver även grundförstärkning utföras genom ytterligare avlastning i vägbanken för Kolhamnsgatan utförs mellan ca km 4+210 – 4+250.

Med hänsyn till stabiliteten kan det, beroende på utförandet, även erfordras åtgärder i byggskedet, lastbegränsningar på intilliggande mark i söder samt på Kolhamnsgatan, temporär stödkonstruktion, zonschakt etc.


### 3.3.3 Linje 4+280– 4+400 Stödkonstruktioner väster om Nordviksgatan

Spåren på sträckan markförlagda mellan stödmurar alternativt i tråg. I slänten mot bensinstationen i norr uppförs i slänten dubbla stödmurar, en vid slänthot mot spår och en vid slänthot mot slänthot.

#### 3.3.3.1 Geotekniska och hydrogeologiska förhållanden

I anslutning till Nordviksbron stiger bergnivån relativt snabbt vilket innebär avtagande lermäktigheter. Söder om spårområdet är lermäktigheten ca 10 m medan jordlagren nordväst om bron i huvudsak utgörs av fyllnadsmassor och friktionsjord till som mest ca 8 m djup i spårläget. Jorddjupen avtar mot fastmarken i väster där berg i dagen finns. Planerat spår, som viker av mot norr, skär igenom befintlig slänt av friktionsjord och berg med varierande nivåer.

Berggrunden utgörs här främst av en rödgrå medelkornig granodiorit med 1-2 cm stora röda strökorn av kalifältspat. Det förekommer även inslag av veckad, slirig

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg - Skandiahammen	Sidnr: 13 (28)	
	Teknisk handling Geoteknik	Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-15-010-001	
Produkt:  Systemhandling	Dokumentbeteckning:  Geokonstruktioner, kapitel 3	Datum: 2015-05-31	Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum: -/-	

gnejs samt ljus fint medelkornig jämnkornig granit. I gnejsen lutar foliationen brant mot sydväst (150°/60-85).

Berget bedöms vara av god kvalitet och inte medföra några svårigheter med avseende på den bergschakt som ska utföras.

Grundvattennivån är i medeltal ca +1.4 m i det öppna grundvattenmagasinet nära Nordviksgatan. Prognostiserade högsta grundvattennivå är ca +3.5 m.

Strax norr om befintlig bensinstation (Statoil) är grundvattennivån i medeltal ca +5 m, att jämföra med +1.4 m, i det grova friktionsmaterialet i anslutning till spårläget, vilket sannolikt beror på att en bergrygg norr om banläget verkar dämmande. Området utgörs främst av berg och ingen direkt information om de hydrogeologiska egenskaperna i berget finns. Hydrotesten från HB1203 nära Celsiusgatan indikerar hydraulisk konduktivitet (K) som motsvara ytligt kristallint berg i Sverige och tester utförda i hammarborrhål på sträckan Krokängsparken till Celsiusgatan visar ett geometriskt medel för K som är tämligen lågt.

### 3.3.3.2 Rekommendationer

Grundläggning av stödmurar och tråg utförs i huvudsak med packad fyllning på berg. Vid förekomst av lera under grundläggningsnivån, i syd ost, utförs grundläggning med pålar till fast botten, se Teknisk handling byggnadsverk, 108793-21-010-001. I slänten mot bensinstationen i norr behöver schakt och fyllning för de båda stödmurarna (en vid släntfot mot spår och en vid släntrönn) utföras i etapper. För det markförlagda spåret behöver övergången mellan fastmark och lera utföras omsorgsfullt för att erhålla en mjuk övergång så att skadliga rörelser undviks där jordmaktigheten ökar brant åt öster från fastmarken. Någon form av grundförstärkning behöver därför utföras (ca km 4+275 - 4+300), utspetsad lättfyllning, kalkcementpelarförstärkning etc.

### 3.3.4 Linje 4+400 – 4+550 Betongtunnel i bergschakt öster om Bratteråsberget

Spåranläggningen förläggs på sträckan i betongtunnel.


#### 3.3.4.1 Geotekniska och hydrogeologiska förhållanden

Från fastmarksområde i den östra delen ökar jordmaktighet till knappt 10 m åt väster. Jordlagren utgörs av friktionsjord som överlagras av fyllnadsmassor. Det förekommer block på sträckan men det är oklart i vilken omfattning och på vilka djup. Det kan även finnas andra hinder i form av byggavfall etc i fyllnadsmassorna.

Berggrunden utgörs här främst av en rödgrå medelkornig granodiorit med 1-2 cm stora röda strökorn av kalifältspat. Det förekommer även inslag av veckad, slirig gnejs samt ljus fint medelkornig jämnkornig granit. I gnejsen lutar foliationen brant mot sydväst (150°/60-85).

Berget bedöms vara av god kvalitet och inte medföra några svårigheter med avseende på den bergschakt som ska utföras.

Grundvattennivån bedöms ligga relativt högt inom bergpartiet och borrhålet HB1203 indikerar nivåer på upp till + 8.7 m.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg - Skandiahammen	Sidnr: 14 (28)	
	Teknisk handling Geoteknik	Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-15-010-001	
Produkt:  Systemhandling	Dokumentbeteckning:  Geokonstruktioner, kapitel 3	Datum: 2015-05-31	Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum: -/-	

Grundvattennivån i västra delen av sträckan, där bergschakt övergår till jordschakt, är i medeltal ca +6.6 m i det öppna grundvattenmagasinet. Prognostiserade högsta grundvattennivå är ca +8.8 m.

Den hydrauliska konduktiviteten för berget är osäker. Hydrotesten från HB1203 indikerar hydraulisk konduktivitet (K) som motsvaras ytligt kristallint berg i Sverige och tester utförda i hammarborrhål på sträckan Krokängsparken till Celsiusgatan visar på ett geometriskt medel för K som är tämligen lågt.

#### 3.3.4.2 Rekommendationer

Grundläggning av betongtunneln utförs på en packad fyllning av krossmaterial ovan berg, se Teknisk handling byggnadsverk, 108793-21-010-001.

Grundläggningsnivån är som djupast belägen på nivån ca +2, vilket innebär att schakt kommer att utföras till totalt ca 15 m djup, varav upp till 10 m i jord. Temporära åtgärder erfordras i byggskedet.

Grundvattennivåerna vid Nordviksgatan ligger ca 5-6 m lägre än nivåerna i friktionsjorden strax öster om Bratteråsberget. Det innebär att bergschakten kan bli dränerande varför tätning runt betongtunnel mot berg samt ridåinjektering av berg ska utföras för att minska effekterna av dränering. Tätning längs en begränsad sträcka nära Celsiusgatan bedöms kunna vara effektiv för att förhindra denna oönskade dränering. Föreslagen tätning utformning och placering redovisas i Teknisk handling byggnadsverk, 108793-21-010-001. Tätningen runt betongtunnel och ridåinjektering behöver högst motsvara den genomsnittliga hydrauliska konduktiviteten i normalt kristallint berg i Sverige, dvs en hydraulisk konduktivitet på  $< ca 10^{-7} m/s$ .


