

V259 Tvärförbindelse Södertörn

TSK01

Tillståndsansökan Vattenverksamhet

Teknisk beskrivning

Bilaga B1.4

Hydrogeologiska och hydrotekniska beräkningar

Vårbybron och trafikplats Gömmaren

2021-12-21

1G141007.doc

Rev	Ant	Ändring avser	Godkänd	Datum

Granskare	Godkänd av	Ort	Datum
Elisabet Hammarlund	Eva Öberg	Stockholm	2021-12-21

Objekttnamn V259 Tvärförbindelse Södertörn
 Entreprenadnummer TSK01
 Entreprenadnamn Tillståndsansökan Vattenverksamhet
 Beskrivning 1 Teknisk beskrivning
 Beskrivning 2 Bilaga B1.4
 Beskrivning 3 Hydrogeologiska och hydrotekniska beräkningar
 Beskrivning 4 Vårbybron och trafikplats Gömmaren
 Granskningsstatus
 Diarienummer
 Konstruktionsnummer
 Objekttnummer 145326
 Plantyp
 Handlingstyp
 Företag Tyréns AB
 Författare/Konstruktör Lars Marklund
 Externnummer 260805



Innehåll

1	Inledning	3
1.1	Syfte	3
1.2	Förutsättningar och krav	3
2	Underlag	3
2.1	Pulstester	3
2.2	Annat geologiskt underlag	4
3	Numeriska beräkningar	4
3.1	Syfte	4
3.2	Metodik och modellbeskrivning	5
3.2.1	Modell 1: Öster om Fittjaviken	6
3.2.2	Modell 2: Väster om Fittjaviken	6
3.3	Resultat	7
3.4	Diskussion	9
4	Analytiska grundvattenberäkningar	10
4.1	Syfte	10
4.2	Metodik	11
4.2.1	Influensområde från punktschakt – 0 m avsänkning	11
4.2.2	Inläckage till punktschakt i byggskede	12
4.3	Resultat	13
4.4	Diskussion	14
5	Vattenbalansberäkning	14
5.1	Underlag och antaganden	15
5.2	Områdesbeskrivning	15
5.3	Vattenbalans	16
6	Vattendragmodellering Gömmarbäcken	18
6.1	Områdesbeskrivning	18
6.2	Metodik	19
6.2.1	Hydrologi	19
6.2.2	Flöde	22
6.2.3	Vattennivåer	23
6.3	Resultat	24
6.4	Diskussion	27
7	Referenser	28

1 Inledning

Denna PM är en bilaga till Teknisk beskrivning (TB) vilket är en del av tillståndsansökan för vattenverksamhet.

1.1 Syfte

Syftet med detta dokument är att beskriva metodik och resultat för de beräkningar som används i Teknisk beskrivning (TB). I denna PM redovisas även de underlag som beräkningarna baseras på. Beräkningar har gjorts för att undersöka hur flöden och vattennivåer i vattendrag samt grundvattennivåer i jord och berg påverkas av vattenverksamheten som beskrivs i TB.

En styrande princip vid beräkningarna är att resultaten skall vara konservativa, vilket syftar till att minska risken för att underskatta påverkan på vattenflöden och vattennivåer. Förutom att beräkna påverkan från vattenverksamheten försöker vi här även kvantifiera osäkerheter i utförda beräkningar och upprättade prediktioner. Samtliga beräkningar bildar underlag till slutlig bedömning av resulterande omgivningspåverkan. I bedömningen vägs in såväl beräkningsresultat som platsspecifika hydrogeologiska och hydrologiska förhållanden samt erfarenhet från liknande projekt. Beräkningarna utgör således endast ett av flera bidrag till den slutliga bedömningen.

1.2 Förutsättningar och krav

I Trafikverkets råd TDOK 2014:0051 redovisas vedertagen metodik för flödesberäkningar i ytvattendrag, ytvattennivåförändring och vattenutbredningsområden. Utöver dessa används under vissa förutsättningar även andra metoder, till exempel S-hypedata för långtidssimulering av högvattennivåer vid stora magasinsovolym.

I rapporten anges samtliga höjder i höjdsystemet RH 2000 och plankoordinater i SWEREF 99 18:00.

2 Underlag

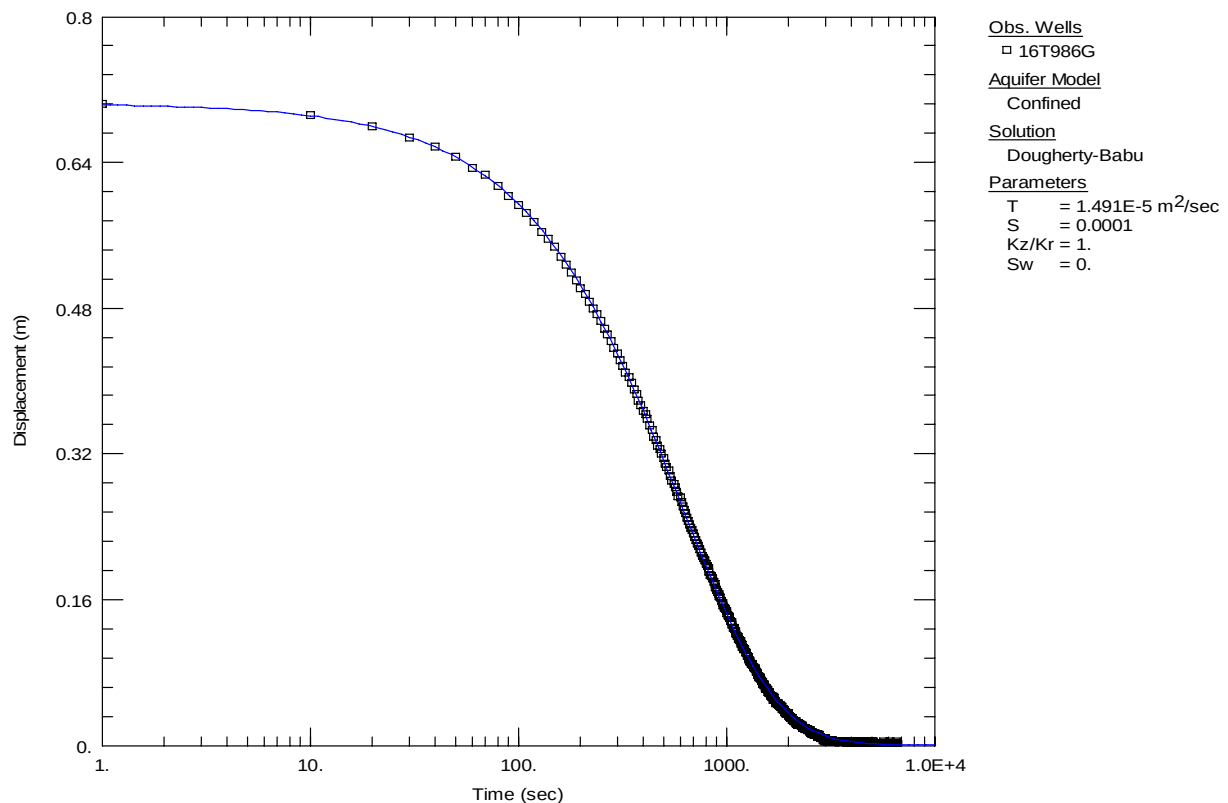
2.1 Pulstester

Pulstester har genomförts med automatisk tryckgivare, en så kallad diver, för att undersöka jordens hydrauliska konduktivitet. De grundvattenrör som har utrustats med diver och där pulstest har genomförts redovisas i TB. Pulstestet inleddes med att grundvattennivån mättes och noterades som nollnivå. Rören fylldes med motsvarande 1,5 m vattenpelare, alternativt till röröverkanten, varefter grundvattennivån mättes som tryckförändring i takt med att vattnet sjönk undan. Mätningarna har kompenserats för förändringar i lufttrycket där det har ansetts vara relevant. Pulstester har utvärderats och den hydrauliska konduktiviteten har beräknats med programvaran AQTESOLV (Trafikverket 2019a). Programvaran AQTESOLV är utvecklad för att beräkna och utvärdera data från pumptester, pulstester och "constant-head"-tester.

För slutna magasin har modellösningen "Dougherty-Babu" använts i utvärderingen och för öppna magasin har modellösningen "KGS model" använts. Dessa lösningar har valts då båda tar hänsyn till "skin-factor", vilken är en parameter som behandlar den avvikande hydrauliska konduktiviteten närmast röret där finmaterial kan ansamlas i samband med borrarngen av röret. Bedömning av magasinstyp har gjorts utifrån erhållna sonderingsdata som genomförts vid installation av grundvattenrören. I utvärderingen har passning av modellösning mot mätvärden gjorts genom

automatisk passning där parametrarna T (transmissivitet), S (magasinskoefficient) och Sw ("skin-factor") fått variera fritt.

Magasinskoefficienten, S , har ansatts till 10^{-4} initialt som är ett medelvärde för de flesta jordar. Har S avvikit orimligt mycket har denna låsts till det initiala värdet och den automatiska passningen upprepats. Som ett exempel på utvärderingen redovisas utvärderingen för rör 16T986G i Figur 2-1.



Figur 2-1. Exempel på resultat från pulstest i observationsrör 16T986G.

2.2 Annat geologiskt underlag

Förekommande jordar och mäktigheter har i första hand avgränsats utifrån utförda geotekniska undersökningar. I projekt Tvärförbindelse Södertörn har en tredimensionell bergmodell byggts upp baserat på sonderingar och karteringar av berg i dagen samt berg nära dagen (Trafikverket 2019f). Då denna information framförallt varit koncentrerad till den planerade vägsträckningen och vissa beräkningar baseras på jorddjup utanför bergmodellen så har kompletterande information använts. Då har SGU:s brunnsarkiv, jordartskarta och jorddjupskarta använts som underlag. För att representera markytan har en höjdmodell skapats inom projektet (Trafikverket 2019g). I områden som inte täcks av projektets höjdmodell har istället Nya Nationella höjdmodellen (NNH 2+) använts.

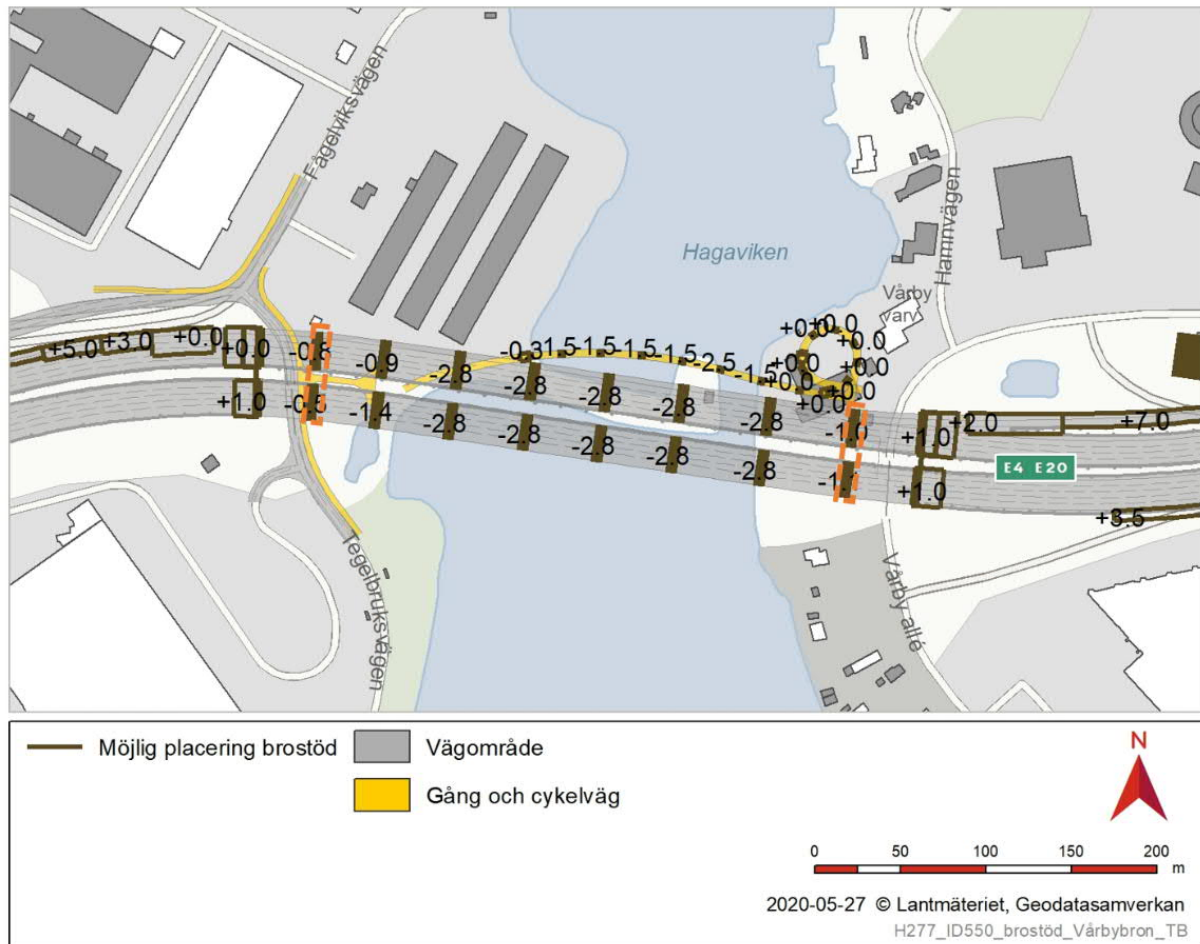
3 Numeriska beräkningar

3.1 Syfte

Den numeriska modelleringen syftar till att utreda påverkansområden under förenklade antaganden för två schakter för brostöd under byggtid. De aktuella schakten för brostöden som modellerats är de intill Tegelbrukssvägen respektive Vårby allé, Figur 3-1. Modellerna är utformade för att beskriva hur

