

RAPPORT

Modellbeskrivning grundvatten

Bilaga 7.2

2022-05-25

Trafikverket

Postadress: 781 89 Borlänge

E-post: trafikverket@trafikverket.se

Telefon: 0771-921 921

Dokumenttitel: Modellbeskrivning grundvatten

Författare: Saba Joodaki, WSP

Dokumentdatum: 2022-05-25

Ärendenummer: TRV 2022/54041

Version: 1.0

Kontaktperson: Joel Renblom, Trafikverket

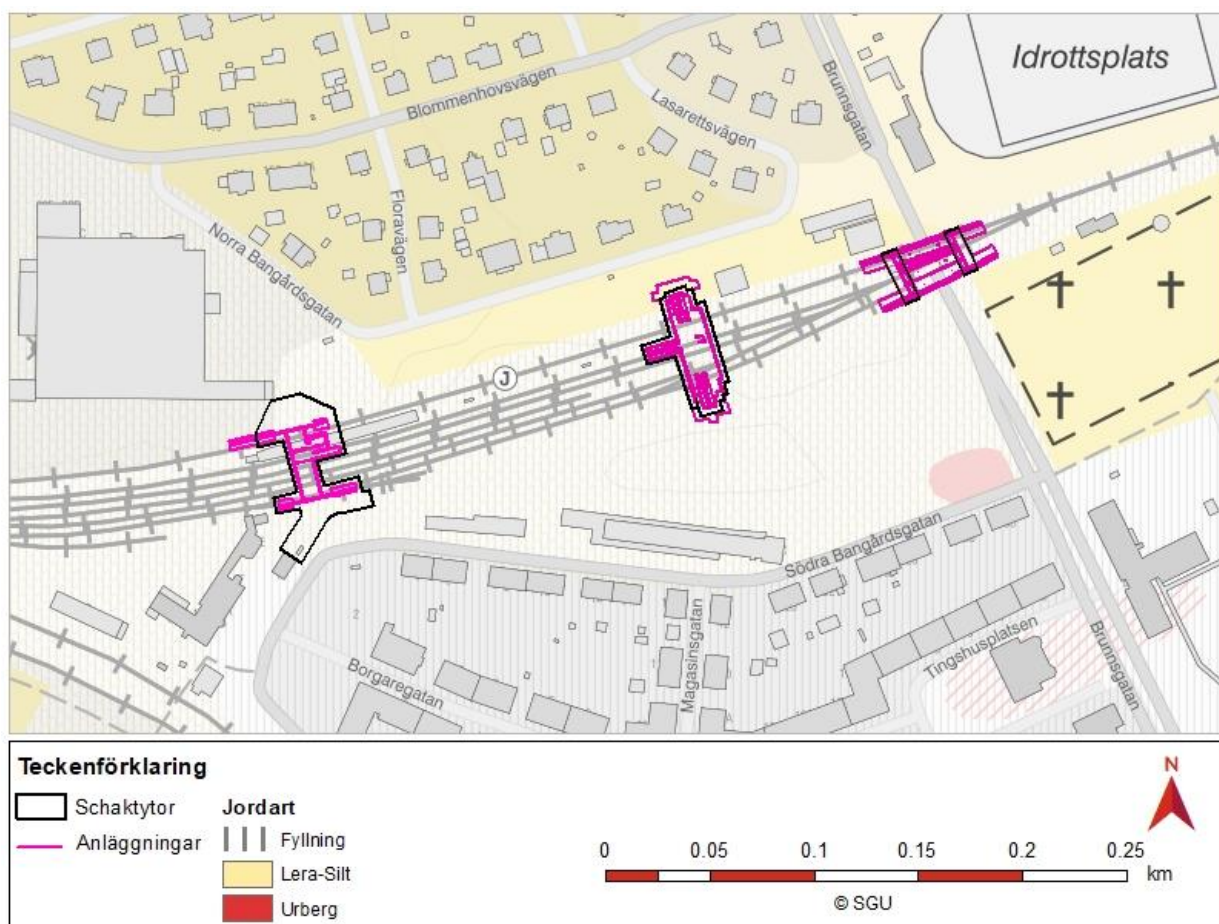
Innehåll

1	Inledning	4
2	Syfte	5
3	Modelluppbyggnad	5
3.1.	Diskretisering och randvillkor.....	6
3.2.	Hydraulisk konduktivitet i jord	8
3.3.	Hydraulisk konduktivitet i berg.....	11
3.4.	Kalibrering.....	12
4	Beräkningar för Västra och Centrala passagen samt brostöd för broar över Brunnsgatan.....	14
5	Beräkningar för Brunnsgatans tråg	16
6	Modellresultat Trafikverkets anläggningar	17
7	Modellresultat Brunnsgatans vägtråg	20
8	Sammanfattning.....	21
9	Referenser	22