#### 3.3.5 Linje 4+550 – 4+720 Betongtunnel öster om Bratteråsberget

Spåranläggningen förläggs på sträckan i betongtunnel.

##### 3.3.5.1 Geotekniska och hydrogeologiska förhållanden

Mellan Bratteråsberget och Celsiusgatan finns mäktiga lager av friktionsjord som överlagras av finare sediment av silt/lerig silt och fyllnadsmassor. Såväl friktionsjorden som fyllnaden ovan friktionsjorden ökar i mäktighet mot väster. Totala jordmäktigheten är som mest 30-35 m innan friktionsjordsmäktigheten åter avtar i riktning mot Bratteråsberget. Frikktionsjorden har på varierande djup inslag av block och utgörs i huvudsak överst av sand, som mot djupet övergår till grusinslag och i de djupare delarna finns en mycket fast lagrad bottenmorän. Inom området har tidigare funnits ett sandtag, uppskattningsvis ca 8 m djupt. Återfyllning av området påbörjades på 1970-talet. Ovan dessa äldre fyllnadsmassor, ovan ungefär ursprunglig nivå för området, finns ytterligare upptill 8 m med fyllning som påförts senare och som ska borttransporteras innan byggnation av Hamnbanan påbörjas. Äldre dokumentation talar om att block samlats i kanten av sandtaget innan återfyllning, påbörjades. Fyllnadsmassornas sammansättning, utbredning och djup, i sandtaget upp till omgivande marknivå finns ofullständig vetskap om, men delvis utgörs de av lera.

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.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg - Skandiahammen	Sidnr: 15 (28)		
	Teknisk handling Geoteknik	Projektnummer: 108 793		
		Dokumentnummer projekt: 108793-15-010-001		
Produkt:  Systemhandling	Dokumentbeteckning:  Geokonstruktioner, kapitel 3	Datum: 2015-05-31	Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

Sannolikt finns viss hydraulisk kommunikation via jordlagren norr om Bratteråsberget med undre magasinet mellan Bratteråsberget och Krokängsparken.

Grundvattennivån är i medeltal ca +6.6 m vid planerat banläge. Prognostiserade högsta grundvattennivå är ca +8.8 m.

Den hydrauliska konduktiviteten (K) är tämligen hög i jordlagren, vars vattenförande mäktighet är upp till ca 18 m.


### 3.3.5.2 Rekommendationer

Betongtunneln kompensationsgrundläggs till fullo och grundläggning utförs på en packad fyllning av krossmaterial se Teknisk handling byggnadsverk, 108793-21-010-001.

Grundläggningsnivån är belägen på nivån ca +2, vilket innebär att schakt kommer att utföras till drygt 15 m djup. Med hänsyn till grundvatteninträngning i schakten med stora inträdesgradienter, sk "piping" behöver sponterna drivas minst 3-4 m under schaktbotten. Nära angränsande bergschakter måste även tätning mellan spont och berg göras för att förhindra att detta piping uppkommer. Blockförekomst i området kan försvåra utförandet av tillfälliga stödkonstruktioner och kräva lokala schaktlösningar för att varken grundvattenförhållanden eller möjligheterna att arbeta i schaktet skall påverkas på ett oönskat sätt. Det är även oklart i vilken omfattning det kan finnas andra hinder än block i området, tex byggavfall i de fyllnadsmassor som finns i området. Då fyllnadsmassorna ner till angränsande marknivåer är bortschaktade behöver undersökningar utföras som underlag för arbetsutförande och schaktarbeten för tunneln. Eventuell blockförekomst samt andra hinder i fyllnadsmassorna behöver klarläggas i för utförandet kritiska områden.

Naturliga grundvattenflödet har beräknats till ca 0.4 L/s och större delen av detta flöde måste omhändertas för att inte orsaka dämning. Med betongtunnel kommer den vattenförande naturliga grundvattenflödessektionen att minska till ca 60 % av den ursprungliga. För att förhindra dämning under driftskedet behöver vatten-genomsläppligheten ökas genom att ett lager med dränerande friktionsjord, grövre än befintlig jord, anläggs under betongkonstruktionen. Fyllningen (dräneringslagret) mellan betongtunnel och tätkaka utförs med friktionsjord med ca 0.5 m tjocklek. Fyllningsmaterialets hydrauliska konduktivitet (K) väljs så högt att samma flödeskapacitet som innan betongkonstruktionen byggts erhålls. För att förhindra att detta dräneringslager med tiden sätts igen behöver övergången mot omgivande mark anpassas. Ett materialavskiljande lager med lämplig kornstorlek behöver utföras för att inte finjord, sand och silt, från omgivningen tränger in i dräneringslagret, för detaljer se Projekterings-PM Hydrogeologi, 108793-18-080-001.

Under byggskedet, med ca 4 m spont under schaktbotten, kommer den vattenförande grundvattenflödessektionen att temporärt att minska till ca 35% av den ursprungliga. Under byggskedet installeras därför ett antal pumpbrunnar norr om schakten för att bibehålla nuvarande grundvattennivåer. Infiltrationsbrunnar byggs söder om schakten för återinfiltration av grundvattnet. Dimensionering av åtgärderna ska utföras så att risk för igensättning av infiltrationsbrunnar på grund av finmaterial och på grund av kemisk utfällning minimeras.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg - Skandiahallen	Sidnr: 16 (28)	
	Teknisk handling Geoteknik	Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-15-010-001	
Produkt:  Systemhandling	Dokumentbeteckning:  Geokonstruktioner, kapitel 3	Datum: 2015-05-31	Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum: -/-	

Utformning av schakter, med stödkonstruktioner, tätningar samt pumpningar/infiltration ska anpassas på lämpligt sätt så avvikelserna från nu förekommande "naturlig" grundvattennivå (grundvattennivå före byggskede) inte uppkommer under byggskedet. Detta för att inte negativ påverkan på omgivningen enligt tidigare beskrivning ska uppkomma. Dräneringslager under betongtunnel ska utföras så att grundvattennivåerna under driftskede, både på kort och lång sikt, inte avviker från de naturliga grundvattennivåerna.

### 3.3.6 Linje 4+720 – 4+810 Bergtunnel Bratteråsberget

Spåranläggningen förläggs på sträckan i bergtunnel.

#### 3.3.6.1 Geotekniska och hydrogeologiska förhållanden

Bergtunneln övergår åt båda håll till betongtunnlar och övergångarna ligger under markytan.

Berggrunden består i huvudsak av en grå fint medelkornig tonalit-diorit, huvudsakligen massformig men ställvis något gnejsig. Där foliation förekommer lutar den medelbrant mot väst (160-170°/30°-40°). Berget bedöms vara av god kvalitet för tunnelbyggnation.

