

Ansökan om tillstånd för vattenverksamhet enligt 11 kapitlet miljöbalken

Bortledning av grundvatten vid Gryaabs Transporttunnlar

Göteborgs Stad, Västra Götalands län

Teknisk beskrivning

2017-03-03



Dokumenttitel: Ansökan om tillstånd för vattenverksamhet enligt 11 kapitlet miljöbalken,
Bortledning av grundvatten vid Gryaabs Transporttunnlar, Teknisk beskrivning
Författare: Johan Thörn, Thomas Wallroth, Bergab
Dokumentdatum: 2017-03-03
Dokumenttyp: Rapport
Ärendenummer: TRV 2016/23343
Projektnummer: 150176
Version: 1.0

Publiceringsdatum:
Utgivare: Trafikverket
Kontaktperson: Svante Jonsson, Trafikverket
Uppdragsansvarig: Charlotte Lindström, EnviroPlanning AB
Tryck:
Distributör: Trafikverket, Kruthusgatan 17, 405 33 GÖTEBORG. Telefon: 0771-921 921,
www.trafikverket.se

Kartor: © Lantmäteriet
Omslagsbild: Trafikverket
Övriga bilder: Trafikverket om inget annat anges

Läsanvisning

I denna ansökan står Gryaab som sökande. Trafikverket projekterar och bygger ersättningstunnlarna på uppdrag av Gryaab och av den anledningen benämns Trafikverket i följande Tekniska beskrivning och övriga handlingarna som sökande.

Innehållsförteckning

Läsanvisning	4
Innehållsförteckning	5
1 Inledning	7
2 Höjd- och koordinatsystem	7
3 Områdesbeskrivning	7
4 Planerade anläggningar	9
4.1 Tunnel i Bratteråsberget	9
4.2 Tunnel i Krokängsparken	11
5 Geologiska förutsättningar	13
5.1 Berggrund	13
5.2 Jordlager	14
6 Geotekniska förutsättningar	16
7 Hydrologiska förutsättningar	16
8 Hydrogeologiska förutsättningar	18
8.1 Grundvattenmagasin	18
8.2 Grundvattenbildning	19
8.3 Grundvattennivåer	19
8.4 Grundvattenkemi	21
8.5 Områdesspecifika hydrogeologiska förutsättningar	22
8.5.1 Bratteråsberget och berget inom Krokängsparken	22
8.5.2 Omkringliggande jordtäckta områden	22
9 Studerade tunnellägen	23
9.1 Översiktlig beskrivning	23
9.2 Ersättningstunnel öster om Säterigatan - alternativstudier	23
9.3 Ersättningstunnel väster om Säterigatan - alternativstudier	26
10 Byggmetoder	27
10.1 Drivning av bergtunnlar	27
10.2 Etableringsområden och transportvägar	29
11 Planerad vattenverksamhet	31
11.1 Byggskedet	31
11.2 Driftskedet	32
11.3 Skyddsinfiltration av vatten	32
11.4 Följdverksamheter	32

12	Skyddsobjekt	33
12.1	Grundvattenberoende grundläggning	33
12.2	Grundvattenberoende energianläggningar och brunnar	34
12.3	Grundvattenberoende naturvärden	35
12.3.1	Bratteråsberget	36
12.3.2	Krokängsparken	37
12.4	Markföroreningar	38
13	Kontroll och skyddsåtgärder	38
13.1	Tätning av bergtunnlar	39
13.2	Skyddsinfiltration	39
13.3	Buller, stomljud och vibrationer	40
13.4	Andra åtgärder	40
14	Omgivningspåverkan	41
14.1	Grundvattenpåverkan	41
14.1.1	Bratteråsberget	41
14.1.2	Krokängsparken	42
14.2	Påverkansområde grundvatten	42
14.3	Effekter av grundvattenbortledning	43
14.3.1	Grundvattenberoende grundläggning	43
14.3.2	Grundvattenberoende energianläggningar och brunnar	45
14.3.3	Grundvattenberoende naturvärden	45
14.3.4	Mobilisering av markföroreningar och förändringar av grundvattenkemi	45
14.3.5	Kumulativa effekter	45
14.4	Avloppsvatten	46
15	Referenser	47
16	Bilagor	48

1 Inledning

Hamnbanan Eriksberg–Pölsebo är ett projekt som syftar till att öka kapaciteten på järnvägen till Göteborgs hamn och övriga industrier på Hisingen i Göteborg. En ny sträckning ska byggas, och förläggs mellan Eriksberg och Pölsebo i tråg, betongtunnel i jord samt bergtunnel. Sträckningen kommer i konflikt med bergförlagda transporttunnlar till en sekretessklassad anläggning som drivs av Gryaab AB. Dessa transporttunnlar behöver därför ersättas med nya bergtunnlar. Ersättningstunnlarna ska vara i drift när de befintliga görs obrukbara av den nya järnvägen. Trafikverket ansvarar för att projektera och bygga de nya tunnlar, men Gryaab kommer att vara verksamhetsutövare.

Detta dokument, Teknisk Beskrivning, är tekniskt underlag till ansökan om tillstånd för vattenverksamhet enligt 11 kapitlet i miljöbalken för nya transporttunnlar åt Gryaab. Beskrivningen redogör för utformning, omfattning, läge samt byggmetoder för transporttunnlarna med fokus på den tillståndspliktiga verksamheten. Likaså beskrivs geologiska, geotekniska och hydrogeologiska förhållanden samt den påverkan som bedöms uppkomma till följd av verksamheten. Beskrivningen är underlag för bedömningen av miljökonsekvenser, vilka presenteras i projektets Miljökonsekvensbeskrivning.

Parallellt med ansökan om tillstånd för transporttunnlarna söker Trafikverket motsvarande tillstånd för Hamnbanan. Undersökningar och utredningar för Hamnbanan, etapp Eriksberg–Pölsebo, har legat till grund och utgjort indata för denna handling. Projekt Hamnbanan berör ett betydligt större område och utförda inventeringar, fältundersökningar och separata utredningar har tillräcklig omfattning för att motsvara behovet för transporttunnlarna.

2 Höjd- och koordinatsystem

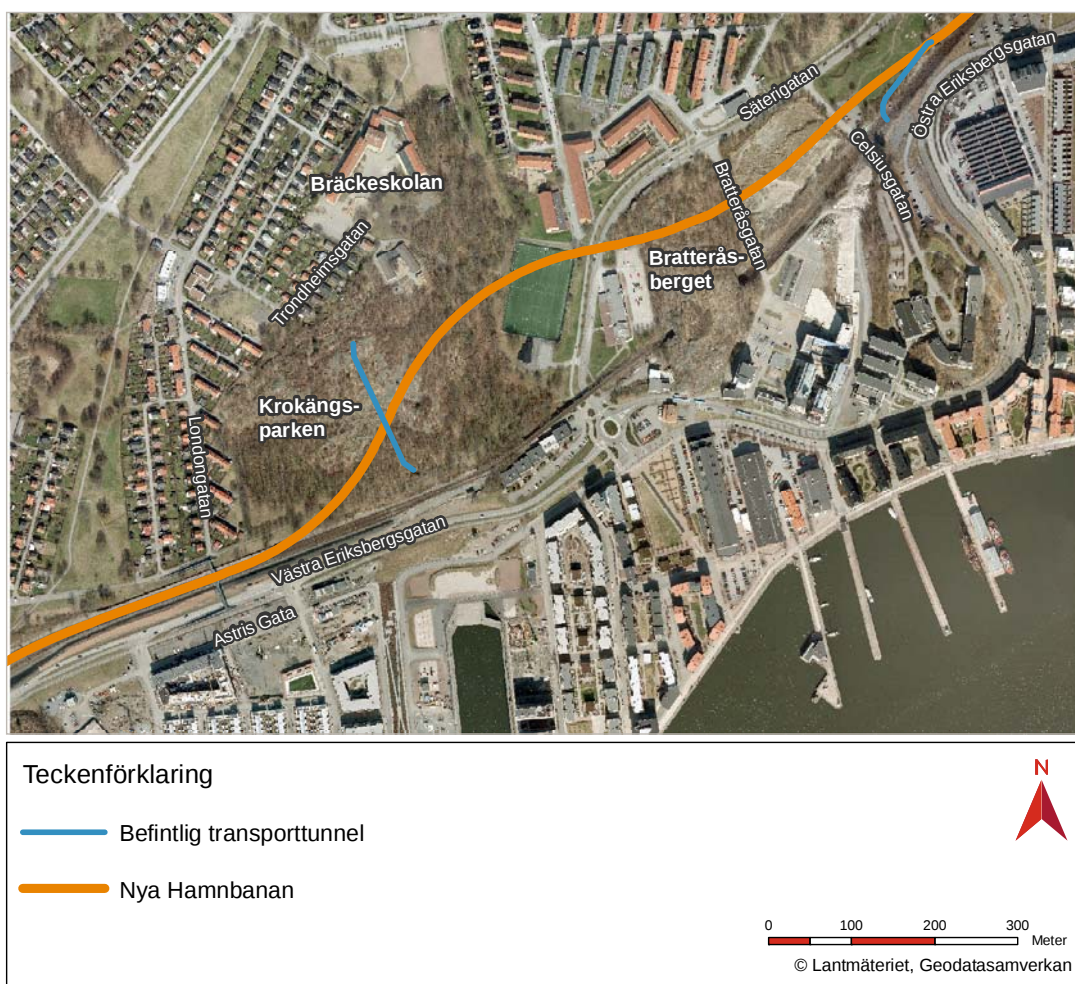
Tillämpat höjdsystem för ansökan är RH2000. Koordinatsystem är SWEREF 99 12 00.

3 Områdesbeskrivning

Området (se Figur 3.1) är i stor skala relativt flackt, med undantag för de två topografiskt upphöjda naturområdena Bratteråsberget och Krokängsparken, där marknivåerna som högst ligger på +38 respektive +35 meter. Mellan dessa finns ett låglänt område med marknivåer på ungefär +10 meter. Även områdena öster om Bratteråsberget och väster om Krokängsparken vid Pölsebo är flacka med marknivåer på ungefär +15 meter. Som jämförelse varierar vattennivån i Göta älv normalt kring ± 0 meter.

Förutom inom de båda höjdområdena som består av naturmark är området till största delen bebyggt med en blandning av bostäder och verksamheter. Närmast Göta älv i söder, där det tidigare bedrivits varvsverksamhet, består bebyggelsen av flerbostadshus. Verksamheter bedrivs i form av bland annat hotell, restauranger och mässor.

Även i områdena öster och norr om Bratteråsberget består bebyggelsen av flerbostadshus, medan den i området väster och norr om Krokängsparken består av småhusbebyggelse. Mellan naturområdena och området närmast älven löper befintlig Hamnbana samt Västra/Östra Eriksbergsgatan. Till den senare ansluter norrifrån Säterigatan, kring vilken det finns kontors- och idrottsverksamheter. Idag går befintlig järnväg i en bergtunnel genom södra delen av Bratteråsberget. I Bratteråsberget finns även andra berganläggningar, vilka idag inte är i drift.



Figur 3.1 Gryaabbs befintliga transporttunnlar som kommer i konflikt med den planerade sträckningen för Hamnbanan mellan Eriksberg och Pölsebo.

Det berörda området är generellt detalj- eller stadsplanlagt. Gällande planer är en äldre stadsplan över Bratteråsberget och en detaljplan för kontorsfastigheten väster om Bratteråsberget. En ny detaljplan för Säterigatan, omfattande Bratteråsberget och området öster därom, där byggnation av flerbostadshus planeras, är under arbete. Denna detaljplan anpassas så att ett påslag vid Bratteråsberget blir möjligt. En ny detaljplan för järnvägstunnel under Krokängsparken är också under framtagande.

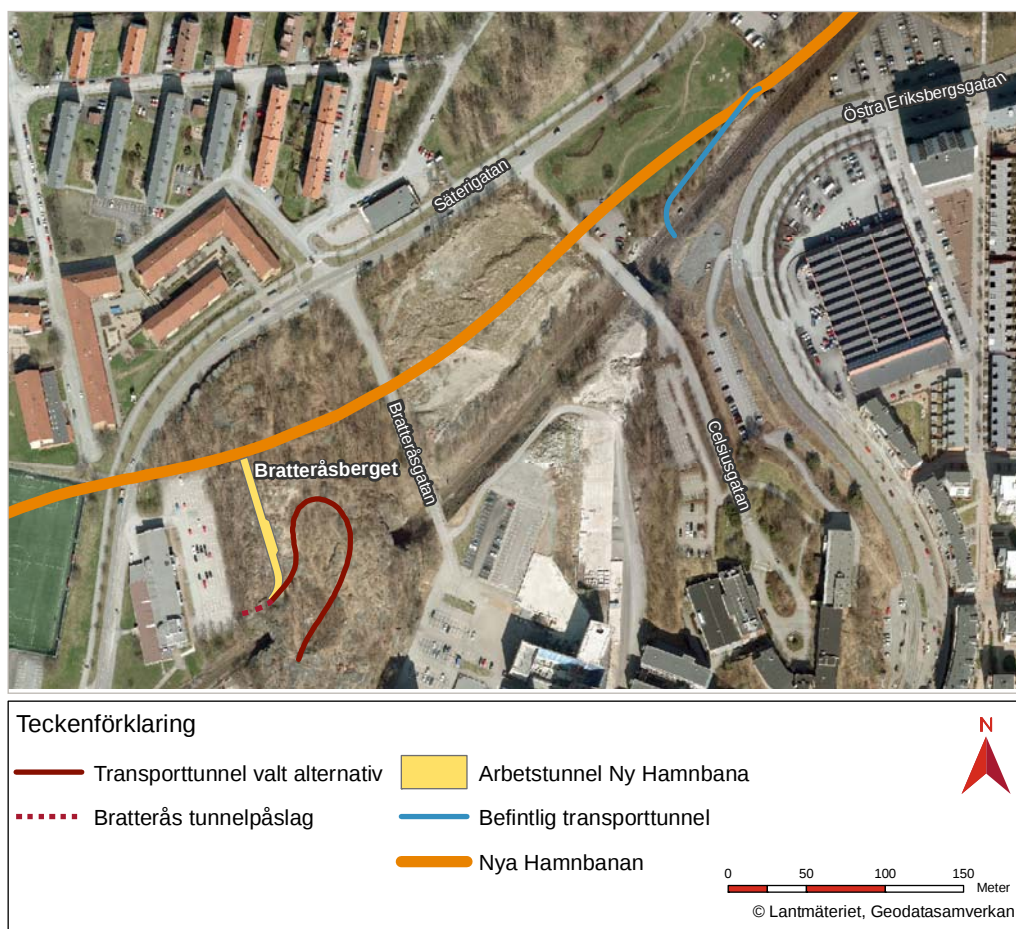
4 Planerade anläggningar

Lägena för befintliga transporttunnlar visas i Figur 3.1 tillsammans med den nya Hamnbanans sträckning. De två befintliga transporttunnlarna behöver ersättas var för sig, vilket innebär att det dels krävs en ny tunnel öster om Säterigatan, dels en tunnel väster om Säterigatan. Utredningar har utförts avseende nya tunnellägen, med tillhörande tunnelpåslag, med hänsyn till tekniska och miljömässiga förutsättningar, planfrågor och övriga områdesbegränsningar, se vidare i kapitel 9.

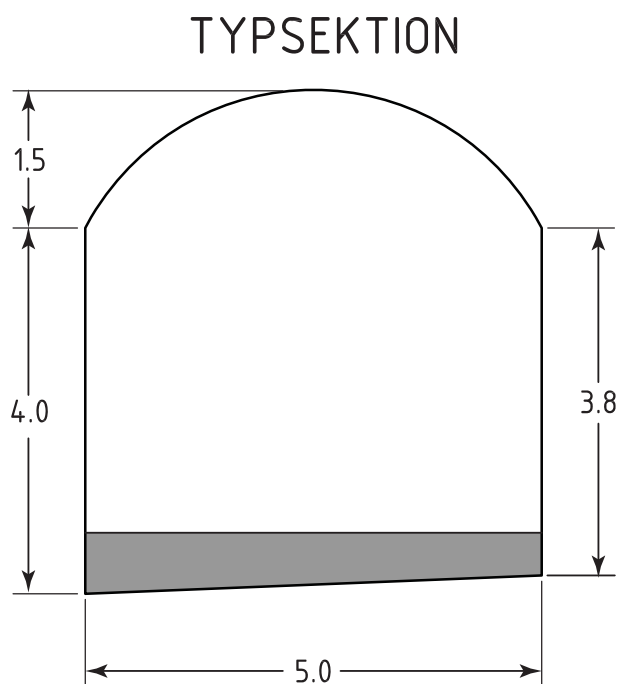
En planritning med planerade anläggningar redovisas i bilaga 1 till ansökan.

4.1 Tunnel i Bratteråsberget

Tunneln i Bratteråsberget börjar strax norr om den befintliga järnvägstunnelns västra mynning. Efter påslaget går tunneln i en båge norrut för att sedan böja av söderut och ner under den befintliga järnvägstunneln. Med maximal praktisk lutning om 1:7 behöver tunneln vara 200 meter innan den kan nå sitt mål vid Gryaabs befintliga anläggning (se Figur 4.1). Tunneln byggs med ett tvärsnitt om cirka 20 - 25 m² (se Figur 4.2) och förses med en överbyggnad vid påslaget. Byggtiden för tunneln beräknas bli 2 månader.