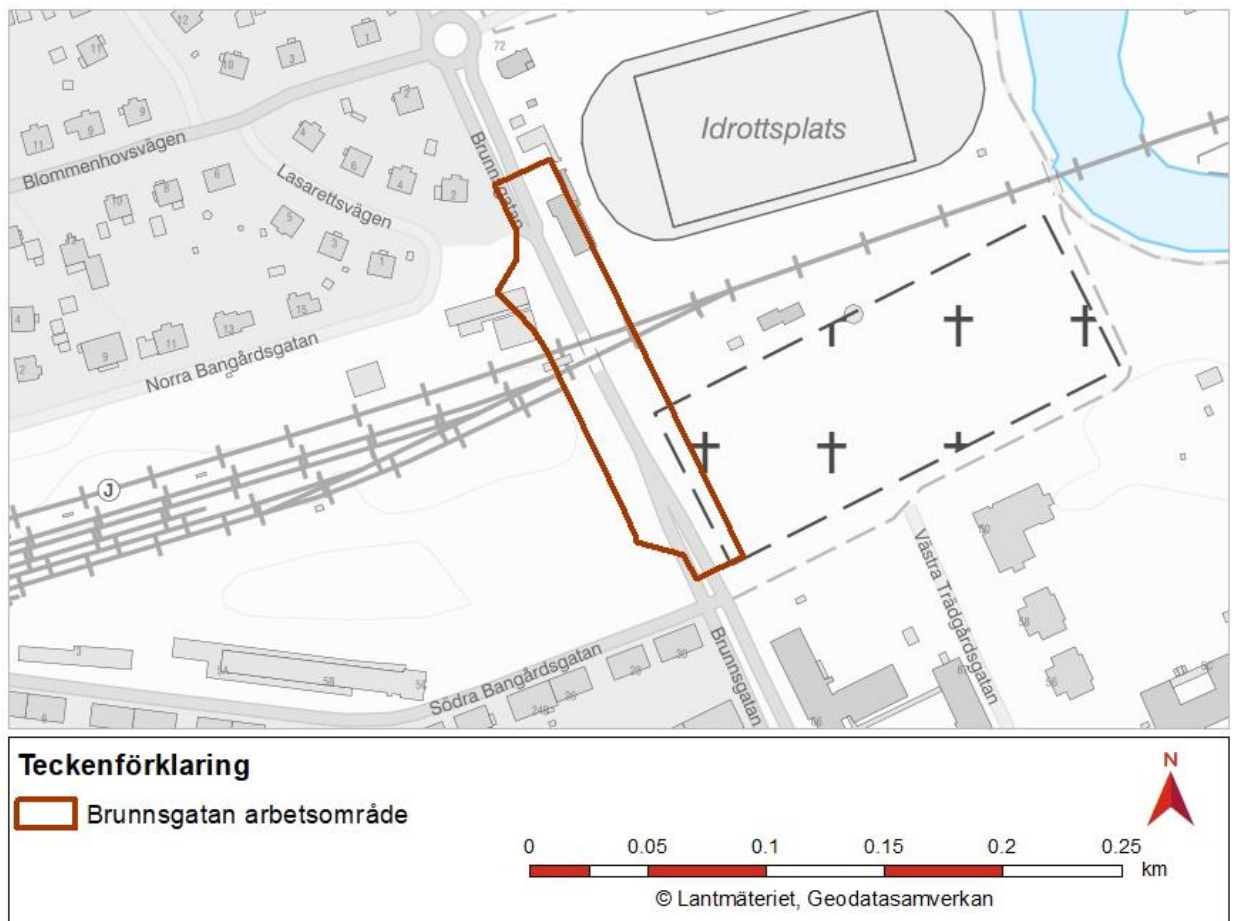
1 Inledning

I samband med ut- och ombyggnad av Nyköpings resecentrum ska arbeten som omfattas av vattenverksamhet utföras i byggskedet. Vattenverksamheten omfattar grundvattenbortledning för att schaktarbeten ska kunna utföras i torrhet. Denna PM är en bilaga till PM Hydrogeologi och redovisar uppbyggnad och resultat från upprättad grundvattenmodell. Beräkningarna i denna PM omfattar Trafikverkets anläggningsdelar (Västra och Centrala passagen samt brostöd för bro över Brunnsgatan), se Figur 1, samt vägtråg för Brunnsgatan som Nyköpings kommun ansvarar för, se Figur 2.

Rikets koordinatsystem SWEREF99 16 30 samt höjdsystem RH2000 används. Höjder betecknas som plushöjder enligt +0,00.



Figur 1. Planerade anläggningar och schaktområden för Trafikverkets anläggningar som omfattar vattenverksamhet.



Figur 2. Planerat arbetsområde för Brunnsgratens vägtråg.

2 Syfte

I denna PM redovisas den grundvattenmodell som tagits fram för beräkning av avsänkning av grundvattennivåerna som grundvattenbortledningen i samband med länshållning av schakterna medför. Resultaten utgör underlag för påverkansområde till ansökan om vattenverksamhet.