I befintlig parallell järnvägstunnel (70-100 meter från ny tunnel) utgörs bergförstärkningen enbart av selektiv bultning av bergblock samt en kortare stödkonstruktion i söder vägg. Ingen bergförstärkning med sprutbetong förekommer i denna tunnel.

På Bratteråsberget ligger fläckvis ett tunt jordtäckte mellan ytor med blottat berg. Detta jordtäckte bildar små ytliga grundvattenmagasin som sannolikt långa perioder inte har någon mätbar grundvattenyta för att vattnet naturligt dräneras bort. Grundvattennivån bedöms ligga relativt lågt inom bergpartiet men periodvis under kraftigare regn kan sannolikt grundvattennivån närma sig markytan temporärt.

Den hydrauliska konduktiviteten (K) för berget är osäker. Hydrotesten från det mer eller mindre horisontella kärnborrhålet KBH 1 Bratterås indikerar i 100m skalan en hydraulisk konduktivitet som motsvarar ytligt kristallint berg i Sverige.


#### 3.3.6.2 Rekommendationer

Bergschakt för tunneln bedöms kunna utföras med konventionell borrhning och sprängning i full sektion då bergkvaliteten är god och inga större avsnitt med sämre berg noterats vid utförda undersökningar.

Bergförstärkning bedöms kunna utföras med sprutbetong och bergbult i ett antal förstärkningsklasser med varierande sprutbetongtjocklek och/eller varierande bulttäthet.

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 flöde finns tillgängligt. Underlagsdata är dock osäkra. Injekteras



	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg - Skandiahammen	Sidnr: 17 (28)	
	Teknisk handling Geoteknik	Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-15-010-001	
Produkt:  Systemhandling	Dokumentbeteckning:  Geokonstruktioner, kapitel 3	Datum: 2015-05-31	Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum: -/-	

tunnel så att en zon på 5 m utanför tunnel får  $K_{inj}=1\cdot 10^{-8}$  m/s minskas inflödet till ca 0.3 L/(100 m•s) vid antagen grundvattenyta när markyta. Sannolikt blir inflödet i medeltal mindre på grund av grundvattennivån ligger lägre periodvis.

Tätning av tunneln kommer att utföras genom en kontinuerlig förinjektering på hela bergtunnelsträckan. Bergtunnelns anslutning mot friktionsjord kräver att hela tunnelperiferin förinjekteras, således även botten. Utförande och ambitionsnivå på denna bestäms av behovet av att skydda omgivning från skadlig grundvattensänkning, förhindra vattendropp och isbildning i trafikaneläggningen (i spår, eller på installationer) och därmed minska underhållsbehovet.

Bergtunneln ansluter åt båda håll till betongtunnlar, dessa anslutningar och förskärningar ska utföras i schakt dvs. under befintlig markyta. Schakter ska efter utförda arbete återfyllas och anslutningar och förskärningar kommer att vara belägna under blivande markyta.

För bergtunnlarna bör högre krav på bergschaktningsklass ställas i mynningarna där anslutningar till betongtunnlar ska utföras, se beskrivning i Teknisk handling Byggnadsverk 108793-21-010-001. Det högre kravet motiveras av att det är viktigt att färdig tunnel avviker så lite som möjligt från teoretisk tunnelkontur då betongtunnlar ska anslutas i dessa delar.

### 3.3.7 Linje 4+810 – 5+080 Betongtunnel mellan Bratteråsberget och Krokängsberget

Spåranläggningen förläggs på sträckan i betongtunnel som korsar den befintliga Säterigatan. På sträckan ska pumpstation, teknikrum och insatsschakt utföras i anslutning till tunneln. Även ny klubblokal tillhörande fotbollsplanen planeras strax söder om tunneln, ca km 4+930.


#### 3.3.7.1 Geotekniska och hydrogeologiska förhållanden

Sträckningen går tvärs en uppfylld bäckravins med okänd sammansättning och mäktighet på fyllningen, tvärs även över en kulverterad bäck. Från Bratteråsberget i öster, där undergrunden består av friktionsjord på berg, ökar de naturliga jordlagrens mäktighet västerut och utgörs i lågpunkten av 8-10 m lera som underlagras av skiktad friktionsjord till som mest ca 30 m djup. Mot Krokängsberget i väster avtar såväl lerans som friktionsjordens mäktighet. Leran är i området normal till svagt överkonsoliderad och klassas som mellansensitiv.

Grundvattenmagasinet kan betraktas som slutet i det mäktiga friktionsjordslagret som överlagras av finare sediment och som nära tunnelläget begränsas av Bratteråsberget i öster och i väster av Krokängsberget. Både mot norr och söder vidgar sig grundvattenmagasinet. Sannolikt finns viss hydraulisk kommunikation, via jordlagren norr om Bratteråsberget, med området mellan Bratteråsberget och Celsiusgatan.

Grundvattennivån är i medeltal ca +5.5 m vid planerad tunnelsträckning. Prognostiserad högsta grundvattennivå är ca +7.8 m.

Den hydrauliska konduktiviteten (K) för sand/siltlagret under leran är tämligen högt och dessa friktionsjordslager har en mäktighet upp till 20 m.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg - Skandiahammen	Sidnr: 18 (28)		
	Teknisk handling Geoteknik	Projektnummer: 108 793		
		Dokumentnummer projekt: 108793-15-010-001		
Produkt:  Systemhandling	Dokumentbeteckning:  Geokonstruktioner, kapitel 3	Datum: 2015-05-31	Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

### 3.3.7.2 Rekommendationer

Grundläggning av tunnel utförs på sträckan med en kombination av packad fyllning ovan berg och pålar till fast botten, se Teknisk handling byggnadsverk, 108793-21-010-001. Grundläggning av insatsschakt, pumpstation och teknikrum utförs på liknande sätt som betongtunneln i det aktuella läget. Ett ungefärligt planläge för klubbstugan är planerat mycket nära järnvägstunneln, se Teknisk handling byggnadsverk, 108793-21-010-001. Grundläggning av klubbstugan och last från byggnaden får inte påverka järnvägstunneln.

Grundläggningsnivån för tunneln är belägen på nivån ca +1 till +2, vilket innebär att ca 10 m djup schakt kommer att utföras. Med hänsyn till grundvatteninträngning i schakten med stora gradienter sk "piping" behöver sponten drivas minst 3-4 m under schaktbotten. Nära bergtunnelpåslag måste även tätning mellan spont och berg utföras för att förhindra denna uppluckring av schaktbotten.