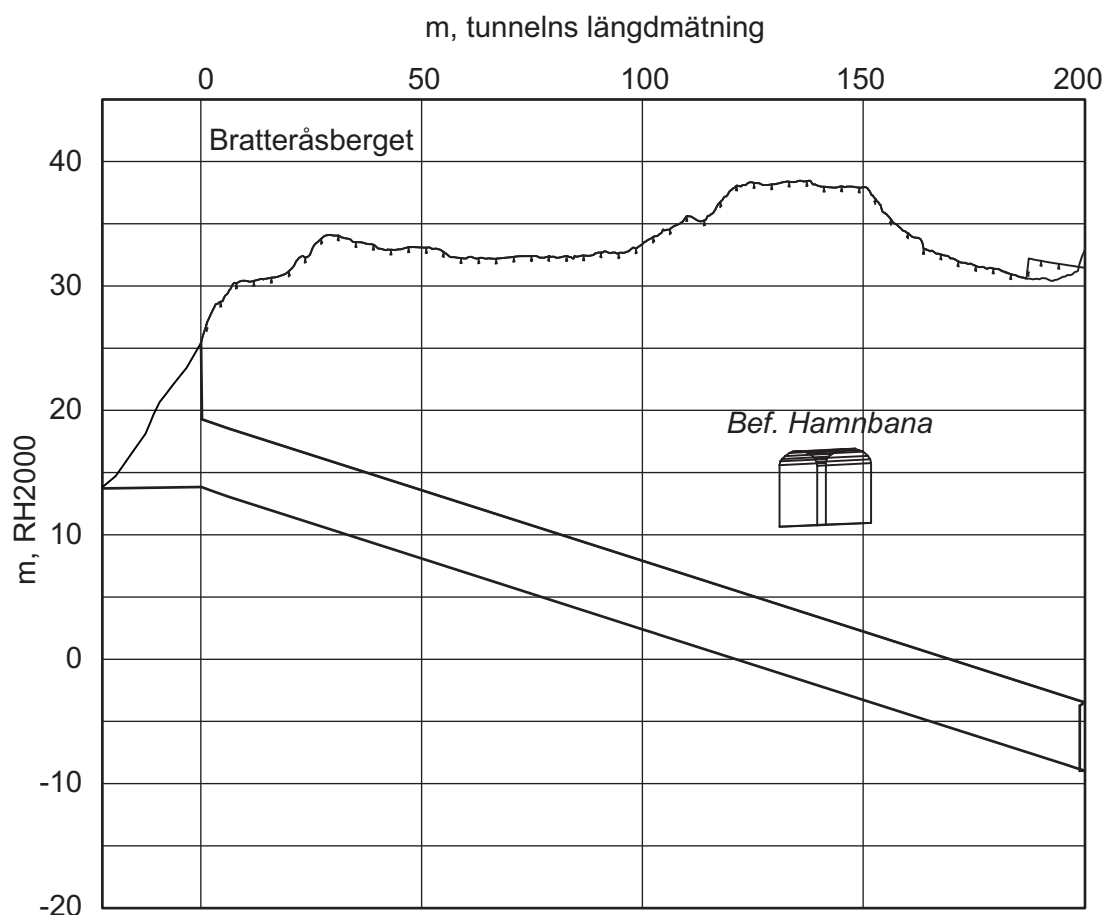


Figur 4.1 Planerat tunnelläge vid Bratteråsberget.



Figur 4.2 Preliminär typsektion för transporttunnlarna (redovisade mått i meter).

Tunnelpåslaget utförs gemensamt med en planerad arbetstunnel (se Figur 4.1) för Hamnbanan som viker av norrut kort efter påslaget, för att möta Hamnbanan på nivå +3 meter i Bratteråsbergets norra ände. Arbetstunneln planeras att förseglas i ändarna när bygget av Hamnbanan är klart. Den exakta förläggningen av Hamnbanans arbetstunnel och Gryaabs transporttunnel i plan och höjdled fastställs och samordnas i detaljprojekteringsskedet. När i tiden som transporttunneln byggs dikteras av när den befintliga transporttunneln, längre österut, blir otillgänglig.

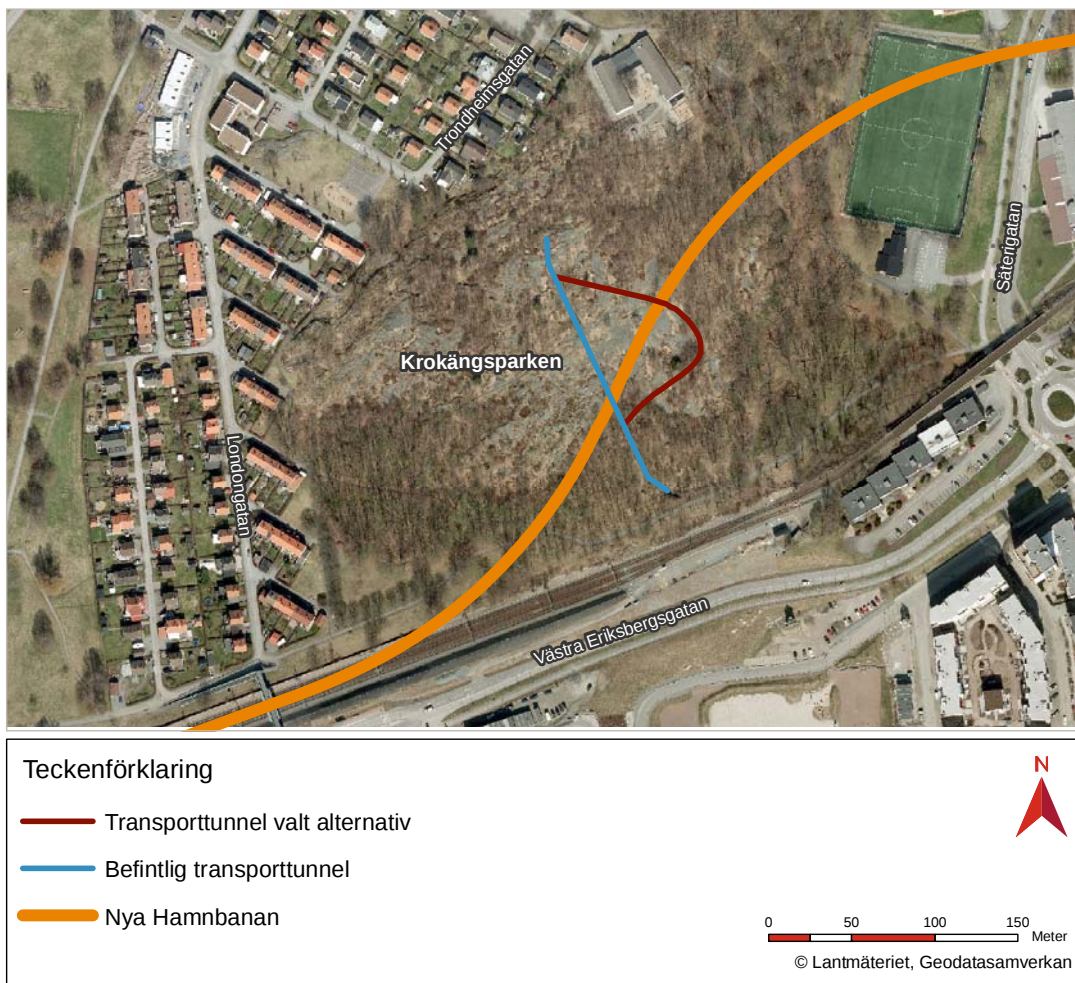


Figur 4.3 Profil genom Bratteråsberget med transporttunneln uträtad (jämför planläget i Figur 4.1). Den befintliga Hamnbanans tunnel passeras, liksom andra berganläggningar (ej med i profilen). Den nya Hamnbanans tunnel förläggs på cirka +3 meter nivå.

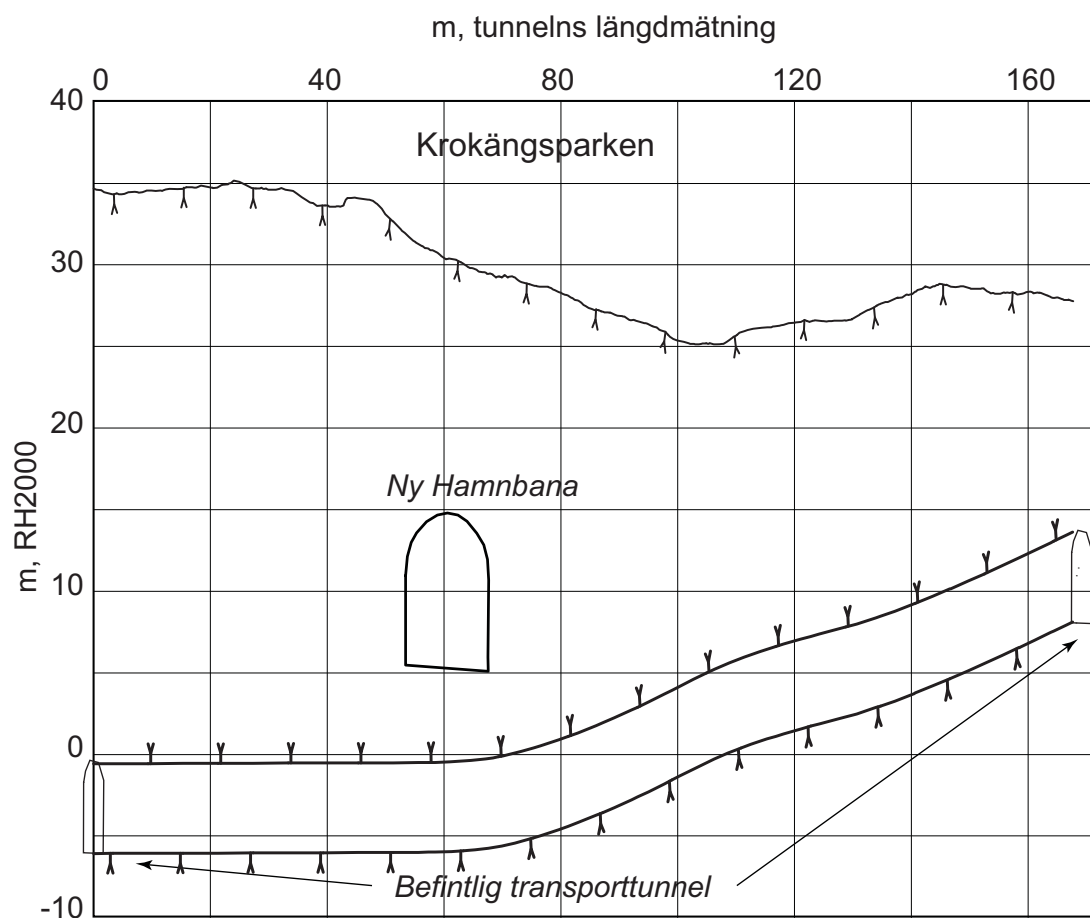
4.2 Tunnel i Krokängsparken

Tunneln under Krokängsparken byggs inifrån Hamnbanans nya tunnel efter att denna har brutit igenom den befintliga transporttunneln. Tunneln byggs i en båge under den nya Hamnbanan med en brant lutning (cirka 1:7) söder om mötespunkten för att ge ett tillräckligt avstånd i höjddled mellan de båda tunnlarna (se Figur 4.5). Därefter byggs tunneln med en flack lutning nedåt till den position där den ansluter till den befintliga transporttunneln. Tunneln byggs liksom den i Bratteråsberget med ett tvärsnitt om cirka 20–25 m² (se Figur 4.2) och en längd om knappt 200 meter.

Byggtiden beräknas bli tre månader. När i tiden som transporttunneln byggs beror på hur entreprenaden för Hamnbanan planeras eftersom bygget av den nya transporttunneln kan påbörjas först efter att Hamnbanans tunnel nått fram till befintlig transporttunnel.



Figur 4.4 Planerat tunnelläge i Krokängsparken.



Figur 4.5 Profil genom berget i Krokängsparken med den planerade transporttunneln uträdd mellan anslutningarna till den befintliga transporttunneln, jämför planläget i Figur 4.4. Den övre delen av tunneln ges en brant lutning och den nedre en flack så att den nya Hamnbanans tunnel kan passeras.

5 Geologiska förutsättningar

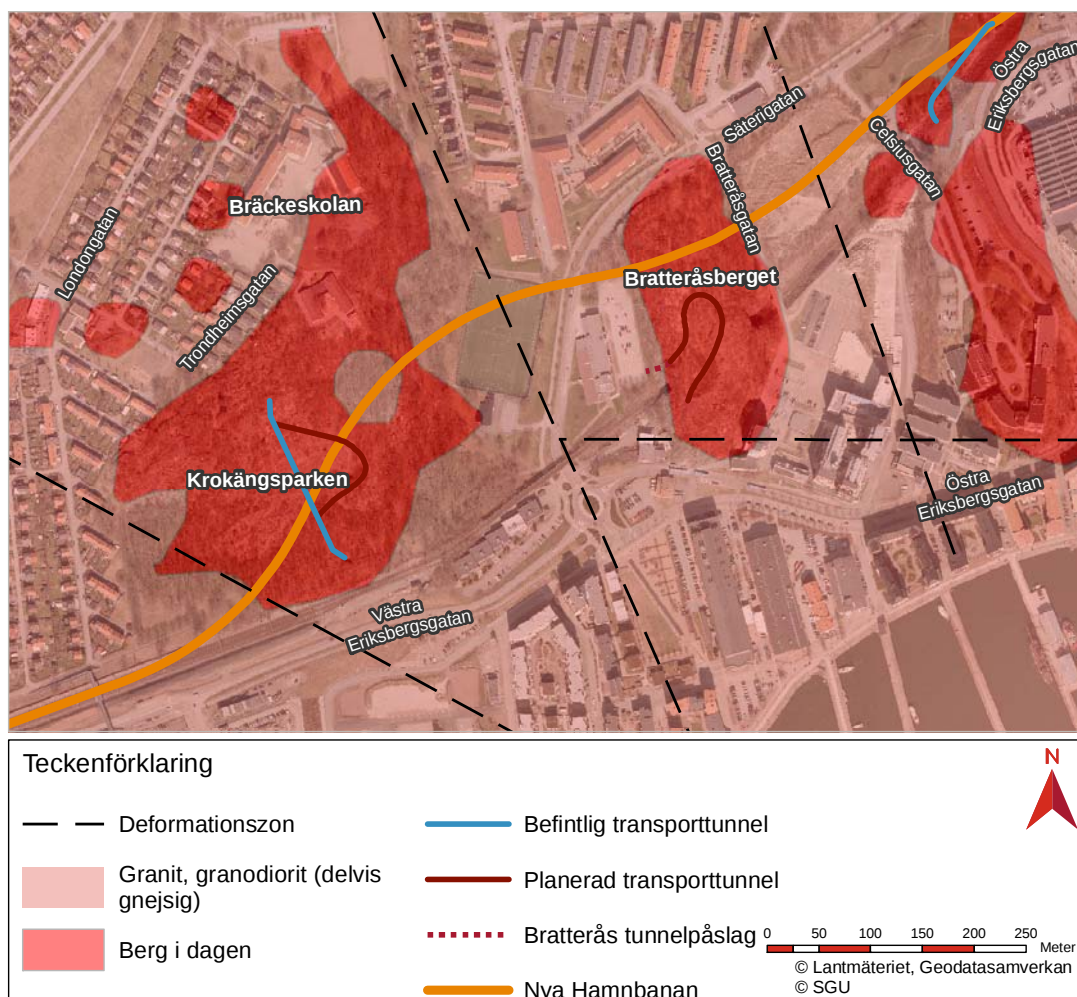
Som underlag för den geologiska beskrivningen ligger Markundersökningsrapporterna Berg och Geoteknik som upprättats inom Hamnbanan (Trafikverket 2015b, c). För berggrundsbeskrivningen har data inhämtats genom en inventering av tillgängligt material hos SGU och uppdragsarkiv samt genom att utföra nya undersökningar. Berghällar ovan jord samt den befintliga järnvägstunneln i Bratteråsberget, respektive transporttunneln i Krokängsparken har karterats. Tre kärnborrhål har borrats och karterats och några borrhål från markytan, genom jordtäcket och några meter ned i berg (så kallade JB-sonderingar) har filmats med borrhålskamera (BIPS).

5.1 Berggrund

Berggrunden består av kristallina bergarter, gnejs och granit. Berget är ställvis mer eller mindre kraftigt förskiffrat. Foliation förekommer med medelbrant lutning mot väster. Baserat på utförda undersökningar för Hamnbanan och tidigare material, bedöms berggrunden ur bergbyggnadssynpunkt generellt vara av god kvalitet. De båda bergtunnlarna går igenom topografiskt markerade bergplintar. Inga större deformationszoner (svaghets- eller krosszoner) har identifierats inom bergsområdena

(se Figur 5.1). Korta avsnitt med sämre berg som noterats vid kärnborrhningar svarar mot smala zoner som inte bedöms påverka byggnationen av tunnlnarna.

