

SYSTEMHANDLING

Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg –
Skandiahamnen

PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel

Projektnummer: 108 793

2015-04-22



Foto: Göteborgs Hamn

Sweco	Revidering/Revideringsdatum: -/-	Skapad av: Ingvar Rhen	Uppdragsansvarig: Karl Holmström
	Uppdragsnummer: 2343005000	Internt granskad av: Magnus Liedholm Javad Homayoun, Ann-Louise Elliot	Datum för interngranskning: 2015-03-16 2015-03-20,28
	Revidering kapitel:		

Trafikverket	Dokumentbeteckning: PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel		
	Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-004		
	Granskad av: Anders Hallingberg/ Johanna Larsson	Datum: 2015-04-10	Bandel: 603
	Fastställd av: Christer Claesson	Datum: 2015-04-22	Km: 4+100 – 7+500
	Dokumentnummer förvaltning:		

 TRAFIKVERKET	Projektamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Sidnr: 1 (34)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-004	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Datum: 2015-04-22	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

Innehållsförteckning

1	Objekt	3
2	Syfte och begränsningar.....	3
2.1	Syfte.....	3
2.2	Omfattning – översiktligt.....	3
2.3	Begränsningar.....	3
3	Underlag för denna PM	4
4	Styrande dokument.....	5
5	Planerad konstruktion	5
6	Markförhållanden.....	5
7	Sammanställning av härledda egenskaper	7
7.1	Konceptuell modell och egenskaper	7
8	Beräkningar	7
8.1	Beskrivning av konstruktion	7
8.1.1	Betongtunnel och betongtråg.....	7
8.1.2	Principiell utformning av dräneringslager under betongtunnel och fyllning på sidorna av betongtunnel	8
8.2	Generella beräkningsförutsättningar	11
8.2.1	Fyllning (grundläggningsbädd)	11
8.2.2	Dränerande lager	12
8.2.3	Materialskiljande lager	12
8.2.4	Motfyllning av sidorna av betongtunnel och tråg	13
8.3	Platsspecifika beräkningsförutsättningar.....	14
8.3.1	Grundvattenströmning – nuvarande förhållande.....	14
8.3.2	Grundvattenförande sektion	16
8.3.3	Grundvattenflöde under driftperiod.....	17
8.3.4	Beräkning av dränerande lagrets hydrauliska konduktivitet.....	19
8.4	Beräkning av egenskaper för filter och materialskiljande lager	20
8.4.1	Generella egenskaper för ett filter relativt akviferegenskaper.....	20
8.4.2	Beräknade egenskaper för ett filter relativt akviferegenskaper.....	25
8.4.3	Egenskaper för en fyllning mot betongtunnel relativt akviferegenskaper	31
9	Slutsatser	32
9.1	Utformning av dränerande lager med hänsyn till krav.....	32

 TRAFIKVERKET	Projektamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Sidnr: 2 (34)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-004	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Datum: 2015-04-22	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

9.2	Alternativa lösningar i byggskede	32
10	Rekommendationer	32
10.1	Kompletterande undersökningar	32
10.2	Kontroll under byggskede	33

 TRAFIKVERKET	Projektamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen	Sidnr: 3 (34)	
	PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-004	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Datum: 2015-04-22	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

1 Objekt

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

2 Syfte och begränsningar

2.1 Syfte

Denna PM syftar till att vara ett underlag för Systemhandling för fortsatt projektering och byggande. PM:et redovisar beräkningsförutsättningar och ge förutsättningar och motiv för val av åtgärder.

2.2 Omfattning – översiktligt

Denna PM sammanfattar väsentliga förutsättningar för projektering och underlag för byggande av ett dräneringslager (Ett lager med högre permeabilitet jämfört med befintlig jord.) under betongtunnel.

Betongtunnel/betongtråg kommer att ligga delvis under nuvarande grundvattennivå och på så sätt skapa en förträngning av grundvattenflödet under driftskedet och orsakar på så sätt en dämning av grundvattenflödet om inga speciella åtgärder utförs. Dämningseffekten kan motverkas av att lokalt öka genomsläppligheten under betongtråget genom att anpassa fyllnadsmaterialet (grundläggningsbädd) under betongtunnel.

Åtgärden med dräneringslager syftar till att ansökan om vattenverksamhet enligt miljöbalken (MB) kapitel 11 inte skall behöva göras för driftskedet, samt att ingen teknisk lösning behöver byggas som kräver skötsel och medför driftkostnader. Åtgärden görs för att uppfylla miljöbalkens krav på att anläggningen inte skall påverka allmänna eller enskilda intressen på sådant sätt att anmälan/tillstånd för vattenverksamhet måste sökas.

2.3 Begränsningar

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

Underlaget i denna PM baseras på krav enligt TK Geo 13 och AMA Anläggning 13 men även litteratur som mer detaljerat beskriver förutsättningar för ett vattengenomsläppligt filter i en geologisk miljö. Applikationen av filter i geologisk miljö syftar dels;

- till att lokalt öka vattengenomsläppligheten för att få en dränerande effekt i förhållande till jungfruliga förhållanden
- och dels till att filtermaterialet skall förhindra att omgivande material vandrar in i filtermaterialet och försämrar dess effektivitet. I vissa fall

 TRAFIKVERKET	Projektamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahamnen	Sidnr: 4 (34)
	PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Projektnummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-004
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Datum: 2015-04-22
		Uppdragsnr: 2343005000 Rev. datum: -/-

skall också filtret förhindra att en kontinuerlig erosion av att omgivande materialet kan ske, genom att material spolats ut genom filtermaterialet till en utflödespunkt.

Tillämpningarna är många, t.ex. när brunnar anläggs, när dräneringar utförs där dräneringsdike återfylls med jordmaterial samt vid dräneringar i jorddammar. I denna PM beaktas litteratur som behandlar brunnsdimensionering och som liknar de krav som ställs i TK Geo 13 men ger en mer detaljerad bakgrund till dimensionering av filter. Litteratur som behandlar filter i jorddammar tas inte upp i denna PM. Filter i jorddammar dimensioneras beroende på var filtret sitter i jorddammen och vilken primär funktion det har; vissa typer av filter har lägre krav än andra.

Denna PM behandlar förutsättningarna för funktionen av ett filter i driftskedet, som skall minska risken för oönskade grundvattennivåförändringar på grund av dämning orsakad av betongtunnel, men beskriver inte förutsättningar för att minska konsekvenserna av förändrade grundvattennivåer under byggskede.

3 Underlag för denna PM

Underlag för detta uppdrag redovisas i;

Systemhandling Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahamnen: 108793-00-006-001 Innehållsförteckning, varur följande dokument är centrala:

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

Projekterings PM - Hydrogeologi, 108793-18-080-001.

Övriga dokument:

AMA Anläggning 13, Allmänna material- och arbetsbeskrivning för anläggningsarbeten.

AMA Anläggning 13, Råd och anvisningar till AMA Anläggning 13.

TK Geo 13 Krav, Trafikverkets tekniska krav för geokonstruktioner, TDOK 2013:0667

TK Geo 13 Råd, Trafikverkets tekniska råd för geokonstruktioner, TDOK 2013:0668

Andersson A-C, Andersson O, Gustafson G, 1984. Brunnar. Undersökning – Dimensionering – Borrning – Drift. R42:1984, Statens Råd för Bygghforskning. Stockholm.

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

Cashman P M, Preene M, 2013. Groundwater lowering in construction. A practical guide to dewatering. Second edition. CRC Press, New York.

Powers J P, Corwin A B, Schmall P C, Kaeck W E, 2007. Construction dewatering and groundwater control. New methods and applications. Third editions. John Wiley & Sons Inc., New Jersey.

Sterrett R (ed), 2007, Groundwater and Wells, (3rd. Edition), Johnson Screen Div., 812 pp.

 TRAFIKVERKET	Projektamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen	Sidnr: 5 (34)
	PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Projektnummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-004
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Datum: 2015-04-22
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum: -/-

4 Styrande dokument

Övergripande dokument:

- Miljöbalken, speciellt kapitel 2 och 11 som berör vattenverksamhet som en verksamhetsutövare planerar.

Tekniska dokument:

- AMA Anläggning 13, Allmänna material- och arbetsbeskrivning för anläggningsarbeten.
- AMA Anläggning 13, Råd och anvisningar till AMA Anläggning 13.
- TK Geo 13 Krav, Trafikverkets tekniska krav för geokonstruktioner, TDOK 2013:0667
- TK Geo 13 Råd, Trafikverkets tekniska råd för geokonstruktioner, TDOK 2013:0668

(Kommentar: För Systemhandling Hamnbanan gäller TK Geo 11 men här antas att TK Geo 13 kommer att gälla för Bygghandling.)

- S.k. karakteristiska materialvärden anger värdet med en säkerhetsmarginal för dimensionering, och hur de principiellt ska ansättas, definieras av Eurocode [EN 1997-1, § 2.4.5.2(2)P], bl.a. permeabilitet och vattennivå. Karakteristiska värden eller hur dessa i detalj ska väljas, anges inte här. De väljs dock genom "...försiktig värdering..." liksom att ett karakteristiskt värde "...can only be selected during the design of the structure, not before...since determination of limit states is a design activity." (Bond & Harris, 2008)

Tillämplighetsgraden har anpassats till uppgiften och komplexiteten.

5 Planerad konstruktion

Hamnbanan är planerad att byggas om från nuvarande enkelspår till dubbelspår mellan Eriksbergsmotet, Pölsebangård och vidare till Skandiahammen och tillgängliga handlingar i Systemhandling redovisas i Systemhandling Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen: 108793-00-006-001 Innehållsförteckning.

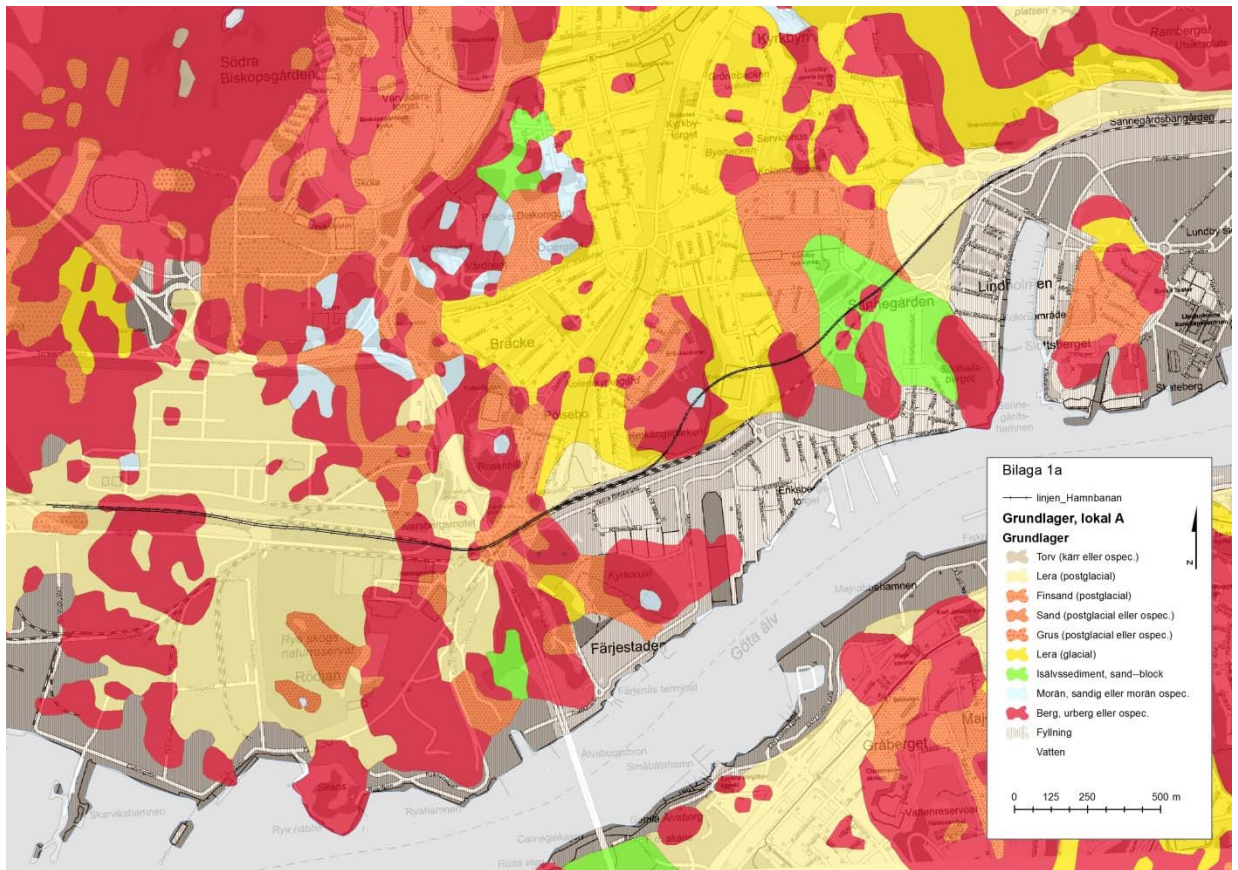
Konstruktionstyper längs järnvägssträckningen och hydrogeologiska lösningsförslag framgår av Projekterings PM - Hydrogeologi, 108793-18-080-001. Konstruktionen beskrivs i Teknisk handling byggnadsverk 108793-21-010-001 (med tillhörande ritningar enligt Ritningsförteckning byggnadsverk 108793-21-020-001).