påverkansområdet påverkas av om schaktning sker med eller utan spont, av god eller sämre kontakt med Mälaren samt hur jordens genomsläpplighet och grundvattenbildning påverkar.

Förenklingen som påverkar resultatet mest är att modellerna är uppbyggda med ett enda jordlager, det vill säga fyllning och för östra sidan lerlager har inte ansatts avvikande egenskaper.



Figur 3-1. Placering av de modellerade brostöden som visas med streckade orangea linjer.

3.2 Metodik och modellbeskrivning

Två numeriska tredimensionella grundvattenmodeller är skapade med programmet Feflow. Varje modell är separat beskriven nedan. Modellgränserna följer Mälarens strandlinje, där sjönivån utgör en konstant vattenyta i modellen, eller bedöms ligga så långt bort från schakternas påverkansområde att modellgränsen inte påverkar resultatet. Båda modellerna består av endast ett homogent jordlager som följer terrängmodellens markyta men med en helt plan och tät bergbotten. Denna förenkling kan göras då schakten är grunda i förhållande till de stora jorddjupen i området. För modellområdet långt bort från schakten där bergytan ligger närmare markytan ger dock modellerna en sämre överensstämmelse med verkliga grundvattenförhållanden.

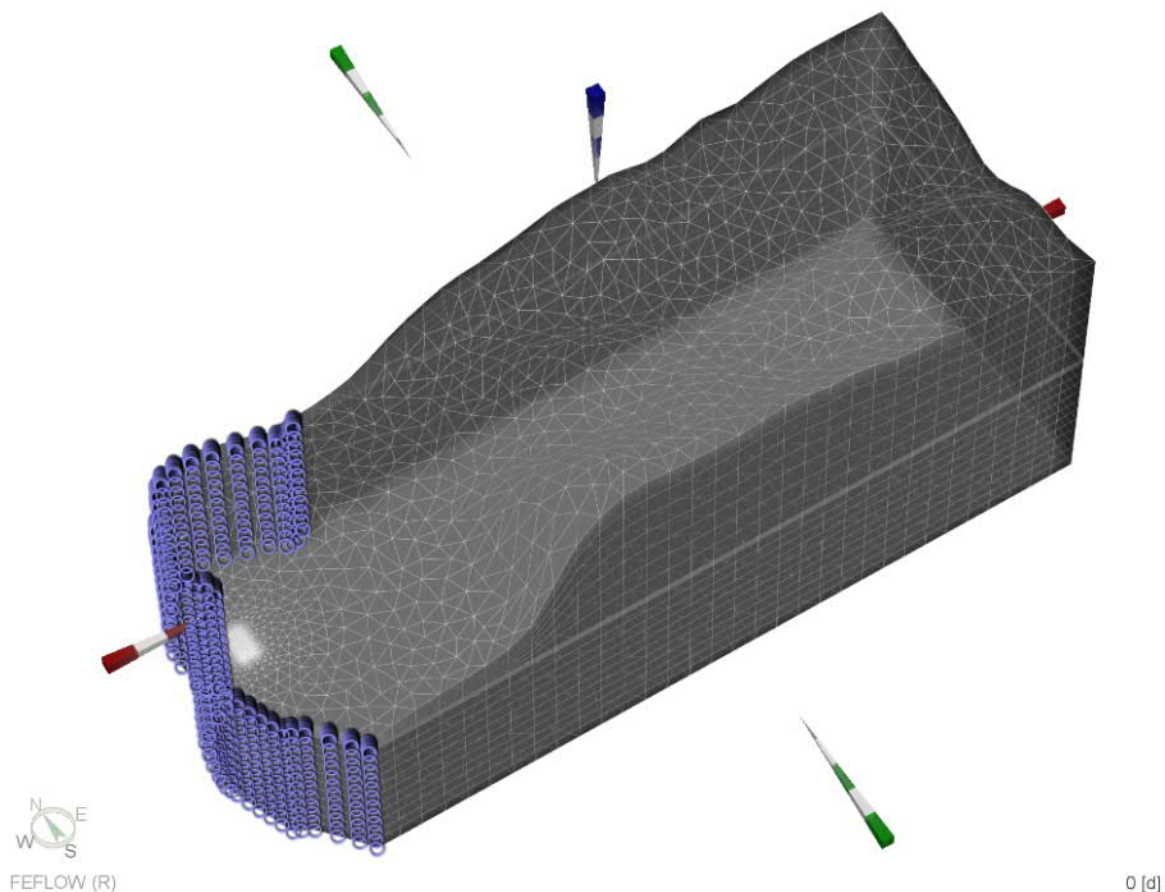
De båda modellernas yttre gränser (modellränder) är Mälarens strandlinje med konstant sjönivå +0,8 eller en helt tät gräns (no-flow boundary). Bägge modellerna är undersökta för två värden för

hydraulisk konduktivitet ($1 \cdot 10^{-4}$ m/s och $1 \cdot 10^{-5}$ m/s) för jordlagret samt för tre värden på grundvattenbildningen (100, 200 och 300 mm/år).

3.2.1 Modell 1: Öster om Fittjaviken

Modellen mäter ca $1,6 \times 0,8$ km² och går ner till en bottennivå på -70, dvs ca 71 m under Mälaren yta. Modellen består av 128 087 noder och 242 484 element, med högst upplösning närmast schakten. Modellens beräkningsnät och randvillkor visas i Figur 3-2.

Schakten mäter ca 10 x 50 m och ligger med närmaste sidan ca 60 m från Mälaren. Schaktbotten har nivån -2,2 (d.v.s. 3 meter under ansatt vattennivå i Mälaren). Två scenarier har testats: otätad (öppen) schakt ("seepage boundary" ansatt på schaktens botten och väggar), och tät spont som går ner till ca 2 meter under schaktens botten (sponten representeras av ett lager med $K=1 \cdot 10^{-12}$ m/s har satts runt schakten och ner till 2 m under).

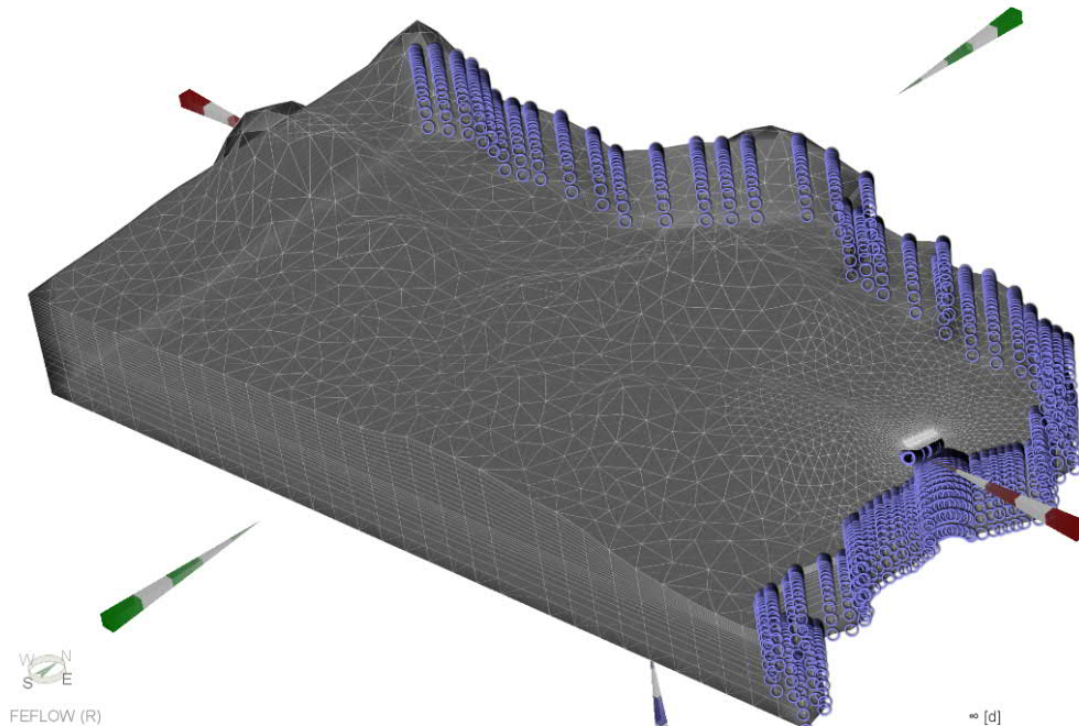


Figur 3-2. Modelldomän, beräkningsnät och randvillkor (Mälaren) för östra sidans modell.

3.2.2 Modell 2: Väster om Fittjaviken

Modellen mäter ca $2,1 \times 1,4$ km² och går ner till en bottennivå på ca -35, dvs ca 36 m under Mälarens sjöyta. Modellen består av 101 223 noder och 190 278 element, med hög upplösning närmast schakten. Modellens beräkningsnät och randvillkor visas Figur 3-3.

Schakten mäter ca 10 x 60 m och ligger med närmaste sidan ca 50 m från Mälaren. Djupet går ner till -1,9 (2,7 meter under ansatt vattennivå i Mälaren). Två scenarier har testats: otätad (öppen) schakt ("seepage boundary" ansatt på schaktens botten och väggar), och tät spont som går ner till mitten av modellen (ett lager med inaktiva celler har satts runt schakten och ner till modellens mitt).



Figur 3-3. Modellområde, beräkningsnät och randvillkor (Mälaren) för västra sidans modell.