Den dominerande sprickriktningen i berget är nord-sydlig, men sprickor förekommer även i riktningarna VNV-OSO, ONO-VSV och NV-SO. Sprickorna uppvisar medelbrant till brant västlig stupning.



Figur 5.1 Berggrund Krokängsparken och Bratteråsberget. Bearbetat utsnitt ur Berggrundskartan (SGU 2016a)

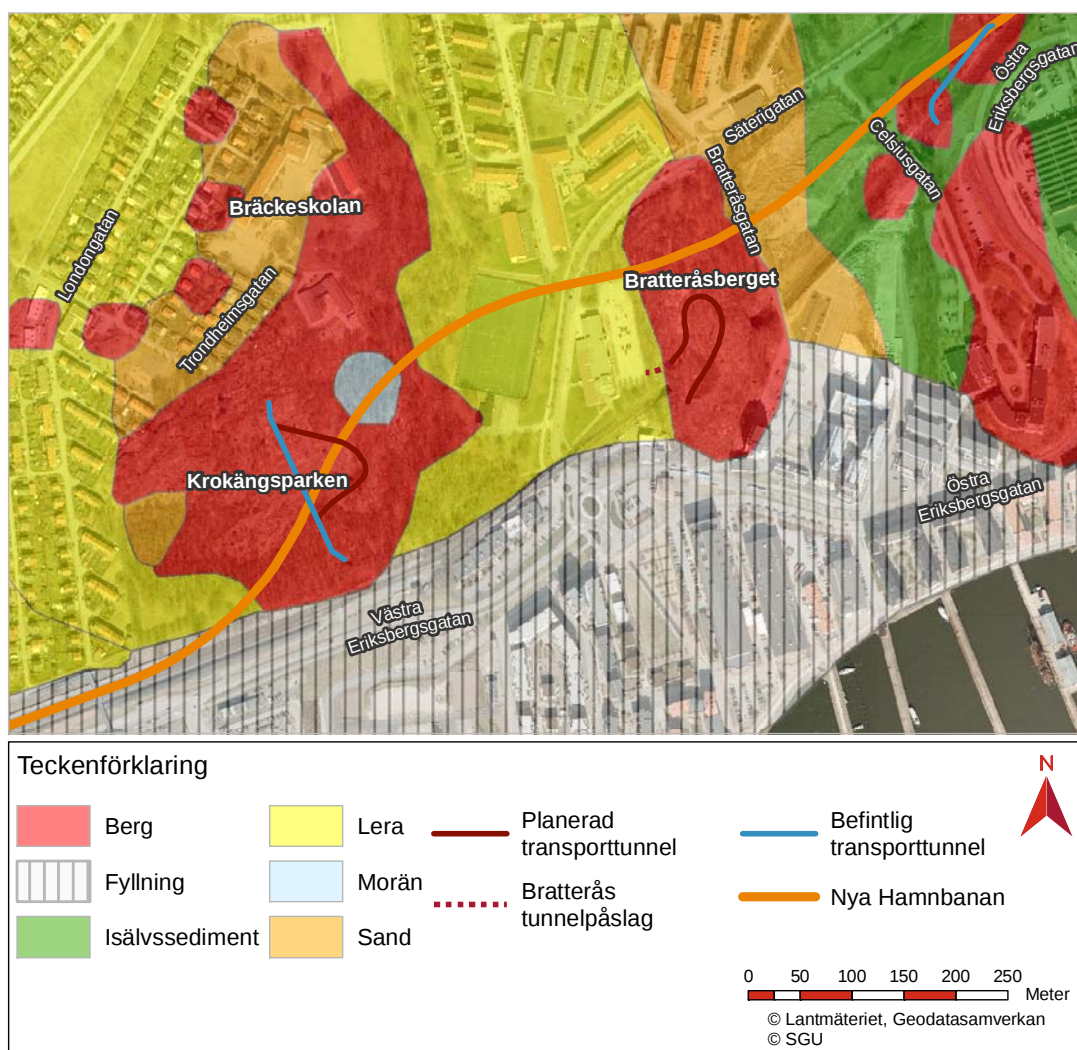
5.2 Jordlager

De jordartsgeologiska förhållandena domineras av områden med lera och friktionsjord i lägre partier och av berg i dagen eller berg med tunt jordtäckte i högre belägna områden, se Figur 5.2.

Öster om Bratteråsberget finns ett område med isälvssediment och svallsediment i dagen. I området mellan Bratteråsberget och Krokängsparken består jordlagerföljden av cirka 10 meter lera och under det sand och grus med mäktigheten cirka 20 meter. Även väster om Krokängsparken är jorrdjupen relativt stora, med några meter sand

närmast berget, i sin tur överlagrad av silt och lera. Tunnare lager av fyllnadsmassor ovanpå de naturligt avlagrade jordarna förekommer frekvent inom större delen av området.

Hela området söder om såväl Krokängsparken som Bratteråsberget, ned mot Göta älv, är historiskt kraftigt utfyllt med olika typer av massor. Under fyllnadsmassorna finns lera och friktionsjord med varierande mäktighet. Friktionsjorden sträcker sig även under älven.



Figur 5.2 Jordlager och bergblottningar i området för lokaliseringen av transporttunnlarna. Bearbetat utsnitt ur Jordartskartan (SGU 2016b)

6 Geotekniska förutsättningar

Leran i området är i huvudsak normalkonsoliderad till svagt överkonsoliderad. Detta innebär att konsolideringssättningar har utbildats färdigt för nuvarande belastning och vissa fall något mer än nuvarande belastning. Utförda belastningsförsök (CRS) visar en överkonsolideringsgrad (OCR) mellan cirka 1,1 - 1,8, (1,4 - 1,5 i norra delen av området mellan de båda bergen) vilket ungefär motsvarar en överkonsolidering med cirka 10-30 kPa (Trafikverket 2015b). Leran är känslig för ökad belastning då detta kan leda till sättningar som inom vissa delar kan pågå under lång tid.

I delområden med stora lerdjup, som sydväst om Krokängsparken där lermäktigheten uppgår till mer än 20 meter, pågår det idag troligen små krypsättningar, uppskattningsvis 1-3 mm/år. I övriga lertäckta delar av området bedöms, baserat på utförda undersökningar, däremot inga krypsättningar pågå. I område med isälvsavlagringar/friktionsjord bedöms heller inga sättningar pågå.

7 Hydrologiska förutsättningar

I lågområdet mellan Bratteråsberget och Krokängsparken fanns tidigare en bäck, men denna kulverterades runt år 1940 i samband med utbyggnaden av varvsverksamheten. I övrigt finns inga ytvattendrag inom det aktuella området. Den naturliga avrinningen från större delen av det aktuella området sker via den kulverterade bäcken söderut mot Göta älv. Figur 7.1 visar de delavrinningsområden för ytvatten som berörs.

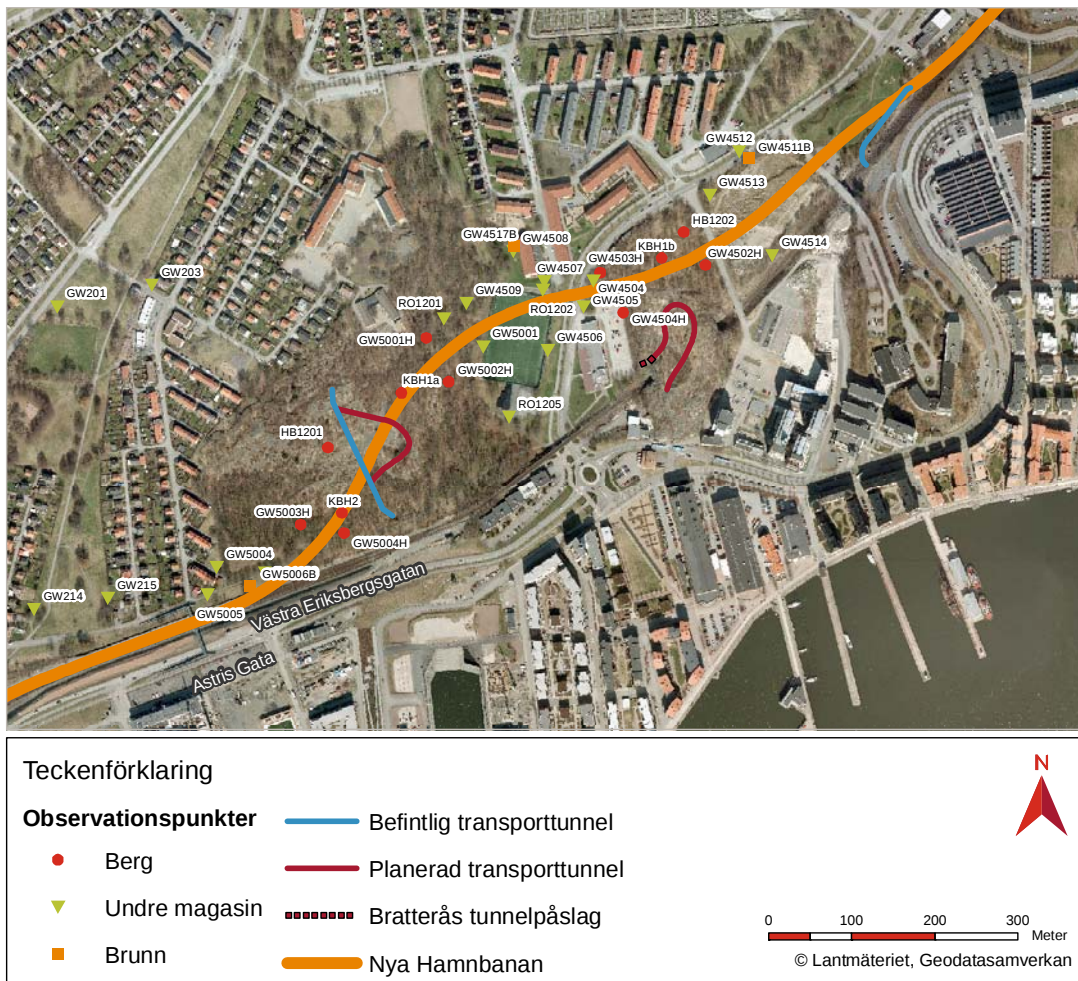


Figur 7.1. Delavrinningsområden för transporttunnlarna.

Grundvattenbildningen i Göteborg är generellt liten. Den är beroende av hur stor del av nettonederbörden som avrinner som ytvatten till vattendrag (nettonederbörd = ytvattenflöde + grundvattenflöde). Enligt skattning är nettonederbörden cirka 450 mm/år för det aktuella området.

8 Hydrogeologiska förutsättningar

Som underlag för den hydrogeologiska beskrivningen ligger Markundersökningsrapport Hydrogeologi som upprättats inom Hamnbanan (Trafikverket 2015a). Data har i huvudsak samlats in genom grundvattennivåmätningar i befintliga och nyetablerade grundvattenrör, tre provpumpningar i jord samt vattenförlustmätningar i borrhål i berg. Pumpbrunnarna, bergborrhålen och ett urval av rören i jord visas i Figur 8.1.



Figur 8.1 Mätpunkter för grundvattennivå i berg och undre jordmagasin, samt pumpbrunnar för utförda provpumpningar.

8.1 Grundvattenmagasin

Det huvudsakliga grundvattenmagasinet i jord återfinns i vattenförande lager i morän och/eller sandlager. Jordmagasinet bedöms ha god kommunikation med uppsprucken bergöversyta i större delen av projektområdet. Grundvattenmagasinet i jord överlagras av lerlager, framförallt i lågpartier mellan höjdområden. Ett sådant finns under Säterigatan, mellan Krokängsparken och Bratteråsberget. Transmissivitet (mått på vattenförande förmåga) och flöde i detta undre, slutna magasin har uppskattats till $8,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ respektive 0,4 L/s (Trafikverket 2015a). Ovanpå leran, i

fyllnadsmaterialet och i naturligt avsatta jordar bedöms ett öppet grundvattenmagasin kunna finnas lokalt. Detta övre magasin bedöms främst kunna ha kontakt med det undre magasinet i så kallade randzoner. Randzoner förekommer längs övergångarna mellan lertäckta områden och områden med berg i dagen eller tunna jordlager på berg.

Undantaget från denna uppdelning i ett övre och undre grundvattenmagasin är området öster om Bratteråsberget. Här finns ett större område med isälvssediment (fraktioner från sand till block). Transmissivitet och flöde i denna jordakvifer har beräknats från provpumpning till $1,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ respektive 0,4 L/s (Trafikverket 2015a). Det finns också ett antal öppna grundvattenmagasin väster om Krokängsparken i anslutning till bergsområdena där. Dessa områden är viktiga för grundvattenbildningen.

I hela området förekommer i berggrunden grundvatten i öppna spricksystem, som även står i hydraulisk kontakt med grundvattenmagasinet i jordlagren. Konduktiviteten i berggrunden har uppskattats genom vattenförlustmätningar i tre kärnborrhål. Sammantaget motsvarar mätningarna en medelkonduktivitet i berg om $1 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$. Grundvattenmagasinen i Bratteråsbergets respektive Krokängsparkens bergmassa får betraktas som begränsade. De vattenförande sprickorna förekommer främst i nord-sydlig riktning.

8.2 Grundvattenbildning

Det storskaliga grundvattenflödet i området sker i riktning mot Göta älv. Nybildning av grundvatten i området sker i huvudsak i randområdena mellan jord och berg, och dess omfattning beror till stort del på områdets karaktär (andelen hårdgjorda ytor, jordarter, anläggningar och dränerande/läckande ledningar i området).

Grundvattenbildningen till berg styrs av vattentillgången vid bergets överyta, bergets hydrauliska konduktivitet och topografin. Vattenavrinningen sker på markytan som ytvattenavrinning och i jordlager och berg som grundvattenavrinning. Enligt skattning är nettonederbörden cirka 450 mm/år för det aktuella området (Kapitel 7, ovan). I områden med låg hydraulisk konduktivitet, till exempel lertäckta områden och områden med berg i dagen, är ytaavrinningen dominerande och grundvattenbildningen därmed lägre än i mer genomsläppliga jordarter. En sammantagen uppskattning av grundvattenbildningen i området för Hamnbanan redovisas som cirka 50-120 mm/år enligt Trafikverket (2015a).

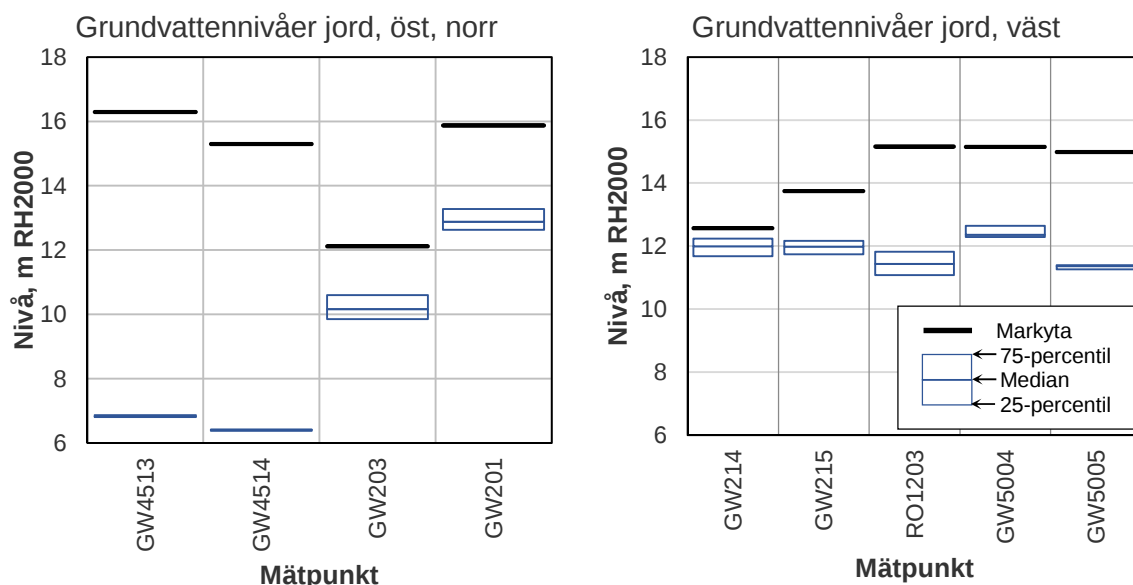
Grundvattenbildningen bedöms vara större i området med isälvssediment öster om Bratteråsberget, jämfört med övriga jordområden. Det är också rimligt att anta en större grundvattenbildning i jordlagren närmast bergsluttningarna, randzonerna, på grund av den tillkommande avrinningen från bergsluttningarna. Grundvattennivåmätningar i borrhål i både Bratteråsberget och Krokängsparken visar på en god kontakt mellan bergets spricksystem och avrinningen vid nederbörd.