6 Markförhållanden

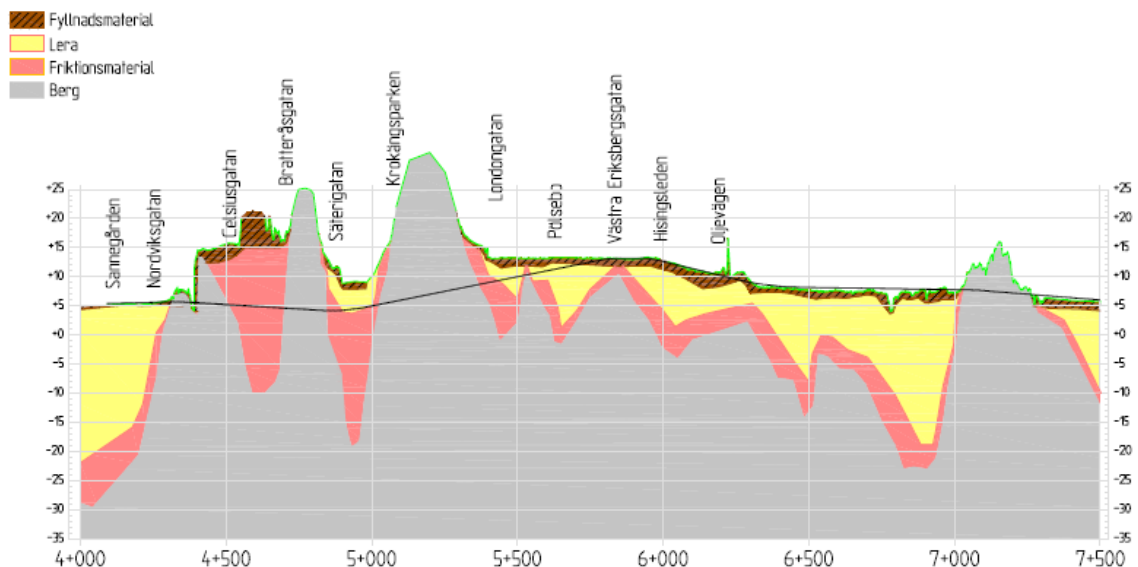
Översiktliga geologiska förhållanden framgår av Figur 6-1 och Figur 6-2. Geologiska förhållanden beskrivs i detalj i Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi, 108793-18-081-001, Markteknisk undersökningsrapport

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahamnen	Sidnr: 6 (34)
	PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Projektnummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-004
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Datum: 2015-04-22
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum: -/-

(MUR), Geoteknik, 108793-08-081-001, Markteknisk undersökningsrapport
 (MUR), Bergteknik, 108793-19-081-001.



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



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

 TRAFIKVERKET	Projektamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen	Sidnr: 7 (34)	
	PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-004	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Datum: 2015-04-22	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

7 Sammanställning av härledda egenskaper

7.1 Konceptuell modell och egenskaper

Konceptuell modell och egenskaper beskrivs i Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi, 108793-18-081-001.

8 Beräkningar

8.1 Beskrivning av konstruktion

8.1.1 Betongtunnel och betongtråg

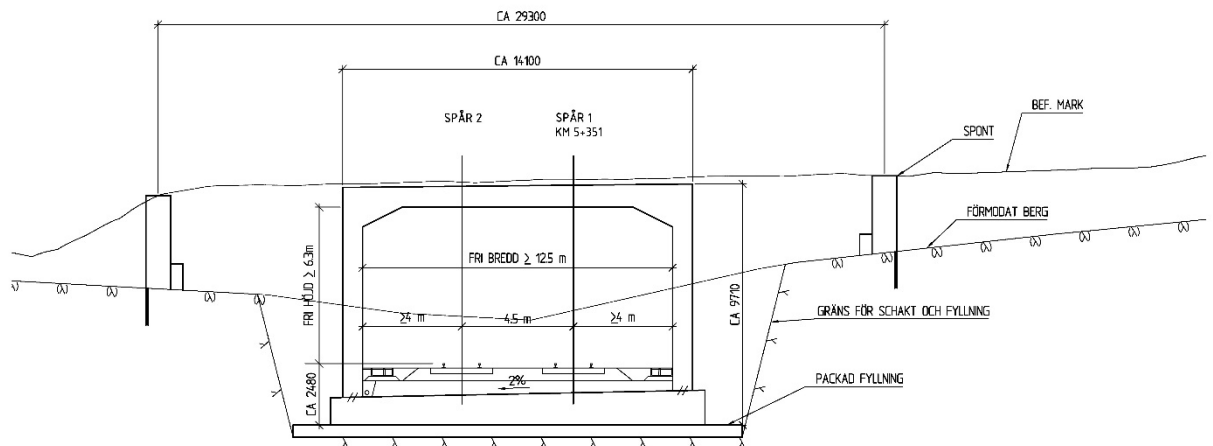
Konstruktionen beskrivs i Teknisk handling byggnadsverk 108793-21-010-001 (med tillhörande ritningar enligt Ritningsförteckning byggnadsverk 108793-21-020-001). Nedan anges dimensioner som används för de hydrogeologiska beräkningarna som kan avvika något från vad som redovisas i Teknisk handling byggnadsverk 108793-21-010-001 men är tillräckligt noggranna för genomförda beräkningar. I vissa avseenden kan det avvika från detaljer i Teknisk handling byggnadsverk 108793-21-010-001, tex lokal bredd av schakt grop för att bevara skyddsvärda träd.

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

Spont antas kunna installeras minst ca 1 m utanför betongplattan när den avslutas i jord. Här antas en ca 20 m bred schakt. Samma schaktbredd antas för betongtråg. Spont som slås till berg kräver en bredare schakt, preliminärt i storleksordning 30 m.

För att kunna bygga betongtunnel, är ett alternativ att göra en tätkaka av betong mellan spont som dragförankras med pålar eller dragstag. Syftet med tätkaka är att minska schaktens påverkan på omgivande grundvatten och på så sätt förenkla de åtgärder som måste göras under byggskedet för att minska risken för att grundvattennivåförändringar under byggskede orsakar skador. Om **inte** tätkaka mellan sponter utförs kan inte de åtgärder som schematiskt illustreras i Figur 8-2 nyttjas för att förhindra grundvattennivåförändringar under byggskede uppstår som kan orsaka skador, möjligtvis med undantag för Pölsebo beroende på hur spontningen utförs. Utan tätkaka krävs betydligt mer komplicerade åtgärder än vad som illustreras i Figur 8-2 för att förhindra att grundvattennivåförändringar i byggskede orsakar skador.

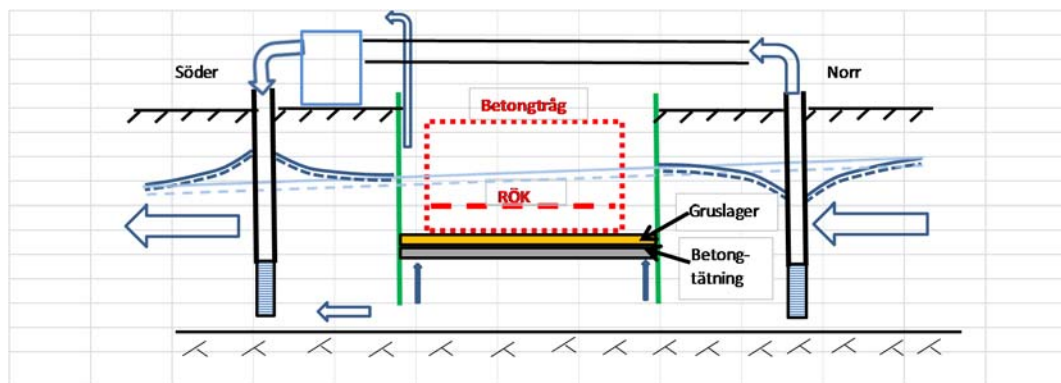
	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Sidnr: 8 (34) Projektnummer: 108 793 Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-004
	Produkt: Systemhandling	Datum: 2015-04-22 Uppdragsnr: 2343005000
	Dokumentbeteckning: PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Rev. datum: -/-



Figur 8-1. Föreslagen betongtunnel sektion.

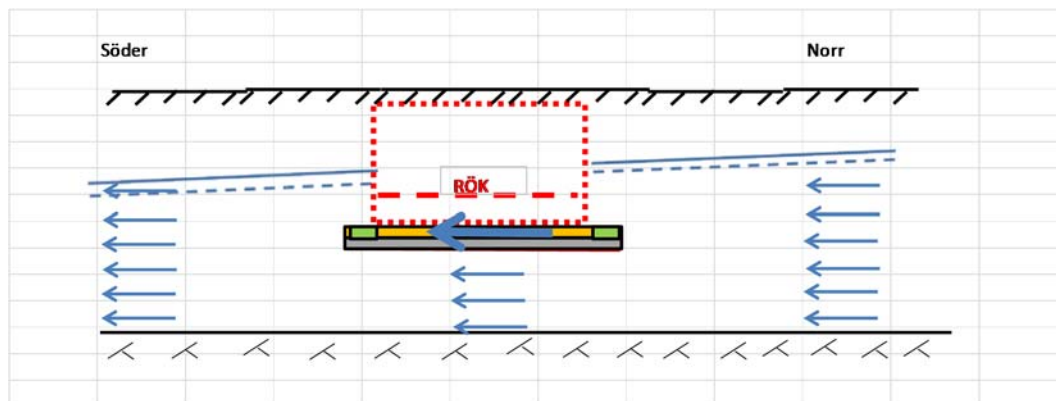
8.1.2 Principiell utformning av dräneringslager under betongtunnel och fyllning på sidorna av betongtunnel

Principiella möjliga utformningar av schakt och placering av dräneringslager under betongtunnel redovisas i Figur 8-2 till Figur 8-6.

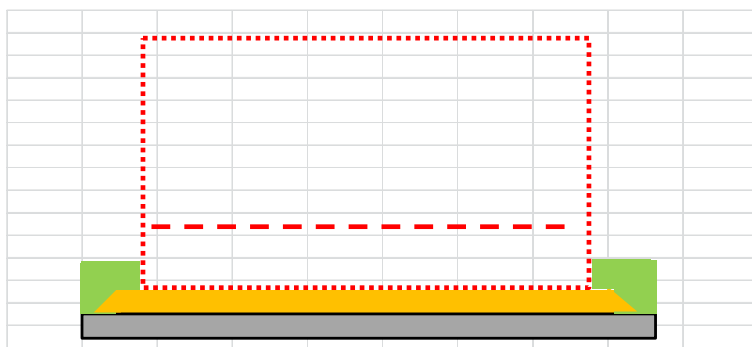


Figur 8-2. Schematisk figur av jordschakt inom spont med tätkaka (grå), samt pumpbrunnar och infiltrationsbrunnar för att bibehålla ostörd grundvattennivå. Ostörd grundvattennivå (ljusblå) och grundvattennivå under bygghas (mörk blå). Tunnel grundläggs på ett dräneringslager med högre permeabilitet än omgivningen, för att undvika dämning under driftskedet (orange).

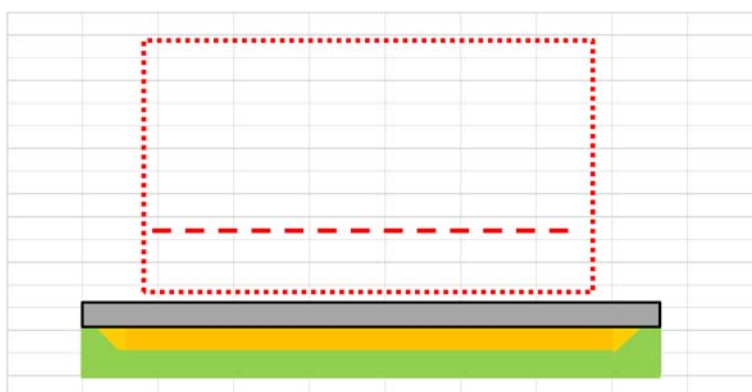
	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen	Sidnr: 9 (34)
	PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Projektnummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-004
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Datum: 2015-04-22
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum: -/-



Figur 8-3. Schematisk figur tunnel under drift skede. Under tunnel läggs ett dräneringslager med högre permeabilitet än omgivningen, för att uppnå krav för driftskede (orange), med övergång med ett materialavskiljande lager mot naturlig mark (grön) och med underliggande tätka (grå).

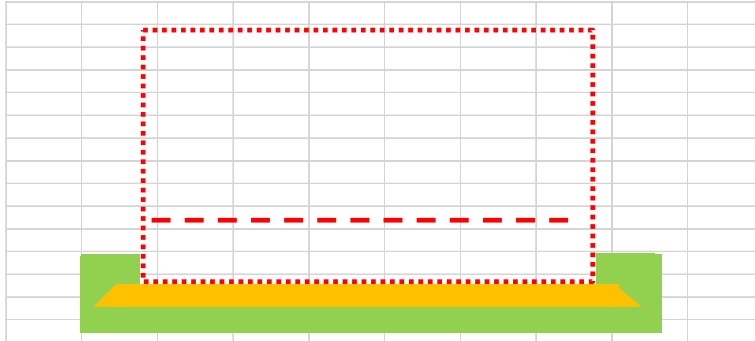


Figur 8-4. Schematisk figur tunnel under drift skede. Detalj av dräneringslager med högre permeabilitet än omgivningen, för att uppnå krav för driftskede (orange), med övergång med ett materialavskiljande lager mot naturlig mark (grön) och med **underliggande tätka** (grå).