Naturliga grundvattenflödet har beräknats till ca 0.4 L/s och större delen av detta flöde måste omhändertas för att inte orsaka dämning. Betongtunnel innebär att den vattenförande naturliga grundvattenflödessektionen kommer att minska till ca 65 % av den ursprungliga. För att förhindra dämning under driftskedet ökas vattengenomsläppligheten under betongkonstruktioner genom att ett lager med dränerande friktionsjord, grövre än befintlig jord, påförs under betongkonstruktionen. Fyllningen (dräneringslagret) mellan betongtunnel och tätkaka utförs med friktionsjord med ca 0.5 m tjocklek. En ökad vattengenomsläpplighet förhindrar risken för dämning. Fyllningsmateriallets hydrauliska konduktivitet (K) väljs så högt att samma flödeskapacitet erhålls som innan betongtråg byggts. För att förhindra att detta dräneringslager sätts igen måste övergången till omgivande mark anpassas med materialavskiljande lager med lämplig kornstorlek så att inte sand-silt från omgivningen tränger in och tätar det dränerande lagret se Projekterings-PM Hydrogeologi, 108793-18-080-001, för detaljer.

Under byggskedet med spont ca 4 m under schaktbotten kommer den vattenförande grundvattenflödessektionen temporärt minska till ca 40% av den ursprungliga. Under byggskedet installeras pumpbrunnar norr om schakten för att reglera grundvattennivåerna så att grundvattennivåförändringar som kan ge skadliga effekter inte uppkommer. Infiltrationsbrunnar byggs söder om schakten för återinfiltration av grundvattnet. Dimensionering av åtgärder ska utföras för att minska risk av igensättning av infiltrationsbrunnar på grund av finmaterial och kemisk utfällning.

Schaktutformning med stödkonstruktioner, tätningar och pumpningar/infiltration anpassas på lämpligt sätt så avvikelserna från naturlig grundvattennivån ("naturlig grundvattennivå": grundvattennivå före byggskede) under byggskede inte medför negativ påverkan på omgivningen enligt tidigare beskrivning och att dräneringslagret under betongtunnel utförs på så sätt att grundvattennivåerna under driftskede, på både kort och på lång sikt, inte avviker från de naturliga grundvattennivåerna.

### 3.3.8 Linje 5+080 – 5+290 Bergtunnel Krokängsberget

Spåret förläggs i bergtunnel på sträckan.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg - Skandiahammen	Sidnr: 19 (28)	
	Teknisk handling Geoteknik	Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-15-010-001	
Produkt:  Systemhandling	Dokumentbeteckning:  Geokonstruktioner, kapitel 3	Datum: 2015-05-31	Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum: -/-	

### 3.3.8.1 Geotekniska och hydrogeologiska förhållanden

På Krokängsberget ligger fläckvis ett tunt jordtäckte mellan ytor med blottat berg vilket innebär att förhållandena liknar de på Bratteråsberget.

Bergtunneln övergår åt bägge håll i betongtunnlar och övergångarna mellan berg- och betongtunnlar kommer att ligga under markytan.

Berggrunden utgörs av en rödgrå grovt medelkornig granodiorit som ställvis är lätt gnejsig, ställvis har 1-2 cm stora strökorn av kalifältspat. Även massformig granodiorit till tonalit utan strökorn förekommer.

Berget bedöms vara av god kvalitet för tunnelbyggnation.

Grundvattennivån bedöms ligga relativt lågt inom bergpartiet men periodvis under kraftigare regn kan sannolikt grundvattennivån närma sig markytan.

Den hydrauliska konduktiviteten (K) för berget är osäker. Hydrotesten från de mer eller mindre horisontella kärnborrhålen KBH1 Krokäng och KBH 2 Krokäng indikerar hydraulisk konduktivitet som motsvaras av ytligt kristallint berg i Sverige.

### 3.3.8.2 Rekommendationer


Bergschakt för tunneln bedöms för större delen av sträckan kunna utföras med konventionell borrhning och sprängning i full sektion då bergkvaliteten är god och inga större avsnitt med sämre berg noterats vid utförda undersökningar.

Bergförstärkning bedöms för största delen av tunneln kunna utföras med sprutbetong och bergbult i ett antal förstärkningsklasser med varierande sprutbetongtjocklek och/eller varierande bulttätthet.

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 då ett skattat totalinläckage av ca 2-4 L/s med oinjekterad tunnel, givet att detta flöde 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 periodvis ligger lägre.

Tätning av tunneln kommer att utföras genom en kontinuerlig förinjektering på hela bergtunnelsträckan. Bergtunnelns anslutning mot friktionsjord kräver att hela tunnelperiferin förinjekteras, således även i botten. Utförande och ambitionsnivå på denna tätning bestäms av behovet av att skydda omgivning från grundvattensänkning, förhindra vattendropp och isbildning i trafikläggningen (i spår, eller på installationer) och därmed minska underhållsbehovet.

Bergtunneln ansluter åt båda håll till betongtunnlar, dessa anslutningar och förskärningar ska utföras i schakt dvs. under befintlig markyta. Schakter ska efter utförda arbete återfyllas och anslutningar och förskärningar kommer att vara belägna under blivande markyta.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg - Skandiahallen	Sidnr: 20 (28)	
	Teknisk handling Geoteknik	Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-15-010-001	
Produkt:  Systemhandling	Dokumentbeteckning:  Geokonstruktioner, kapitel 3	Datum: 2015-05-31	Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum: -/-	

I bergtunnlarna bör högre krav på bergschaktningsklass ställas i mynningarna där anslutningar till betongtunnlar ska utföras, se handling 108793-21-010-001 Teknisk handling Byggnadsverk, där dessa beskrivs. Det högre kravet motiveras av att det är viktigt att färdig tunnel avviker så lite som möjligt från teoretisk tunnelkontur då betongtunnlar ska anslutas i dessa delar.

### 3.3.9 Linje 5+290 – 5+510 Betongtunnel väster om Krokängsberget

Spåret förläggs i betongtunnel på sträckan.

#### 3.3.9.1 Geotekniska och hydrogeologiska förhållanden

Jordlagren i anslutning till Krokängsberget utgörs av friktionsjord som väster ut längs sträckan övergår till lera med ökad mäktighet, ställvis sand och siltskiktad, som underlagras av skiktad friktionsjord. Anläggningen ansluter till befintligt spår område där det överst finns fyllnadsmassor, drygt 1 m tjocka.

Jordmäktigheten är som störst i väster och uppgår till drygt 15 m.

Mellan Krokängsparken och Jyllandsgatan är troligen grundvattenmagasinet begränsat på grund av höga berglägen så väl i väster, norr och öster.

Grundvattenmagasinet kan betraktas som i huvudsak slutet men är sannolikt öppet mot Krokängsparken.

Grundvattennivån är i medeltal ca +11.5 m vid planerad sträckning.

Prognostiserad högsta grundvattennivå är ca +13.9 m.


Den hydrauliska konduktiviteten (K) på jordlagren under leran, med mäktighet upp till ca 6-7 m, är relativt hög men lägre än mellan Bratteråsberget och Krokängsparken.

#### 3.3.9.2 Rekommendationer

Med hänsyn till omgivningen behöver vibrationsreducerande åtgärder utföras. Grundläggning av tunnel utförs på sträckan med en kombination av packad fyllning ovan berg och pålar till fast botten, se Teknisk handling byggnadsverk 108793-21-010-001.