3.3 Resultat

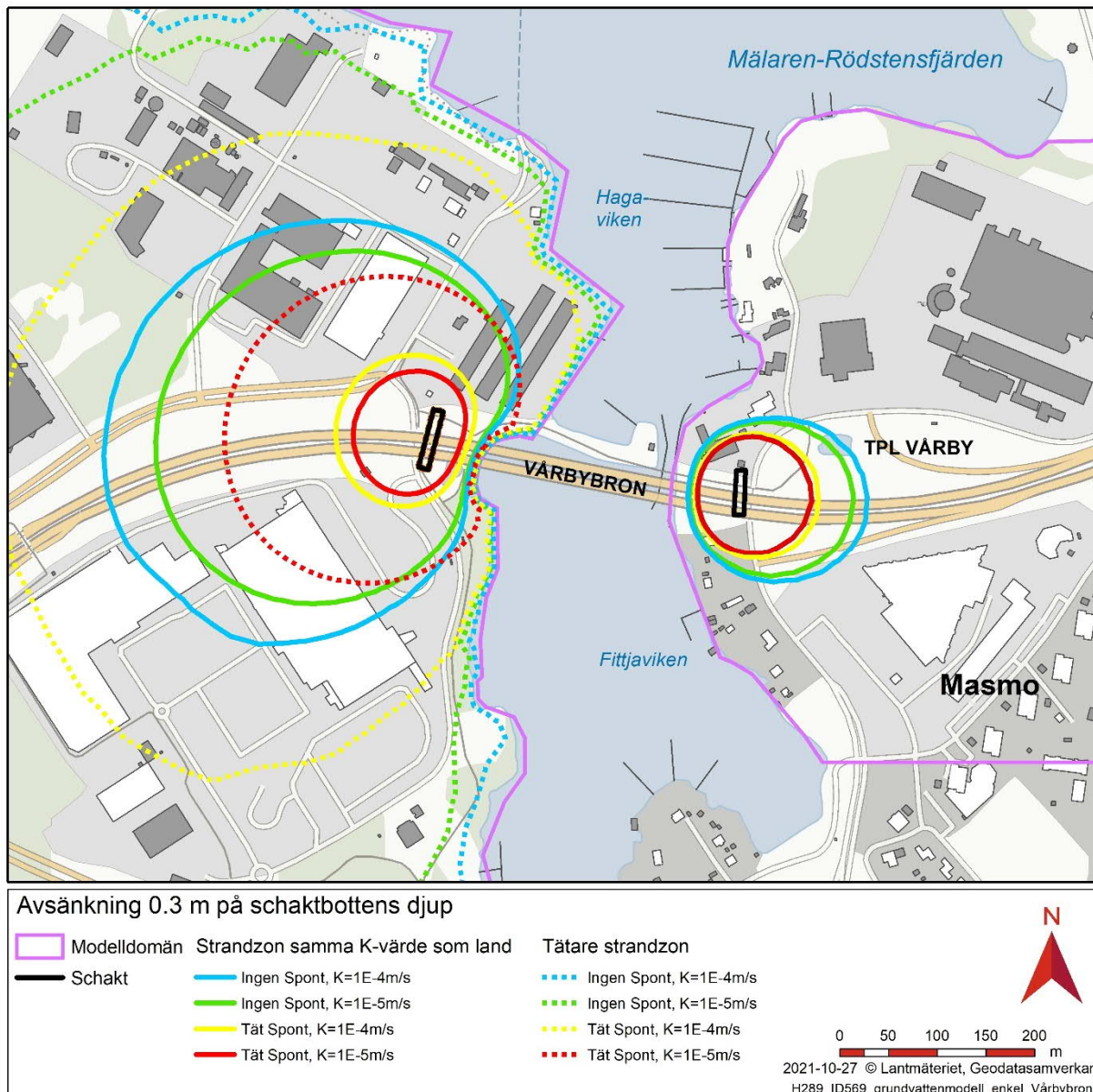
Resultatet visas i Figur 3-4 och i Tabell 3.1. Tre modellrepresentationer presenteras, östra sidans modell, den västra sidans modell och den västra sidan, men där ett tätare jordlager har lagts mot Mälarens kant. Detta scenario används för att studera hur grundvattenpåverkan ändras om ett mycket tätt lager av sediment begränsar inflödet från Mälaren. Rent praktiskt är det tredje scenariot implementerat så att alla element (50-70 m breda) i kontakt med randvillkoret för Mälaren har ett konduktivitetsvärde tio gånger lägre än resten av modellen.

Som redovisats tidigare har grundvattenbildningen varierats mellan 100, 200 och 300 mm/år. Grundvattenbildningen har dock en så pass låg inverkan på resultatet att endast fallet med 200 mm/år presenteras här. För hela modellområdet motsvarar detta ca 390 l/min för den östra modellen och ca 830 l/min för den västra modellen. I den sista kolumnen i Tabell 3.1 (Inducerad grundvattenbildning) visas inflödet från Mälaren till modellen. Detta flöde är upptaget i resultatet för att enkelt ge en uppfattning om hur stor del av inläckaget som kan komma från vilka källor, då flöden från Mälaren leder till mindre avsänkningar än flöden från grundvattenmagasinet i övrigt.



Tabell 3.1. Beräknade flöden för olika scenarier och modellvariationer.

Variabler		Flöde [l/min]	
Östra sidan	K-värde [m/s]	Inläckage till schakt	Inducerad grundvatten-bildning
Öppen schakt	1,0E-04	1358	1066
	1,0E-05	150	48
Tät Spont	1,0E-04	907	661
	1,0E-05	100	19
Västra sidan			
Öppen schakt	1,0E-04	1064	770
	1,0E-05	136	45
Tät Spont	1,0E-04	400	215
	1,0E-05	96	***
Västra sidan, Tätare strandzon ($K_{strand}=K/10$)			
Öppen schakt	1,0E-04	891	468
	1,0E-05	168	5
Tät Spont	1,0E-04	389	114
	1,0E-05	71	1



Figur 3-4. Påverkansområden för olika scenarier och modellvariationer.

3.4 Diskussion

Resultatet av modellsimuleringarna visar som förväntat att alternativet med tätspont (men öppen botten) ger ett mindre påverkansområde än ett öppet schakt utan spont. Utbredningen för detta alternativ är ändå relativt måttligt trots det genomsläppliga jordlagret. Det beror av närheten till Mälaren och den inducerade infiltrationen av ytvatten som sker längs strandzonen. Modellsценariot med en tätare strandzon visar att utan inflöde av ytvatten får påverkansområdet en större utbredning.

Skillnaden i jordlagrets genomsläpplighet visade inte på någon större skillnad i påverkansområdets utbredning men det beräknade inflödet till schaktet ökade dramatiskt i modellkörningen med den mera genomsläppliga jorden. Detta pekar mot behovet av tätkaka i botten av schaktet om jordlagerkonduktiviteten ligger i det högre intervallet. Modellberäknade inläckage blir då för stora för att kunna hantera länshållningsvattnet.

Om en tätare zon antas närmast sjön, exempelvis orsakat av sedimentering av finmaterial på sjöbotten ökar påverkansområdet markant. Här ska det noteras att påverkansområdet når modellens västra och södra kanter och modellberäkningarna får sämre prognossäkerhet. Troligt utfall vid tätare strandzon är ett mindre inläckage än beräknat och en påverkansutbredning som inte sträcker sig in i Alby och övriga områden med stigande bergnivåer. I denna modellering är den täta strandzonen heltäckande och förhållandevis tjock. Sannolikt varierar tjocklek och utbredning av ett eventuellt sedimentlager. Resultaten skall därför snarast ses som en indikation på vad ett tätare sedimentlager kan innebära för påverkansområdets utbredning.

Den förenklade grundvattenmodellen för östra sidan är uppbyggd utan det lerlager som förekommer i området. Prognosverkan för denna beräkning blir då något lägre än för den västra sidan. Schakten här utförs i fyllningsjorden ned till men inte igenom lerjordlagret. Fyllningen bedöms vara genomsläpplig men i det lägre intervallet och beräkningarna för jordlagerkonduktiviteten $1E-5$ bedöms vara mest giltiga. Med tätaka i schaktbotten och effekten av tätare lerjordlager bedöms inläckaget reduceras betydligt jämfört med Tabell 3.1.

Vid numerisk modellering förekommer alltid vissa nödvändiga antaganden och förenklingar. Beräknade värden och figurer ska alltså enbart tas som indikationer för det modellerade scenariot. Störst påverkan har, i det utförda fallet, troligen antagandet att hela jordmassan är en homogen sand med plan botten och för östra sidan avsaknaden av lerjordlagret. Då modellerna är uppsatta baserat på hur området ser ut närmast respektive schakt, är det troliga att beräknade avsänkningar är mest korrekta närmast schakterna och blir mer osäkra längre ut ifrån schakterna. Speciellt på västra sidan stiger berget kraftigt uppåt mot väster, vilket påverkar säkerheten i modellen, och då främst scenariot med tätare strandzon, där avsänkning sträcker sig långt ifrån schakten. Alltså finns det i fallet med tätare strandzon stora osäkerheter i faktiskt påverkansområde, medan slutsatsen att en tätare strandzon har en stor påverkan är relativt säker.

4 Analytiska grundvattenberäkningar

4.1 Syfte

Analytiska beräkningar har primärt utförts i syfte att beräkna påverkansområdets utbredning under byggskede (mindre anläggningsarbeten under grundvattennivå) och under driftskede (dränerande anläggningsdelar som inte anläggs som täta konstruktioner). De analytiska beräkningarna används även för att beräkna mängden inläckande vatten till anläggningsdelarna. De analytiska beräkningarna resulterar i ett cirkulärt påverkansområde utan hänsyn taget till grundvattenmagasinets geometri. För att beskriva påverkansområdets egentliga utbredning krävs därför ett efterföljande arbete där områdets platsspecifika geologi beaktas. I det arbetet används resultatet från de analytiska beräkningarna för att avgöra hur långt ut påverkan teoretiskt kan sträcka sig. På samma sätt kan de analytiskt beräknade inläckagen ses som en övre gräns för de verkliga inläckagen.

4.2 Metodik

Samtliga mindre anläggningsarbeten som kan påverka grundvattenförhållandena har undersökts systematiskt med avseende på jordlagerförhållanden och grundvattennivåer i relation till förväntade dräneringsnivåer enligt följande metodik:

Byggskede:

1. Om dräneringsnivån för ett specifikt anläggningsarbete konstateras ligga ovan grundvattnets medelnivå har grundvattenpåverkan utesluts.
2. Om dräneringsnivån för ett specifikt anläggningsarbete konstaterats ligga under grundvattnets medelnivå och schakt skär genom vattenförande jordar har ett preliminärt påverkansområde beräknats.

Driftskede:

3. Anläggningsdelar som utförs som täta konstruktioner har inte bedömts medföra någon grundvattenpåverkan i driftskedet.
4. Om dräneringsnivån för en specifik icke tät anläggning konstateras ligga under medelgrundvattennivå och kontakt finns med vattenförande jordar har ett preliminärt påverkansområde beräknats.
5. Då bergschakt medför att en bergtröskel, som kontrollerar omgivningens grundvattennivåer, avlägsnas ger det upphov till en permanent grundvattensänkning eftersom grundvattennivåerna snart därefter ställer in sig efter den nya tröskelnivån. Omfattningen av dessa grundvattensänkningar har inte beräknats utan har istället bestämts utifrån nivåer i en bergmodell.

Schaktradien för till exempel en bro med två brostöd har antagits vara så stor så att den innefattar båda brostöden.

4.2.1 Influensområde från punktschakt – 0 m avsänkning

Influensområden från mindre anläggningsarbeten under grundvattennivå har tagits fram genom analytiska beräkningar som bygger på antaganden om vattenbalans mellan grundvattenbildning till det grundvattenmagasin som påverkas och flödet av inläckande grundvatten till ett cirkulärt schakt (att likställa med en brunn) enligt följande formel för öppna magasin, där påverkansradien löses ut iterativt. De analytiska beräkningarna följer beräkningsgången som beskrivs i SGU (2020), Modell 1. Beräkningarna är förenklingar av verkligheten och tar inte hänsyn till exempelvis inhomogeniteter i jordlagren eller hydrauliska gränser.