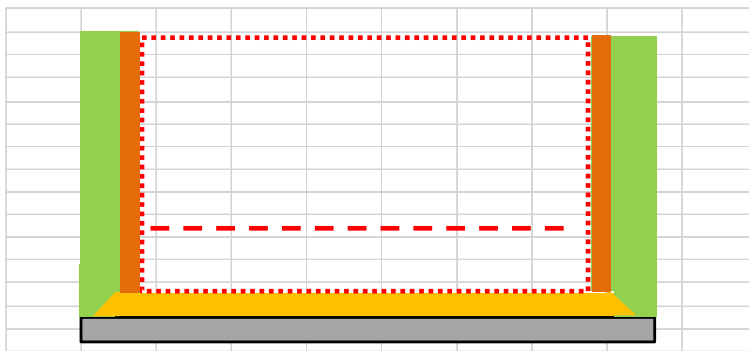


Figur 8-5. Schematisk figur tunnel under drift skede. Detalj av dräneringslager med högre permeabilitet än omgivningen, för att uppnå krav för driftskede (orange), med övergång med ett materialavskiljande lager mot naturlig mark (grön) och med **överliggande tätka** (grå).

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Sidnr: 10 (34)
		Projektnummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-004
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Datum: 2015-04-22
		Uppdragsnr: 2343005000 Rev. datum: -/-



Figur 8-6. Schematisk figur tunnel under drift skede. Detalj av dräneringslager med högre permeabilitet än omgivningen, för att uppnå krav för driftskede (orange), med övergång med ett materialavskiljande lager mot naturlig mark (grön) i ett fall där **ingen tätka** anläggs.



Figur 8-7. Schematisk figur tunnel under drift skede. Detalj av dräneringslager med högre permeabilitet än omgivningen, för att uppnå krav för driftskede (orange) **samt fyllning mot tunnel (brun)**, med övergång med ett materialavskiljande lager mot naturlig mark (grön) och med **underliggande tätka (grå)**.

Principen är följande. Betongtunnel kommer att minska den grundvattenförande sektionen i driftskedet och kravet är att omgivningen i väsentlig grad skall ha samma grundvattennivåer som innan byggnation av betongtunnel. För att detta skall uppnås behöver permeabiliteten av jordlagren under betongtunnel ökas så att den sammanlagda flödeskapaciteten bibehålls i driftskedet. Genom att utföra en grundläggningssbädd för betongtunneln som har en grövre kornstorlek än det naturliga friktionsmaterialet i jorden kan samma genomsläpplighet som det ursprungliga tillståndet bibehållas även efter byggnation, se Figur 8-3. På sidorna av det dränerande lagret måste ett filter byggas upp så att inte befintligt sandigt-siltigt material tränger in, vilket illustreras i Figur 8-4. Det dränerande lagret kan utföras ovan eller under tätkakan men krav på utförande blir större om det utförs under tätkakan. Utförs det materialskiljande lagret under tätkaka, se Figur 8-5, måste det materialskiljande lagret läggas både under och på sidorna av det dränerande lagret. Materialskiljande lager måste utföras även under det dränerande lagret för att det inte skall påverkas negativt av underifrån inträngande befintligt sandigt och siltigt material. Om ingen tätka utförs måste det materialskiljande lagret läggas både under, på sidorna och över det dränerande lagret, se Figur 8-6.

 TRAFIKVERKET	Projektamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahamnen PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Sidnr: 11 (34)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-004	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Datum: 2015-04-22	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

Genom att anpassa övergången från det dränerande lagret till omgivande mark med materialavskiljande lager med lämplig kornstorlek förhindras att sand och silt från omgivningen tränger in i dräneringslagret. Dräneringslagret måste även skyddas från igenslamning från byggandet av betongtunnel direkt ovanpå dränerande lagret under byggskedet, t.ex. med lämplig geotextil. (Observera att geotextil inte skall användas som materialskiljande lager på sidorna av dränerande lagret då geotextil som anses kunna vara både permeabel och materialskiljande kan på sikt förlora västlig del av sin vattengenomsläpplighet på grund av igensättning av fina partiklar.)

Figur 8-4 visar hur ett dräneringslager med högre permeabilitet än omgivningen; färgat orange, med övergång med ett materialavskiljande lager mot naturlig mark; färgat grön, kan utformas ovan en tätka. Lagret med högre permeabilitet skall också fungera som fyllning under betongtunnel och vara av tillräckligt bärighet enligt de krav som finns för de delar där tunnel/tråg inte är pågrundlagd. Det finns minsta tjocklek på materialskiljande lager som måste uppfyllas på alla sidor av dränerande lagret.

Motfyllning av sidorna på betongtunnel utgörs av friktionsmaterial som har mer eller mindre liknade krav som grundläggningsbädd. Om man skall säkerställa att även fyllningen mot betongtunnel att sand och silt från omgivningen inte tränger in i fyllningen så bör ett materialskiljande lager utföras mellan fyllning och det omgivande naturliga jordmaterialet, Figur 8-7.

Övriga hydrogeologiska frågeställningar, utöver dränerande lagret, återges i Projekterings PM - Hydrogeologi, 108793-18-080-001.

8.2 Generella beräkningsförutsättningar

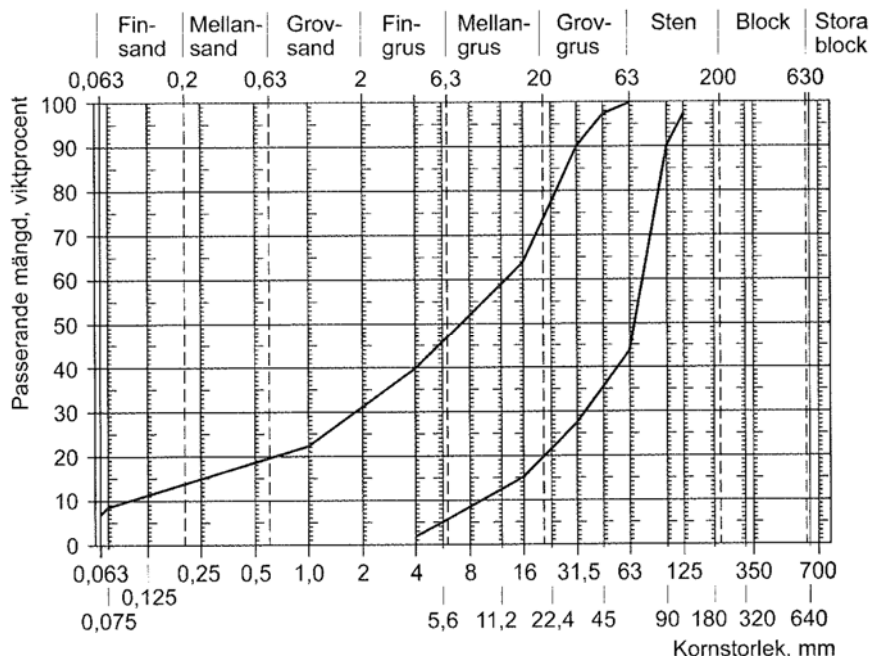
8.2.1 Fyllning (grundläggningsbädd)

TK Geo 13 Krav, kapitel 7.3 ger kraven för grundläggning av bro. TR Geo 13 Råd ger inga specifika råd för fyllning kopplat till kraven. Kravet är att fyllningen skall vara minst 0.3 m tjock och i övrig hänvisas till AMA 13 Krav CEB.41.

AMA 13 Krav, kapitel CEB.414 ger kraven för fyllning med grus eller krossmaterial av grus för grundläggning av bro, vilket även kan tillämpas för grundläggning av betongtunnel. AMA 13 Råd kapitel CEB.414 innehåller inga rekommendationer.

Tabell AMA CEB.414/1 anger kornstorleksfördelning för fyllning med grus eller krossmaterial av grus för grundläggning av bro, och tabellen illustreras av Figur 8-8.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen	Sidnr: 12 (34)
	PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Projektnummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-004
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Datum: 2015-04-22
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum: -/-



Figur 8-8. Kornstorleksfördelningskurvor baserat på Tabell AMA CEB.414/1, som anger kornstorleksfördelning för **fyllning** med grus eller krossmaterial av grus för grundläggning av bro. (AMA 13 Krav, kapitel CEB.414)

8.2.2 Dränerande lager

TK Geo 13 Krav, kapitel 7.1 anger att dränerande lager under underbyggnaden utförs enligt AMA 13 CEF.1111 för vägar och AMA 13 CEF.141 för järnvägar men hänvisar inte till AMA 13 Krav, kapitel CEF.12, vilket antas vara det som bör gälla med hänsyn till kraven för fyllning, se kapitel 8.2.1 och nedan i detta kapitel. (AMA 13 CEF.1111 för vägar och AMA 13 CEF.141 anger bland annat att minsta tjocklek på lagret skall vara 0.5 m.)

TK Geo 13 Krav, kapitel 9.2.3.4 beskriver krav på filter för erosionsskydd men i övrigt finns inga krav beskrivna för dränerande lager, förutom vertikal dränering och dräneringar av jord- och bergschakt, se kapitel 8.2.3.

AMA 13 Krav, kapitel CEF.12 ger kraven för dränerande lager av grus eller krossat material för byggnad, bro, mur mm, och vara av materialtyp 1 eller 2 enligt tabell AMA CE/1. Högst 5% av materialet får vara < 2 mm enligt AMA CEF.121. AMA CEF.1211 anger att största kornstorlek får vara 63 mm och att lagrets tjocklek skall vara minst 300 mm. AMA 13 Råd kapitel CEG.1 innehåller inga rekommendationer som påverkar materialval.

8.2.3 Materialskiljande lager

TK Geo 13 Krav, kapitel 8 finns det krav på att olika konstruktionsdelar med olika kornstorlek ska åtskiljas med materialskiljande lager, som beskrivs i AMA 13 Krav CEG.1. Syfte med ett materialskiljande lager är att det omgivande naturliga sand-silt materialet inte skall tränga in i dräneringslagret på ett oönskat sätt och på så sätt minska det dränerande lagrets hydrauliska konduktivitet. Var behovet

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen	Sidnr: 13 (34)
	PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Projektnummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-004
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Datum: 2015-04-22
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum: -/-

av ett materialskiljande lager finns illustreras av Figur 8-3 till Figur 8-7. Materialet skall bestå av materialtyp 1 enligt AMA 13 Krav, tabell AMA CEG1/1, som illustras i Figur 8-9. Det är dock oklart varför inte materialtyp 2 enligt AMA 13 Krav, tabell AMA CEG1/1 omnämns, på samma sätt som för fyllning och dränerande lager.

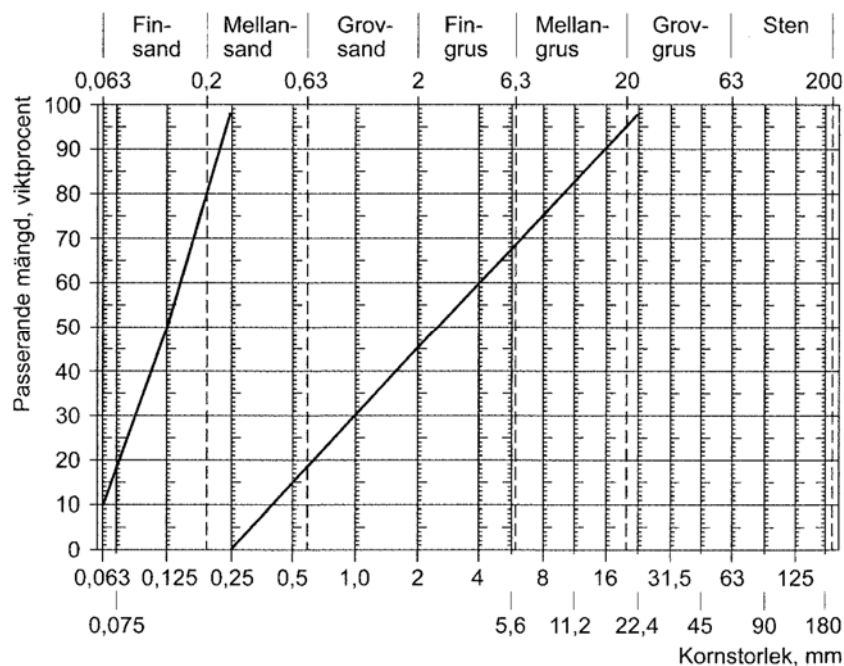
TR Geo 13 Råd kapitel 8 ger råd om utförande av ett materialskiljande lager. Materialskiljande lager **bör övervägas** då:

$$d_{15}(\text{grövre material})/d_{85}(\text{finare material}) > 4.$$

TR Geo 13 krav kapitel 9.2.3.4 ger krav på filter:

$d_{15}(\text{grövre material, "erosions skydd" i TR Geo 13 krav})/d_{15}(\text{finare material, "material som skyddas" i TK Geo 13 krav}) > 5$ för att ge minst 10 ggr bättre permeabilitet i det grövre lagret.