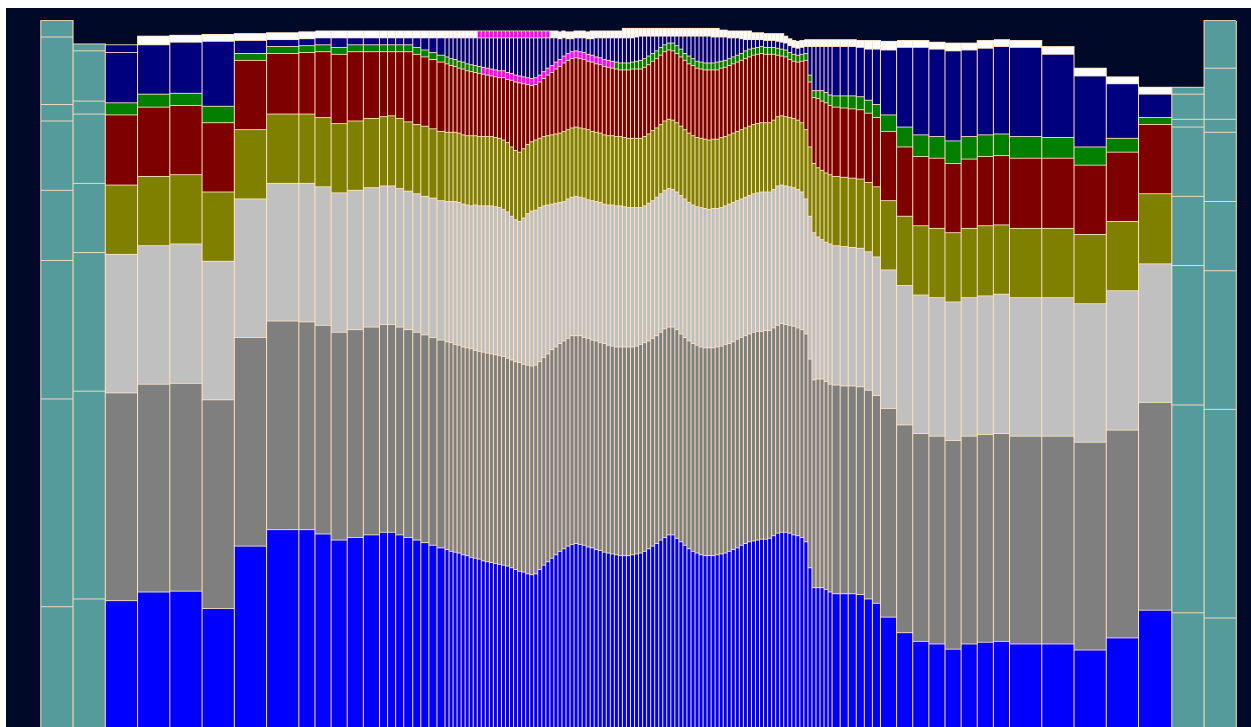
3 Modelluppbyggnad

Beräkningarna har utförts med hjälp av den numeriska flödesmodellen MODFLOW (Harbaugh och McDonald, 1996) med grafiskt användargränssnitt Visual MODFLOW Flex från Waterloo Hydrogeologic (Waterloo Hydrogeological Inc. 2019).

Modellberäkningarna har utförts i två moment. Det första momentet inkluderar kalibrering mot uppmätta grundvattennivåer, där kalibreringen sker bland annat genom justering av tillämpade K-värden. I moment 2, när en tillfredsställande kalibrering (maximal avvikelse mellan observerade och beräknade nivåer är mindre än 0,3 m) har uppnåtts (se avsnitt 3.4), införs dräneringsnivåer för de planerade schaktytorna. Initialvärde för beräkningarna i detta moment är resultaten från grundmodellen i moment 1.

3.1. Diskretisering och randvillkor

Modellen består av 10 modellager varav de tre övre representerar jordlager och de sju underliggande representerar berglager med djupavtagande K-värde, se Figur 3. Den vertikala utbredningen av modellen sträcker sig från +42 till -220. Tjocklek av celler i vertikal riktning varierar i olika lager men uppgår till minst 1 m för varje cell. Horisontell storlek av celler är 5x5 m i närheten av planerade anläggningar och blir succesivt större längre bort från anläggningarna. Maximal storlek av modellceller är 40x40 m.



Figur 3. En profil av de översta åtta modellagren. Olika färger representerar olika K-värde. Generellt motsvarar de tre översta lagren jordlager och de underliggande lagren berg.

Som modellgränser används tolkade lokala vattendelare och andra naturliga avgränsningar som Nyköpingsån, se Figur 4. Dessutom ansätts yttre gränsen av modellområdet med bedömt tillräcklig avstånd från planerade anläggningar så att den beräknade grundvattensänkningen inte blir påverkad av modellgränsernas lägen. Vid Nyköpingsån i öst används en medelnivå på +9,0 som "Constant head boundary" (enligt höjddata). I den västra delen används en konstant trycknivå som rand (Constant head boundary) på +7,2 baserad på observerade grundvattendata i närområdet (6C1132R). En konstant trycknivårand används även i syd där marknivån är lägre än resten av det modellerade området. Gränsen bedöms vara ett utströmningsområde. Grundvattennivån är där ansatt till 0,5 m under markytan. För de topografiska vattendelarna i norr och de lokala höjdområdena i syd används gränsen *No Flow Boundary*, där inget vattenflöde tillåts över modellgränsen.