8.3 Grundvattennivåer

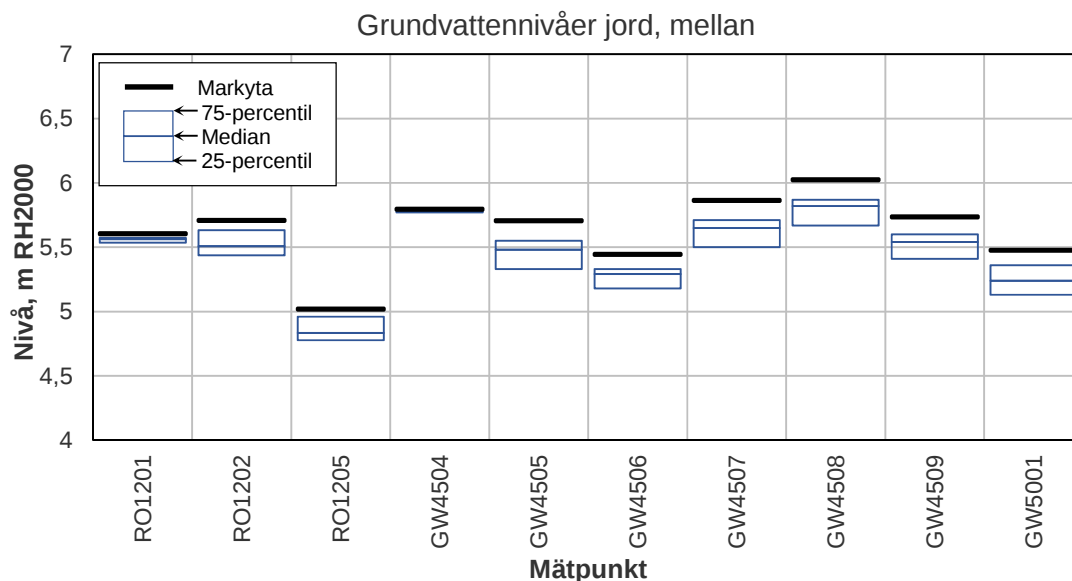
Inom området finns befintliga undermarksanläggningar, vars exakta lägen och funktion omfattas av sekretess. Dessa anläggningar har sedan länge påverkat

grundvattennivåerna i området. I anslutning till Lundbytunneln och norr därom, i storleksordningen >1 km från transporttunnlarnas lägen, finns infiltrationsanläggningar (Trafikverket 2015a, Bilaga 3). Vid inventeringen har inga infiltrationsanläggningar identifierats i området kring Bratteråsberget och Krokängsparken.

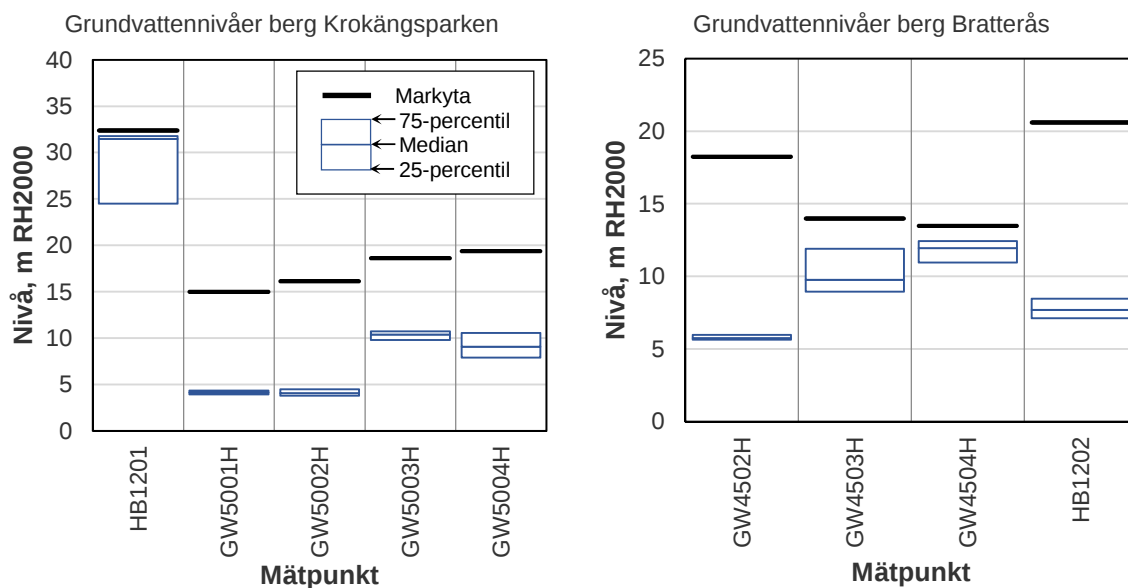
Grundvattennivåns årsvariation är relativt väl känd nära aktuellt område eftersom Stadsbyggnadskontoret (SBK), Göteborgs Stad, utför långtidsmätningar i några punkter. Vidare har fler observationspunkter installerats efterhand som arbetet med Hamnbanan fortskridit. Här finns data ungefär från år 2012. Den allmänna bilden är att årstidsfluktuationerna är störst i avrinningsområdenas högre belägna delar och minskar i de lägre delarna, vilket stämmer väl med analys av data från SBK. Skillnaden mellan uppmätta högsta och lägsta grundvattennivåer är cirka 4-5 meter inom de övre delarna av avrinningsområdet som omfattar Pölsebo, Säterigatan och öst om Bratteråsberget. Grundvattenytan bedöms i huvudsak ligga 1–8 meter under markytan i jord, se Figur 8.2 och Figur 8.3 samt 2-11 meter i berg, se Figur 8.4. Nivåerna i Bratteråsberget är i dagsläget tydligt påverkade av befintliga anläggningar, och ligger i huvudsak i nivå med grundvattnet i omgivande jord. Detta beteende återfinns även i de låglänta punkterna i Krokängsparken, medan borrhålet HB1201 som ligger högt i Krokängsparken (se Figur 8.1) har en nivå nära markytan under stora delar av året, men visar avsänkningar ned till omgivningens nivåer under sensommaren-hösten.



Figur 8.2 Median och kvartiler av uppmätta grundvattennivåer i jord i relation till markytans nivå. GW4513 och GW4514 ligger öst om Bratteråsberget. GW201 och GW203 ligger nordöst om Krokängsparken. I det högra diagrammet visas observationer väster om Krokängsparken, se Figur 8.1 för punkternas lägen.



Figur 8.3 Median och kvartiler av uppmätta grundvattennivåer i jord samt markyta för observationspunkter mellan Bratteråsberget och Krokängsparken, se Figur 8.1 för punkternas lägen.



Figur 8.4 Median och kvartiler av uppmätta grundvattennivåer i berg samt markyta. Vänster Krokängsparken och höger Bratteråsberget. HB1201 sjunker avsevärt under någon månad på sensommaren/hösten, 15-percentilen motsvarar 13,5 meter. Se Figur 8.1 för punkternas lägen.

8.4 Grundvattenkemi

Vattenprov i berg har tagits vid kortare pumpningar i hammarborrhål vid Bratteråsberget (två prover i borrhålen GW4502H och KBH_1_Bratterås) och Krokängsparken (ett prov i borrhålet GW5001H). Halterna för några analyserade parametrar redovisas i Tabell 8.1.

Tabell 8.1 Vattenkemiska analysresultat från kortare provpumpningar i bergbrunnar (Trafikverket 2015a Bilaga 5.).

Parameter	Bratteråsberget		Krokängsparken
	KBH1	GW4502H	GW5001H
pH	6,8	7,8	7,8
Hårdhet (°dH)	7,3	1,1	5,6
Alkalinitet (mg/l)	150	180	110
Järn (mg/l)	1,2	1,9	11
Klorid (mg/l)	11	19	23
Sulfat (mg/l)	8,7	16	15

8.5 Områdesspecifika hydrogeologiska förutsättningar

Nedan följer en beskrivning av områdesspecifika förhållanden för de båda bergsområden i vilka transporttunnlarna ska förläggas, samt de jordtäckta områdena kring bergen.

8.5.1 Bratteråsberget och berget inom Krokängsparken

Under perioder utan nederbörd ligger grundvattennivåerna i berget lågt. Detta beror dels på dränering via sprickor som kommunicerar med omgivande jordlager och dels på dränering till de befintliga berganläggningar som finns inom båda bergpartierna. Under perioder med mer ihållande regn sker dels en påfyllnad av vatten i de grunda jordfyllda svackorna på berget och dels en direkt avrinning mot omgivande jordtäckta områden. Grundvattennivån i berget höjs under sådana perioder relativt snabbt, men sjunker sedan undan efter att regnperioden upphört. I de jordfyllda svackorna finns under långa perioder inget fritt grundvatten, utan vattnet är kapillärt bundet vatten. Samma förhållanden gäller sannolikt 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 bergområden uppströms jordlagren.

8.5.2 Omkringliggande jordtäckta områden

Närmast markytan i området mellan Bratteråsberget och Krokängsparken finns fyllnadsmaterial/lera (djup upp till cirka 2 meter). Det underlagras av lera/siltig lera med varierande mäktighet (i centrala delen av dalgången är mäktigheten cirka 2-8 meter). Under leran finns siltig sand (djupintervall 8-10 meter) och sand (djupintervall 10- 18 meter) som i de djupaste delarna övergår till sandigt grus/grusig sand (djupintervall 18-26 meter) på berg. Lerlagret tunnas ut i riktning mot Krokängsparken. Uttunning av lerlagret bedöms ske även i östra delen mot Bratteråsberget. Friktionsmaterialet under leran bedöms finnas på bergytan över hela dalgången. Tunna skikt med förhöjd genomsläpplighet kan finnas i lera. Grundvattenmagasinet i jordlagren sträcker sig sannolikt långt norr- och söderut med flödesriktning söderut och grundvattenbildningen sker till största delen i randområdena någon kilometer norr om det aktuella området, se Trafikverket (2015a bilaga 1, B1-005).

Väster om Krokängsparken består jordlagren av från markytan cirka 0-3 meter lera och fyllnadsmassor, under dessa finns siltig sand och närmast ovanpå berget sand med grusinslag (från cirka 4-7 meter under markytan ned till bergytan vilken återfinns cirka 6-16 meter ned). Närmast Krokängsparken saknas täckande lera vid markytan. Grundvattenbildningen sker till stor del genom avrinning från Krokängsparkens bergplint.

I området närmast norr om Krokängsparken består ytjorden av sand och sannolikt saknas här underliggande lera. Öster om Bratteråsberget finns som tidigare nämnts en isälvsavlagring med en mäktighet uppemot 25 meter. Närmast väster om Bratteråsberget saknas sannolikt också lerlager. Ytavrinningen från bergkullarna mot dessa områden bidrar förmodligen lokalt till en högre grundvattenbildning.

9 Studerade tunnellägen

9.1 Översiktlig beskrivning

De två befintliga transporttunnlarna (se Figur 3.1) behöver ersättas var för sig, vilket innebär att det dels krävs en ny tunnel öster om Säterigatan, dels en tunnel väster om Säterigatan. Utredningar har utförts avseende nya tunnellägen, med tillhörande tunnelpåslag, med hänsyn till tekniska och miljömässiga förutsättningar, planfrågor och övriga områdesbegränsningar. En styrande förutsättning är att befintliga transportvägar till Gryaabs anläggning inte kan tas bort förrän ersättningstunnel eller alternativt temporärt tillträde anordnats. Detta innebär att ersättningstunnlar antingen byggs före Hamnbanan eller att byggnationen av transporttunnlar och Hamnbanan sker integrerat och utförs så att kontinuerligt tillträde till Gryaabs anläggning säkerställs. Generellt beror skillnaderna i omgivningspåverkan från de olika alternativen på hur och var de olika tunnelpåslagen anläggs. Olika lägen ger olika längder på tunnlar men skillnaderna är inte betydande när det gäller störningar under byggtiden eller omfattning av grundvattenbortledning.

9.2 Ersättningstunnel öster om Säterigatan - alternativstudier

Befintlig transporttunnelmynning ligger i den nya Hamnbanans betongtunnelsträckning och måste därför ersättas med en ny tunnel. Förutsättningen är att den nya transporttunneln måste anläggas någonstans på sträckan mellan Nordviksgatan och Säterigatan. Fyra principiellt skilda lägen för tunnelpåslag har identifierats och bedömts som tekniskt möjliga att genomföra, se Figur 9.1. De resulterar i likartade tunnellängder om 150-200 meter. E1 och E2 ligger i närheten av den befintliga transporttunneln, och E3 och E4 på ömse sidor av Bratteråsberget. För vart och ett av de principiella lägena finns olika möjliga detaljplaceringar.

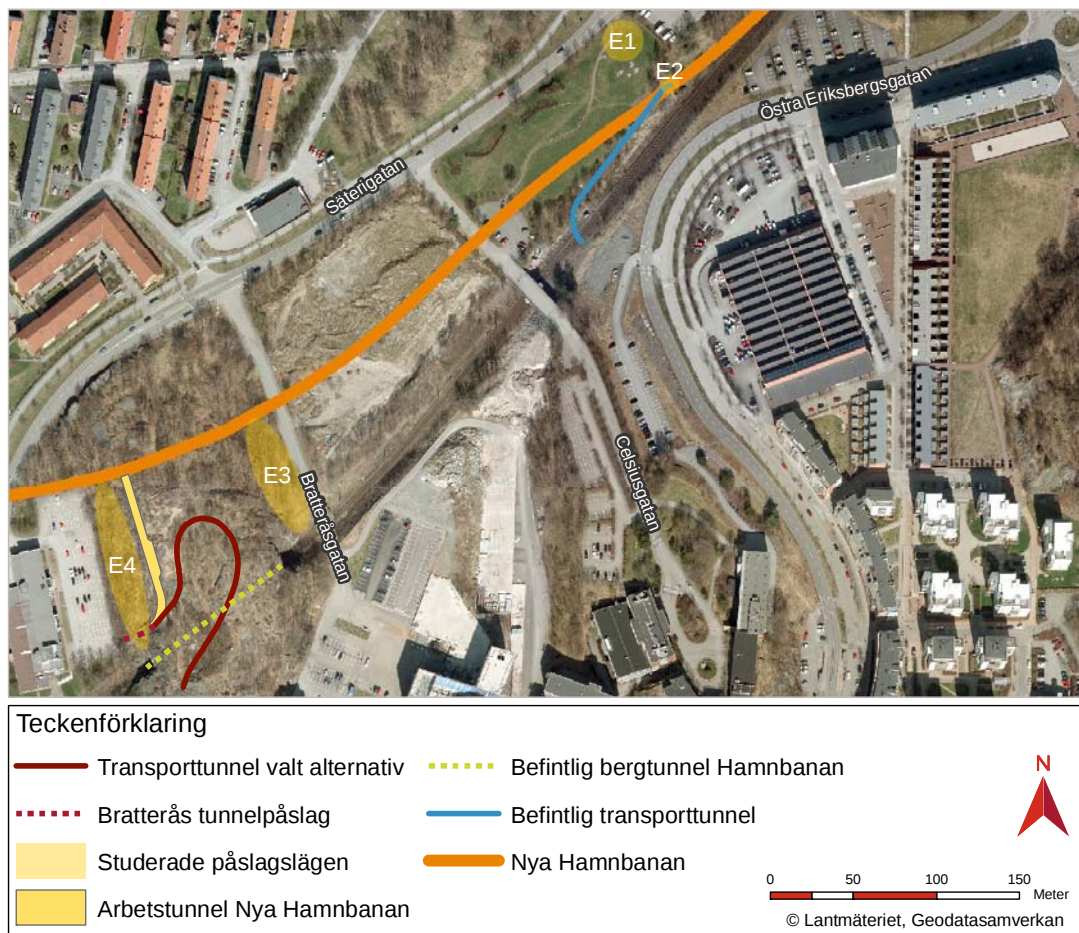
För samtliga alternativ har översiktligt utretts för- och nackdelar. De avgörande kriterierna var effekter av markintrånget och omgivningspåverkan under bygg- och driftskede. Nedan beskrivs kortfattat de olika utredda alternativen och det slutligt föreslagna valet.

Alternativ E1 innebär en tunnel från grönytan norr om nya Hamnbanan och väster om befintlig bensinstation. Bergtunneln passerar under planerad betongtunnel för

Hamnbanan. Fördelen är att tunneln kan byggas oberoende av Hamnbanan och att byggplatsen är tillgänglig för transporter. Nackdelar med alternativet är den flacka terrängen vilken innebär stort intrång med en lång förskärning i befintlig grönyta, osäkerheter kring en fornlämning och begränsningar för Göteborgs stads framtida planer för området.

Alternativ E2 innebär en betong-/bergtunnel parallellt med ny Hamnbana, mellan denna och befintlig järnväg. Fördelen är att det inte blir något separat markintrång på annan plats än där Hamnbanan byggs. Nackdelar med alternativet är att genomförandet är tekniskt och arbetsmiljömässigt komplicerat på grund av närheten till driften av den befintliga järnvägen och samverkan med byggandet av Hamnbanans anläggning. Den framtida transporttunnelmynningen hamnar dessutom nära planerad bostadsbebyggelse med risk för luktproblematik. Temporär åtkomst till Gryaabs anläggning måste anordnas under byggtiden, vilket kan innebära ytterligare markintrång. Vid bedömningen fanns osäkerheter kring omfattning och läge av befintlig fornlämning Lundby 222:1.

Alternativ E3 innebär en bergtunnel från östra sidan av Bratteråsberget vid Bratteråsgatan. Tunneln byggs mot söder under befintlig järnvägstunnel och andra berganläggningar. En fördel är att tunneln kan byggas innan Hamnbanan och utan att påverka denna. Nackdelar är intrånget i naturområdet samt att tunnelmynningen hamnar i direkt anslutning till planerad bostadsbebyggelse, vilket kan innebära luktstörningar.