Influensradien, R_0 , har tagits fram genom analytiska beräkningar som bygger på antaganden om vattenbalans mellan grundvattenbildningen till det grundvattenmagasin som påverkas och flödet av inläckande grundvatten till ett cirkulärt schakt. Följande ekvation för att bestämma påverkansradien har härletts, där R_0 löses ut iterativt.

$$R_0^2 \left(\ln \left(\frac{R_0}{r_w} \right) - \frac{1}{2} \right) = \frac{K}{P} (H_0^2 - H_w^2) - \frac{r_w^2}{2}$$

r_w = antagen schaktradie (m)

K = hydraulisk konduktivitet i undre magasin (m/s)

H_0 = vattenpelare ovan bergnivå (m)

H_w = vattenpelare efter trycksänkning i/vid schakt (m)

P = grundvattenbildning ($\text{m}^3/\text{s}/\text{m}^2$)

För beräkningarna gäller följande antaganden:

- Ingen grundvattenbildning sker direkt i de öppna schakterna
- Dupuit-Forchheimers teori antas gälla (horisontellt flöde i öppen akvifer, flöde proportionerligt mot akvifersmaktigheten, små hydrauliska gradienter föreligger)
- Jordmaterialet är homogent och isotropiskt

Avseende tillämpade indata och antaganden har de planerade punktschakten, oavsett ursprunglig geometri, översatts till ett cirkulärt schakt med representativ area. Den hydrauliska konduktiviteten i vattenförande jordlager har i första hand bestämts utifrån resultat från hydrauliska tester, och i andra hand utifrån schablonvärden för olika typjordarter. Avseende grundvattennivåer har medelvärden från närbelägna och representativa grundvattenrör tillämpats. Vid behov har interpolering mellan grundvattenrör utförts. För brokonstruktioner har dräneringsnivåer i byggskele antagits ligga 1,0 m under projekterad grundläggningsnivå (underkant bottenplatta). Dräneringsnivån i driftskedet vid GC-portar och planskilda passager har antagits ligga 1,5 m under lägsta vägytan. För övriga anläggningar har antaganden om anläggningsdjup och marknivå gjorts.

Bergnivå och mäktighet av vattenförande jordlager har, där tillgängligt, tagits från platsspecifika sonderingar och i övrigt uppskattats utifrån geotekniska undersökningar utförda i närområdet. Antaganden om grundvattenbildning har baserats på en generell nettonederbörd (potentiell grundvattenbildning) om 200–220 mm/år. Opåverkade, öppna magasin har bedömts kunna tillgodogöra sig nära 90 % av nettonederbörden.

4.2.2 Inläckage till punktschakt i byggskele

Inläckaget Q (m^3/s) till punktschakt i byggskele har beräknats genom nedan angivna ekvation:

$$Q = P\pi R_0^2$$

där

R_0 = påverkansområde från schaktvägg

P = grundvattenbildning ($\text{m}^3/\text{s}/\text{m}^2$)

De analytiska beräkningarna har utförts konservativt och gäller under förutsättning att inga skyddsåtgärder för att begränsa inläckaget vidtagits. De flesta av schakterna kommer utföras med tät spont vilket kommer minska inläckaget och grundvattenpåverkan betydligt. Beräkningarna utan

tättningsåtgärder kan därför ses som en förklaring till varför tättningsåtgärder är nödvändiga och ge en uppfattning om den påverkan som uppstår om inte vidtagna tättningsåtgärder fungerar.

4.3 Resultat

Resultatet från beräkningarna presenteras i Tabell 4.1, och visar det mest troliga scenariot för respektive schakt.

Tabell 4.1. Det samlade resultatet för de bedömt mest troliga scenarion för punktschakter i slutna magasin, under byggskedet. I samtliga beräkningsfall är $K=1,0E-04$ m/s och $P=180$ mm/år.

	Q_g [l/min]	R_0 [m]	$r(h=H_0-0,3)$ [m]
Brostöd GC-väg, 14A	1234	1071	365
Brostöd, 143, 145, 14G	27	157	55
Brostöd, 144, 148	8	87	30
Brostöd 2, 147	2	47	<10
Brostöd 3, 147	181	410	95
Brostöd 2, 149	23	146	40

Tabell 4.2 presenterar samma resultat samt en känslighetsanalys med avseende på hydraulisk konduktivitet (K) och grundvattenbildning (P). I tabellen redovisas även avståndet till 0,3 m avsänkning, $r(h=H_0-0,3)$. Vid känslighetsanalysen har tre olika scenarier beräknats för varje schakt.

Tabell 4.2. Det samlade resultatet från känslighetsanalysen, där K och P har varierats.

	Variabler		K [m/s]	P [mm/år]	K [m/s]	P [mm/år]	K [m/s]	P [mm/år]
			1,00E-04	180	1,00E-05	180	1,00E-04	280
Brostöd GC-väg 14A	Q_g	[l/min]	1234		176		1476	
	R_0	[m]	1071		404		939	
	$r(h=H_0-0,3)$	[m]	365		175		360	
Brostöd 143, 145, 14G	Q_g	[l/min]	27		5		29	
	R_0	[m]	157		67		132	
	$r(h=H_0-0,3)$	[m]	55		35		50	
Brostöd 144, 148	Q_g	[l/min]	8		2		10	
	R_0	[m]	87		46		76	
	$r(h=H_0-0,3)$	[m]	30		30		30	
Brostöd 2 147	Q_g	[l/min]	2		0		3	
	R_0	[m]	47		20		39	
	$r(h=H_0-0,3)$	[m]	<10		<5		5	
Brostöd 3 147	Q_g	[l/min]	181		24		190	
	R_0	[m]	410		149		337	
	$r(h=H_0-0,3)$	[m]	95		45		85	
Brostöd 2 149	Q_g	[l/min]	23		3		25	
	R_0	[m]	146		56		121	
	$r(h=H_0-0,3)$	[m]	40		20		35	

4.4 Diskussion

De analytiska beräkningarna är i grunden begränsade då de förutsätter homogena och isotropa markförhållanden och tar inte hänsyn till eventuella hydrogeologiska gränser, som till exempel områden med berg i dagen. Istället ses bergöverytan, markytan och den opåverkade grundvattenytans utbredning som oändlig i horisontalled med en konstant nivå. Detta kan medföra vissa utmaningar, till exempel om bergöverytans nivå varierar stort inom ett litet område. Detta förekommer exempelvis vid Gömmarravinen där den undulerande bergytan utgör trösklar för grundvattnet. Utbredningen av påverkansområdet begränsas där av dessa trösklar och blir mindre än de som beräknas här.

Grundvattenbildning är en annan faktor som påverkar influensområdets utbredning.

Nettonederbörden som grundvattenbildningen baseras på är generell för en större region (men som inte nödvändigtvis behöver gälla lokalt) och andelen nettonederbörd som infiltrerar till grundvattnet varierar med olika markförutsättningar och topografiska lägen. Grundvattenbildningen varierar dessutom mycket mellan åren och har en betydande säsongsvariation. För att beräkningarna ska vara konservativa avseende påverkansområdets utbredning har ett värde i den lägre delen av intervallet över den regionala grundvattenbildningen valts (varierar mellan ca 180–240 mm/år). Detta medför dock att inflödet till schakten kan underskattas. De analytiska beräkningarna tar inte hänsyn till inducerat ytvatten som är fallet vid de schakter som ligger nära Mälaren. Till följd av denna begränsning i de analytiska beräkningarna har numeriska modeller använts för att beräkna påverkansområde och inläckage i områdena intill Mälaren, se Kapitel 0.

Den parametrar som är mest styrande för beräkningsresultatet utöver grundvattenbildning är den hydrauliska konduktiviteten. Den hydrauliska konduktiviteten kan variera mycket inom små områden. Generellt är dock jordarna i området där analytiska beräkningar genomförts mycket genomsläppliga och därför har ett högt värde ansatts för samtliga schakt, 10^{-4} m/s.

I känslighetsanalysen kvantifieras variationen av influensområde och inläckage vid olika värde för hydraulisk konduktivitet och grundvattenbildning. Resultaten från känslighetsanalysen används sedan för att utgöra en plattform att bygga vidare på där erfarenhetsmässiga antaganden görs för att bedöma påverkansområdenas faktiska utbredning. De bedömda påverkansområdena för punktschakt redovisas i den tekniska beskrivningen. Genomgående konservativa antaganden har gjorts med marginal för osäkerheter för att inte riskera att underskatta influensområdet. Sammanfattningsvis är bedömningen att de mest troliga scenarierna i Tabell 4.1, redan är överskattade.

5 Vattenbalansberäkning

Vattenbalansberäkningar har utförts för tillrinningsområdet för Vårby källa där stora delar av området för trafikplats Gömmaren ingår. Vattenbalansberäkningarna ger ledning i bedömningen av påverkan från den grundvattenbortledning som planerad anläggning medför, både under byggtiden och i driftskede.

Vattenbalansekvationen beskriver inkommande och utgående vatten från ett område under en tidsperiod och kan skrivas $R = P - ET - \Delta S$, där

R = Avrinning

P = Nederbörd

ET = Avdunstning och växters transpiration

ΔS = magasinsförändring

Vattenbalansen skiljer sig mellan olika platser och varierar under året och mellan olika år. Upprättad vattenbalans avser en genomsnittlig situation baserat på årsmedelvärden.

I Gömmarbäckens dalgång råder öppna grundvattenförhållanden med genomsläppliga jordarter, varför en stor del av nederbörden förutsätts bilda grundvatten och strömma genom jordlagren ned till Gömmarbäcken eller vidare ut från beräkningsområdet. Då Vårby källas grundvattennivåer ligger i samma nivå som marknivå i Gömmarbäckens dalgång bedöms att större delen av grundvattenbildningen är tillgänglig för uttag i Vårby källa (även om det i praktiken flödar förbi vatten i Gömmarbäcken med större hastighet än vad källan skulle kunna fånga upp vid ett större uttag, det vill säga en viss överskattning sker). I redovisade balanser beräknas alltså den potentiella vattentransporten som sker sammantaget i jordlager och i bäcken. Det handlar i slutändan om samma vatten som transporteras ut ur vattenbalansområdet och där god kontakt finns mellan yt- och grundvatten.

5.1 Underlag och antaganden

- Jordartskarta – SGU
- Markanvändning – baserad på markytor i fastighetskartan. Bebyggd mark klassificeras som hårdgjord och där tillämpas reducering av grundvattenbildning enligt nedan beskriven metodik.
- Delavrinningsområden – framtagna av SMHI, baserat på äldre digitala höjddata, samt lokalt av Tyréns med mer detaljerad LAS-höjddata.
- Grundvattendelare – bedömda baserat på delavrinningsområden, jordartsfördelning och uppmätta grundvattennivåer i ett stort antal grundvattenrör. Det djupa grundvatten som flödar in eller ut från kringliggande områden ansätts till noll då det ofta handlar om väldigt låga flöden och då in- och utflöde till viss del tar ut varandra.
- Grundvattenbildning – hämtad från SMHI:s modellverktyg S-HYPE. Inom aktuellt område uppgår den beräknade årsavrinningen till cirka 260 mm/år.
- Dagvattenavrinning – Beräknat utifrån P90 dimensionering av allmänna avloppsledningar, Svenskt Vatten mars 2004. Bebyggda, hårdgjorda områden har reducering av grundvattenbildningen gjorts med en faktor 0,4, motsvarande avrinningskoefficient för områden med radhus, kedjehus eller flerfamiljshus med öppet byggnadssätt.