$d_{15}(\text{grövre material, "erosions skydd" i TR Geo 13 krav})/d_{85}(\text{finare material, "material som skyddas" i TK Geo 13 krav}) \leq 5$ för att inte tillåta att finmaterial transporteras genom det grövre materialet.



Figur 8-9. Kornstorleksfördelningskurvor baserat på Tabell AMA CEG 1/1, som anger kornstorleksfördelning för **materials-kiljande lager av typ 1** av jord eller krossmaterial under fyllning för väg, byggnad, bro, järnväg mm. (AMA 13 Krav, kapitel CEG.1)

8.2.4 Motfyllning av sidorna av betongtunnel och tråg

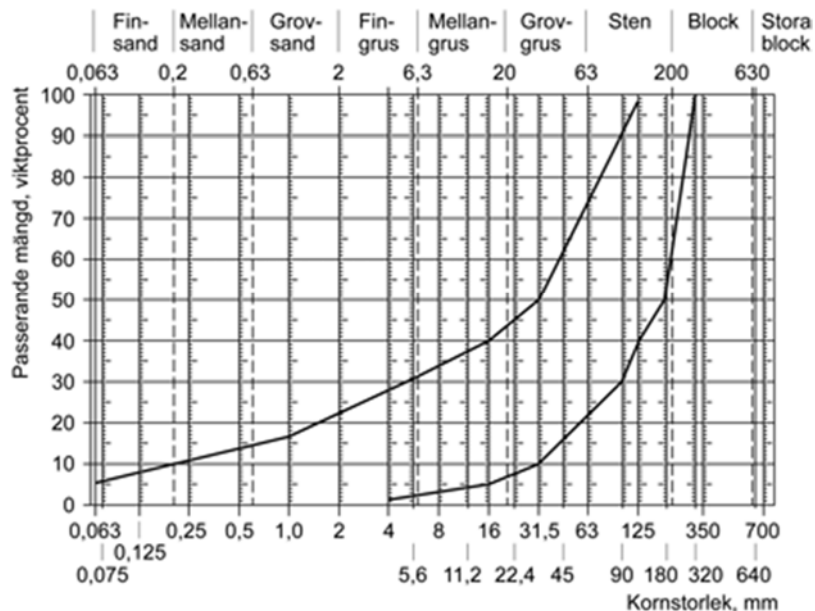
TK Geo 13 Krav, kapitel 7.4 ger kraven för fyllning mot bro. TR Geo 13 Råd ger inga specifika råd för fyllning kopplat till kraven. Krav på fyllning mot bro, mur o d. med grovkrossad sprängsten beskrivs i AMA 13 Krav CEB.11113 och i övrigt skall utförandet göras enligt AMA 13 CEB.52. Krav på fyllning mot bro, mur o d. beskrivs i AMA 13 Krav CEB.522 och beskriver att fyllningen skall utföras med

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen	Sidnr: 14 (34)
	PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Projektnummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-004
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Datum: 2015-04-22
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum: -/-

krossad sprängsten med kornstorleksfördelning enligt tabell AMA 13 Krav CEB.11113/1, se Figur 8-10. Alternativt krav på fyllning mot bro, mur o d. beskrivs i AMA 13 Krav CEB.523 och beskriver att fyllningen skall utföras med grus eller krossmaterial av grus av materialtyp 2 enligt tabell AMA CE/1 och med kornstorleksfördelning enligt tabell AMA 13 Krav CEB.523/1.

Det bör noteras att tabell AMA 13 Krav CEB.523/1 visar samma krav som tabell AMA CEB.414/1, som anger kornstorleksfördelning för **fyllning** med grus eller krossmaterial av grus för grundläggning av bro, se Figur 8-8.

Kornstorleksfördelning enligt tabell AMA 13 Krav CEB.11113/1 är likartad som tabell AMA 13 Krav CEB.523/1, se Figur 8-8 och Figur 8-10. Tabell AMA 13 Krav CEB.11113/1 anger dock att andelen grövre fraktioner skall vara något större än vad som visas i tabell AMA 13 Krav CEB.523/1.



Figur 8-10. Kornstorleksfördelningskurvor baserat på Tabell AMA CEB.11113/1, som anger kornstorleksfördelning för **fyllning** med krossad sprängsten för fyllning mot bro, mur o d. (AMA 13 Krav, kapitel CEB.523)

8.3 Platsspecifika beräkningsförutsättningar

8.3.1 Grundvattenströmning – nuvarande förhållande

Grundvattenströmningen i området sker från höjdområden i norr och i huvudsak mot söder, i riktning ner mot Göta älv.

I några avsnitt längs bansträckningen där de hydrauliska egenskaperna och hydrauliska gradienterna är kända kan ett approximativt värde på grundvattenflödet beräknas. I Tabell 8-1 redovisas representativa värden transmissiviteten (T_N) under nuvarande förhållanden (Index N , Index NE variabel med skattad osäkerhet för nuvarande förhållanden.), skattat i huvudsak från pumptester. Hydraulisk konduktivitet (K_N) baseras på T_N och på en skattning av vattenförande mäktighet (H_N). Vid Bratterås öst kan grundvattenmagasinet

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen	Sidnr: 15 (34)
	PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Projektnummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-004
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Datum: 2015-04-22
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum: -/-

betraktas som öppet och vattenförande sektion begränsas av grundvattenytan. Mellan Bratteråsberget och Krokängsberget (Säterigatan) och i Pölsebo begränsas vattenförande sektion av ler-silt lager nära markytan. Den hydrauliska konduktiviteten (K) för Pölsebo från provpumpningen betraktas som osäker och för jämförelse har grundvattenflödet baserat på beräknat K från siktanalys också angetts i Tabell 8-1. Osäkerheterna bedöms vara:

T_N : Pumptester har skett nära linjen för tunnel/tråg och T baserat på pumptest kan i allmänhet anses ge tämligen säkra värden på T. T baserat på siktanalyser är i allmänhet mycket mer osäkert än T baserat på pumptest.

H_N : Djupet till berg och underkant till eventuell lera, är *tämligen väl känt nära linjen för tunnel/tråg men är osäkert utanför denna linje*. Medianvärde på grundvattennivån är osäkert på grund av få mätta värden och att punkterna för grundvattennivåmätningar är tämligen få och sitter bara ibland nära linjen för tunnel/tråg. Osäkerheten i grundvattennivån i absoluta tal relativt osäkerheten i bergnivå bedöms dock vara i samma storleksordning. Det medför att osäkerheten i bedömt H_{NE} bör vara: $0.5 \cdot H_N < H_{NE} < 2 \cdot H_N$

K_{NE} : Med hänsyn till att T_N är tämligen säkert och osäkerheten i H_N bedöms osäkerheten i K_N till: $0.5 \cdot K_N < K_{NE} < 2 \cdot K_N$.

Tabell 8-1. Beräknad hydraulisk konduktivitet (K) för vattenförande sektion, baserat på pumptester. Pumptest Pölsebo –öst är osäker varför K baserat på siktanalys också anges.

ID-område	T_N m ² /s	H_N m	K_N m/s	Kommentar
Öst Bratteråsberget	1.0E-03	18	5.6E-05	Pumptest
Säterigatan : (Bratteråsberget- Krokängsberget)	8.3E-04	20	4.2E-05	Pumptest
Pölsebo-öst	4.6E-05	6	7.7E-06	Pumptest
Pölsebo - öst	3.7E-04	6.7	5.5E-05	Baserat på siktanalys
Pölsebo-väst			1E-5	Antaget K

I Tabell 8-2 redovisar storleksordningen på grundvattenflöde som under nuvarande förhållanden flödar i de fyra angivna områdena. Det bedöms att det sistnämnda flödet för Pölsebo - öst bör vara en överskattning av aktuellt flöde i Pölsebo –öst. Osäkerheterna bedöms vara:

A_N , vattenförande area i linje för tunnel/tråg: Djupet till berg och underkant till eventuell lera, är *tämligen väl känt nära linjen för tunnel/tråg*. Medianvärde på grundvattennivån är osäkert på grund av få mätta värden och att punkterna för grundvattennivåmätningar är tämligen få och sitter bara ibland nära linjen för tunnel/tråg. Osäkerheten i grundvattennivån i absoluta tal relativt osäkerheten i bergnivå bedöms dock vara i samma storleksordning. Det medför att osäkerheten i bedömt A_N bör vara något lägre för A_N relativt H_N : $0.8 \cdot A_N < A_N < 1.25 \cdot A_N$

i_N , hydraulisk gradient i linje för tunnel/tråg: Medianvärde på grundvattennivån är osäkert på grund av få mätta värden och att punkterna för

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Sidnr: 16 (34)
		Projektnummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-004
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Datum: 2015-04-22
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum: -/-

grundvattennivåmätningar är tämligen få och sitter bara ibland nära linjen för tunnel/tråg. Det medför att osäkerheten i bedömt i_{NE} bör: $0.5 \cdot i_N < i_{NE} < 2 \cdot i_N$

Q_{NE} , grundvattenflöde tvärs linje för tunnel/tråg: Det medför att osäkerheten i bedömt Q_{NE} bör vara ca: $1/3 \cdot Q_N < Q_{NE} < 3 \cdot Q_N$ (approximerat från $0.4 \cdot Q_N < Q_{NE} < 2.5 \cdot Q_N$).

Tabell 8-2. Beräknad storleksordning på naturligt grundvattenflöde i jordlagren.

ID-område	K_N m/s	A_N m ²	$K_N \cdot A_N$ m ³ /s	i_N m/m	Q_N m ³ /s	Q_N L/s
Öst Bratteråsberget	5.6E-05	2200	1.23E-01	0.003	3.7E-04	0.4
Säterigatan : (Bratteråsberget- Krokängsberget)	4.2E-05	2500	1.05E-01	0.004	4.2E-04	0.4
Pölsebo - öst	7.7E-06	600	4.62E-03	0.002	9.2E-06	0.01
Pölsebo -väst	1.0E-05	800	8.00E-03	0.002	1.6E-05	0.02
					Summa=	0.8
Pölsebo - öst	5.5E-05	600	3.30E-02	0.002	6.6E-05	0.07

8.3.2 Grundvattenförande sektion

Del av betongtunnel/betongtråg kommer att ligga under nuvarande grundvattennivå och på så sätt skapa en förträngning av grundvattenflödet under driftskedet, vilket flödesmässigt motverkas av att lokalt öka genomsläppligheten under betongtråget genom dränerande lagret. Tabell 8-3 redovisa hur den grundvattenförande sektionen förändras baserad på Projekterings PM - Hydrogeologi, 108793-18-080-001.

(Utformningen av schakt påverkar grundvattenförande sektion under byggskedet. Väljs spont längs hela sträckan för en sträcka med betongtunnel/betong tråg minskar den grundvattenförande sektion ytterligare jämfört med driftskede. I Tabell 8-3 redovisa hur den grundvattenförande sektionen förändras baserad på Projekterings PM - Hydrogeologi, 108793-18-080-001. För beräkningar av det dränerande lagrets egenskaper är endast driftskedet relevant, och åtgärder för att minska negativa effekter av att vattenförande sektionen minskas under byggskede behandlas inte i denna PM.)

I Projekterings PM - Hydrogeologi, 108793-18-080-001 har antagits att tätakakan är ca 1 m tjock och att dräneringslagret på tätakakan är ca 0.5 m tjock samt att spont under byggskede drivs ned till ca 4 m under schaktbotten (dvs under tätakakan). Beräkningar av A_N grundar sig även på mediangrundvattennivå enligt (MUR), Hydrogeologi, 108793-18-081-001.

Exempelvis redovisas i Tabell 8-3 att för Öst Bratteråsberget så minskar den vattenförande sektionen till 35% i byggskedet för att i driftskedet öka till ca 60%.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen	Sidnr: 17 (34)
	PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Projektnummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-004
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Datum: 2015-04-22
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum: -/-

Skillnaden mellan 60% och 100% kompenseras genom ökad genomsläpplighet i dräneringslagret under betongtunnel.

Tabell 8-3. Vattenförande sektion vid medelgrundvattennivå. A_N : vattenförande sektion under nuvarande förhållanden, A_S : vattenförande sektion under byggskede med spont (spont antas ha samma djup under schaktbotten under hela sträckan med betongtunnel/tråg), A_D : vattenförande sektion under driftskede med dämmande betongtunnel. Data baseras på Projekterings PM - Hydrogeologi, 108793-18-080-001.

Plats	Nuvarande förhållande	Byggskede	Byggskede	Byggskede	Driftskede
	A_N , Vattenförande sektion, nuvarande förhållande	L, Längd med betongtunnel	Max spont djup under schaktbotten	A_S/A_N	A_D/A_N
	(m ²)	(m)	(m)	(-)	(-)
Öst Bratteråsberget	2200	170	4	0.35	0.6
Säterigatan : (Bratteråsberget-Krokängsberget)	2500	270	4	0.4	0.65
Pölsebo - öst	600	220	4	0-0.1	0.45
Pölsebo - väst	800	280	4	0.2	0.85

8.3.3 Grundvattenflöde under driftperiod

Grundvattenflödet (Q_N) under nuvarande förhållanden (Index N) kan skrivas som:

$$Q_N = A_N \cdot K_N \cdot i_N = A_N \cdot K_N \cdot \frac{\Delta h_N}{B}$$

,där A_N är vattenförande area, K_N är medel hydraulisk konduktivitet, i_N är hydrauliska gradienten, B är betongtunnelsbredd och h_N är den beräknade grundvattennivåskillnaden utifrån i_N och B .