Grundläggningsnivån är belägen på nivån ca +5 - +8, vilket innebär att schakten som djupas kommer bli 12 m djup. Med hänsyn till grundvatteninträngning i schakten med stora inträdesgradienter, sk "piping", behöver sponterna drivas minst ca 3-4 m under schaktbotten. Nära angränsande bergschakter måste tätning mellan spont och berg göras för att förhindra piping.

Betongtunnel i den östra delen medför att den vattenförande grundvattenflödessektionen kommer att minska till ca 45 % av den ursprungliga. För att förhindra dämning under driftskedet ökas vattengenomsläppligheten under betongkonstruktionen genom att ett lager dränerande krossmaterial, grövre än befintlig jord, påförs under betongkonstruktionen. En ökad vattengenomsläpplighet förhindrar risken för dämning. Fyllningsmaterialets hydrauliska konduktivitet (K) väljs så högt att samma flödeskapacitet som innan betongtråg byggts erhålls. För att förhindra att dräneringslagret sätts igen måste övergången till omgivande mark anpassas med materialavskiljande lager med lämplig kornstorlek så att inte sand-silt från omgivningen tränger in i dräneringslagret, Se Projekterings-PM Hydrogeologi, 108793-18-080-001 för detaljer.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg - Skandiahammen	Sidnr: 21 (28)	
	Teknisk handling Geoteknik	Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-15-010-001	
Produkt:  Systemhandling	Dokumentbeteckning:  Geokonstruktioner, kapitel 3	Datum: 2015-05-31	Uppdragsnr: 2343005000
			Rev. datum: -/-

Under byggskedet med spont ca 4 m under schaktbotten i den östra delen och 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 och detta flöde måste kunna omhändertas för att inte orsaka dämning. Under byggskedet installeras pumpbrunnar norr om schakten för att reglera grundvattennivåerna så att inte skadliga grundvattennivåförändringar uppkommer. Infiltrationsbrunnar byggs söder om schakten för återinfiltration av grundvattnet. Design och omfattning av åtgärder utförs för att minska risk för igensättning av infiltrationsbrunnar på grund av finmaterial och kemisk utfällning.

Schaktutformning med stödkonstruktioner, tätningar och pumpningar/infiltration anpassas på lämpligt sätt så avvikelserna från naturlig grundvattennivån ("naturlig grundvattennivå": grundvattennivå före byggskede) under byggskede inte medför negativ påverkan på omgivningen enligt tidigare beskrivning och att dräneringslager under betongtråg utförs på så sätt att grundvattennivåerna under driftskede, på kort och lång sikt, inte avviker från de naturliga grundvattennivåerna.

### 3.3.10 Linje 5+510 – 5+790 Tråg Pölsebo

Spåren förläggs i betongtråg på sträckan och en ny växelförbindelse planeras.

#### 3.3.10.1 Geotekniska och hydrogeologiska förhållanden

Jordlagren i området utgörs överst av 0,5-2 m fyllnadsmassor som i huvudsak består av sand och grus. Under fyllnadsmassorna utgörs de naturliga jordlagren främst av siltig, ställvis även sandskiktad, lera som underlagras av friktionsjord. Störst jorddjup finns på mitten av sträckan där mäktigheten uppgår till ca 15 m. Gyttja med upptill 3 m tjocklek har påträffats i området.

Öster om Krokängsparken och fram till Ivarsbergsmotet finns lager av friktionsjord som överlagras av finare sediment, silt och lera, i större delen av området.

Mellan Jyllandsgatan och Ivarsbergsmotet, finns ett betydligt större slutet grundvattenmagasin än det i område strax öster därom.

Grundvattennivån är i medeltal ca +12 m vid planerad sträckning. Prognostiserad högsta grundvattennivå är ca +13.6 m (belägen ungefär i markytan).


Den hydrauliska konduktiviteten (K) på jordlagren, under leran antas vara som för 5+290 – 5+510, dvs är relativt hög men lägre än mellan Bratteråsberget och Krokängsparken.

#### 3.3.10.2 Rekommendationer

Med hänsyn till omgivning behöver vibrationsreducerande åtgärder utföras. Grundläggning av tråget utförs på sträckan med en kombination av packad fyllning ovan berg och pålar till fast botten, se Teknisk handling byggnadsverk 108793-21-010-001.

Grundläggningsnivån är belägen på nivå ca +7 - +9 vilket innebär att schakten som djupast kommer nå ca 8 m under markytan. Med hänsyn till



	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg - Skandiahammen	Sidnr: 22 (28)	
	Teknisk handling Geoteknik	Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-15-010-001	
Produkt:  Systemhandling	Dokumentbeteckning:  Geokonstruktioner, kapitel 3	Datum: 2015-05-31	Uppdragsnr: 2343005000
			Rev. datum: -/-

grundvatteninträngning i schakten med stora inträdesgradienter, sk "piping", behöver sponterna drivas ca 3-4 m under schaktbotten.

Naturliga flödet har beräknats till ca 0.02 L/s delar av detta flöde måste omhändertas för att inte orsaka dämning. Betongtråg i den västra delen medför att den vattenförande grundvattenflödessektionen minskar till ca 85 % (beroende på utformning av pålning) av ursprunglig. För att förhindra dämning under driftskede ökas vattengenomsläppligheten under betongkonstruktioner genom att ett lager med dränerande material, grövre än befintlig jord, anläggs under betongkonstruktionen. Fyllningen (dräneringslagret) mellan betongtunnel och tätkaka utförs med friktionsjord med ca 0.5 m tjocklek. Fyllningsmaterialets hydrauliska konduktivitet (K) väljs så högt att samma flödeskapacitet som innan betongtråg byggts erhålls. För att förhindra att det dränerande lagret sätts igen måste övergången till omgivande mark anpassas med materialavskiljande lager med lämplig kornstorlek så att inte sand och silt från omgivningen tränger in, se Projekterings PM Hydrogeologi, 108793-18-080-001, för detaljer.

Under byggskedet med spont ca 4 m under schaktbotten i den västra delen vid utförande av tråg kommer den vattenförande grundvattenflödessektionen att minska till ca 20 % (dock beroende på utförande av spont och pålning) av den ursprungliga. Under byggskedet installeras pumpbrunnar/wellpoints norr om schakt för att reglera grundvattennivåerna så att grundvattennivåförändringar inte ger skadliga effekter. Infiltrationsbrunnar byggs söder om schakt för återinfiltration av grundvattnet. Design och omfattning av åtgärder ska utföras så finmaterial och kemisk utfällning inte påverkar åtgärderna.

Där tråget avslutas i den västra delen är bottenplattan belägen lägre än högsta högvatten i området. För att undvika att grundvatten tränger in i tråget behöver trågvavslutningen förses med tät duk eller skiva. Dessutom föreslås att dränering utförs under grundläggningsnivån i denna del för att ytterligare minska risken för att grundvatten kan tränga in i tråget.