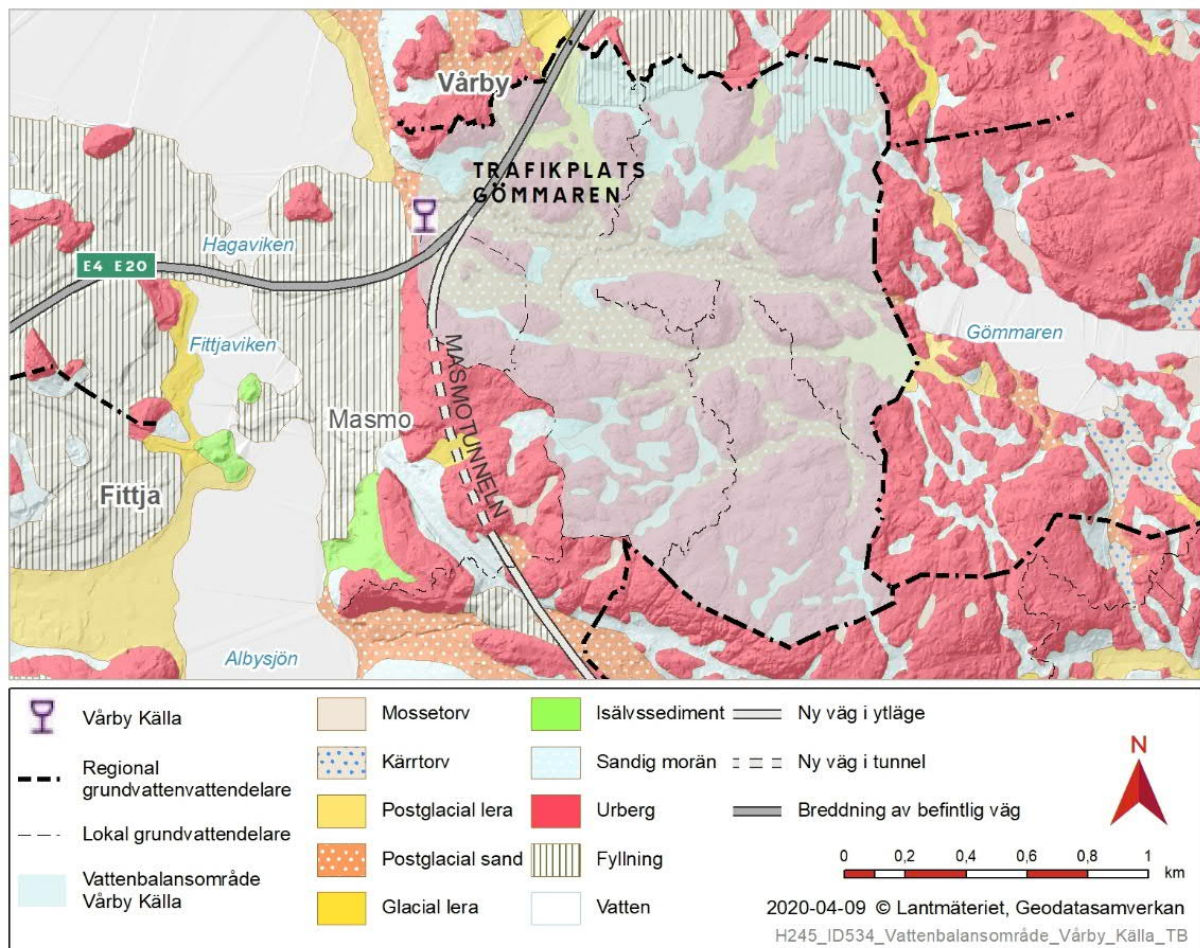
5.2 Områdesbeskrivning

Tillrinningsområdet till Vårby källa visas i Figur 5-1. Det utgörs av Gömmarbäckens dalgång med angränsande delar av Masmoberget och höjdområdet upp mot Vårby. Den huvudsakliga tillrinningen sker alltså från öster i jordlager under Gömmarbäckens sträckning men ett mindre tillflöde kan dels ske längs med E4/E20 från norr och från sydväst och den mindre dalgången där trafikplats Gömmaren ansluter till Masmotunneln. Grundvattenflödet styrs till stor del av bergytans variation med trösklar och avsmalnande dalgångar håller uppe nivåerna.

Jordartskartan redovisar svallsand (postglacial sand) i Gömmarbäckens dalgång men sonderingar visar att det lokalt förekommer lerskikt. Sonderingarna visar även att de mäktigaste jordlagren

förekommer på Gömmarbäckens södra sida. Huvuddelen av grundvattenflödet bedöms gå i jordlagren under lerskiktet. Nederbördsinfiltrationen ovan leran avleds troligen via befintligt väg dagvatten men en andel bedöms ingå i Vårby källas tillflöde. Som framgår av figuren utgörs tillrinningsområdet till största del av naturmark, opåverkat av den exploatering som skett i området. Dränerande objekt är tunnelbanans bergtunnel samt en ledningstunnel och att dagens E4/E20 med sin hårdgjorda yta och dagvattenhantering bortleder en del av grundvattenbildningen.

Tillrinningsområdet till Vårby källa har undersökts i flera tidigare utredningar utan att det klart kunnat bestämmas (bland annat AIB, 1990 och SGU, 1966). De flesta studier tyder på att området som bidrar till källans flöde i princip omfattar hela Gömmarbäckens avrinningsområde (2,2 km²), vilket är det som redovisas i Figur 5-1. Vårby källa har ett varaktigt och kontinuerligt flöde även efter längre tidsperioder utan nederbörd (SGU, 1966), vilket visar på att vatten från ett stort avrinningsområde bidrar till källans vattenflöde. Detta syns även i de mätningar av grundvattennivån som utförts inom projekt Tvärförbindelse Södertörn. Mätningarna visar att grundvattennivåerna vid källan är i det närmaste oförändrade över tiden.



Figur 5-1. Bedömt vattenbalansområde Vårby källa.

5.3 Vattenbalans

Grundvattenbildning beräknas enligt de antaganden som gjorts i detta kapitel. Notera att i Tabell 5.1 redovisad grundvattenbildning avrinner från området som grundvatten eller som ytvattenflöde i Gömmarbäcken.

De tillkommande körfälten som trafikplats Gömmaren medför innebär att infiltrationsytor kommer att hårdgöras och regnvattnet avledas efter rening via dagvattensystem till Mälaren. Dock kommer delar av den nya vägen gå på bro vilket ger en viss möjlighet för nederbörd att infiltrera mellan broarna. Vid bedömning av minskad grundvattenbildning har det antagits att hela det planerade vägområdet reducerar grundvattenbildningen (ca 90 000 m² utöver befintlig vägyta). Utöver minskad grundvattenbildning medför Masmotunnelns bedömda påverkan inom tillrinningsområdet samt angränsande bergskärning en permanent påverkan för områdets vattenbalans. Under byggskedet medför länshållning av vissa schakt för brostöd (anl. 143, 144, 145 och 148) en temporär påverkan för vattenbalansen.

Tabell 5.1. Vattenbalans Vårby källa.

Area (m ²)	2273494			
Jordart	Friktions-jord	Lera	Org jord	Berg
Fördelning inom delområde (%)	32%	5%	5%	59%
Andel av jordart som är bebyggd (%)	16%	8%	1%	2%
Grundvattenbildning	m³/år	l/min	l/s	
Berg-, morän- och sandområden	564211	1073	17,88	
Reducering dagvattenavrinning	-14602	-28	-0,46	
Lerområden	26897	51	0,85	
Reducering dagvattenavrinning	-888	-1,7	-0,03	
Bedömt läckage till befintliga tunnlar	-13140	-25	-0,4	
Total grundvattenbildning	562478	1070	17,8	
Vattenbalans byggskede	m³/år	l/min	l/s	
Nuvarande grundvattenbildning	562478	1070	17,8	
Hårdgjorda ytor, nytt vägområde (ca 90 000 m ²)				
Masmotunneln (andel inom tillrinningsområdet) samt förskärning	-18396	-35	-0,6	
Beräknat inläckage brostöd 143, 144, 145, 148	-18396	-35	-0,6	
Kvarvarande grundvattenbildning byggskede	525686	1000	16,7	
Projektets bedömda bortledning av tillgängligt grundvatten byggskede			6,5%	
Vattenbalans driftskede	m³/år	l/min	l/s	
Nuvarande grundvattenbildning	562478	1070	17,8	
Hårdgjorda ytor, nytt vägområde (ca 90 000 m ²)	-23400	-44,5	-0,7	
Masmotunneln (andel inom tillrinningsområdet) samt förskärning	-18396	-35	-0,6	
Summa kvarvarande grundvatten (totalt)	520682	990	16,5	
Projektets bedömda bortledning av tillgängligt grundvatten			7,4%	

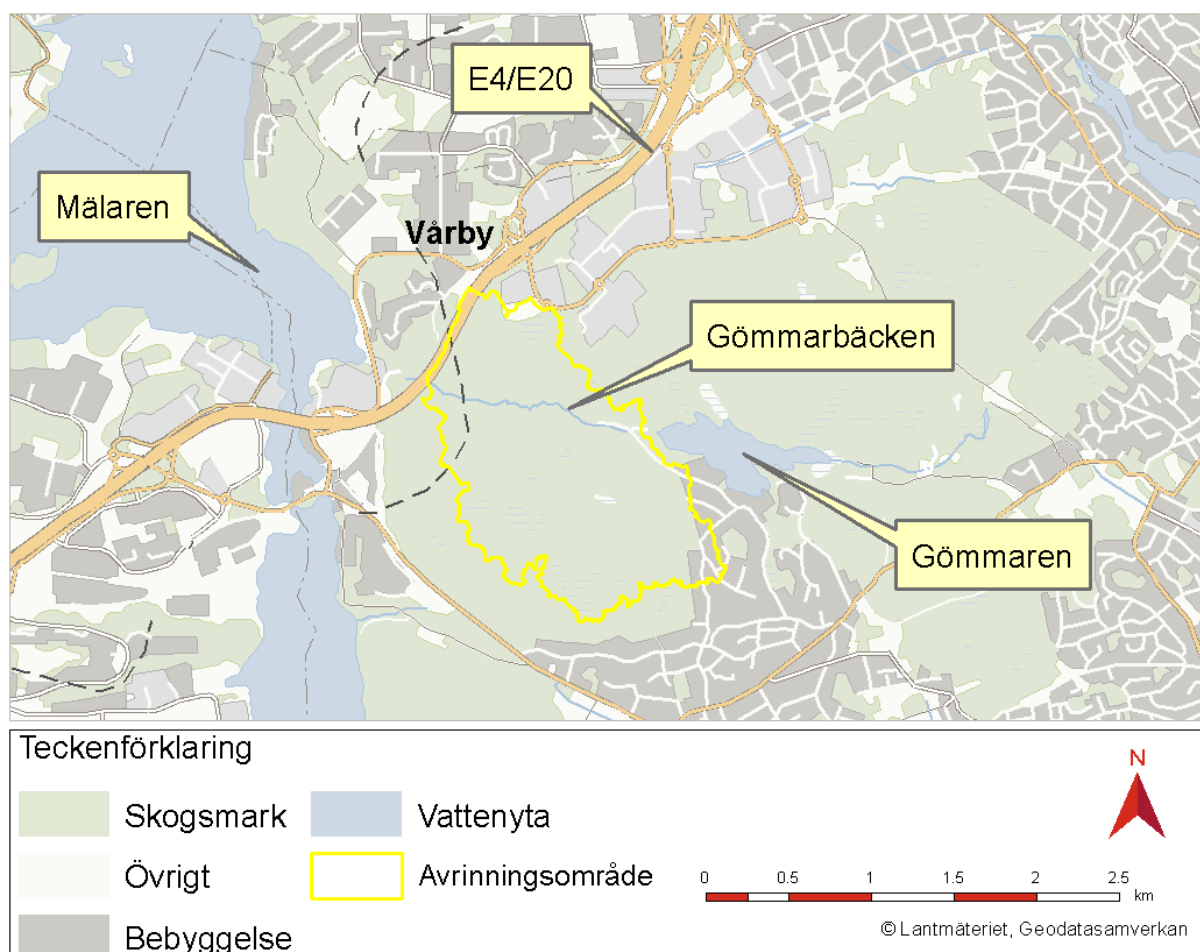
6 Vattendragsmodellering Gömmarbäcken

Syftet med modelleringen är att beskriva det hydrauliska och hydrologiska förhållandet i vattendraget, före och efter planerade arbeten.

Den befintliga passagen för Gömmarbäcken, i kulvert under vägen, ersätts med en mer naturlig bäckfåra för den del av bäcken som ligger inom vägområdet. Den befintliga vägbanken och stödmuren rivs och ersätts med broar. Den befintliga trumman har dimensionen 800 mm och är ca 50 meter lång. Vid höga flöden är trumman en trång sektion som periodvis dämmer vattnet. Att vattendraget öppnas innebär att dämnet försvinner vilket medför lägre vattennivåer uppströms trumman och högre vattennivåer nedströms den. De resulterande effekterna på flödes hastighet och vattennivåer har utvärderats genom numerisk modellering.