Grundvattenflödet (Q_D) under driftperiod (Index D) kan skrivas som:

$$Q_D = A_D \cdot K_N \cdot i_D + A_F \cdot K_F \cdot i_D = (A_D \cdot K_N + A_F \cdot K_F) \cdot \frac{\Delta h_D}{B}$$

$$= (A_D \cdot K_N + L \cdot d \cdot K_F) \cdot \frac{\Delta h_D}{B}$$

,där A_D är vattenförande area under tätkaka, K_N är medel hydraulisk konduktivitet under tätkaka, A_F är vattenförande area för filter K_F är hydraulisk konduktivitet på dränerande lagret, i_D är hydrauliska gradienten, L är längden av betongtunnel, d är dränerande lagrets tjocklek, B är betongtunnelsbredd och h_D är den beräknade grundvattennivåskillnaden utifrån i_D och B .

Genom att göra några grundantaganden kan den huvudsakliga effekten av ett fungerande och icke-fungerande dränerande lager belysas.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Sidnr: 18 (34)
		Projektnummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-004
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Datum: 2015-04-22
		Uppdragsnr: 2343005000 Rev. datum: -/-

Antag att flödet förbi betongtunnel är det samma som idag, dvs $Q_D = Q_N$, och endast den lokala gradienten över betongtunnel påverkas. Det förutsätter att inte nivåförändringarna uppströms blir så stora att grundvattenflödet tar andra vägar än under nuvarande förhållanden, vilket då i princip skulle påverka Q_D .

Antas först att $A_F \cdot K_F \gg A_D \cdot K_N$ (genom att $K_F \gg K_N$) erhålls $i_D \approx 0$, dvs grundvattennivån uppströms betongtunnel blir lika stor som den nedströms, för driftperioden, dvs en grundvattensänkning erhålls mot nuvarande förhållanden. Tabell 8-4 visar den maximala grundvattensänkning uppströms, vilket motsvaras av Δh_N .

Osäkerheten i Δh_N är direkt kopplad till i_N , dvs osäkerheten blir:

$$i_{NE}: 0.4 \cdot i_N < i_{NE} < 2.2 \cdot i_N$$

Det innebär att grundvattensänkning i detta fall uppströms betongtunnel maximalt bör kunna bli några decimeter om dräneringslagret är mycket konduktivt.

Antas å andra sidan antas att en grundvattenhöjning Δh_D uppströms betongtunnel kan erhållas:

$$\Delta h_D = \frac{Q_D \cdot B}{A_D \cdot K_N} = \frac{Q_N \cdot B}{A_D \cdot K_N} = \frac{i_N \cdot A_N \cdot K_N \cdot B}{A_D \cdot K_N} = \frac{i_N \cdot A_N \cdot B}{A_D}$$

Osäkerheterna bedöms vara, med hänsyn till tidigare bedömda osäkerheter för ingående variabler. Obs att A_N och A_D är korrelerade men att relativ felet i A_N bör vara något större än i A_D då osäkerheten i den övre begränsningen i A_D är låg:

$$(A_N/A_D)_E: 0.9 \cdot A_N/A_D < (A_N/A_D)_E < 1.1 \cdot A_N/A_D$$

$$\Delta h_{DE}, \text{ tvärs linje för tunnel/tråg: } 0.4 \cdot \Delta h_D < \Delta h_{DE} < 2.2 \cdot \Delta h_D$$

Tabell 8-5 visar den maximala uppskattade grundvattenhöjningen, vilket motsvaras av Δh_D . Slutsatsen är att grundvattenhöjningen uppströms betongtunnel bör maximalt kunna bli några decimeter även om dräneringslagret är mycket tätt.

Tabell 8-4. Beräknad approximativ grundvattennivåsänkning Δh_D , som blir lika stor som Δh_N , uppströms betongtunnel med antagandet att dränerande lagret har mycket högre hydraulisk konduktivitet än de befintliga friktionsjordlagren.

Plats	Betongtunnelbredd	Gradient, Nuvarande skede	Gv-nivåskillnad, Nuvarande skede
	B	i_N	Δh_N
	(m)	(-)	(m)
Öst Bratteråsberget	20	0.003	0.06
Säterigatan (Bratteråsberget till Krokängsberget)	20	0.004	0.08
Pölsebo - öst	20	0.002	0.04
Pölsebo - väst	20	0.002	0.04

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Sidnr: 19 (34)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-004	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Datum: 2015-04-22	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

Tabell 8-5. Beräknad approximativ grundvattennivåhöjning Δh_D uppströms betongtunnel med antagandet att dränerande lagret har mycket lägre hydraulisk konduktivitet än de befintliga friktionsjordlagren.

ID-område	Betongtunnelbredd			Driftskede		Gv-nivåskillnad, drift skede
	B	K_N	A_N	A_D/A_N	$Q_D = Q_N$	Δh_N
	(m)	m/s	m ²	(-)	m ³ /s	(m)
Öst Bratteråsberget	20	5.6E-05	2200	0.6	3.7E-04	0.10
Säterigatan (Bratteråsberget-Krokängsberget)	20	4.2E-05	2500	0.65	4.2E-04	0.12
Pölsebo - öst	20	7.7E-06	600	0.45	9.2E-06	0.09
Pölsebo -väst	20	1.0E-05	800	0.85	1.6E-05	0.05

8.3.4 Beräkning av dränerande lagrets hydrauliska konduktivitet.

Dränerande lagrets tjocklek antas vara 0.5 m och den hydrauliska gradienten under driftperiod är lika som den under nuvarande förhållanden:

$$K_F = \frac{Q_D - A_D \cdot K_N \cdot i_D}{A_F \cdot i_D} = \frac{Q_D - A_D \cdot K_N \cdot i_D}{(L \cdot d) \cdot i_D}$$

Tabell 8-6. Beräknad approximativ hydraulisk konduktivitet för ett dränerande lager med antagande om att samma flöde och samma hydrauliska gradient under driftskede som under nuvarande förhållande.

ID-område	Längd betong-tunnel	Tjocklek dränerande lager			Drift-skede		Gradient, Nuvarande skede	
	L	d	K_N	A_N	A_D/A_N	$Q_D = Q_N$	$I_D = I_N$	K_F
	(m)	(m)	m/s	m ²	(-)	m ³ /s	(-)	m/s
Öst Bratteråsberget	170	0.5	5.6E-05	2200	0.6	3.7E-04	0.003	5.8E-04
Säterigatan (Bratteråsberget-Krokängsberget)	270	0.5	4.2E-05	2500	0.65	4.2E-04	0.004	2.7E-04
Pölsebo - öst	220	0.5	7.7E-06	600	0.45	9.2E-06	0.002	2.3E-05
Pölsebo -väst	280	0.5	1.0E-05	800	0.85	1.6E-05	0.002	8.6E-06

 TRAFIKVERKET	Projektamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Sidnr: 20 (34)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-004	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Datum: 2015-04-22	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

8.4 Beräkning av egenskaper för filter och materialskiljande lager

8.4.1 Generella egenskaper för ett filter relativt akviferegenskaper

Riktlinjer för hur ett filter bör dimensioneras enligt några källor redovisas i Tabell 8-7 och Tabell 8-8. Valda värden ligger till grund för förslag på filter som visas i Figur 8-11 till Figur 8-13, baserat på platsspecifika siktkurvor som redovisas i samma figurer. Siktkurvorna har valts i övre del av akvifer som även bedöms kunna representera del av akvifer som berörs av schakt.

Som framgår av Tabell 8-7 motsvaras kraven i TK Geo 13 i stort med andra källor vad avser $d(15\text{-filter})/d(15\text{-akvifer})$ och $d(15\text{-filter})/d(85\text{-akvifer})$ men att TK Geo 13 inte direkt ger riktlinjer om lämplig sorteringskoefficient eller toleransintervall för ett filter.

Vidare visar Figur 8-11 till Figur 8-13 att undre gränsen för ett filter är tämligen samstämmig för de övriga källorna, exkluderat TK Geo 13 där inte filteregenskaperna lika tydligt kan redovisas i diagram. Övre gräns för ett filter varier något mellan källorna.

Enligt Cashman och Preene (2013) bör $d(15\text{-filter})/d(15\text{-akvifer}) > 4$ baseras på grövre del av akv, finare del filter och $d(15\text{-filter})/d(85\text{-akvifer}) \leq 5$, baseras på finare del av akv, grövre del filter. Detta förhållande har nyttjats, förutom att $d(15\text{-filter})/d(15\text{-akvifer}) = 5$ enligt TK Geo när lämpligt filter beräknats i kapitel 8.4.2 nedan.

 TRAFIKVERKET	Projektamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Sidnr: 21 (34)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-004	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Datum: 2015-04-22	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

Tabell 8-7. Dimensionering av filter. Krav enligt olika källor.

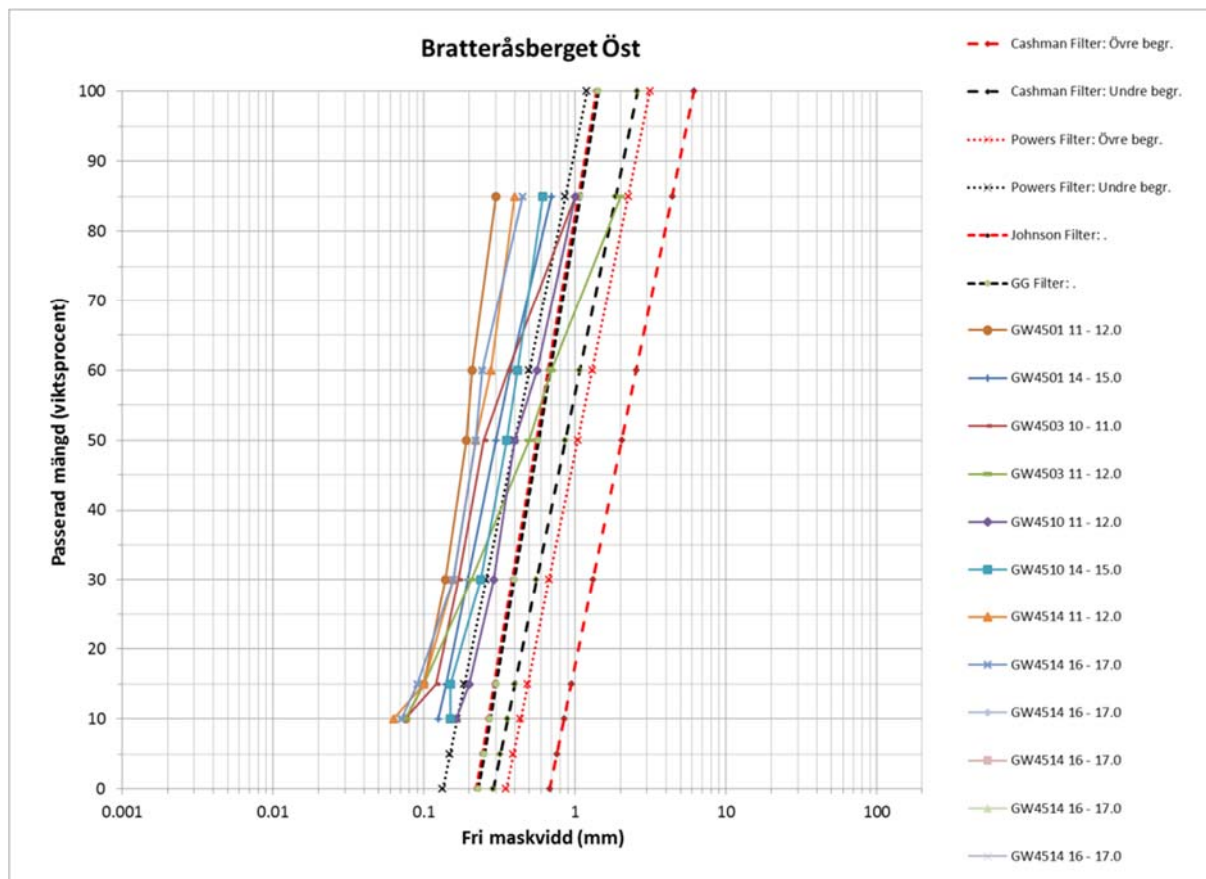
Filter karakteristiska								
	Valt Cashman/ Preene	Cashman/ Preene	Cashman/ Preene	Valt Powers	Powers	Powers	TK Geo 13, Krav, 9.2.3.4	TK Geo 13, Råd, 8
A=d(15-filter)/d(15-akvifer)>: signifikan mer permeabel än akv.	4	4	grövre del av akv, finare del filter		4	Prugh	5	
B=d(15-filter)/d(85-akvifer)<=: Tillräckl finkornig för att inte kontinuerligt dra finpart. Fr. akv.	5	5	finare del av akv, grövre del filter		5	Prugh	5	4
C=U(filter)=d60/d10=	3	<3		3	<3			
D=d(50-filter)/d(50-akvifer)				5	4-5.5			
E=tolerans filter ±A*d50+filterkurva				0.2	0.2			
F=df(filter)/d(60-akvifer), för olika prov								
G=df-50(filter)<min av df(filter)								
H=d30-filter/d30-akvifer								
J=d10-filter			"=slot size		"=slot size	undre begr.		
K=d-filter=0.063			<5%					

 TRAFIKVERKET	Projektamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Sidnr: 22 (34)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-004	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Datum: 2015-04-22	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

Tabell 8-8. Dimensionering av filter. Krav enligt olika källor.