En generell yttlig dränering (2,5 m under markytan) ansattes över modellen för att simulera avrinning av ytligt grundvatten till dräneringsledningar, dagvattensystem, diken, bäckar

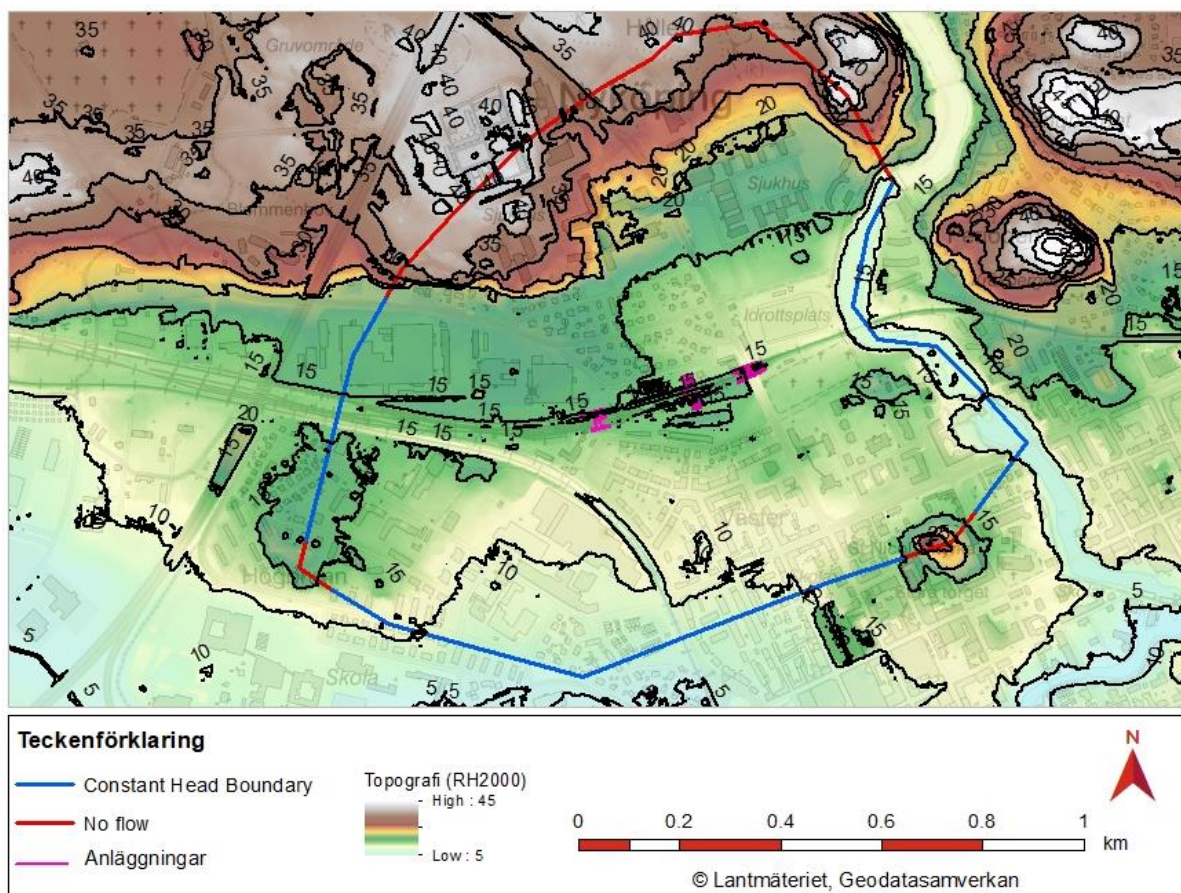
och förekommande vattendrag. Randvillkoret dränering används även för att simulera grundvattenbortledning i schakter under byggskedet.