6.1 Områdesbeskrivning

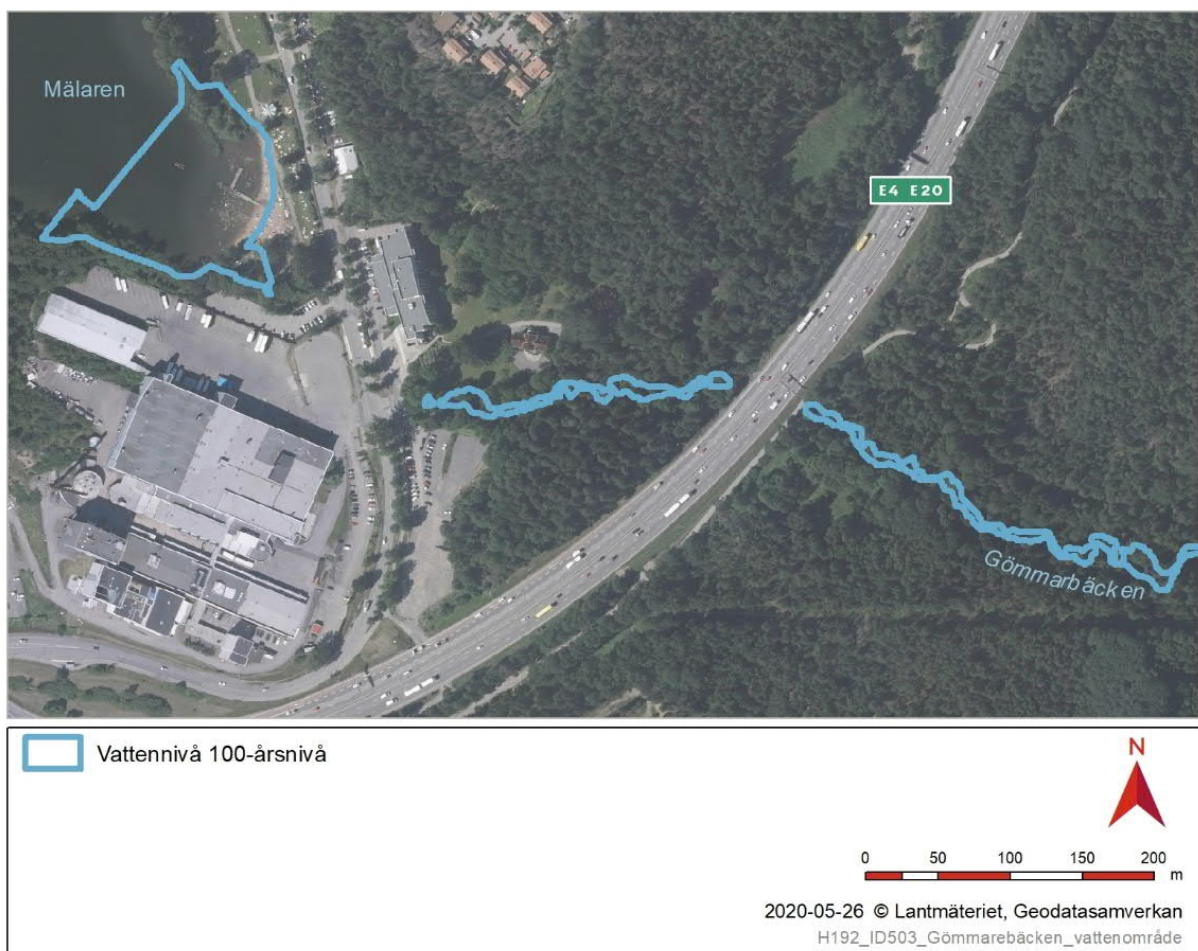
Gömmarbäcken är en nästan 2 km lång skogsbäck som löper i västlig riktning längs en sprickdal mellan sjön Gömmaren och Mälaren i höjd med Vårby. Kraftig högvattenföring i kombination med erosionsbenägna sandjordar har genom åren eroderat fram en markant bäckravin som går under namnet Gömmarravinen. En översikt över området visas i Figur 6-1.



Figur 6-1. Översikt över området kring Gömmarbäcken.

Vid passagen med befintlig väg E4/E20 är Gömmarbäckens avrinningsområde beräknat till 2,04 km². Avrinningsområdet visas i Figur 6-1. Avrinning till bäcken sker från de omgivande skogs- och hållmarkerna. Exploateringsgraden inom avrinningsområdet är mindre än 4 %.

Idag leds Gömmarbäcken i trumma under befintlig väg E4/E20. Gömmarbäckens vattenområde avgränsas av nivån +20,5 uppströms befintlig trumma under E4/E20 (vid inlopp) och +15 nedströms samma trumma (vid utlopp vid 0,5 m fall). Trummans nedströmssida har ett fall på ca 0,5 m. Vattendraget och trumman har mätts in i fält 2018-01-17. I Figur 6-2 visas översvämningsområde vid ett 100-årsflöde vid nuvarande utformning. Figuren visar på översvämningsområde längs med det befintliga vattendraget och höjdförhållandena längs med ravinen skapar vissa fördämningar längs med vattendraget.



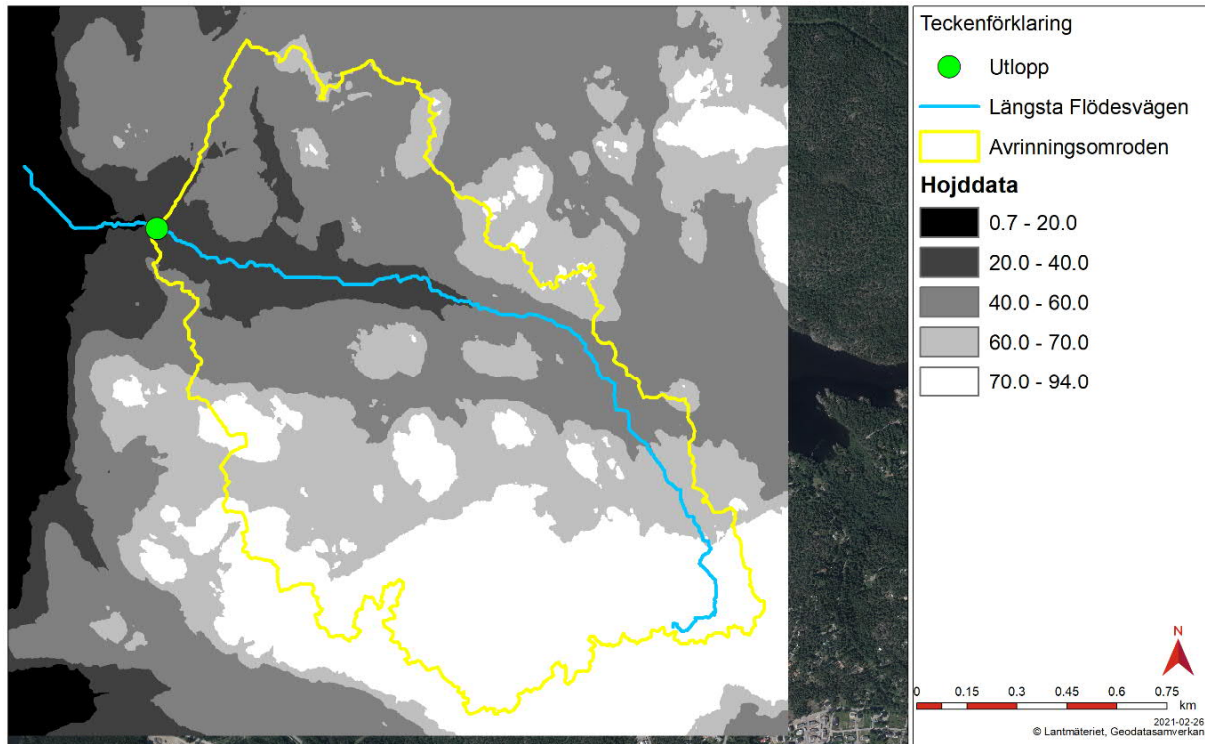
Figur 6-2. Översvämningssutbredning vid 100-årsflöde vid nuvarande utformning i Gömmarbäcken samt vid utloppspunkten i Mälaren.

6.2 Metodik

6.2.1 Hydrologi

Avrinningsområdet är grunden för varje hydrologisk analys och därför måste avrinningens avgränsning betraktas som ett första steg för hydrologiska studier. Avrinningsområdet avgränsas baserat på topografi. Här har avrinningsområdet utgått från inflödet till den befintliga trumman, benämnd som utlopp i Figur 6-3. Avrinningsområden har inom projektet i huvudsak beräknats utifrån

höjddata och utlopp i ArcGIS. Till denna modellering har avrinningsområdet baserats på höjddata från en 2 x 2 m digital höjdmodell. Figur 6-3 visar den digitala höjdmodellen och det avgränsade avrinningsområdet.

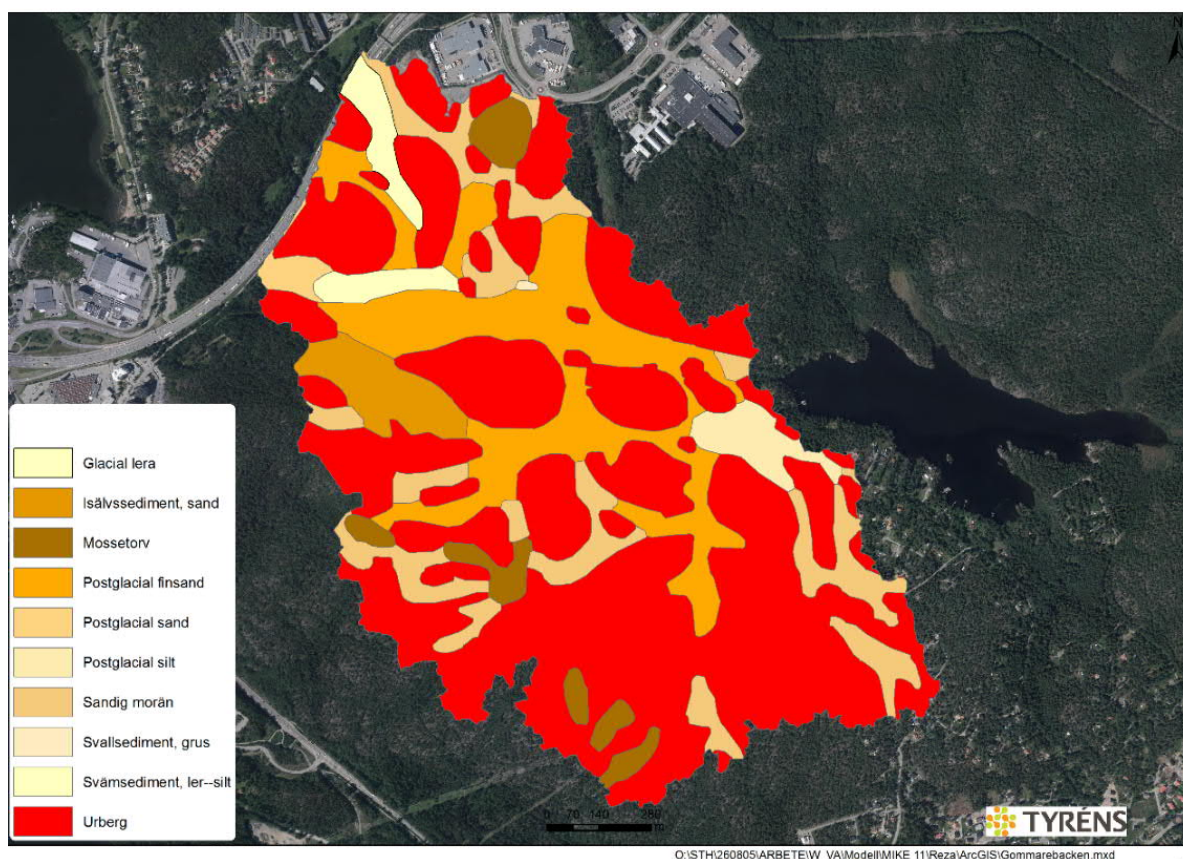


Figur 6-3. Gömmarbäckens avrinningsområde samt den längsta flödesvägen.

För att beräkna vattennivåer i ett vattendrag behöver först ett flöde bestämmas. Önskvärt vid framtagande av flöden är att utgå från mätserier av flödesdata. Det finns inga mätstationer för flöde i vattendragen inom utredningsområdet varför det inte har varit möjligt att utgå från uppmätta flöden. Flöden har därför beräknats utifrån uppgifter om bland annat markanvändning och specifik avrinning. Beräkning av flöden behöver avrinningsområdets storlek som indata. Vid beräkning av flöden behövs avrinningsområdets storlek som indata.