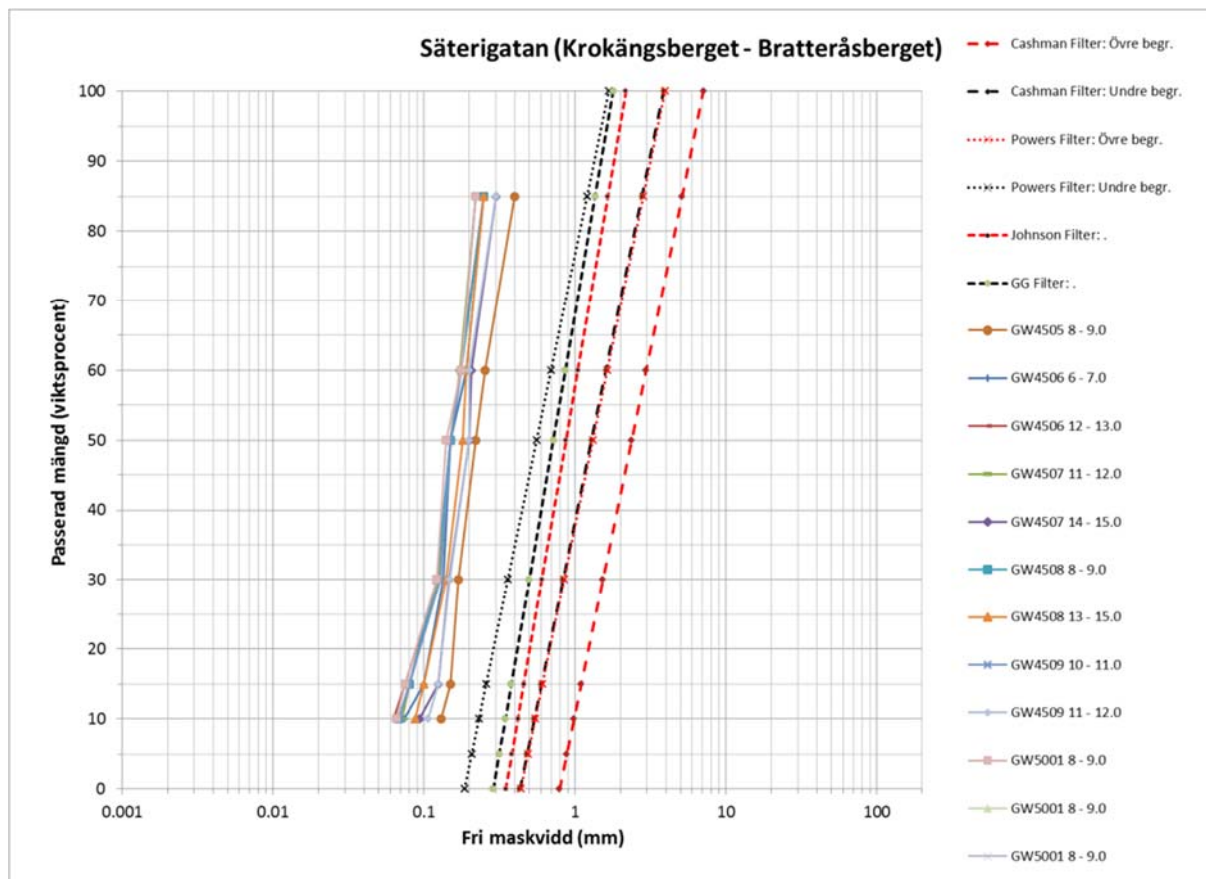
Filter karakteristiska						
	Valt Johnsson screens	Johnsson screens	Johnsson screens	Valt R42:1984	R42:1984	R42:1984
$A = d(15\text{-filter})/d(15\text{-akvifer}) > :$ signifikan mer permeabel än akv.						
$B = d(15\text{-filter})/d(85\text{-akvifer}) \leq :$ Tillräckl finkornig för att inte kontinuerligt dra finpart. Fr. akv.						
$C = U(\text{filter}) = d_{60}/d_{10} =$	2.5	≤ 2.5		2.5	$< 2.5;$ välj grusfilter	
$D = d(50\text{-filter})/d(50\text{-akvifer})$						
$E = \text{tolerans filter} \pm A \cdot d_{50} + \text{filterkurva}$						
$F = df(\text{filter})/d(60\text{-akvifer}), \text{ för olika prov}$				5	4.5-5.5	Välsorterat: 4.5
$G = df - 50(\text{filter}) < \min \text{ av } df(\text{filter})$					Val av en filter-sand	lägsta $df(\text{filter})$ används
$H = d_{30}\text{-filter}/d_{30}\text{-akvifer}$	5	3-8 , vanl 4-6	Lägsta $d_{30}\text{-akvifer}$ väljs, 3-6 om $d_{60} \leq 0.25$, 6-8 om mycket icke-uniform med silt/lerskikt			
$J = d_{10}\text{-filter}$			"=slot size			
$K = d\text{-filter} = 0.063$						

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Sidnr: 23 (34) Projektnummer: 108 793 Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-004
	Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel
		Datum: 2015-04-22 Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum: -/-



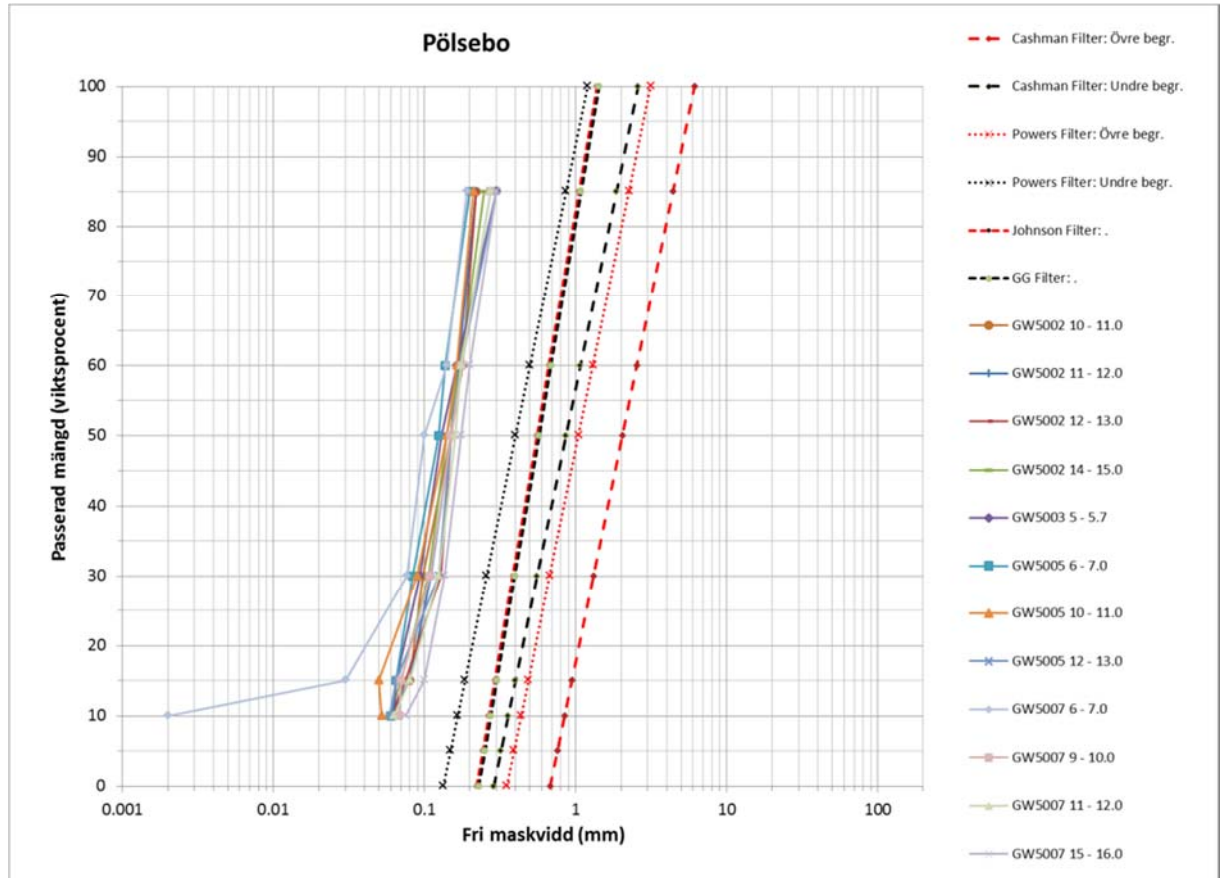
Figur 8-11. Öst Bratteråsberget. Generella egenskaper för ett filter relativt akviferegenskaper.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Sidnr: 24 (34) Projektnummer: 108 793 Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-004
	Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel
		Datum: 2015-04-22 Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum: -/-



Figur 8-12. Säterigatan (Bratteråsberget- Krokängsberget). Generella egenskaper för ett filter relativt akviferegenskaper.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Sidnr: 25 (34) Projektnummer: 108 793 Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-004
	Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel
		Datum: 2015-04-22 Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum: -/-



Figur 8-13. Pölsebo. Generella egenskaper för ett filter relativt akviferegenskaper.

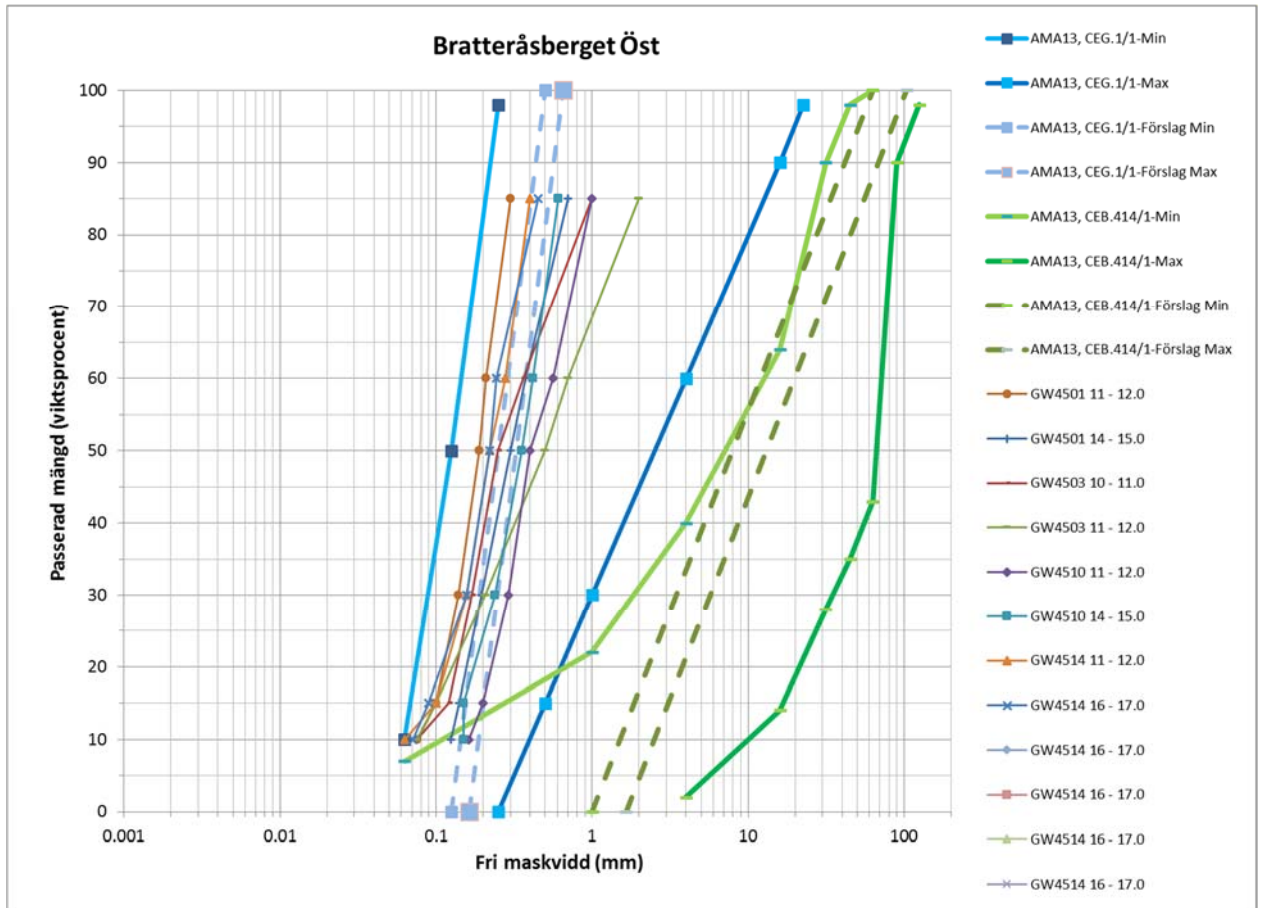
8.4.2 Beräknade egenskaper för ett filter relativt akviferegenskaper

I Figur 8-14 till Figur 8-16 visas siktkurvor för akviferen, gränser för materialskiljande lager och fyllnadsmassor (grundläggningsbädd) enligt TK Geo 13 Krav och AMA 13 anläggning, se kapitel 8.2. I figurerna visas också förslag på siktkurvor för materialskiljande lager och fyllnadsmassor och i Tabell 8-9 till Tabell 8-14 redovisas beräknade egenskaper på de föreslagna materialskiljande lagren och fyllnadsmassorna och hur de motsvarar kraven från TK Geo 13 Krav och AMA 13 anläggning.