Schaktutformning med stödkonstruktioner, tätning och pumpning/infiltration anpassas på lämpligt sätt så avvikelser från naturlig grundvattennivån ("naturlig grundvattennivå": grundvattennivå före byggskede) under byggskede inte medför negativ påverkan på omgivningen. Samt att enligt tidigare beskrivning utförs dränerande lager under betongtråg på så sätt att grundvattennivåerna under driftskede, både på kort och på lång sikt, inte avviker från de naturliga grundvattennivåerna.

### 3.3.11 Linje 5+790 – 6+300

Spåren är markförlagda på sträckan och nya växelförbindelser planeras.

#### 3.3.11.1 Geotekniska och hydrogeologiska förhållanden

Jordlagren i området utgörs av ca 1 m med fyllnadsmassor och därunder i huvudsak av sand och grus. Jorddjupen är de första ca 200 m begränsade och utgörs i huvudsak av friktionsjord och silt med endast ett par meters mäktighet som mest. Mot väster ökar därefter friktionsjordsmäktigheten till som mest ca 10 m och inslag av lera förekommer. Mot slutet på sträckan grundar det åter upp. I anslutning till spårområdet har gytta påträffats i anslutning till bangården.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg - Skandiahammen	Sidnr: 23 (28)	
	Teknisk handling Geoteknik	Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-15-010-001	
Produkt:  Systemhandling	Dokumentbeteckning:  Geokonstruktioner, kapitel 3	Datum: 2015-05-31	Uppdragsnr: 2343005000
			Rev. datum: -/-

Mycket begränsade hydrogeologiska undersökningar är genomförda då väsentliga hydrogeologiska frågeställningar saknas. Ett öppet grundvattenmagasin kan förväntas under större del av sträckan. Grundvattennivån kan förväntas ligga nära markytan.

### 3.3.11.2 Rekommendationer

Spåren är i stort belägna i eller strax under befintlig markyta, varför tilläggsbelastningarna uppskattas bli små. På större delen av sträckan kommer även bergschakt att erfordras för spårterrassen. Planerade växlar är belägna inom fastmarksområde. Vid övergången från berg mot friktionsjord och sand utförs utspetsning av bergschakten. Ingen övrig grundförstärkning planeras för spåret.

Zonschakt utförs vid jordschakt för spår 2 på del av sträckan. Vid schakt för spårterrassen kan last på intilliggande mark behöva begränsas på del av sträckan.

### 3.3.12 Linje 6+300 – 7+010

Nytt spår intill befintligt spår är förlagt i markytan på sträckan. På sträckan planeras ny järnvägsbro över rörgata i km 6+765 se Teknisk handling byggnadsverk 108793-21-010-001.

#### 3.3.12.1 Geotekniska och hydrogeologiska förhållanden


Jordlagren i området utgörs under ca 1 m med fyllnadsmassor, som i huvudsak består av sand och grus, inledningsvis av fastmark med friktionsjord och berg. Där anläggningen går under bro för Oljevägen, ökar mäktigheten successivt mot väster och utgörs i huvudsak av lös lera. Sträckan ansluter till ett bergsområde. Skikt av sand, silt och/eller skalrester förekommer i varierande omfattning på sträckan. Leran klassas i huvudsak som mellansensitiv, men högsensitiv och sk kvicklera har lokalt påträffats på sträckan. Jordmäktigheten är på sträckan som störst ca 20 m och leran vilar på ett lager friktionsjord ovan berg.

Mycket begränsade hydrogeologiska undersökningar är genomförda då väsentliga hydrogeologiska frågeställningar saknas. Ett övre och ett undre grundvattenmagasin i jord kan förväntas på större del av sträckan. Grundvattennivån i berget och i det undre grundvattenmagasinet i jord är sannolikt påverkad av tunnlar och bergrum i närheten. Grundvattennivån i det övre grundvattenmagasinet kan dock förväntas ligga nära markytan och i periodvis ligga i markytan i lågområden.

#### 3.3.12.2 Rekommendationer

Spåret ligger i eller ställvis strax över befintlig markyta. Tilläggsbelastningarna uppskattas bli små, varför ingen grundförstärkning för spåret utförs förutom i anslutning till berget där övergången mellan berg och lösjord behöver utföras omsorgsfullt så att inte skadliga rörelser uppkommer. Grundförstärkning med någon form av utspetsning behöver utföras mellan km ca 6+975-7+005, med lättfyllning, KC-pelare etc. Även för pålad bro över ledningsgata behöver övergången utföras så att inte rörelser uppkommer. Minst tre rader med bankpålar utförs bakom de pålade stöden och därefter övergång med lättfyllning i banken, se Teknisk handling byggnadsverk 108793-21-010-001.

Zonschakt utförs vid jordschakt för spår 2. Vid schakt för spårterrassen kan last på intilliggande mark i söder behöva begränsas.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg - Skandiahammen	Sidnr: 24 (28)	
	Teknisk handling Geoteknik	Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-15-010-001	
Produkt:  Systemhandling	Dokumentbeteckning:  Geokonstruktioner, kapitel 3	Datum: 2015-05-31	Uppdragsnr: 2343005000
			Rev. datum: -/-

### 3.3.13 Linje 7+010 – 7+210

Spåranläggningen förläggs i bergskärning.

#### 3.3.13.1 Geotekniska och hydrogeologiska förhållanden

Befintligt spår område i berg breddas åt söder för att ge plats åt planerat spår.

Berggrunden utgörs av en röd grovt medelkornig granit. Graniten är huvudsakligen massformig men inslag av mineralorientering förekommer. I allmänhet är berggrunden blockkupsprucken med blockkantlängd 0,5-2 m. I befintlig bergskärning förekommer 0,5-1,0 m tjocka vertikala skivor med strykning i ca öst-väst dvs parallellt med järnvägen.

Mycket begränsade hydrogeologiska undersökningar är genomförda då väsentliga hydrogeologiska frågeställningar saknas. Grundvattennivån i berget är sannolikt påverkad av tunnlar och bergrum i närheten. Ny bergskärning bedöms inte att påverka grundvattenförhållandena i området.

#### 3.3.13.2 Rekommendationer

Då förutsättningarna för utförandet av bergschakt inte i dagsläget är kända så kan inte ett slutligt utförande beskrivas. Okända faktorer är bland annat hur befintligt spår ska trafikeras under byggtiden samt eventuella restriktioner från andra anläggningsägare i området, ST1, Hamnen, Kretslopp och Vatten etc.