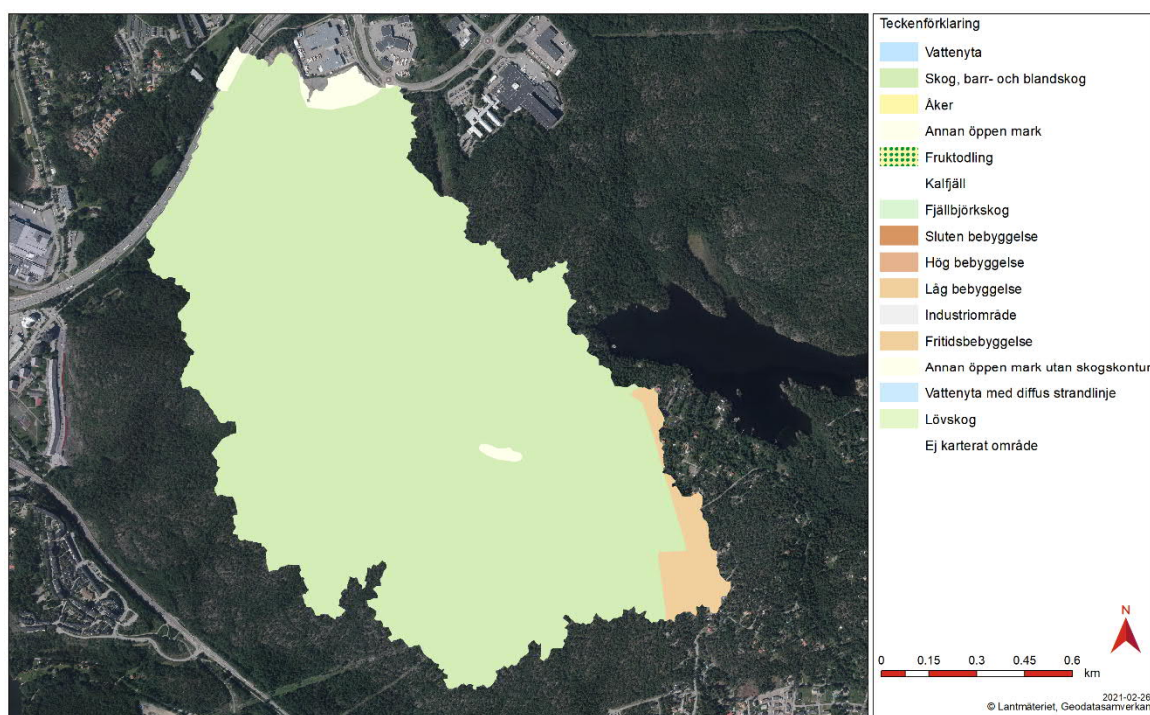
För att beräkna flöden har det totala avrinningsområdet delats upp i flera, mindre avrinningsområden utifrån information om bland annat markanvändning och topografi som redovisas i Figur 6-2 respektive Figur 6-5.

Avrinningsområdet domineras av berg i dagen eller tunna jordlager. I sidodalgångarna och i anknytning till själva bäckravinen finns dock mäktiga sediment som kan magasinera mycket vatten. Dessa sediment är mättade av det basflöde som finns i ravinen. Kombinationen av olika jordtyper visar relativt hög infiltrationsförmåga och marken bidrar till fördröjning och minskning av flödestopparna vid nederbörd. Figur 6-4 visar jordtypskartan.



Figur 6-4. Jordarter inom avrinningsområdet.

Eftersom området är ett naturreservat har det bevarats väl från mänsklig verksamhet och det är tydligt på markanvändningskartan. Nästan hela området är täckt med skog. Det kan absorbera större delen av nederbörden och minska effekten av kraftigt regn. Figur 6-5 visar markanvändningen i avrinningsområdet.



Figur 6-5. Markanvändning inom Gömmarbäckens avrinningsområde.

6.2.2 Flöde

Baserat på jordart och markanvändning har avrinningskoefficient och rinntid definierats i ett hydrologiskt beräkningsprogram. I denna studie användes beräkningsprogrammet HEC-HMS, där regnbaserade översvämningshydrografer för 50, 100 och 200-åriga återkomsttider simulerades. Vid beräkning av flödet belastas avrinningsområdena med ett CDS-regn (där CDS står för Chicago Design Storm) enligt regnbeskrivning i Svenskt Vattens publikation P104 (Svenskt Vatten, 2011). Tabell 6.1 visar toppflöden för olika återkomsttider. Baserat på HEC-HMS är högflödena relativt kortvariga och mer än 70 % av toppflödet passerar under två till tre timmar.

Tabell 6.1. Beräknade toppflöden för olika återkomsttider och klimatfaktorer (CF).

HQ50	HQ100	HQ200	HQ50+15%CF	HQ100+15%CF	HQ200+15%CF
0.9	1.6	2.6	1.3	2.2	3.4

För att beräkna låg-, medel- och högvattenföring (mindre än 100-årsflöden) i Gömmarbäcken har avrinningsområdet belastats med en regnmängd, så att flödena i bäcken motsvarar flödesinformation från SMHI (SMHI Vattenweb, SUBID: 63552). Dessa beräknade flöden används sedan för att beräkna vattenstånd för olika utformningar av Gömmarbäcken.

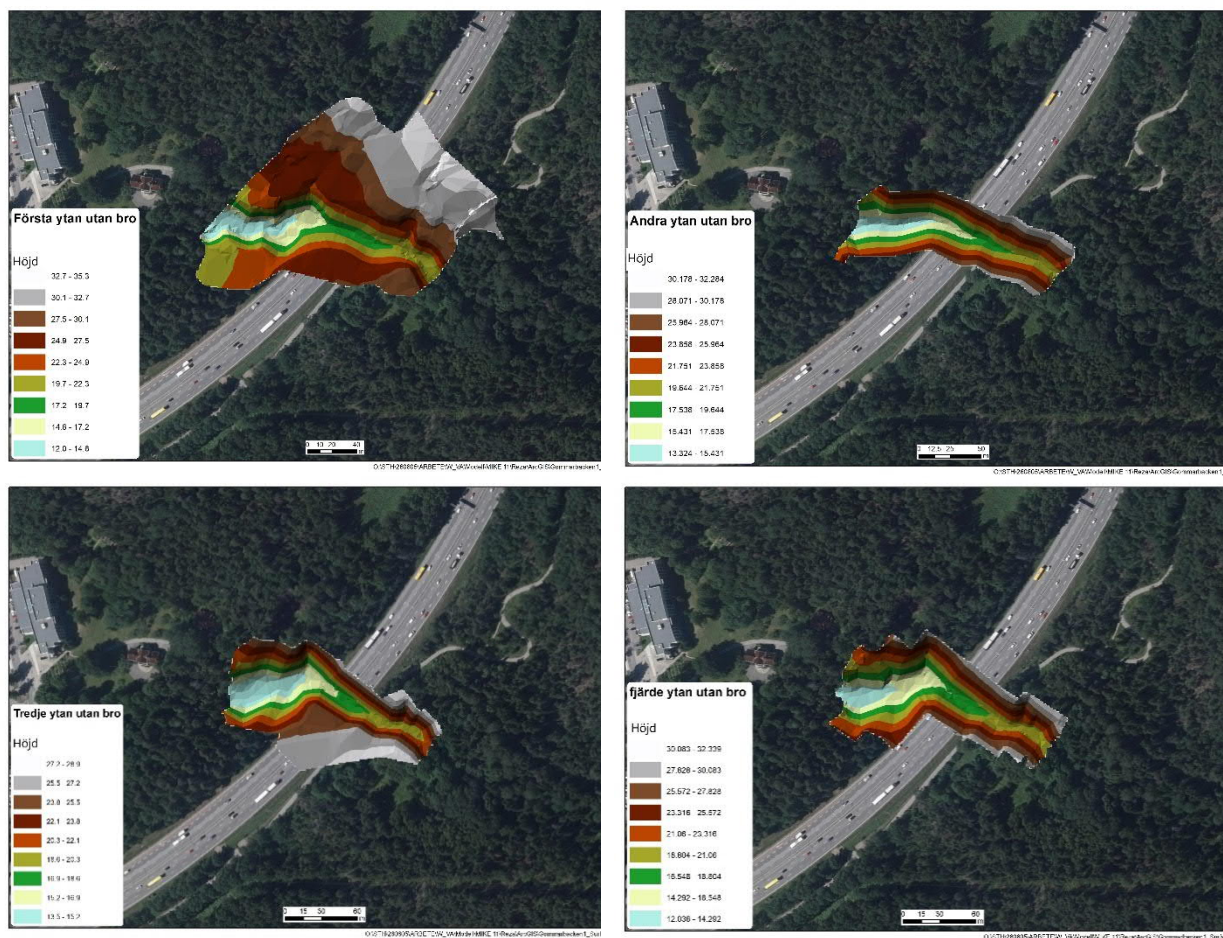
Nedan anges de karakteristiska flöden för Gömmarbäcken.

Lägsta lågvattenföring, LLQ = 0,3 l/s,
 Medellågvattenföring, MLQ = 1 l/s,
 Medelvattenföring, MQ = 17 l/s,
 Medelhögvattenföring, MHQ = 139 l/s,
 Högsta högvattenföring med 50 års återkomsttid, HHQ₅₀ = 229 l/s,
 Högsta högvattenföring med 100 års återkomsttid, HHQ₁₀₀ = 1 600 l/s.

6.2.3 Vattennivåer

Flödesegenskaper såsom vattennivå och hastighet simulerades i HEC-RAS 2D med koden som tagits fram av U.S. Army Corps of Engineers. Programmet är likvärdigt med MIKE 11 (DHI) och används i Sverige av bland annat SMHI, Jordbruksverket och Vattenfall. En 2D finit-differens grid över 600 m x 60 m med cellstorlek mellan 5 m och 2 m används till modellområdet. Finare diskretisering sätts upp i och vid vattendraget. En tidsvarierande ytvattenflödesekvation löstes över hela rutnätet där höjdmodellen och Mannings koefficient användes. Dessutom användes en beräknad hydrograf uppströms Gömmarbäcken på gränsen till modelleringsområdet. Den interna flödeshydrografens randvillkor sattes upp för att belasta vattendraget med ett flöde som beräknats enligt föregående avsnitt. Genom att använda en hydraulisk modell kan vattennivåer beräknas utifrån framräknade flöden.

En bashydrologisk modell bestående av den befintliga ytan och vattentrumman användes. En iterativ metod används för att ta fram bottenivåer till vattendraget utan vattentrumman, genom att jämföra simulerade flödesegenskaper. Vid beräkningarna användes fyra iterationer såsom körningar. Mannings koefficient har antagits mellan 0,04 och 0,75 s/m^{1/3}. Bottenivåer som benämndes ytan till fyra iterationer, redovisas i Figur 6-6. I fjärde och sista körningen inkluderades den senast utförda mätningen från 2020-12-21. Mannings koefficient till första respektive andra modellerade ytan har antagits till 0,04 och 0,06 s/m^{1/3}. Mannings koefficient 0,075 s/m^{1/3} används till tredje och fjärde planerade ytan.



Figur 6-6. Modellerade bottenivåer.

6.3 Resultat

Vattennivåer vid karaktäristiska flöden redovisas i Tabell 6.2 och vattendjup vid karaktäristiska flöden redovisas i Tabell 6.3, medan simulerade vattendjup respektive flödes hastigheter redovisas i Figur 6-2 till Figur 6-10. I denna redovisning har vi valt att redovisa vattennivåerna uppströms och nedströms befintlig trumma under E4/E20.

Tabell 6.2. Karaktäristiska vattennivåer i Gömmarbäcken. Nivåerna är beräknade direkt i anslutning till den befintliga trumman under E4/E20.