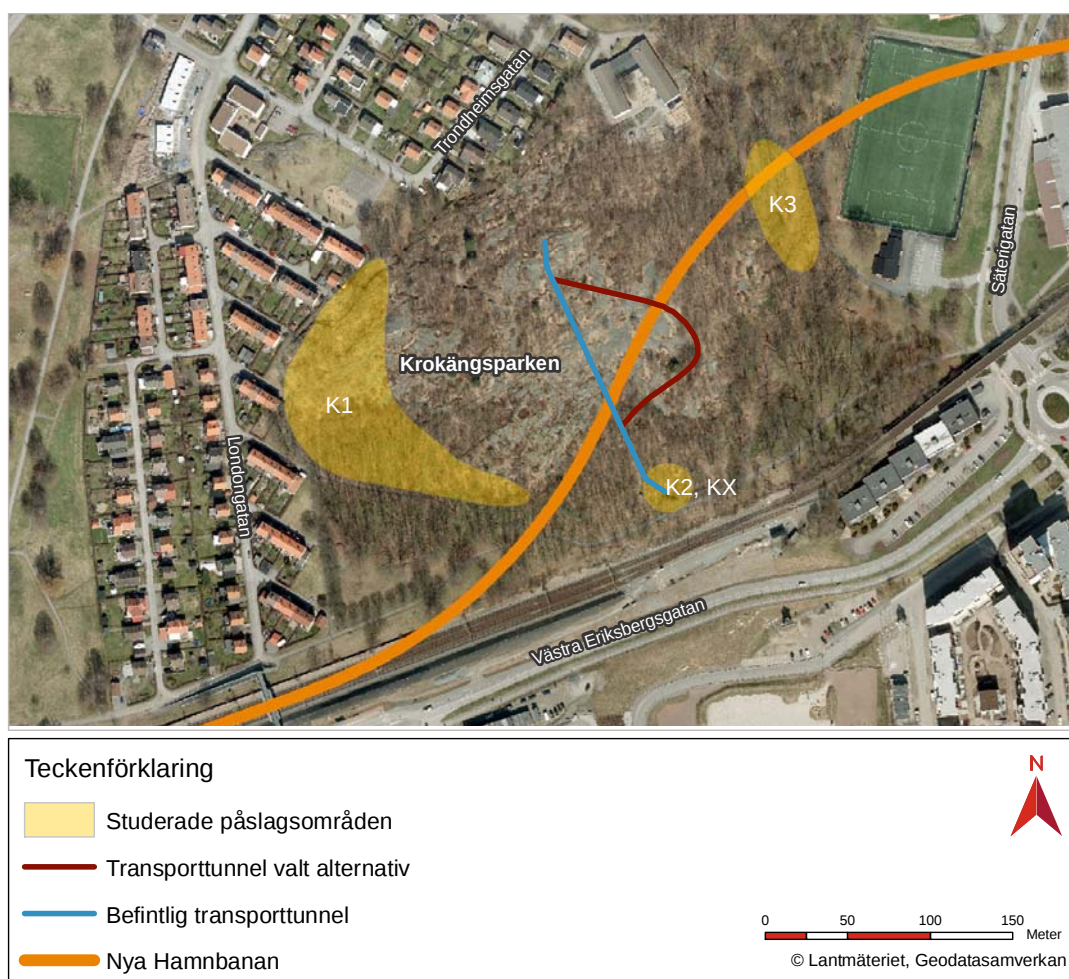
Figur 9.1 Lägen för de alternativ som studerats för att ersätta den befintliga tunneln öster om Säterigatan. Valt alternativ är i södra änden av läge E4. Observera att utbredningen för påslagsområdet E2 är bättre definierat och därför är dess markering liten.

Alternativ E4 innebär en bergtunnel från västra sidan av Bratteråsberget under befintlig järnvägstunnel och andra berganläggningar. Tunnelpåslaget kan utföras antingen nära den nya Hamnbanan i norra delen av berget eller längre åt söder nära befintlig järnvägstunnel. Fördelar med E4 är att närliggande bebyggelse inte utgörs av bostäder utan endast kontorsverksamhet, att Trafikverket erhåller tillfälligt nyttjande av arbetsytorna framför tunnelpåslaget för Hamnbanan och att tunnelpåslaget kan samordnas med en planerad arbetstunnel för Hamnbanan (se Figur 9.1). En nackdel är att tunnelpåslaget innebär ett nytt intrång i naturområdet.

En sammanvägning av olika faktorer har lett till att alternativ E4 har förordats. Eftersom fastighetsägaren har en gällande byggrätt för norra delen av sin fastighet och att de högsta naturvärdena också föreligger inom denna del av berget har en placering av tunnelpåslaget längst i söder, nära befintlig järnvägstunnel, valts. Samförläggning med påslaget för den nya Hamnbanans planerade arbetstunnel minskar också intrånget i naturmiljön. En permanent anslutningsväg till den nya transporttunneln planeras från Säterigatan söder om befintliga kontorsbyggnader, väster om Bratteråsberget.

9.3 Ersättningstunnel väster om Säterigatan - alternativstudier

Befintlig transporttunnelmynning finns i den södra delen av Krokängsparken, precis norr om befintlig järnväg som ligger nedsänkt i förhållande till parkområdet. Nya Hamnbanan kommer att skära av transporttunneln cirka 70 meter från tunnelmynningen. En ersättningstunnel krävs någonstans på sträckan från Säterigatan till västra delen av Krokängsparken. De alternativ som studerats är två principiella lägen för tunnelpåslag öster (K3) eller väster till nordväst (K1) om parken eller utnyttjande av befintlig tunnelmynning (K2), se Figur 9.2. Under samrådsskedet identifierades ett alternativt utförande av K2, detta benämns KX. För vart och ett av de båda principiella lägena K1 och K3 finns flera möjliga detaljplaceringar. En placering av påslaget i södra änden av området för K1 kan ge en längd på ny tunnel på cirka 100 meter, i övrigt innebär alternativen storleksordningen 150-200 meter.



Figur 9.2 Lägen för de alternativ som studerats för att ersätta den befintliga tunneln väster om Säterigatan. Valt alternativ (KX) innebär att befintligt tunnelpåslag finns kvar och ny transporttunnel byggs i en båge under Hamnbanans nya tunnel.

Alternativ K1 kan utföras med ett flertal olika sträckningar, alltifrån ett tunnelpåslag i direkt anslutning till nya Hamnbanans tunnel till ett påslag långt från Hamnbanan i bergets nordvästra delar. Alternativen innebär samtliga att de undviker korsning med Hamnbanan. Om tunnelpåslaget placeras i den norra delen av området kan man välja

ett läge med direkt påslag i en brant bergsluttning, vilket är fördelaktigt ur bergbyggnadssynpunkt. Nackdelen här är närheten till tät bebyggelse, vilket är negativt för både byggskede (transporter) och driftskede. Om tunnelpåslaget placeras i den södra delen av området kan Hamnbanans nyttjanderätt och arbetsvägar användas för att bygga tunneln och det sammantagna fysiska intrånget i parkmiljön koncentreras till samma område. Nackdelen är den relativt flacka sluttningen vilken innebär en längre förskärning. Negativt för samtliga K1-varianter är att de kommer att innebära en permanent tunnelmynning i en tidigare orörd naturmiljö.

Alternativ K2 utgår från befintlig tunnelmynning och går sedan i en båge i horisontalplanet under den nya Hamnbanans bergtunnel för att sedan ansluta igen till befintlig transporttunnel. Fördelar är att alternativet inte innebär något nytt intrång i parkmiljön och att det kan byggas innan Hamnbanan utan att påverka denna. Byggbarheten förutsätter dock att befintlig tunnelmynning utvidgas. Transporter under byggtiden kräver anläggande av arbetsväg österut genom en känslig naturmiljö.

Alternativ K3 innebär att en bergtunnel anläggs från ett påslag i östra delen av parken mot fotbollsplaneområdet. Liksom för K1-varianterna innebär detta alternativ att korsning med nya Hamnbanan kan undvikas helt. Fördelen med alternativet är att tunneln kan färdigställas innan Hamnbanan byggs och att området för tillfälligt nyttjande då kan användas. Nackdelar uppkommer genom att det blir ett nytt permanent intrång i en parkmiljö som i denna del har ett högt naturvärde.

Under samrådsskedet identifierades ett alternativt utförande av K2, KX vilket förutsätter att man släpper det tidigare kravet att ersättningstunneln ska vara klar då Hamnbanan skär igenom befintlig transporttunnel. Genom att bygga transporttunneln från Hamnbanans nya bergtunnel efter att denna nått fram till korsningspunkten och genomföra alla byggtransporter via Hamnbanan kan fysisk påverkan kring befintlig tunnelmynning minimeras. Detta kräver att transportväg till Gryaabs anläggning via Hamnbanans nya tunnel kan säkerställas under hela byggtiden tills ny transporttunnel är färdigbyggd så att tillträde därefter kan ske på samma sätt som idag genom befintlig tunnelmynning. En fördel är att Hamnbanans arbetsområden kan utnyttjas och att ingen tillkommande transportväg krävs. Nackdelar med alternativet är förknippade med samordningen med Hamnbanan vilken påverkar utförandet av denna entreprenad.

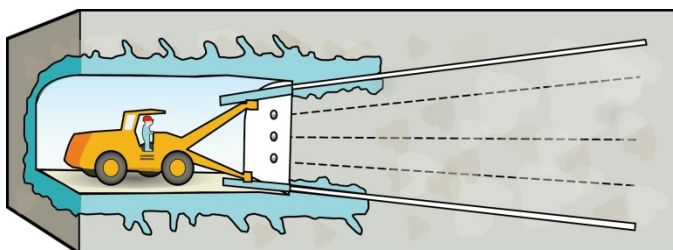
En sammanvägning av positiva och negativa faktorer för de olika alternativen har lett till att alternativ KX, som är K2 med drivning från Hamnbanan, har förordats.

10 Byggmetoder

10.1 Drivning av bergtunnlar

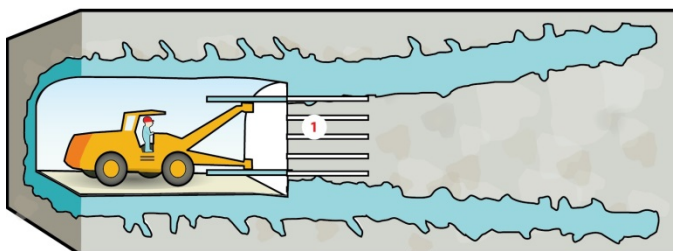
Transporttunnlarna till Gryaabs anläggning byggs med konventionell tunneldrivning genom borrhning och sprängning med kontinuerlig förinjektering. Under normala förhållanden genomförs ungefär en sprängning per dygn och tunnelfront. Utförande av en förinjekteringsskärm tar cirka ett dygn.

Tunneldrivningen kan sammanfattas som följer. Arbetet inleds med att berget förinjekteras för att begränsa inläckage av grundvatten, se Figur 10.1. Runt tunnelns ytterkant borras injekteringshål, cirka 15-20 meter som sedan injekteras i första hand med cement.



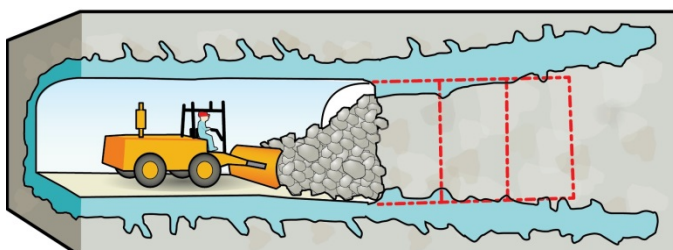
Figur 10.1 Borrning av injekteringshål och förinjektering, den tätade zonen visas schematiskt med blå färg i denna och följande figurer.

Efter förinjekteringen följer salvborrning, laddning och sprängning, se Figur 10.2. Normalt borras cirka 4-5 meter långa hål horisontellt i hela tunnelns front (1 i Figur 10.2) och laddas med sprängämne som detoneras i en väl styrd ordning för att berget ska fragmenteras och kunna lastas ut. Vid till exempel liten bergtäckning, nedsatt bergkvalitet eller passager förbi känsliga objekt såsom befintliga berganläggningar kan åtgärder som tätare borrning, reducerad salvlängd och anpassade detonationstider tillämpas.



Figur 10.2 Efter injekteringen borras sprängsalvans hål. Med hjälp av ett borraraggregat borras flera hål samtidigt.

När salvan har sprängts ventileras spränggaserna ut. De utsprängda massorna vattnas för att reducera dammspridning, sedan lastas massorna ut, se Figur 10.3. Efter utlastningen rensas kvarstående löst berg i väggar och tak bort maskinellt eller för hand med skrotspett. Därefter spolas bergytan ren med vatten och en besiktning görs för att utvärdera behovet av bergförstärkning. Bergförstärkning utförs med sprutbetong och bultar.



Figur 10.3 Hålen laddas och salvan sprängs. Tunneln ventileras och bergmassorna lastas ut. Det går flera sprängsalvor per injekteringsskärm.

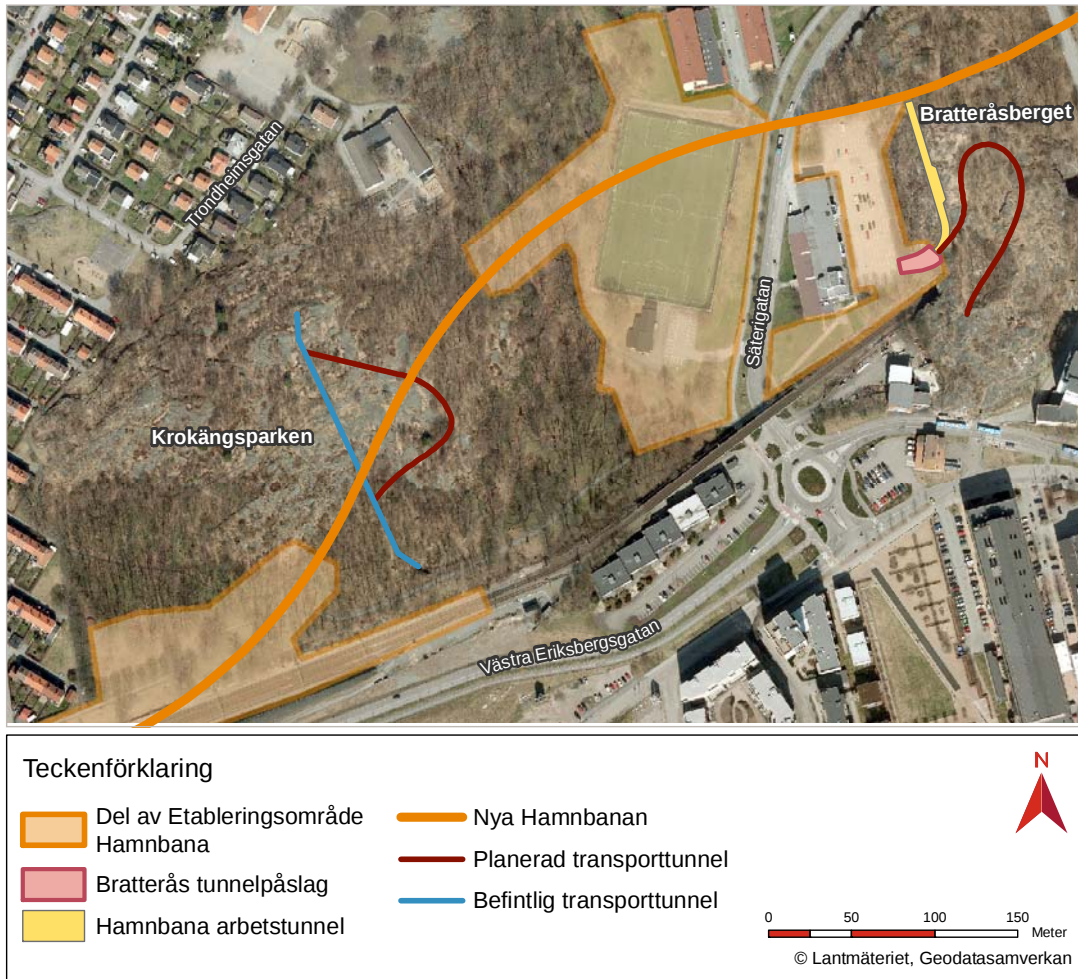
Vid förskärningen för tunnelmynningen vid Bratteråsberget, sprängs berget i öppen schakt med konventionell ovanjordssprängning. Den följer i princip samma steg som beskrivs ovan för sprängning under jord med eventuella behov av tätning och förstärkning.

När de nya transporttunnlarna är i drift avvecklas de befintliga genom att väggar eller portar monteras i ändarna.

10.2 Etableringsområden och transportvägar

Etableringsområden för bygget av de båda transporttunnlarna kan samordnas med de ytor som entreprenaden för Hamnbanan tar i anspråk, se Figur 10.4. Inga extra ytor förutom själva tunnelpåslaget i Bratteråsberget behöver tas i anspråk.