Ett möjligt utförande som kan utföras, så att trafik kan bedrivas på befintligt spår med minsta möjliga påverkan, beskrivs nedan:

Berguttaget utförs genom att i första skedet en komplettering av bergförstärkningen i befintlig bergskärning för Hamnbanan utförs. Därefter utförs en bergschakt genom bergpartiet söder om befintligt spår men där en bergplint lämnas mellan befintlig järnväg och ny schakt. I nästa skede utförs bergschakten av den kvarlämnade bergplinten som då tas ut åt söder bort från befintligt spår. På detta sätt minimeras störningen på befintligt Hamnbanespår och arbetet kan bedrivas effektivare och snabbare. Detta utförande innebär dock att en bredare bergschakt behöver utföras. En typsektion redovisas på ritning 108793-11-300-07000-009.

Ett alternativt utförande kan vara att bergschakten sker intill befintligt spår dvs utan mellanliggande bergrygg enligt ovan. Detta förutsätter dock att alla krav på trafikering på spåret och andra restriktioner kan uppfyllas.


I ny slutlig bergskärning bedöms att nödvändig förstärkning kan utföras med bergbultar.

### 3.3.14 Linje 7+210 – 7+500

Spåret är markförlagt och nya växelförbindelser planeras. På sträckan planeras även en ny trumma under spårområdet.

#### 3.3.14.1 Geotekniska och hydrogeologiska förhållanden

Jordlagren i området utgörs överst av ca 1 m fyllnadsmassor som i huvudsak består av sand och grus. Under fyllnadsmassorna utgörs de naturliga jordlagren huvudsakligen av siltig lera och friktionsjord med begränsade mäktigheter med endast någon meter fram mot lågpunkten där spårområdet korsas av en befintlig trumma. Därefter ökar lermäktigheten till som mest knappt 10 m åt väster. I

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg - Skandiahammen	Sidnr: 25 (28)	
	Teknisk handling Geoteknik	Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-15-010-001	
Produkt:  Systemhandling	Dokumentbeteckning:  Geokonstruktioner, kapitel 3	Datum: 2015-05-31	Uppdragsnr: 2343005000
			Rev. datum: -/-

järnvägsbanken finns under spår 2 idag lättklinker fyllning mellan km ca km 7+346 – 7+380.

Mycket begränsade hydrogeologiska undersökningar är genomförda då väsentliga hydrogeologiska frågeställningar saknas. Ett övre och ett undre grundvattenmagasin kan förväntas under större del av sträckan. Grundvattennivån i det övre grundvattenmagasinet kan dock förväntas ligga nära markytan och i periodvis ligga i markytan i lågområden.

### 3.3.14.2 Rekommendationer

Med hänsyn till stabiliteten behöver befintlig grundförstärkning utökas i anslutning till befintlig trumma vid ca km 7+365 för att stabiliteten ska vara säkerställd. Grundförstärkningen behöver för lågpunkten vid trumman utföras med lättklinker fyllning, km 7+355 – 7+380, i kombination med LLP-platta (lätt lastfördelande platta) mellan km 7+350 – 7+385.

För att den nya växelförbindelsen som är belägen i detta område och som sträcker sig över trumman behöver erforderlig grundförstärkning även utföras så att en styv konstruktion erhålls för hela växelaneläggningen. LLP-plattan utökas därför till att täcka in växelaneläggningen mellan km 7+385 - 7+440, så att inte skadliga rörelser uppkommer.

Anläggs det ytterligare trumma i anslutning till den befintliga behöver grundförstärkningarna ses över med hänsyn till att stabiliteten i området ska säkerställas och även med hänsyn till förutsättningarna för växelaneläggningen.

Bergschakt kommer troligen erfordras för ny trumma vid ca km 7+250.

Zonschakt utförs vid schakt för spår 2.

### 3.3.15 Kontaktledningsfundament

Vid anläggandet av nya kontaktledningsfundament erfordras ställvis djup schakt i nära anslutning till befintligt spår. Schakt kan på vissa sträckor komma att behöva utföras inom temporär stödkonstruktion såsom spont eller schaktlåda.

Typ av grundläggning varierar på sträckan beroende på förutsättningar och förekomst av fastmark, berg, lera etc. Grundförstärkning kan komma att erfordras vid grundläggning av fundament på sättningkänslig lera.


### 3.3.16 Järnvägsanläggning i anslutning till Kolhamnsgatan

#### 3.3.16.1 Geotekniska och hydrogeologiska förhållanden

Jordlagren i spårområdet utgörs under ca 1 m fyllnadsmassor, som i huvudsak består av sand och grus, av lös lera med upptill ca 30 m mäktighet. I Kolhamnsgatan finns idag lättklinkerfyllning på sträckan, se Projekterings-PM Geoteknik 108793-08-080-001. Beräkningar visar att stabiliteten idag inte är tillfredställande på del av sträckan.

#### 3.3.16.2 Rekommendationer

På hela sträckan utförs bangårdssektion, se Teknisk handling Markanläggning 108793-11-010-001. För att säkerställa stabiliteten i området är en möjlig lösning att utföra en kombination av stödmur och lättfyllning i Kolhamnsgatan. Stödmur i anslutning till järnvägen erfordras då från km 4+195 fram till Nordviksbron

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg - Skandiahammen	Sidnr: 26 (28)	
	Teknisk handling Geoteknik	Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-15-010-001	
Produkt:  Systemhandling	Dokumentbeteckning:  Geokonstruktioner, kapitel 3	Datum: 2015-05-31	Uppdragsnr: 2343005000
			Rev. datum: -/-

km 4+263. Befintlig lättklinker i Kolhamnsgatan behöver då också utökas i yta och till ca 2 m mäktighet mellan km 4+210 – km 4+250. Annat utförande av grundförstärkning kan vara möjlig, tex stabilitetspålning i gata och slänt eller kalkcementpelarförstärkning.

### **3.3.17 Järnvägsbro över rörgata vid km ca 6+765**

#### *3.3.17.1 Geotekniska och hydrogeologiska förhållanden*

Jordlagren utgörs under ca 1 m fyllnadsmassor, som i huvudsak består av sand och grus, av lös lera. Leran är skiktad med sand, silt och/eller skalrester och lerans mäktigheten är ca 20 m.

#### *3.3.17.2 Rekommendationer*

Ny bro söder om befintlig bro planeras i samband med utbyggnaden av spår 2, se Teknisk handling byggnadsverk 108793-21-010-001. Banken närmast brostöden förstärks med lättfyllning och minst 3 rader bankpålar för att få en jämnare övergång mellan järnvägsbank och bron som pålgrundläggs med icke massundanträngande pålar.

### **3.3.18 Fotbollsplan vid Krokängsparken**

Befintlig fotbollsplan ska flyttas mot söder för att inte komma i konflikt med planerad järnvägstunnel. Strax söder om pålgrundlagd betongtunnel planeras en ny klubbstuga.

#### *3.3.18.1 Geotekniska och hydrogeologiska förhållanden*

De naturliga jordlagren utgörs i området av 3-13 m lera som mot djupet underlagras av skiktad friktionsjord till som mest ca 30 m djup. De största lerdjupen återfinns i den sydöstra delen av området. Leran är normal till svagt överkonsoliderad och klassas som mellansensitiv.