Figurerna och tabellerna visar att det är möjligt att skapa någon typ av materialskiljande lager och någon typ av fyllnadsmassor för alla tre områdena med hänsyn till det naturliga friktionsmaterialet i jorden, i huvudsak silt och sand. Det går att säkerställa att man har en signifikant högre permeabilitet på filterlager än det naturliga friktionsmaterialet för två av platserna när det gäller det materialskiljande lagret. För Öst Bratteråsberget blir ökningen mindre än önskvärt men det är av mindre betydelse eftersom permeabilitetskriteriet uppfylls för alla tre områden när det gäller kontrasten materialskiljande lager och fyllnadsmassor. Materialskiljande lagret är nämligen så begränsat att det inte kan uppstå någon påtaglig tryckdifferens över det lagret som innebär någon signifikant påverkan på flödet.

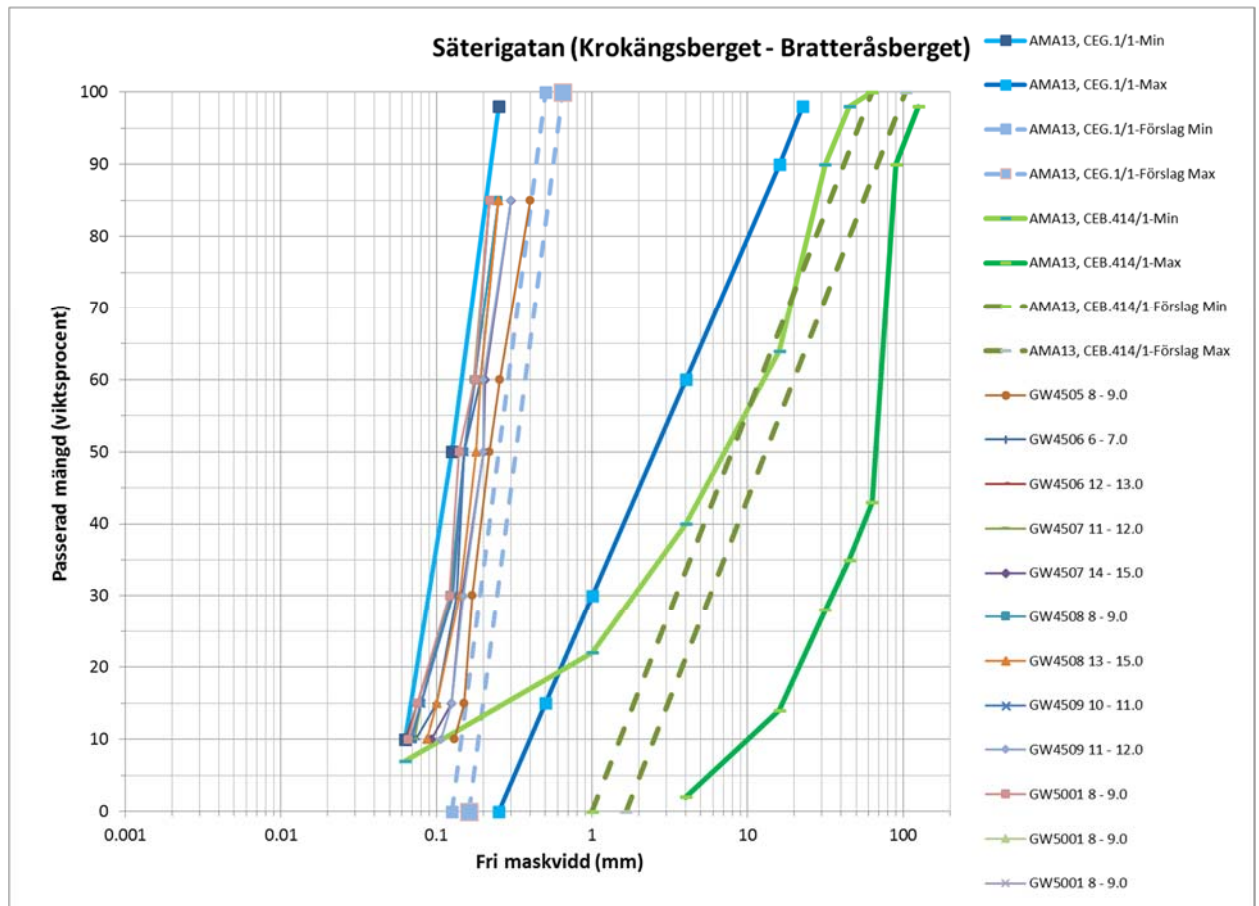
	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Sidnr: 26 (34) Projektnummer: 108 793 Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-004
	Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel
		Datum: 2015-04-22 Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum: -/-

För Öst Bratteråsberget kan ett mer grovkornigt materialskiljande lager nyttjas än vad som visas för att öka permeabiliteten och ändå uppfylla kraven på att vara materialskiljande men däremot uppnås inte permeabilitets kriteriet riktigt med den beräknings metodik som använts. Återigen, det är av mindre betydelse för att bedöma flödet förbi betongtunneln.



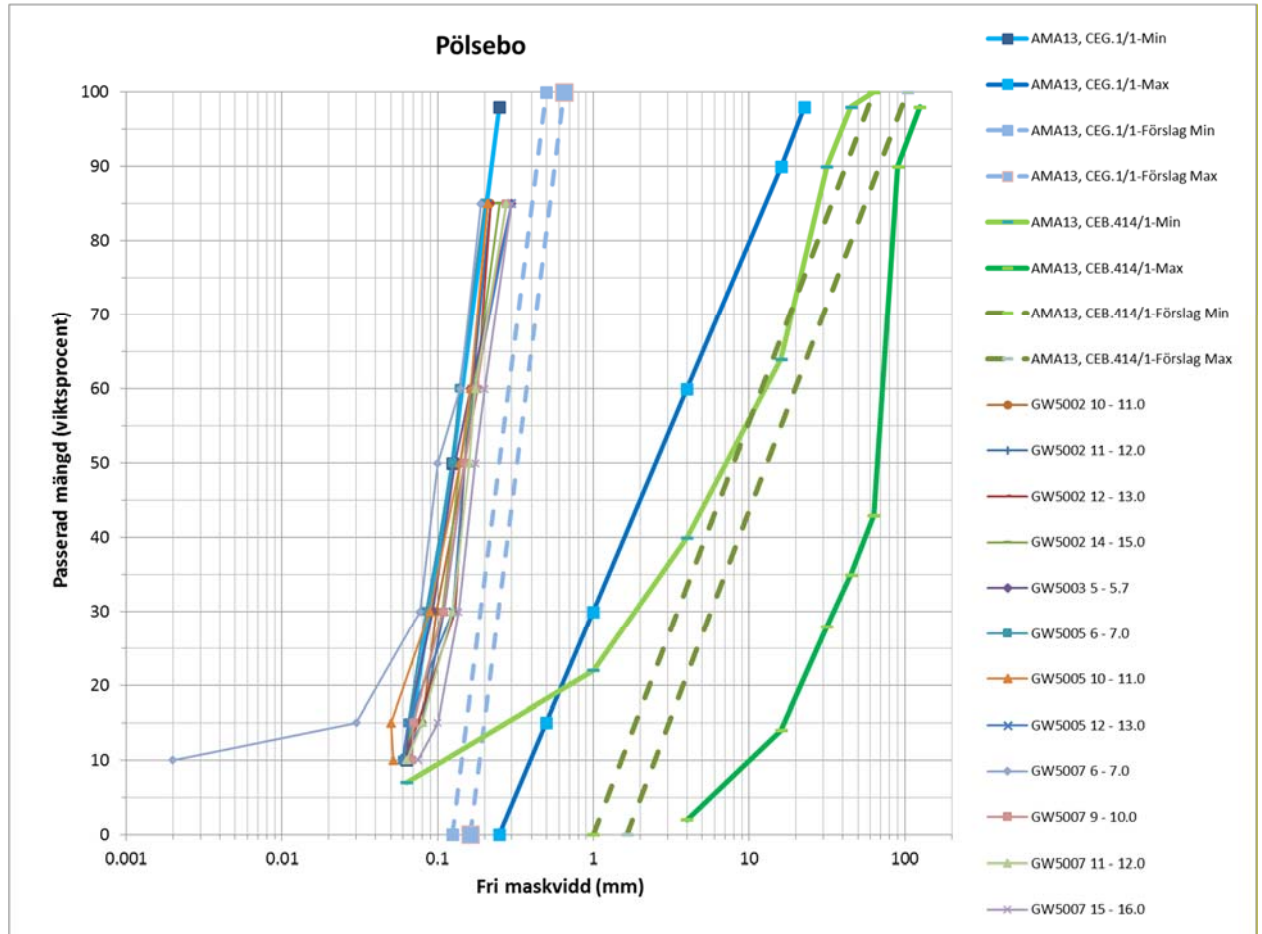
Figur 8-14. Öst Bratteråsberget. Egenskaper för fyllnadsmaterial under betongtunnel och materialskiljande lager mellan fyllnadsmaterial och akvifer.

	Projektamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Sidnr: 27 (34)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-004	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Datum: 2015-04-22	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-



Figur 8-15. Säterigatan (Bratteråsberget- Krokängsberget). Egenskaper för fyllnadsmaterial under betongtunnel och materialskiljande lager mellan fyllnadsmaterial och akvifer.

	Projektamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Sidnr: 28 (34)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-004	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Datum: 2015-04-22	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-



Figur 8-16. Pölsebo. Egenskaper för fyllnadsmaterial under betongtunnel och materialskiljande lager mellan fyllnadsmaterial och akvifer.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Sidnr: 29 (34)
		Projektnummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-004
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Datum: 2015-04-22
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum: -/-

Tabell 8-9. Dimensionering av filter: Öst Bratteråsberget. Förslag till materialskiljande lager och fyllning baserat på TK Geo 13 och AMA 13. Kornstorleksfördelning.

Styrande filterparameterar	Akviser		Filter: .			Filter: .			Passerad mängd Vikt-procent
	Fine side	Coarse side	"Akviser"	"Akviser"	"Akviser"	"Filter"	"Filter"	"Filter"	
Filter karakteristiska			Mtrl skilj,l Valt AMA13, CEG.1/1-förslag	Mtrl skilj,l AMA13, CEG.1/1-förslag	Mtrl skilj,l AMA13, CEG.1/1-förslag	Grundl. Bro AMA13, CEB.414/1-Förslag Min	Grundl. Bro AMA13, CEB.414/1-Förslag Min	Grundl. Bro AMA13, CEB.414/1-Förslag Max	%
A=d(15-filter)/d(15-akviser)>: signifikan mer permeabel än akv.		1.76			11.90				
B=d(15-filter)/d(85-akviser)<=: Tillräckl finkornig för att inte kontinuerligt dra finpart. Fr. akv.	3.14			4.89					
E=tolerans filter ±A*d50+filterkurva			0.3			0.65			
L1=U=d60/d10=	0.3	2		4.81	4.81		5.32	5.32	
L1-1=d85=				3.525	4.5825		54.55	90.0075	
L1-1=d60=				2.525	3.2825		38.8	64.02	
L1-1=d50=				2.125	2.7625		32.5	53.625	
L1-1=d15=	0.09	0.2		0.725	0.9425		10.45	17.2425	
L1-1=d10=				0.525	0.6825		7.3	12.045	
L2=d-filter 0			0.125	0.125	0.1625	1	1	1.65	0
L3=d-filter 100			0.5	0.5	0.65	63	63	103.95	100

Tabell 8-10. Dimensionering av filter: Öst Bratteråsberget. Förslag till materialskiljande lager och fyllning baserat på TK Geo 13 och AMA 13. Hydraulisk konduktivitet, baseras på den undre gränsen för filter.

Filterberäkningar						
Plats_0	d10	d60	d60/d10	KfG50	KG50, Akv	KfG50/KG50, Akv
Öst Bratteråsberget	[mm]	[mm]	U	[m/s]	[m/s]	[m/s]
AMA13, CEG.1/1-förslag	0.525	7.3	13.90	2.15E-03	1.77E-04	12
AMA13, CEB.414/1-Förslag	2.525	38.8	15.37	4.68E-02	1.77E-04	265

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahamnen PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Sidnr: 30 (34)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-004	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Datum: 2015-04-22	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

Tabell 8-11. Dimensionering av filter: Säterigatan / Krokängberget- Bratteråsberget). Förslag till materialskiljande lager och fyllning baserat på TK Geo 13 och AMA 13. Kornstorleksfördelning.