Transporterna för Hamnbanans, respektive transporttunnelns arbeten i Krokängsparken kommer att gå samma väg (Figur 10.5). Vilken väg detta blir, och även vilka ytor som disponeras, beror på om Hamnbanans bergtunnel drivs från öster eller väster. För tunneln i Bratteråsberget samordnas arbetena med byggandet av Hamnbanans arbetstunnel, och även här kan transporterna gå samma väg.



Figur 10.4 Etableringsområden för byggande av de båda transporttunnlarna. Etableringen ryms inom ytorna som tas i anspråk av Hamnbanan.



Figur 10.5 Möjliga transportvägar och anslutningspunkter för byggtrafik.

11 Planerad vattenverksamhet

11.1 Byggskedet

Vid drivning av bergtunnlarna kommer grundvatten att läcka in i tunnlnarna. Dessutom kommer processvatten att användas vid borrhning och injektering samt vid renspolning av tunnlnarnas väggar, tak och losshållet berg. Bortledning av inläckande grundvatten till tunnlnarna samt processvatten sker i byggskedet genom att länshålla vatten i lågpunkter i tunnlnarna. Entreprenadarbetena för bergtunnlarna planeras att ske som en del i den större entreprenaden för Hamnbanans anläggningar. Hantering av länshållningsvatten från de båda projekten kommer därför att samordnas.

Bergtunnlnarnas inläckage har beräknats med analytiska metoder enligt Gustafson (2012), se Bilaga 1 (till TB), med antagande om erforderligt injekteringsresultat om $K=10^{-8}$ m/s. En sådan tätningseffekt anges i Eriksson & Stille (2005) som svårighet 1-2 på en tregradig skala. Inläckagen till en injekterad tunnel med redovisad längd (cirka 200 meter) i Bratteråsberget respektive Krokängsparken, har bedömts till 10 L/min för vardera tunneln. Detta gäller driftskedet, under byggskedet förväntas inläckaget successivt öka allteftersom tunnlnarna byggs. Osäkerheter i bedömningar för

byggskedet ligger dels i påverkan från den parallella drivningen av Hamnbanans tunnlar, men framförallt i hur högt det pådrivande grundvattentrycket i bergets sprickor är. Inläckagen för byggskedet har därför bedömts till maximalt 13 L/min per tunnel.

I den befintliga transporttunneln i Krokängsparken behöver mätdammar eller pumpgropar anläggas under byggskedet för att särskilja nuvarande inläckage av grundvatten och eventuellt tillkommande vatten från Hamnbanans tunnel från det grundvatten som läcker in i den nya transporttunneln.

11.2 Driftskedet

I driftskedet kommer inläckande grundvatten till tunnlar att rinna med självfall mot tunnlaras lägsta punkter, varifrån det leds vidare till Ryaverket. Flödena bedöms för tunneln i Bratteråsberget vara 10 L/min och för tunneln i Krokängsparken 10 L/min, sammanlagt maximalt 20 L/min. Det idag inläckande grundvattnet till övre delen av befintlig transporttunnel i Krokängsparken planeras att ledas förbi Hamnbanans tunnel och vidare till den nedre delen av tunneln, och ingår inte i redovisad mängd.

11.3 Skyddsinfiltration av vatten

Anläggningar för skyddsinfiltration kan komma att behövas både under bygg- och driftskede för att genom infiltration av vatten upprätthålla grundvattennivåer i jordlagren inom områden där det finns grundvattenberoende grundläggning. Infiltrationsanläggningar kommer i så fall att vara grundvattenrör eller brunnar inom berörda grundvattenmagasin placerade så att nivåerna vid skyddsobjekten kan bibehållas. Kontrollprogram och skyddsåtgärder samordnas med Hamnbanan.

11.4 Följdverksamheter

Följdverksamheter är hantering av vatten, masshantering och krossning av bergmassor. Inläckande grundvatten och processvatten leds under byggskedet via ledningar upp till markytan vid tunnelmynningarna. Därefter pumpas vattnet till en reningsanläggning, där oljeavskiljning, försedimentering och eventuell pH-justering sker. Varje reningsanläggning behöver dimensioneras efter de krav som ställs. Eftersom kvävehalter i länshållningsvatten som genereras vid sprängningsarbeten kan vara höga planeras länshållningsvattnet från bergtunnlar att ledas till Ryaverket via det kommunala ledningsnätet. Hantering av vatten och bergmassor samt transporter av bergmassor samordnas med motsvarande arbeten inom Hamnbanans entreprenad. Ingen krossning planeras inom arbetsområdena utan massorna kommer efter borttransport att krossas på någon närbelägen krossanläggning.

12 Skyddsobjekt

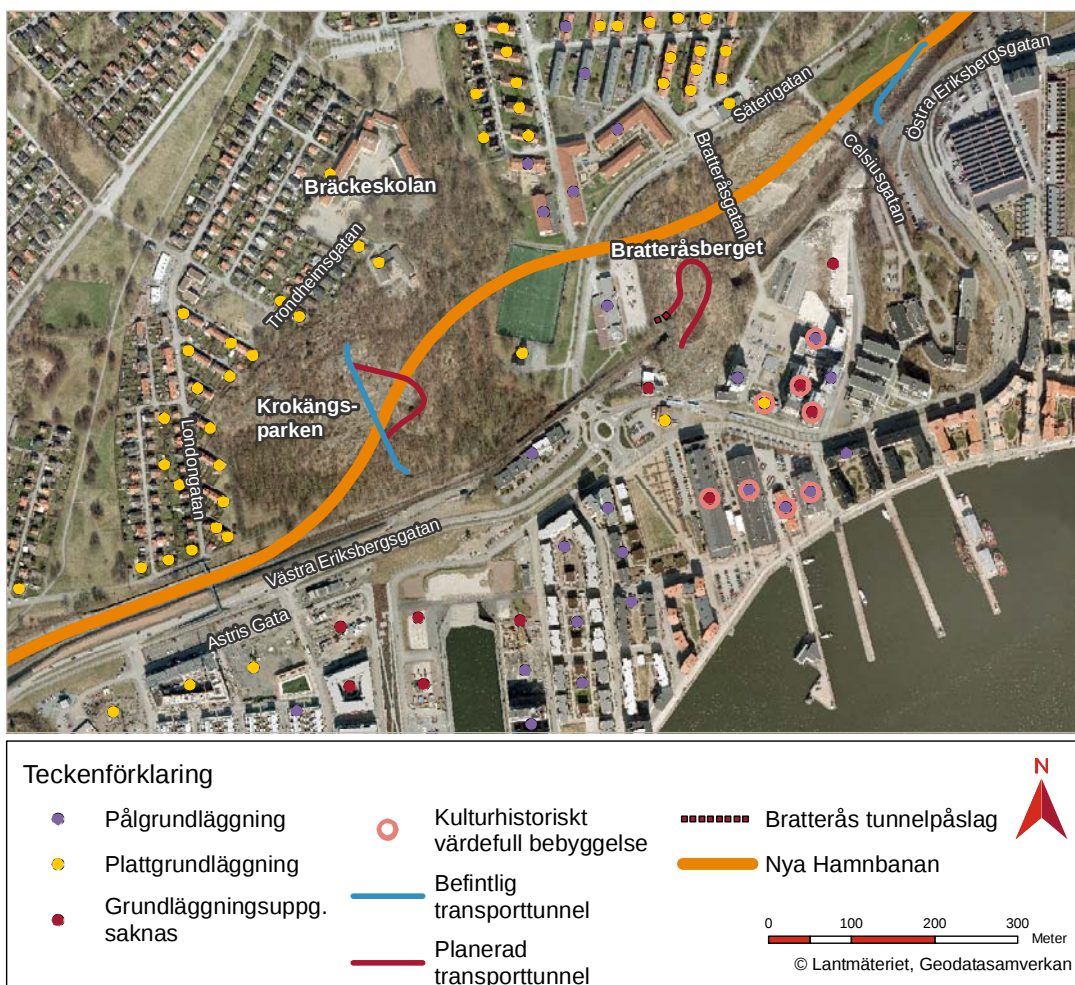
Med skyddsobjekt avses här objekt som löper risk att skadas av förändringar i grundvattennivå. Geotekniska undersökningar visar att leran inom delar av området är känslig för den ökade belastning som en grundvattennivåsänkning skulle kunna resultera i. Detta innebär att marksättningar kan uppkomma, vilka i så fall kan resultera i skador på byggnader med känslig grundläggning. En inventering av byggnaders grundläggning har utförts inom ramen för Hamnbanan (Trafikverket 2016a bilaga 1-2). I området finns även energibrunnar, vars funktion är beroende av brunnens djup under grundvattenytan. Naturmiljön innehåller växtlighet som kan vara beroende av grundvatten.

12.1 Grundvattenberoende grundläggning

Grundläggningsinventeringen (Trafikverket 2016a bilaga 1-2) har utförts med material i Stadsbyggnadskontorets (SBK) arkiv. Framförallt i småhusområdena väster och norr om de planerade tunnlarna förekommer många likartade hus. Alla fastigheter är genomgångna i inventeringen, men ett representativt urval visas i sammanställningen. För flera fastigheter saknas information om byggnaders grundläggning, dessa markeras som grundläggningsuppgift saknas och hanteras som skyddsobjekt.

Småhusbebyggelsen är främst grundlagd med platta eller plintar på mark (Figur 12.1). Dessa är skyddsobjekt om de befinner sig i lertäckta områden. Övrig, tyngre bebyggelse är i huvudsak grundlagd på pålar, i vissa fall anges påltyp betongpålar. Ett fåtal pålgrundlagda byggnader är av sådan ålder att de skulle kunna vara grundlagda på träpålar. Om pålarna är av trä är byggnaderna skyddsobjekt för grundvattensänkning främst i övre magasin eftersom träets beständighet är beroende av grundvattennivån.

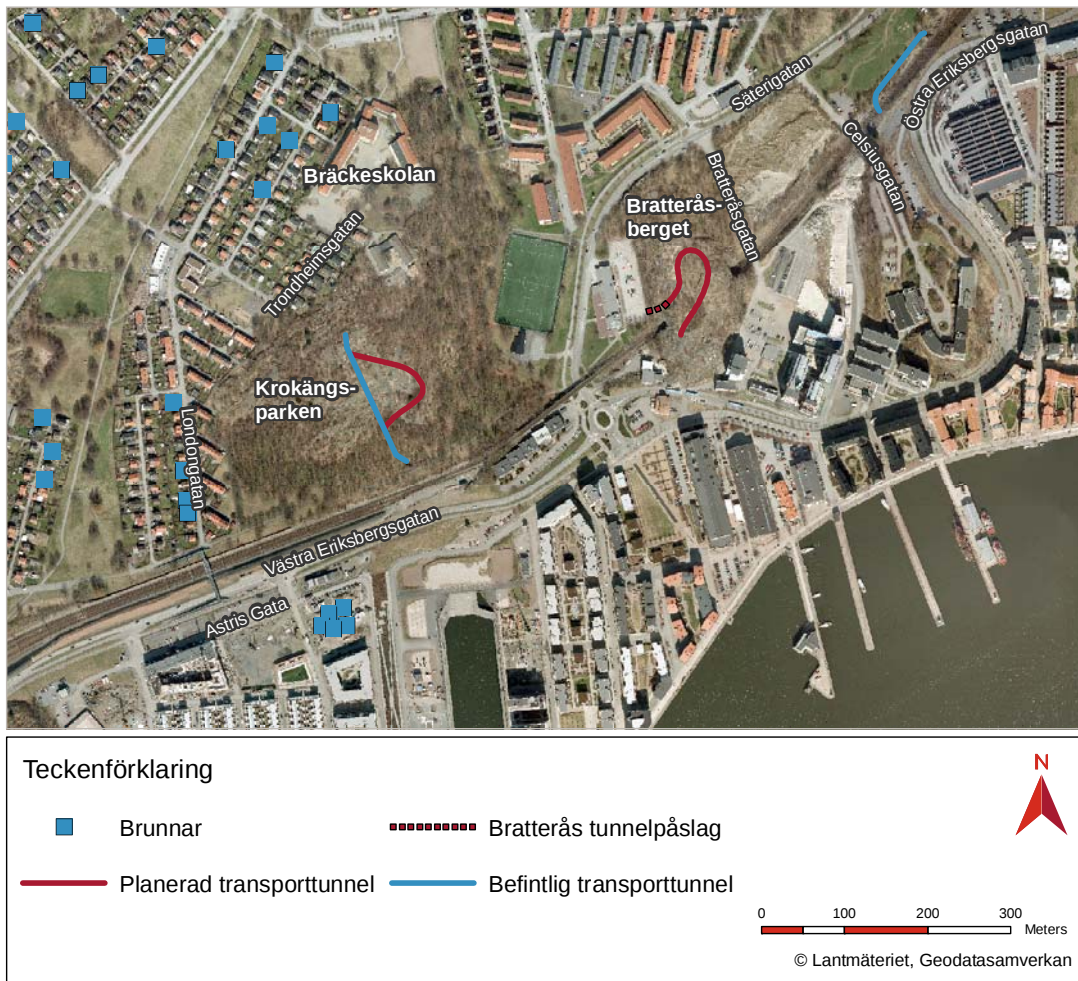
Ledningar löper en generell risk att skadas om marken sätter sig ojämnt, (differenssättningar). Dagvatten- och avloppsvattenledningar är dessutom beroende av självfall och är därmed känsligare.



Figur 12.1 Resultat av grundläggningsinventering (Trafikverket 2016a Bilaga 1-2) samt inventeringen av kulturhistorisk värdefull bebyggelse (Trafikverket 2016c).

12.2 Grundvattenberoende energianläggningar och brunnar

En inventering av brunnar i området runt Bratteråsberget och Krokängsparken har genomförts utifrån SGU:s digitala brunnsarkiv. Samtliga brunnar är energibrunnar (bergvärmeanläggningar). Energibrunnarna i området är 120-200 meter djupa. Den värmeöverförande längden i en energibrunn bestäms av brunnens djup under grundvattennivån. En grundvattensänkning utöver den normala variationen ger alltså ett försämrat effektutbyte från brunnen. Inventerade brunnar finns huvudsakligen inom småhusområdena väster och norr om Krokängsparken, se Figur 12.2.



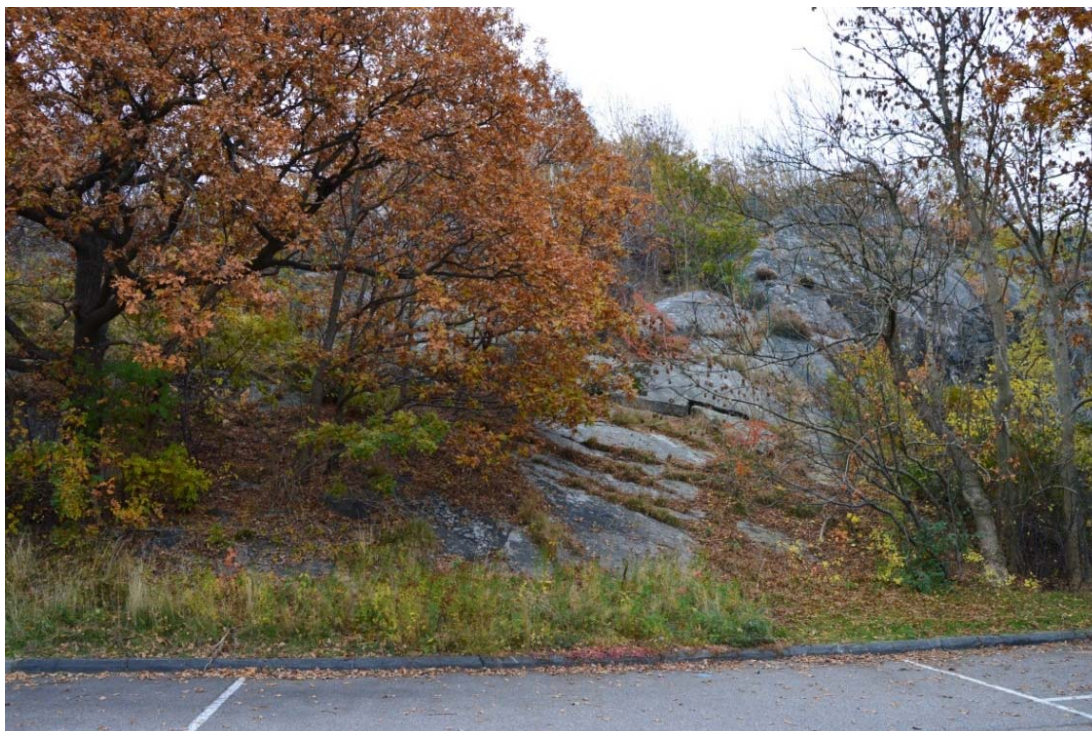
Figur 12.2 Befintliga energibrunnar i området.