Vattenstånd	Förkortning	Nivå uppströms E4/E20	Nivå nedströms E4/E20
Högsta vattenstånd	HHW	+19,15	+14,92
Medel för högsta vattenstånd	MHW	+19,02	+14,78
Medelvattenstånd	MW	+18,61	+14,56
Medel för lägsta vattenstånd	MLW	+18,6	+14,56
Lägsta vattenstånd	LLW	+18,6	+14,56
100-årsvattenstånd	HHW ₁₀₀	+20,5	+15

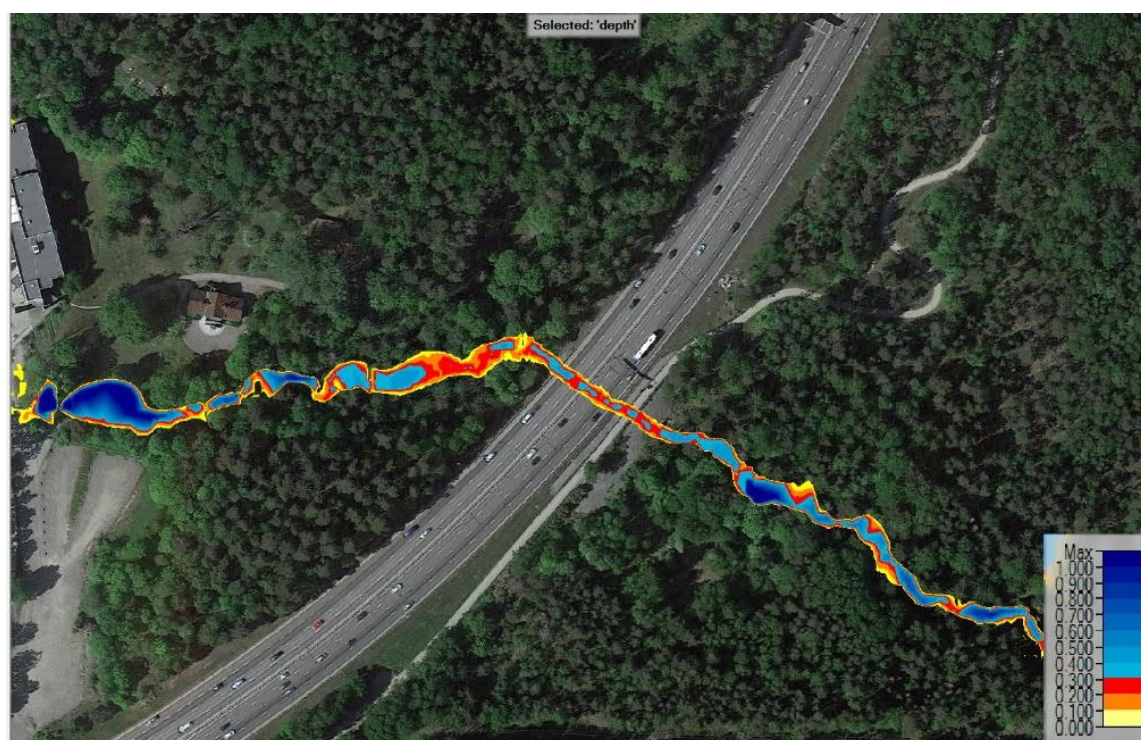
Tabell 6.3. Karakteristiska vattennivåer (RH2000) i Gömmarbäcken med befintliga utformningen. Nivåerna är beräknade direkt i anslutning till den befintliga trumman under E4/E20.

Vattenstånd	Förkortning	Nivå uppströms E4/E20				Nivå nedströms E4/E20			
		Första bottenytan	Andra bottenytan	Tredje bottenytan	Fjärde bottenytan	Första bottenytan	Andra bottenytan	Tredje bottenytan	Fjärde bottenytan
Högsta vattenstånd	HHW ₅₀	+19,3	+19,21	+18,91	+18,91	+15,5	+15,58	+15,58	+15,58
Medel för högsta vattenstånd	MHW	+19,24	+19,19	+18,89	+18,89	+15,45	+15,54	+15,54	+15,54
Medelvattenstånd	MW	+19,2	+19,16	+18,86	+18,86	+15,3	+15,4	+15,4	+15,4
Medel för lägsta vattenstånd	MLW	+19,2	+19,16	+18,86	+18,86	+15,3	+15,4	+15,4	+15,4
Lägsta vattenstånd	LLW	+19,2	+19,16	+18,86	+18,86	+15,3	+15,4	+15,4	+15,4
200-årsvattenstånd	HHW ₂₀₀	+19,6	+19,45	+19,15	+19,15	+15,36	+15,9	+15,9	+15,9

I Figur 6-7 respektive Figur 6-8 visas en nuvarande och framtida översvämningssområden vid ett 100-flöde. I figurerna syns att översvämningssområdena är små och begränsade till bäckravinen. Den största skillnaden mellan de två fallen är att översvämningssområdet är större uppströms trumman för den befintliga och större nedströms trumman för den planerade anläggningen. I Figur 6-9 respektive Figur 6-10 visas vattenhastigheter före och efter den nya anläggningen har byggts. När dessa två figurer jämförs syns att hastigheten kommer att bli högre med den planerade utformningen både uppströms och nedströms läget för befintlig kulvert.



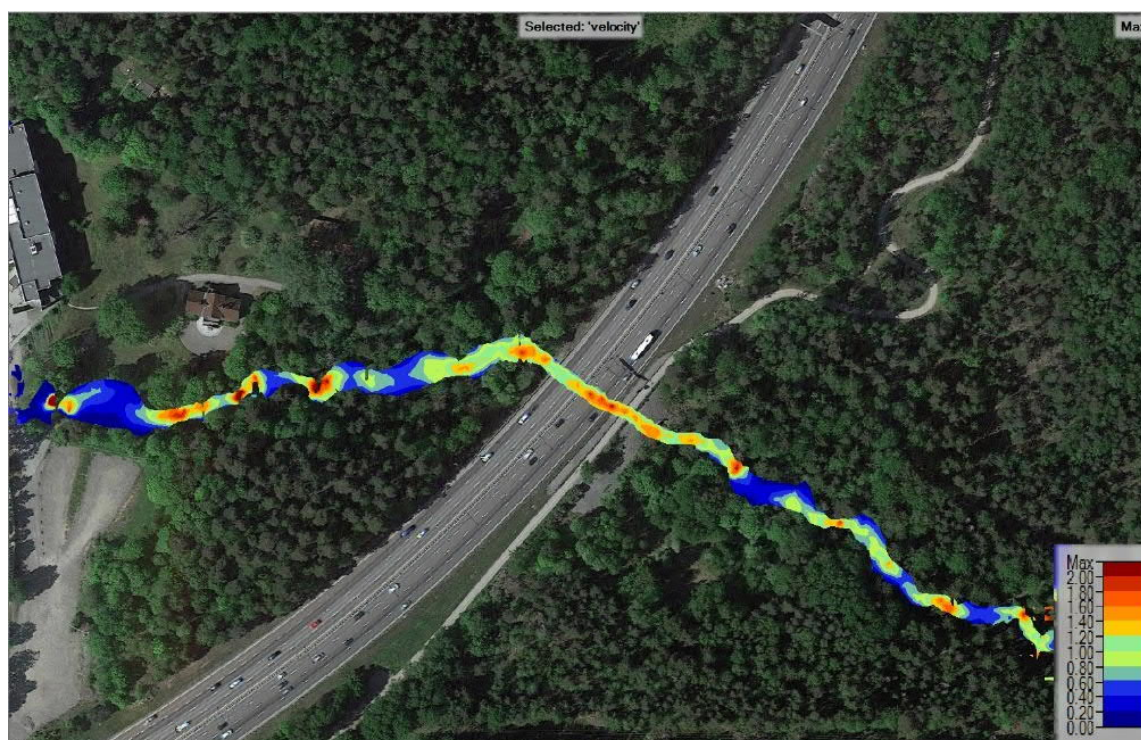
Figur 6-7. Vattendjup (m) vid 100-årsflöde med klimatfaktor (15 %). Beräkningen representerar befintlig anläggning.



Figur 6-8. Vattendjup (m) vid 100-årsflöde med klimatfaktor (15 %). Beräkningen representerar planerad anläggning.



Figur 6-9. Vattenhastighet (m/s) vid 100-årsflöde med klimatfaktor (15 %). Beräkningen representerar befintlig anläggning.



Figur 6-10. Vattenhastighet (m/s) vid 100-årsflöde med klimatfaktor (15 %). Beräkningen representerar planerad anläggning.

6.4 Diskussion

Generellt ger den nya utformningen endast upphov till små förändringar för vattennivåer och översvämningsområden.

I de vattendragsberäkningar som redovisas i denna PM baseras avrinningen till bäcken på den befintliga markanvändningen. Detta innebär att de beräknade flödena inte representerar alternativa utformningar av området runt bäcken. Om en större del av det anslutande området hårdgörs utan att ytterligare åtgärder för fördröjning vidtas så kommer flödena vid kraftiga regn vara något underskattade.

Det finns även flera osäkerheter som beror på metodiken i modelleringen. I vattendragsmodellen är vattendraget representerade av uniforma sektioner mellan de inmätta sektionerna. Detta innebär att lutning och tvärsnittsarea är konstanta mellan två inmätta dikessektioner. I verkliga diken varierar normalt både lutning och tvärsektioner kontinuerligt.

Ingen kalibrering baserat på uppmätta flöden är genomförd. Största anledningen till detta är att vattendragsmodellerna framförallt har utvecklats för att beskriva översvämningsrisken vid extrema regn. Eftersom dessa extrema regn inträffar så sällan är det i princip omöjligt att få ett representativt dataunderlag för dem. Det är dock möjligt att kalibrera modellen för lägre flöden. Då den vattentäckta ytan vid lägre flöden är betydligt mindre så är inte en kalibrering vid låga flöden giltiga för modeller som representerar större flöden.

Den nuvarande utformningen med en trumma under E4/E20 är inte dimensionerad för höga flöden och fungerar därför som en strypning av flödet vid höga flöden. Detta innebär att översvämningsrisk ökar och vattenhastigheter blir högre nerströms E4/E20 när trumman avlägsnas. Trumman är dock en konstgjord barriär som påverkar förbindelsen mellan uppströms och nedströms liggande delar av bäcken och därigenom påverkas bäckens naturliga livsmiljöer.

För att kunna avlägsna trumman och istället anlägga en öppen bäckfåra utan att påverka nedströms liggande områden negativt så krävs att erosionsskydd anläggs och att lutningen minskas i de brantaste delarna. Om så görs kan en öppen kanal genomleda 100-års flöden med 15% klimatfaktor säkert utan erosion. För mer extrema händelser dvs högre än 200-årsflöden skulle den befintliga utformningen vara säkrare för nedströms liggande områden.

7 Referenser

AIB (1990). Hydrogeologisk utredning av sjön Gömmaren, Gömmarbäcken – Vårby Källa. Solna. 1990-11-23

SGU (1966) genom Gunnel Linnman. Utlåtande angående Vårby källa. Stockholm. 1966-06-23

SGU (2020). Handledning - Bedömning av influensområde avseende grundvatten.

<https://www.sgu.se/handledningar/bedomning-av-influensomrade-avseende-grundvatten/berakningsmodeller/analytiska-modeller/> (Hämtad 2020-03-16)

SMHI (2019). Vattenwebb: modelldata per område, Delavrinningsområde

<https://vattenwebb.smhi.se/modelarea/> (Hämtad 2018-08-17)

Svenskt Vatten. (2011). Nederbördsdata vid dimensionering och analys av avloppssystem. P104. Publikation P110. Svenskt Vatten AB.

Trafikverket (2019a). Markteknisk undersökningsrapport (MUR) Hydrogeologi. Systemhandling V259 Tvärförbindelse Södertörn, dokument OG141013.

Trafikverket (2019c). PM Vattenförlustmätningar. Systemhandling V259 Tvärförbindelse Södertörn, dokument OG141042.

Trafikverket (2019d). Teknisk PM Bergteknik. Systemhandling V259 Tvärförbindelse Södertörn, dokument OB070005.

Trafikverket (2019e). Redogörelse för ämnesområdesmodell (RFÄ), Bergteknik, Förutsättningar. Systemhandling V259 Tvärförbindelse Södertörn, dokument OB070002.

Trafikverket (2019f). Redogörelse för ämnesområdesmodell (RFÄ), Befintligt berg. Systemhandling V259 Tvärförbindelse Södertörn, dokument OZ070004.

Trafikverket (2019g). Redogörelse för ämnesområdesmodell (RFÄ), Befintlig mark. Systemhandling V259 Tvärförbindelse Södertörn, dokument OZ070003.