Grundvattnet är i medeltal belägen på nivå ca +5 - +5.5. Prognostiserade högsta grundvattennivå är ca +8 .

#### *3.3.18.2 Rekommendationer*

Planerad höjdsättning efter att planen flyttats mot söder innebär att den norra delen av planen kommer vara belägen drygt 1 m under befintlig nivå, och i den sydvästra delen kommer uppfyllnad med som mest ca 1,5 m erfordras i förhållande till befintliga marktytor. Planen kommer delvis (i den östra delen) att vara belägen ovan tidigare utförda uppfyllnader för den kulverterade bäcken. Fyllnadsmassornas sammansättning har inte i detalj klarlagts, liksom fyllnadsmäktigheten. För att inte riskera rörelser i fotbollsplanen i syd väst där uppfyllnader erfordras behöver grundförstärkning av planen utföras genom att fyllnasmassor utförs av lättfyllning så att tilläggslasterna begränsas där uppfyllnad ovan befintlig marknivå behövs. Stödmurar i denna del kompensationsgrundläggs genom att grundläggning utförs på cellplast.

En byggnad, nytt klubbhus planeras norr om fotbollplanen, i nära anslutning till betongtunneln. Vid grundläggning av byggnaden ska den utformas så att tunneln inte kommer att påverkas av dess grundkonstruktion eller last från byggnaden samt att den ska utföras så att stomljud inte alstras i byggnaden.



	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg - Skandiahammen	Sidnr: 27 (28)	
	Teknisk handling Geoteknik	Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-15-010-001	
Produkt:  Systemhandling	Dokumentbeteckning:  Geokonstruktioner, kapitel 3	Datum: 2015-05-31	Uppdragsnr: 2343005000
			Rev. datum: -/-

### 3.3.19 Flytt av befintlig GC-bro i Pölsebo

Befintlig GC-bro över järnvägsspår vid km 5+500 planeras att flyttas till ca km 5+650.

#### 3.3.19.1 Geotekniska och hydrogeologiska förhållanden

Jordlagren i området utgörs överst av 0,5-2 m fyllnadsmassor som i huvudsak består av sand och grus. Under fyllnadsmassorna utgörs de naturliga jordlagren främst av silting, ställvis även sandskiktad, lera som underlagras av friktionsjord. Mäktigheten uppgår till 8-15 m.

Grundvattennivån är i medeltal ca +12 m vid planerad sträckning. Prognostiserad högsta grundvattennivå är ca +13.6 m (belägen ungefär i markytan).

#### 3.3.19.2 Rekommendationer

GC-brons stöd är i dag huvudsakligen kompensationsgrundlagda på cellplast. I nytt läge för GC-bro är lermäktigheterna något större. För att undvika risk för skadliga rörelser i stödlägena vid grundläggning på lera med varierande mäktighet kan grundläggning av stöden därför utföras genom fullständig lastkompensation med cellplast, se Teknisk handling byggnadsverk 108793-21-010-001. Med hänsyn till de höga grundvattennivåerna i området behöver hänsyn tas till risk för uppflytning vid utformning av kompensationen.

### 3.3.20 Säterigatans korsning över betongtunnel

Säterigatan, och parallell GC-väg, följer i huvudsak dagens nivåer, förutom på en sträcka av ca 200 m där profilen behöver anpassas över betongtunneln. Profilhöjningen är som mest ca 70 cm i korsningspunkten med järnvägstunneln.

#### 3.3.20.1 Geotekniska och hydrogeologiska förhållanden

I anslutning till Säterigatan utgörs jordlagren överst av fyllnadsmassor. De naturliga underliggande jordlagren utgörs av lera med 3-10 m lera som mot djupet underlagras av skiktad friktionsjord till ca 15 m djup. Leran är normal till svagt överkonsoliderad och klassas som mellansensitiv.

Grundvattennivån är medeltal ca +5.5 m. Prognostiserade högsta grundvattennivå är ca +7.8 m.


#### 3.3.20.2 Rekommendationer

För att undvika risk för ojämna sättningrörelser i anslutning till den pågrundlagda tunneln rekommenderas länkplattor i övergången mellan betongtunnel och väggkropp, tillsammans med utspetsad lättfyllning för att en jämn övergång ska erhållas så att skadliga rörelser inte uppkommer, se Teknisk handling Markanläggning 108793-11-010-001, och profilritning 108793-31-201-04800-001.

### 3.3.21 Ledningar

#### 3.3.21.1 Rekommendationer

Stor del av ledningar kommer att förläggas genom styrd borrhning. I senare skede behöver mer detaljerade information om förutsättningar och berglägen tas fram.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg - Skandiahamnen	Sidnr: 28 (28)		
	Teknisk handling Geoteknik	Projektnummer: 108 793		
		Dokumentnummer projekt: 108793-15-010-001		
Produkt:  Systemhandling	Dokumentbeteckning:  Geokonstruktioner, kapitel 3	Datum: 2015-05-31	Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

Omläggning av dagvattenledningar vid fotbollsplan vid Krokängsparken som ligger under grundvattenytan kräver liknade försiktighetsåtgärder som byggandet av schakt för betongtunnel, för att inte orsaka oönskade grundvattenförändringar och problem med inträngande vatten i schaktgropar.

### 3.3.22 Dräneringar

#### 3.3.22.1 Rekommendationer

Höga grundvattentryck kan förväntas periodvis vid Pölsebo, se "Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi" samt "Projekterings PM, Hydrogeologi".

Dränering vid trågslut utformas så att ingen risk skall föreligga att grundvatten kan rinna in i tråg.

### 3.3.23 Etapper och tillfälliga anläggningar

För etapputbyggnad se handling Etappbeskrivning utförande 108793-00-095-001.

### 3.3.24 Kontrollprogram

Kontrollprogram för att mäta omgivningspåverkan enligt nedan, ska utföras före, under och efter byggskedet och utarbetas under vidare projektering.

Kontrollprogram för mätning av grund- och ytvatten, ska i byggskedet som minst omfatta pumpade flöden, infiltrerade flöden, vattenkvalitet, strömningsriktningar och nivåer. Kontrollprogram som avser annan omgivningspåverkan ska även tas fram till byggskedet och innefatta vibrations- och rörelsemätning på bebyggelse och anläggningar som kan påverkas vid utförande av planerade arbeten så som schakt, sprängning och grundläggning etc. I kontrollprogrammet ska det för vart och ett av objekten finnas dels en observationsnivå och en larmnivå, samt att det ska framgå vilka åtgärder som är knutna till respektive nivå. Det ska även framgå vem som ansvarar för mätning, analys av mätresultat samt de åtgärder som kan behöva vidtas. Vid arbeten i anslutning till trafikerade spår ska intensiteten av erforderliga rörelsemätningar anpassas utifrån pågående kritiska arbetsmoment.