12.3 Grundvattenberoende naturvärden

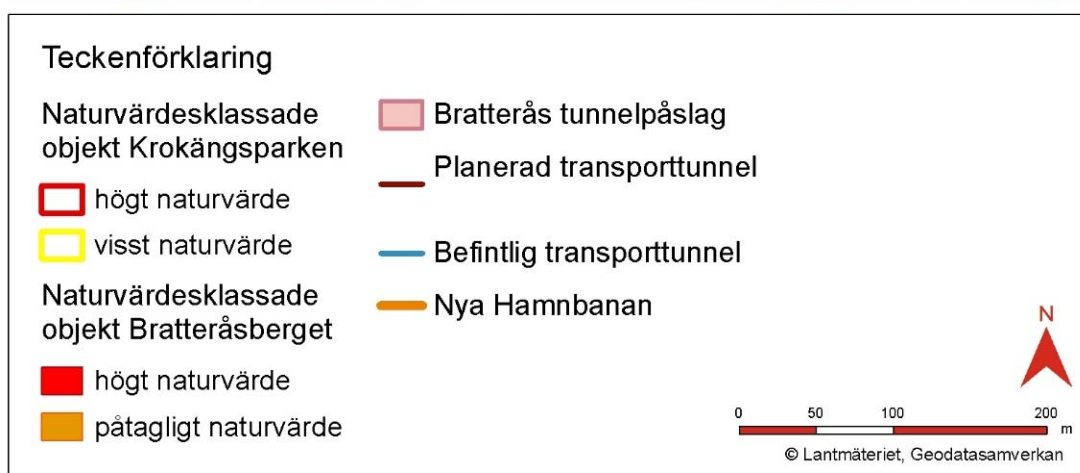
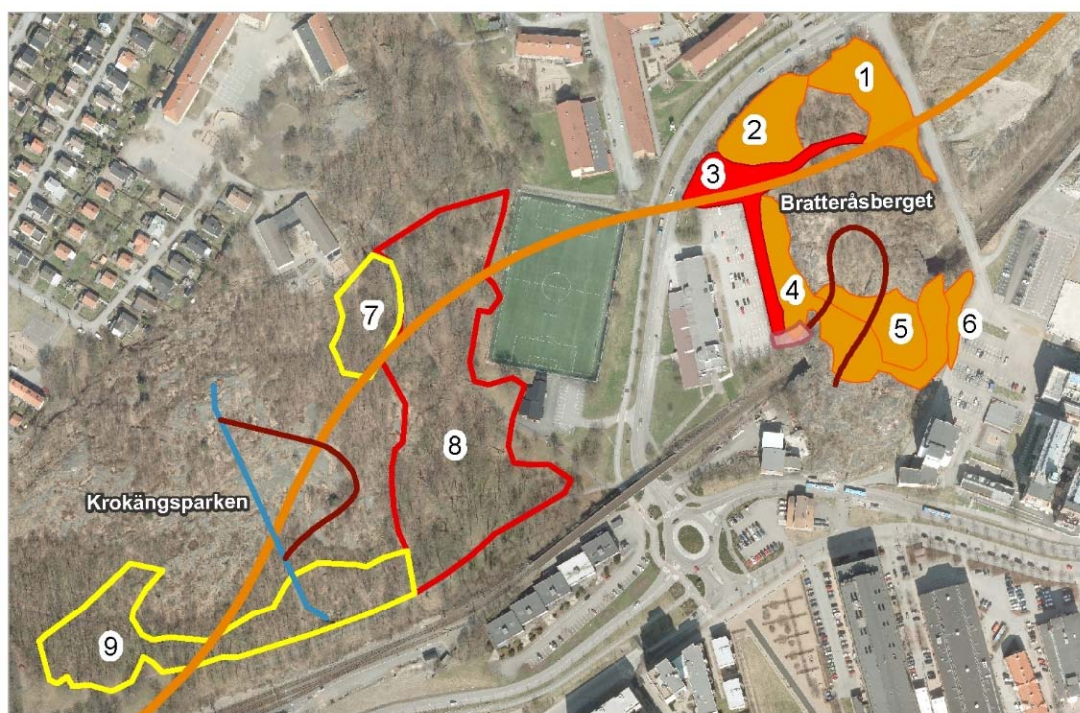
Flera naturvärdesinventeringar är utförda i berört område inom ramen för MKB till järnvägsplan för Hamnbanan. Vid naturmiljöinventeringar har bland annat flera fynd av fridlysta och rödlistade arter påträffats i området. Förändringar i grundvattennivå kan i vissa geologiska och hydrogeologiska miljöer, exempelvis randzoner, minska tillgången på växttillgängligt vatten i rotzonen och därmed försämma livsbetingelserna för grundvattenberoende naturvärden.

12.3.1 Bratteråsberget

Tunnelpåslaget ligger i den västra delen av Bratteråsberget, se Figur 12.3 och Figur 12.4. På platsen för påslaget växer flera träd i varierande ålder. Området vid tunnelpåslaget har bedömts ha höga naturvärden. Tunnelpåslaget gränsar också till ett område som enligt naturvärdesbedömningen har "påtagligt" naturvärde. Området är av hedekskog, en gles skog på hållmark dominerad av klen till medelgrov, senvuxen ek med inslag av björk och bärande träd såsom rönn och oxel. En värdefull ek som i trädinmätningen utförd inom projekt Hamnbanan benämns 814 står just norr om tunnelförskärningen. Denna skog på hållmark bedöms vara ytvattenförsörd.



Figur 12.3 Område för planerat påslag vid Bratteråsberget. Den kraftiga eken till vänster i bild benämns Ek 814 och är ett skyddsobjekt.



Figur 12.4 Resultat från naturinventeringar genomförda år 2013-2014. Krokängsparken har inventerats utifrån den metod och klassindelning som följer svensk standard ftSS 199000 (remissutgåva 2013-03-26). Inventeringen på Bratteråsberget, har genomförts utifrån den fastställda ftSS 199000:2014. Siffrorna anger det nummer som avgränsade objekt med förhöjda naturvärden fått vid inventeringstillfället. Benämningar av klassningarna är desamma mellan remissutgåva och fastställande av standard, men numreringen av klasserna har ändrats mellan utgåvorna.

12.3.2 Krokängsparken

Krokängsparken anlades som naturpark år 1902 och är en viktig miljö för spridning av organismer knutna till ädellövträd och död ved. Trädbeståndet i Krokängsparken domineras av stora ekar med en ålder på som mest cirka 100 år. De gamla ihåliga ekarna ger livsmiljöer för många småkryp och boplatsmöjligheter för flera fågelarter och fladdermöss. Den östra delen av parken som domineras av flera äldre ekar har bedömts ha ett högt naturvärde, se Figur 12.4. Den södra delen av parken som består

av ekskog har bedömts ha ett visst naturvärde. Växtligheten uppe i Krokängsparkens högre belägna delar med inget eller endast tunt jordtäckje, bedöms vara helt ytvattenförsörjd, på grund av att det inte finns några bestående grundvattenmagasin i de tunna jordlagren och att grundvattennivåerna i berget ligger lågt under stora delar av året. Växtligheten vid kanterna av berget, randzonerna, där jorddjupen ökar och grundvattenmagasin i jord kan förekomma, skulle delvis kunna vara grundvattenförsörjd.

12.4 Markföroreningar

En förändrad grundvattendynamik kan mobilisera eventuella markföroreningar. En sådan situation skulle kunna uppkomma ifall grundvattenbortledningen från transporttunnlarna ger upphov till stora grundvattennivåsänkningar eller förändrade flödesriktningar i jordlagren.

Förekomst av markföroreningar har inventerats och provtagits i samband med arbetet med järnvägsplan för Hamnbanan (Trafikverket 2014). Provtagningarna har fokuserat på Hamnbanans linjesträckning. Området öster om Bratteråsberget är en del av en gammal grustäkt som fyllts igen och sedan använts som upplag för schaktmassor. Schaktmassorna kan vara delvis förorenade. För naturområdet Bratteråsberget anges i inventeringen att ingen potentiellt förorenande verksamhet är känd. Området väster om Bratteråsberget, med fastigheten Sannegården 25:1, anges på samma sätt, men att det inte kan uteslutas att fyllnadsmassor som har använts på 1960-70 talen var förorenade. Provtagning visar i en punkt på förhöjda halter av metaller (<MKM, Mindre Känslig Markanvändning såsom industri, kontor, trafikområden med mera) i norra änden av området, i övrigt låga halter.

Fotbollsplanen i östra delen av Krokängsparken är uppbyggd på fyllnadsmassor, innan denna byggdes var området naturmark. PAH över riktvärdet för MKM har uppmätts norr om fotbollsplanen, under fotbollsplanen uppmättes låga föroreningshalter, under KM (Känslig Markanvändning såsom bostäder med mera). Krokängsparken innefattar naturmark, och inte heller här finns uppgifter om tidigare förorenande verksamhet. Provtagningar har inte visat på några föroreningar.

Generellt visar de utförda miljötekniska undersökningarna för Hamnbanan att föroreningshalterna i marklager och grundvatten är låga. De föroreningar som finns återfinns till stor del i fyllnadsmassorna.

13 Kontroll och skyddsåtgärder

Skyddsåtgärder för att förhindra att skador uppkommer kräver att kontroller utförs före, under och efter byggtiden. Innan byggnationen inleds behövs mätningar för att få referensmätningar och fastställa dagsläget. Detta innefattar till exempel grundvattennivåmätningar och avvägning av sättningsdubbar på byggnader.

Ett förslag på kontrollprogram ges i bilaga 4 till ansökan för vattenverksamhet, och är underlag för det kontrollprogram som Trafikverket upprättar i samråd med tillsynsmyndigheterna och som ska fastställas av dessa.

13.1 Tätning av bergtunnlar

Den huvudsakliga skyddsåtgärden för att minska grundvattenpåverkan är att tätat transporttunnlarna genom kontinuerlig förinjektering med cementbruk. Alternativa injekteringsmedel kan komma att behövas i situationer där resultatet med cement inte blir tillfredställande, framförallt om täthet behöver uppnås i finare sprickor än vad som kan tätas med cement. Alternativa injekteringsmedel ska vara godkända av Trafikverkets kemikaliegranskningsfunktion. Om önskade täthetsnivåer inte uppnås kan efterinjektering av läckande tunnelavsnitt utföras.

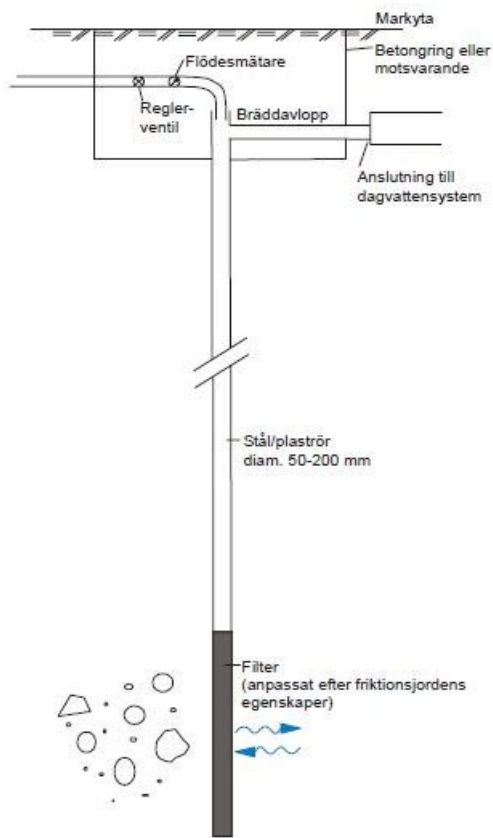
Tätningresultaten kontrolleras genom att mäta inläckage till respektive tunnel successivt under byggandet så att utförandet vid behov kan anpassas. Detta vatten kontrolleras även med avseende på kemisk status och innehåll av föroreningar. Inläckagemätningarna fortgår under driftskedet.

13.2 Skyddsinfiltration

Skyddsinfiltration kan bli aktuell om en grundvattenstörning uppstår vid skyddsobjekt trots tätningssatserna. Kontrollprogrammet beskriver förutsättningar för när skyddsinfiltration är aktuell. Sådana förutsättningar kan beskrivas i form av åtgärdsnivåer för grundvattennivåer i observationsrör samt sättningmätningar.

Framförallt avser skyddsåtgärderna områden där avsänkningar i undre magasin kan leda till sättningsskador. Vatten infiltreras då genom särskilt installerade infiltrationsbrunnar eller i befintliga observationsrör i jord i närheten av skyddsobjekten och återhämtning av grundvattennivån övervakas.

För de små infiltrationsflöden som kan bli aktuella förväntas infiltrationsanläggningar främst utföras som grundvattenrör i undre jordmagasin. Dessa placeras i en nedstigningsbrunn som ges dricksvatten- och dagvattenanslutning (se Figur 13.1) Ett flöde kan justeras in som tillåts infiltrera ned i magasinet, och där eventuellt överskott bräddar till dagvattennätet.



Figur 13.1 Typskiss infiltrationsbrunn.

13.3 Buller, stömljud och vibrationer

Byggbuller uppkommer från aktiviteter så som borrhning, sprängning, transporter och omlastning av massor. En bullerutredning har utförts som underlag för MKB och kontrollprogram. Beräknade respektive uppmätta bullernivåer inomhus jämförs med Naturvårdsverkets allmänna råd (2014:15) för beslut om särskilda åtgärder. Sådana åtgärder kan vara tidsrestriktioner för när bullrande arbetsmoment får utföras, eller användande av tillfälliga bullerskydd.

Inom ramen för projekteringen utförs en riskanalys enligt Svensk Standard för framtagande av riktvärden för vibrationer med hänsyn till byggnader och verksamheter.

13.4 Andra åtgärder

Känslig växtlighet övervakas enligt kontrollprogrammet. Om grundvattensänkningar påverkar mängden växttillgängligt vatten i jordlagren kan känslig växtlighet stödbevattnas.

Energibrunnar som utnyttjas för bergvärme ingår som skyddsobjekt eftersom en grundvattensänkning i brunnen påverkar effektutbytet. Ett antal brunnar kommer

efter överenskommelse med fastighetsägaren att ingå i kontrollprogrammets nivåmätningar. Om större avsänkningar påvisas kan brunnen rehabiliteras genom att den fylls med sand eller lera som ersätter vattnet som värmeöverförande medium. Som reservalternativ kan ny, djupare brunn borraras.

14 Omgivningspåverkan

Under byggskedet behöver olika typer av vatten bortledas från byggarbetsplatsen. Det är länshållningsvatten bestående av inläckande grundvatten samt processvatten från byggprocessen. Bortledningen av grundvatten kan påverka omgivningen och de skyddsobjekt som finns där. Detta kapitel beskriver sådan påverkan och pekar ut områden där skyddsåtgärder utöver tätning av tunnarna kan behöva vidtas för att säkerställa att grundvattenrelaterade skador inte uppkommer.

14.1 Grundvattenpåverkan

14.1.1 Bratteråsberget

Påverkansområdet för grundvattennivåförändringar på grund av inläckage till transporttunneln blir begränsat om tunneln tätas genom injektering. Totala inläckaget har bedömts till cirka 10 L/min (se Bilaga 1). Bortledning av grundvatten från bergtunneln leder till sänkta grundvattentryck i bergets sprickor kring tunneln. Tillkommande trycksänkning i berget ovanför tunneln bedöms uppgå till maximalt 5 meter. Avsänkningen minskar med ökat avstånd och utbredningen av påverkan begränsas mot söder genom att där redan finns dränerande berganläggningar på olika djup. Grundvattenpåverkan i berget beräknas kunna uppkomma inom ett område med en radie i storleksordningen 150-180 meter runt en tänkt tyngdpunkt motsvarande tunnelinläckaget, med antagande om en grundvattenbildning på cirka 50 mm/år (se Bilaga 1). Beräkningen baseras på årsmedelvärden av grundvattennivå och grundvattenbildning. Man kan dock inte utesluta lokal påverkan på större avstånd längs eventuella sprickzoner. Vid torrperioder sjunker redan idag grundvattennivåerna i sprickakviferen. I södra änden av Bratteråsberget står befintliga berganläggningar för en stadigvarande avsänkning av grundvattnet.

Trycksänkningen i berget kan även medföra påverkan på grundvattentrycket i omgivande grundvattenmagasin i jord, som ett resultat av ett kompenserande flöde från jord till berg. Beräknad grundvattenbortledning från berget kan dock jämföras med det naturliga grundvattenflödet i jordakvifererna på ömse sidor av Bratteråsberget som skattats till cirka 50 L/min (Trafikverket 2015a). Det faktum att jorden har större porvolym och högre grundvattenflöde gör att en påverkan dämpas vid övergången från berg till jord.

I jordområdet öster om Bratteråsberget förväntas inga eller mycket små grundvattennivåavsänkningar, då bergsslutningen här ger en ökad mängd vatten för infiltration och framförallt att volymen tillgängligt vatten och flöde i detta magasin är stort i förhållande till volymen vatten i och läckaget från sprickakviferen i Bratteråsberget. Väster om Bratteråsberget kan ett sådant avrinningstillskott inte tillgodoräknas i samma utsträckning och avsänkningar kan därför bli något större. Söder om Bratteråsberget sluttar bergytan i riktning mot älven så att det undre

magasinets höjdläge ligger ungefär i nivå med den djupaste delen av transporttunneln. Möjlig påverkan bedöms bli begränsad.

En konservativ bedömning är sammantaget att möjliga grundvattennivåsänkningar i undre jordmagasin vid Bratteråsbergets rand överallt är mindre än 1-2 meter. På större avstånd förväntas ingen mätbar påverkan alls.

Ingen direkt grundvattenpåverkan i övre magasin förväntas uppkomma, men detta magasin kan teoretiskt påverkas indirekt vid en större, långvarig avsänkning i undre magasin ifall det finns hydraulisk kontakt.