Styrande filterparameterar									Passerad mängd Vikt-procent %
Filter karakteristiska	Akvifer	Akvifer	Filter: .	Filter: .	Filter: .	"Filter"	"Filter"	"Filter"	
	Fine side	Coarse side	"Akvtifer"	"Akvtifer"	"Akvtifer"	"Filter"	"Filter"	"Filter"	
	Fine side	Coarse side	Fine side	Fine side	Coarse side	Fine side	Fine side	Coarse side	
			Mtrl skilj,l Valt AMA13, CEG.1/1-förslag	Mtrl skilj,l AMA13, CEG.1/1-förslag	Mtrl skilj,l AMA13, CEG.1/1-förslag	Grundl. Bro AMA13, CEB.414/1-Förslag Min	Grundl. Bro AMA13, CEB.414/1-Förslag Min	Grundl. Bro AMA13, CEB.414/1-Förslag Max	
A=d(15-filter)/d(15-akvtifer)>: signifikant mer permeabel än akv. B=d(15-filter)/d(85-akvtifer)<=: Tillräckl finkornig för att inte kontinuerligt dra finpart. Fr. akv. E=tolerans filter ±A*d50+filterkurva L1=U=d60/d10= L1-1=d85= L1-1=d60= L1-1=d50= L1-1=d15= L1-1=d10= L2=d-filter 0 L3=d-filter 100									
			8.81		11.90				
			4.28		4.89				
				0.3		0.65			
				4.81	4.81		5.32	5.32	
			0.22	0.4	3.525	4.5825	54.55	90.0075	
				2.525	3.2825		38.8	64.02	
				2.125	2.7625		32.5	53.625	
			0.075	0.15	0.725	0.9425	10.45	17.2425	
				0.525	0.6825		7.3	12.045	
				0.125	0.125	1	1	1.65	0
				0.5	0.5	63	63	103.95	100

Tabell 8-12. Dimensionering av filter: Säterigatan / Krokängberget- Bratteråsberget). Förslag till materialskiljande lager och fyllning baserat på TK Geo 13 och AMA 13. Hydraulisk konduktivitet, baseras på den undre gränsen för filter.

Filterberäkningar						
Plats_0	d10	d60	d60/d10	KfG50	KG50, Akv	KfG50/KG50, Akv
Säterigatan	[mm]	[mm]	U	[m/s]	[m/s]	[m/s]
AMA13, CEG.1/1-förslag	0.525	7.3	13.90	2.15E-03	1.22E-04	18
AMA13, CEB.414/1-Förslag	2.525	38.8	15.37	4.68E-02	1.22E-04	383

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen	Sidnr: 31 (34)
	PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Projektnummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-004
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Datum: 2015-04-22
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum: -/-

Tabell 8-13. Dimensionering av filter: Pölsebo. Förslag till materialskiljande lager och fyllning baserat på TK Geo 13 och AMA 13. Kornstorleksfördelning.

Styrande filterparameterar	Akquifer		Filter: .			Filter: .			Passerad mängd Vikt-procent
	Fine side	Coarse side	Mtrl skilj,l "Akquifer"	Mtrl skilj,l "Akquifer"	Mtrl skilj,l "Akquifer"	Grundl. Bro "Filter"	Grundl. Bro "Filter"	Grundl. Bro "Filter"	
Filter karakteristiska			Valt AMA13, CEG.1/1-förslag	AMA13, CEG.1/1-förslag	AMA13, CEG.1/1-förslag	AMA13, CEB.414/1-förslag Min	AMA13, CEB.414/1-förslag Min	AMA13, CEB.414/1-förslag Max	%
A=d(15-filter)/d(15-akquifer)>: signifikant mer permeabel än akqu.		11.75			11.90				
B=d(15-filter)/d(85-akquifer)<=: Tillräckligt finkornig för att inte kontinuerligt dra finpart. Fr. akqu.	4.96			4.89					
E=tolerans filter ±A*d50+filterkurva			0.3			0.65			
L1=U=d60/d10=	0.19	0.3		4.81 3.525	4.81 4.5825		5.32 54.55	5.32 90.0075	
L1-1=d85=				2.525	3.2825		38.8	64.02	
L1-1=d60=				2.125	2.7625		32.5	53.625	
L1-1=d15=	0.03	0.1		0.725	0.9425		10.45	17.2425	
L1-1=d10=				0.525	0.6825		7.3	12.045	
L2=d-filter 0			0.125	0.125	0.1625	1	1	1.65	0
L3=d-filter 100			0.5	0.5	0.65	63	63	103.95	100

Tabell 8-14. Dimensionering av filter: Pölsebo. Förslag till materialskiljande lager och fyllning baserat på TK Geo 13 och AMA 13. Hydraulisk konduktivitet, baseras på den undre gränsen för filter.

Filterberäkningar						
Plats_0	d10	d60	d60/d10	KfG50	KG50, Akv	KfG50/KG50, Akv
Pölsebo.	[mm]	[mm]	U	[m/s]	[m/s]	[m/s]
AMA13, CEG.1/1-förslag	0.525	7.3	13.90	2.15E-03	5.81E-05	37
AMA13, CEB.414/1-förslag	2.525	38.8	15.37	4.68E-02	5.81E-05	806

8.4.3 Egenskaper för en fyllning mot betongtunnel relativt akviferegenskaper

Som anges i kapitel 8.2.4 motsvaras kraven för kornstorleksfördelning för fyllning mot bro, mur o d kraven för grundläggningsbädd om AMA 13 Krav CEB.523 följs och fyllningen utförs med grus eller krossmaterial av grus av materialtyp 2 enligt tabell AMA CE/1 och med kornstorleksfördelning enligt tabell AMA 13 Krav CEB.523/1. Det innebär att fyllningen mot sidorna av betongtunnel kommer att vara permeabel. Väljs liknade kornstorleksfördelning som för grundläggningsbädd blir dels den hydrauliska konduktiviteten högre än det omgivande naturliga materialet och liknade materialskiljande lager som för grundläggningsbädd bör kunna användas. Omgivning. Följer dock fyllningen min-kurva för kraven på kornstorleken så är den hydrauliska konduktiviteten i

 TRAFIKVERKET	Projektamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen	Sidnr: 32 (34)
	PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Projektnummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-004
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Datum: 2015-04-22
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum: -/-

något lägre än vad som beräknats i medeltal för det naturliga, befintlig, materialet.

Om fyllningen skall utföras med krossad sprängsten med kornstorleksfördelning enligt tabell AMA 13 Krav CEB.11113/1 blir minimi permeabiliteten högre än med om lägsta kurva för tabell AMA 13 Krav CEB.523/1 nyttjas. Om AMA 13 Krav CEB.11113/1 anses mer relevant för fyllning mot betongtunnel materialskiljande lager anpassas för detta, då förutsättningarna skiljer sig mot vad som redovisats för grundläggningsbädden.

9 Slutsatser

9.1 Utformning av dränerande lager med hänsyn till krav

Det bedöms att dräneringslagret under betongtunnel/tråg kan utföras så att grundvattennivåerna i betongtunnels närhet inte förändras i jämförelse med nuvarande förhållanden så att inte driftskedet av Hamnbanan; Eriksberg – Pölsebo, måste betraktas som vattenverksamhet enligt miljöbalken kapitel 11. Det bedöms också att det går att utföra ett dräneringslager under betongtunnel/tråg som uppfyller krav från TK Geo 13 Krav och AMA 13 Krav med hänsyn till de egenskaper som akviferen har.

Fyllning mot betongtunnel kommer att medverka till att leda grundvatten från jordlager ovan underkant tunnel ner till det dränerande lagret, om fyllningen utförs enligt AMA 13 Krav. Sannolikt bör även materialskiljande lager utföras för att säkerställa att inte jordmaterial tränger in i fyllningen och försämrar dess permeabilitet. Ju mer skiktad den naturliga jorden med täta lager är ovan u k betongtunnel, desto större funktion har fyllningen på sidorna av tunneln för att underlätta grundvattenflödet förbi betongtunnel. Fyllningen hydrauliska egenskaper bedöms dock som mindre viktiga i jämförelse med grundläggningsbäddens, men fyllningen mot betongtunnelns sidor bör dock inte göras med tätt material. Övre delen av akviferen bedöms vara skiktad och mer finkornig jämfört med djupare liggande lager men ingen detaljkunskap finns om denna skiktning.

9.2 Alternativa lösningar i byggskede

Vid Pölsebo är det begränsat djup till berg och möjligen kan alternativa lösningar vid byggnation såsom att driva spont ner till berg samt täta mot berg, och då utesluta tätkaka. Sannolikt måste fyllning (grundläggningsbädd) av samma karaktär som ovan skissats användas vilket medför att materialskiljande lager kan appliceras på liknande sätt som övriga områden och därmed uppnå både en ökad permeabilitet under betongtunnel/tråg och säkerställa att inte dränerande lagret under tunnel sätter igen.

10 Rekommendationer

10.1 Kompletterande undersökningar

Det naturliga friktionsmaterialet som omger betongtunnel/tråg som denna PM baseras på ett relativt stort antal borrhningar med provtagning men vissa observationer ligger relativt långt från planerad linje för tunnel. Utförda provtagningar och tester i fält har ansett tillräckliga för att bedöma de

 TRAFIKVERKET	Projektamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen	Sidnr: 33 (34)	
	PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-004	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Datum: 2015-04-22	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

hydrogeologiska förhållandena som styr grundvattenflödet i områdena och vara underlag till den Marktekniska undersökningsrapporten (MUR), men har inte varit inriktade på att ge en detaljerad bild av friktionsmaterialet precis i planerad linje för Hamnbanan.

Fler borrhningar för provtagning kan utföras längs planerad linje för Hamnbanan ner till och något under planerad schaktbotten, för att erhålla en mer säker bild än vad befintligt material medger, av de lokala förhållandena som påverkar utformningen av dräneringslagret/grundläggningsbädden (fyllningen) och det materialskiljande lagret. Längs en begränsad del av sträckan, vid fotbollsplanen, kan dock sannolikt inga kompletterande undersökningar göras så länge som fotbollsplanen nyttjas.

För att få mer detaljerad information om lagerföljd längs planerad linje kan fler borrhningar utföras **innan byggstart**, som kan begränsas till ca 6 m under planerad underkant för betongtunnel. Borrhningarna kan vara av två typer:

1. Störd provtagning: 2" rörborrning med provtagning av material för siktanalys. Provtagning utförs på varje m på samma sätt som gjorts under undersökningarna som redovisas i MUR Hydrogeologi.
2. Ostörd provtagning: Med Sonic borrhning kan man ta upp borrhkärnor som är tämligen ostörda där lagerföljd kan tolkas och prover kan tas för siktanalys.

Metod 1 ger mer information om förväntade kornstorleksvariationer, såsom "medel" för 1 m sektioner, aktuellt läge för schakt. Dessa data kan direkt jämföras med det underlag som redovisas i detta PM och bearbetas på ett liknande sätt som i detta PM för att bedöma lämpliga material för materialskiljande lager och dränerande lager.

Metod 2 ger samma möjligheter som metod 1 men också en noggrannare beskrivning av lagerföljden, dels för att beskriva lagerföljden i detalj och dels för att det ger möjligheter att ta mer ostörda prover på olika nivåer för siktanalys. (Från den upptagna borrhkärnan kan ett representativt prov tas på en viss nivå, istället för ett "medelvärde" för varje meter som 2"-metoden ger, samt att felkällorna kopplade till 2" metoden elimineras. Med 2" metoden begränsas max kornstorlek av öppningarna i 2" rören samt att det sker en viss materialseparation när materialet blåses upp vilket påverkar provtagningen av de finkorniga fraktionerna. Sonic borrhningen har också begränsningar i hur grovt material som kan tas upp, men klarar grövre material än vad som vanligtvis kan tas upp med 2" borrhning med 6 eller 8 mm hål.) Sonic metod används en hel del i övriga Europa men är ovanlig i Sverige. Det finns för närvarande i Sverige ett fåtal utrustningar som klarar Sonic borrhning. Enligt information som erhöles i mars 2015 av en leverantör av borrhutrustning har ytterligare utveckling skett i Sverige för att göra det enklare och billigare för fler borrentreprenörer att nyttja Sonic metoden.

10.2 Kontroll under byggskede

Ett antal representativa prov behöver tas av det friktionsmaterial som grävs ut från schakt, med efterföljande siktanalys i lab av dessa prov, för att erhålla prov på det naturliga friktionsmaterialet som omger betongtunnel/tråg. Prover tas på

 TRAFIKVERKET	Projektamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Sidnr: 34 (34)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-004	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel	Datum: 2015-04-22	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

naturligt material som kommer att gränsa till det materialskiljande skikten, dvs ca 1 m över och ner till ca 1 m under uk betongtunnel om tätak utförs och att det dränerande lagret läggs på tätak. Dessa prov jämförs med bedömningar gjorda före byggskede och kontroll av lämpligt materialskiljande lagret och lämplig grundläggningsbädd på liknande sätt som i detta PM.

Kontroll av utförandet av grundläggningsbädd (fyllning), fyllning mot sidorna av betongtunnel och materialskiljande lager måste göras för att säkerställa att ingen materialvandring erhålls på grund av dåligt utförande av materialskiljande lager. Vid utläggning av grundläggningsbädd och materialskiljande lager kan det ske en separation av kornfraktioner. Metodiken för utläggningen måste väljas så att ingen kornstorleks separation sker.