14.1.2 Krokängsparken

Under höjdområdet i Krokängsparken mäts varje sensommar kraftiga grundvattensänkningar (från +31 meter till <+13 meter i borrhålet HB1201, +13 meter motsvarar tryckgivarens läge, kontrollmätningar har registrerat nivåer ned till +6 meter), se Figur 8.4. Under sommaren/hösten 2014 gjordes även mätningar i de horisontella kärnborrhålen i Krokängsparken. Dessa var torra under perioden (<+5,5 meter). Tryckvariationen i HB1201 bedöms svara mot ett litet lokalt grundvattenmagasin, och bedöms därför inte ge en representativ bild av de generella grundvattenförhållandena i bergsområdet. Samtidigt är nivåerna jämförelsevis stabila i observationspunkterna i berg i Krokängsparkens utkanter. Detta pekar på att vid en torrperiod avsänks grundvattenytan i Krokängsparken till omgivningens grundvattennivåer, där fluktuationerna under året är betydligt mindre. Även här är jordakviferens porvolym och grundvattenflöde dämpande på avsänkningen i jord och sprickakviferens lilla volym som dräneras mot redan befintliga anläggningar drivande för avsänkningen i berg.

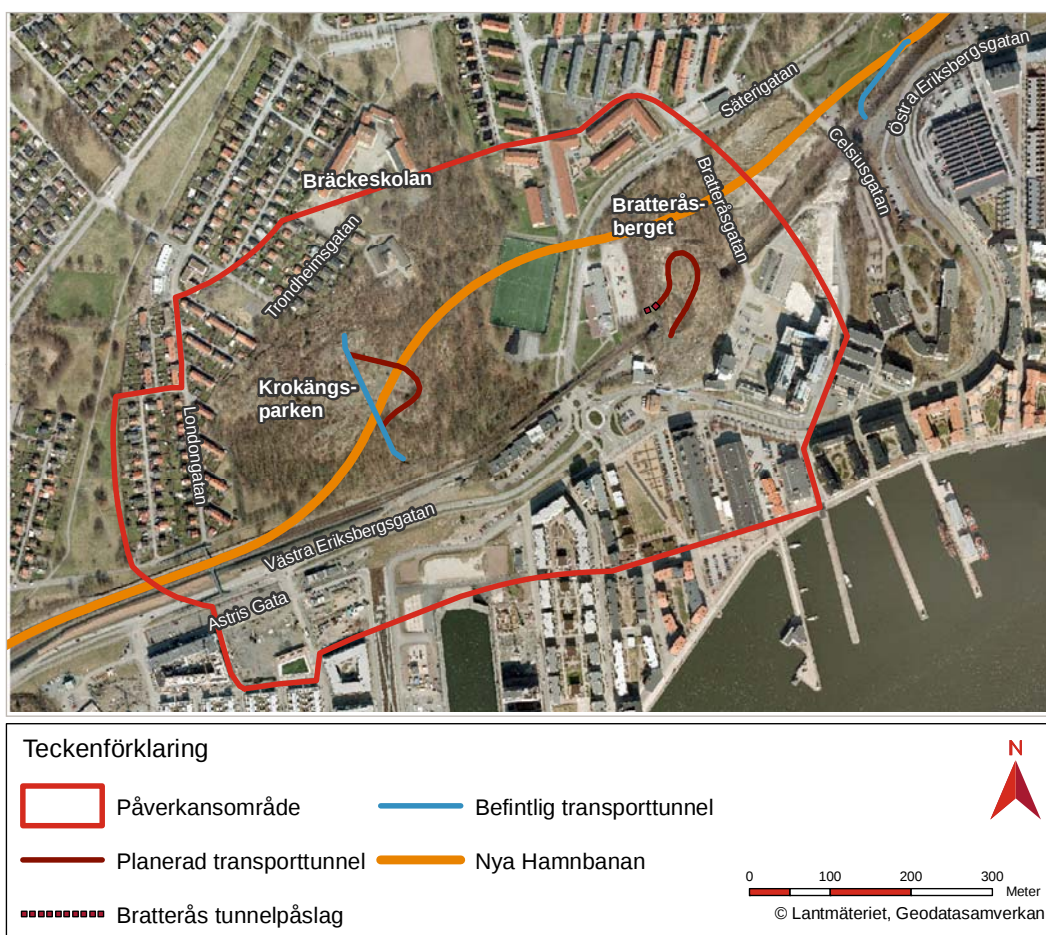
Den tillkommande transporttunneldelen kommer att byggas i direkt anslutning till, men på något större djup än, befintlig tunnel som redan idag bedöms ge upphov till lokal dränering av berget. Påverkan på grundvattentrycken i berget bedöms med beräknat konservativt inläckage till transporttunneln, 10 L/min, bli mycket begränsad utanför bergsområdet. Hydraulisk påverkan med antagande om 50 mm/år i grundvattenbildning, beräknas kunna uppstå inom ett område i storleksordningen 180 meter utanför en tänkt tyngdpunkt på tunnelinläckaget. Man kan dock inte utesluta lokal påverkan på större avstånd längs eventuella sprickzoner. Mot norr begränsas påverkan av en befintlig, djupt belägen, dränerande anläggning.

Avsänkningen i jordlagren närmast Krokängsparken, orsakad av inläckage till den planerade transporttunneln bedöms, om någon påverkan överhuvudtaget uppkommer, bli mycket begränsad, av storleksordningen decimetrar.

14.2 Påverkansområde grundvatten

De hydrogeologiska utvärderingarna har mynnat ut i ett konservativt avgränsat påverkansområde, inom vilket grundvattenpåverkan bedöms kunna uppstå, se Figur 14.1. I bilaga 1 har översiktliga beräkningar med tunnelinflöde och grundvattenbildning gjorts, för att uppskatta påverkansområdet med hjälp av vattenbalans. Utifrån detta har området utökats för att inrymma fastigheter med

inventerade energibrunnar. De båda tunnlarna ger upphov till varsitt påverkansområde, men dessa områden har för enkelhetens skull dragits ihop, vilket innebär en ytterligare överskattning av det sammanlagda påverkansområdet. Utanför det redovisade påverkansområdet bedöms ingen grundvattenpåverkan uppkomma.



Figur 14.1 Planerade transporttunnlars påverkansområde för grundvatten under bygg- och driftskede.

14.3 Effekter av grundvattenbortledning

Grundvattenbortledning kan leda till ett antal effekter som beskrivs närmare nedan. Som redovisas i föregående avsnitt bedöms påverkan på nuvarande grundvattenförhållanden framförallt uppkomma i berget, och endast i mycket begränsad omfattning i omgivande jordlager.

Eftersom transporttunnlarna byggs med kontinuerlig förinjektering och byggtiden är kort, förväntas inte större hydraulisk påverkan under byggskedet än under driftskedet. Därför hanteras bygg- och driftskede gemensamt i beskrivningen av effekter.

14.3.1 Grundvattenberoende grundläggning

Byggnader som listas som pålgrundläggning anses vara okänsliga för sättningar till följd av grundvattensänkning. Om pålarna är av trä är dock beständigheten hos

pålarna beroende av en grundvattennivå ovan pålavskärningsnivån, om denna sänks av kan pålarnas bärförmåga på sikt försämrast. I området söder om Västra respektive Östra Eriksbergsgatan förekommer jorddjup om 10-20 meter var det finns pålgrundläggningar och grundläggningar för vilka uppgifter saknas. Bergytans och det undre magasinets höjdläge här gör att risken för påverkan blir liten eftersom magasinet ligger ungefär i nivå med den djupaste delen av transporttunneln. Sammantaget bedöms sannolikheten för skador orsakade av grundvattenbortledningen som mycket liten. Området kommer dock att övervakas i kontrollprogrammet med skyddsinfiltration som möjlig åtgärd.

Vid Bratteråsbergets sydöstra kant ligger ett antal byggnader, som inom ramen för utförd grundläggningsinventering redovisats ha pålgrundläggning respektive okänd grundläggning. I området finns fyllnadsmassor ovanpå jord som sannolikt är av samma typ som isälvs materialet just norr om byggnaderna. Isälvs materialet är inte sättningsskänsligt vid en eventuell grundvattensänkning. Om det skulle vara lera under fyllnadsmassorna förväntas sättningarna bli små även om det skulle uppstå en grundvattenpåverkan i området. Sannolikheten för skadliga sättningar bedöms sammantaget som mycket liten.

Vid Bratteråsbergets östra sida planeras för omfattande nybyggnad inom ramen för nya detaljplaner. Viss pågående byggnation sker för närvarande direkt öster om Bratteråsberget (juni 2016). Den utökade bebyggelsen planeras kring den nya Hamnbanans betongtunnel som kommer att anläggas i storleksordningen 3 meter under grundvattenytan. Eventuell hydraulisk påverkan från transporttunneln kommer att vara mycket begränsad och påverkar inte förutsättningarna för planerad bebyggelse.

I påverkansområdets norra del finns några byggnader grundlagda i huvudsak på betongpålar slagna till fast botten. Här finns ingen risk för skador på byggnaderna i sig. Här kan dock mindre sättningar på den intilliggande marken uppkomma. Avståndet från grundvattenbortledningen är dock stor och sannolikheten för avsänkta grundvattennivåer bedöms därför som mycket liten.

Byggnader grundlagda på betongplatta eller plintar är överlag småhus och kan endast påverkas om de står på sättningsskänslig lera. Ett område med plattgrundlagda småhus finns i påverkansområdets västra kant. Jorden närmast Krokängsparken består av friktionsjord som längre västerut överlagras av lera. Grundvattenavsänkningen bedöms bli liten och eventuella sättningsbelopp förväntas därför bli mycket små.

I nordvästra hörnet av påverkansområdet, kring Trondheimsgatan finns villabebyggelse. Ytjorden i området består av sand och sannolikt saknas underliggande lera, som förväntas förekomma först strax utanför påverkansområdet. Inga avsänkningar av grundvattennivåer som ett resultat av grundvattenbortledningen bedöms uppkomma och därmed inga sättningar.

14.3.2 Grundvattenberoende energianläggningar och brunnar

Energiutbytet av en energibrunn är en funktion av dess djup under grundvattenytan. De energibrunnar som finns inom påverkansområdet ligger i dess utkant, där inga eller endast små grundvattenavsänkningar i berg förväntas kunna uppkomma. Brunnarna är minst 120 meter djupa. En avsänkning om 0,5 meter (högt räknat) innebär därför en försämring om <0,5 % och är ändå liten i förhållande till de naturliga fluktuationerna som förekommer i dagsläget i magasinet (cirka 2 meter). Brunnarna har rapporterade jorddjup om 6-13 meter, där den undre delen består av friktionsmaterial. Grundvattentillgången i detta friktionsmaterial är betydligt större än i bergets sprickor, varför det kan förväntas dämpa påverkan i berg om kontakten är god. Energibrunnar kommer även att ingå i kontrollprogrammet. Risken för skador på energibrunnar är därmed mycket liten.

14.3.3 Grundvattenberoende naturvärden

Med bakgrund i att grundvattennivån periodvis ligger lågt i berg bedöms generellt träd inom bergsområdena vara ytvattenförsörjda. De träd som identifierats som värdefulla bedöms i huvudsak vara ytvattenförsörjda och därmed inte grundvattenberoende. I område 8 och 9 (Figur 12.4) finns träd i randzoner, som alltså står på ett mäktigare jordlager. Dessa områden övervakas i kontrollprogrammet med stödbevattning som möjlig åtgärd. Ek 814 vid Bratteråstunnelns förskärning bedöms inte vara grundvattenberoende, men har identifierats som ett skyddsobjekt och behöver skyddas från fysisk åverkan då den riskerar att påverkas av arbetena med tunnelförskärningen.

14.3.4 Mobilisering av markföroreningar och förändringar av grundvattenkemi

Markföroreningar skulle kunna mobiliseras av sänkta grundvattennivåer eller ändrade flödesriktningar inom grundvattenmagasinet där föroreningen finns. De markföroreningar som identifierats vid provtagning finns i de fyllnadsmassor i området mellan bergsområdena som är övre grundvattenmagasin. Det övre magasinet bedöms här inte ha kontakt med det undre, men om kontakt finns behövs en påverkan i form av förändrade strömningsriktningar och/eller nivåer utöver den naturliga variationen för att kunna mobilisera föroreningar som idag är stationära. Sammantaget bedöms risken att grundvattenpåverkan från transporttunnlarna ska mobilisera föroreningar i det förmodligen osammanhängande övre grundvattenmagasinet som mycket liten.

Grundvattenkemin kan påverkas av förändrade grundvattennivåer, exempelvis leder en ökad grundvattenbildning till en ökad syrehalt och ändrade redoxförhållanden (se exempelvis Mossmark 2014). Effekterna i berg förväntas bli små, då förändringarna är små, och den nuvarande situationen uppvisar relativt stora nivåfluktuationer. I jord förväntas inga skillnader.

14.3.5 Kumulativa effekter

På grund av att transporttunnlarna kommer att byggas inom ramen för den större entreprenaden för Hamnbanan där eventuella effekter av de båda projekten kommer att bli svåra att särskilja, hanteras effekterna i kapitel 13.3 mer konservativt än vad

som skulle ha varit fallet om enbart transporttunnlarna byggs. Ordningsföljden mellan olika byggaktiviteter blir avgörande för hur kumulativa effekter uppstår. Kumulativa effekter från de båda projekten behandlas mer utförligt i Miljökonsekvensbeskrivningen.

I påverkansområdets norra del ligger Hamnbanans tunnel betydligt närmare bebyggelsen, varför större kumulativa avsänkningar är möjliga under byggskedet. Sättningar som kan leda till skador på ledningar som ansluter till byggnaderna kan därför inte helt uteslutas. Området övervakas i kontrollprogrammet med skyddsinfiltration som möjlig åtgärd.

Området med småhusbebyggelse i påverkansområdets västra kant kommer att övervakas särskilt i kontrollprogrammet då det även ligger i anslutning till Hamnbanans schakter som här har ett större bidrag till påverkan, särskilt i byggskedet. Skyddsinfiltration är en möjlig åtgärd som hanteras inom kontrollprogrammet.

14.4 Avloppsvatten

Under byggskedet behöver olika typer av vatten bortledas från byggarbetsplatsen. Det är länshållningsvatten bestående av inläckande grundvatten samt processvatten från tunneldrivningen. Uppskattningsvis rör det sig om 60 L/min per tunnel i medel över byggtiden. Vattnet förutsätts kunna innehålla rester från injektering och betonggjutning. Risk finns även att formolja från betonggjutning samt oljehaltigt spill från motorer och maskinhydraulik kan förorena vattnet. Eftersom kvävehalterna i vattnet i tunnarna bedöms vara höga planeras länshållningsvattnet att ledas till Ryaverket.

Länshållningsvatten renas från slam och olja, samt pH-justeras vid behov (injektering och gjutning kan ge förhöjt pH) så att det uppfyller platsspecifika riktvärden överenskomna med Gryaab innan det släpps till avloppsnätet. Under driftskedet kommer endast inläckande grundvatten ingå i det länshållningsvatten som leds från tunnarna.

15 Referenser

- Eriksson, M, Stille, H (2005) Cementinjektering i hårt berg. SveBeFo – Stiftelsen Svensk Bergteknisk Forskning. Rapport K22.
- Gustafson, G (2012) Hydrogeology for rock engineers, BeFo - Stiftelsen Bergteknisk Forskning.
- Mossmark, F (2014) Prediction of Groundwater Chemistry in Conjunction with Underground Constructions - Field Studies and Hydrochemical Modelling. Doktorsavhandling, Chalmers tekniska högskola.
- SGU (2016a) Berggrundskarta genererad i skala 1:50 000. ID: jsYsPeY61e
- SGU (2016b) Jordartskarta genererad i skala 1:50 000. ID: MkspXf1bR9
- Trafikverket (2014) Järnvägsplan Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen, Underlagsrapport Miljötekniska markundersökningar, Sweco. Projektnummer 108 793.
- Trafikverket (2015a) Systemhandling Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen, Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi, Sweco. Projektnummer 108 793.
- Trafikverket (2015b) Systemhandling Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen, Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Geoteknik, Sweco. Projektnummer 108 793.
- Trafikverket (2015c) Systemhandling Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen, Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Bergteknik, Sweco. Projektnummer 108 793.
- Trafikverket (2016a) Teknisk beskrivning (TB) för: Vattenverksamhet Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Pölsebo, Göteborgs Stad, Västra Götalands län, Sweco. Projektnummer 108 793.
- Trafikverket (2016b) Miljökonsekvensbeskrivning (MKB) för: Vattenverksamhet Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Pölsebo, Göteborgs Stad, Västra Götalands län, Sweco. Projektnummer 108 793.
- Trafikverket (2016c), Ansökan om vattenverksamhet enligt 11 kap Miljöbalken Gryaabs Transporttunnlar Göteborgs stad, Västra Götalands län Kulturmiljöunderlag till MKB, EnviroPlanning AB.

16 Bilagor

Bilaga 1. Beräkning av inläckage till bergtunnlar och hydraulisk påverkan



TRAFIKVERKET

Trafikverket, 405 33 Göteborg.

Besöksadress: Kruthusgatan 17

Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 0243-795 90

48

www.trafikverket.se