Jordlager representeras i modellens översta tre beräkningslager med en sammantagen mäktighet baserad på en modell över bergöverytan, se Figur 5. För att skapa bergöverytan har två olika dataunderlag nyttjats:

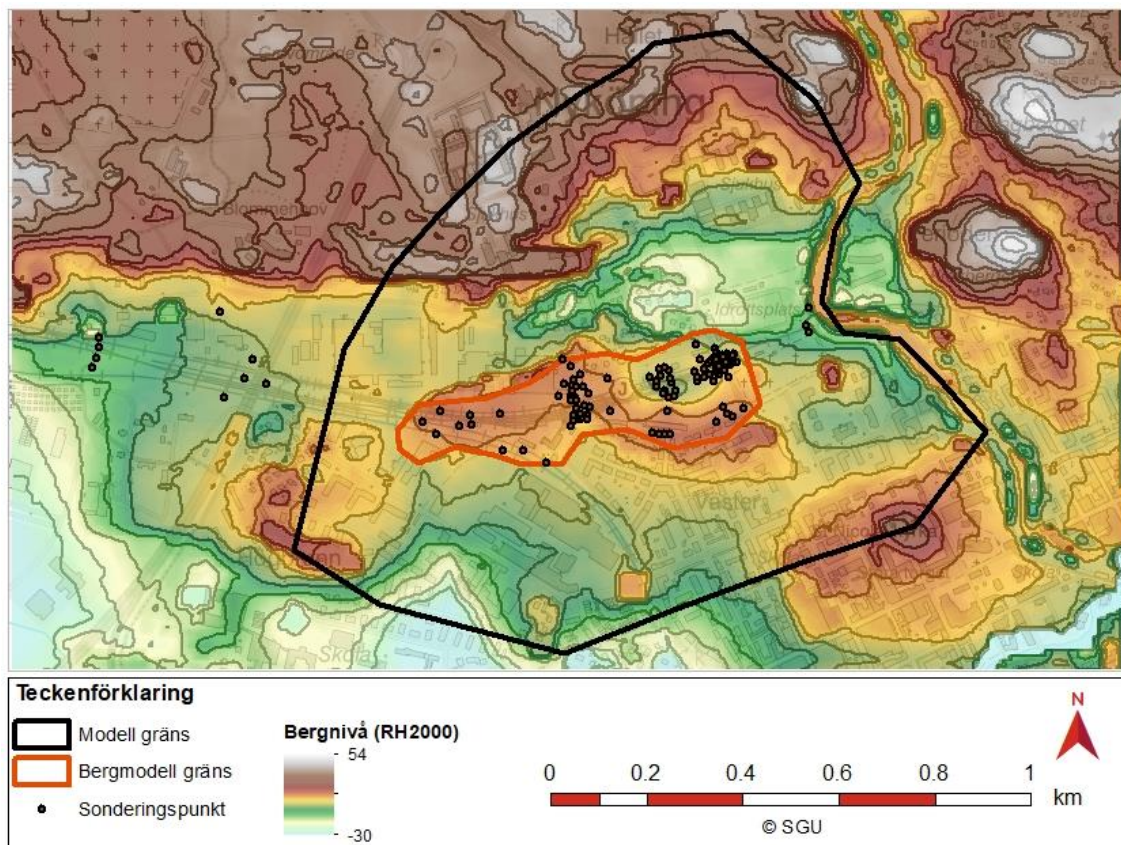
- 1) Vid området runt de planerade anläggningarna användes en bergmodell baserad på geotekniska undersökningar i markerade sonderingspunkter i Figur 5.
- 2) Vid resten av modellområdet användes SGU:s bedömda jorddjup, dock minst en meter. Inom områden med berg i dagen är jorddjupet 0 m.

En grundvattenbildning på 100 mm/år ansattes inom hela modellområdet.

Nettonederbörden uppgår till knappt 200 mm/år och denna har sedan justerats för urban miljö med hårdgjorda ytor som minskar möjlig grundvattenbildning.



Figur 4. Modellgränsen och randvillkor samt topografiska variationer över modellområdet.



Figur 5. Bergmodellen samt de sonderingspunkter som använts för att skapa bergmodellytan inom det orangefärgade området.

3.2. Hydraulisk konduktivitet i jord

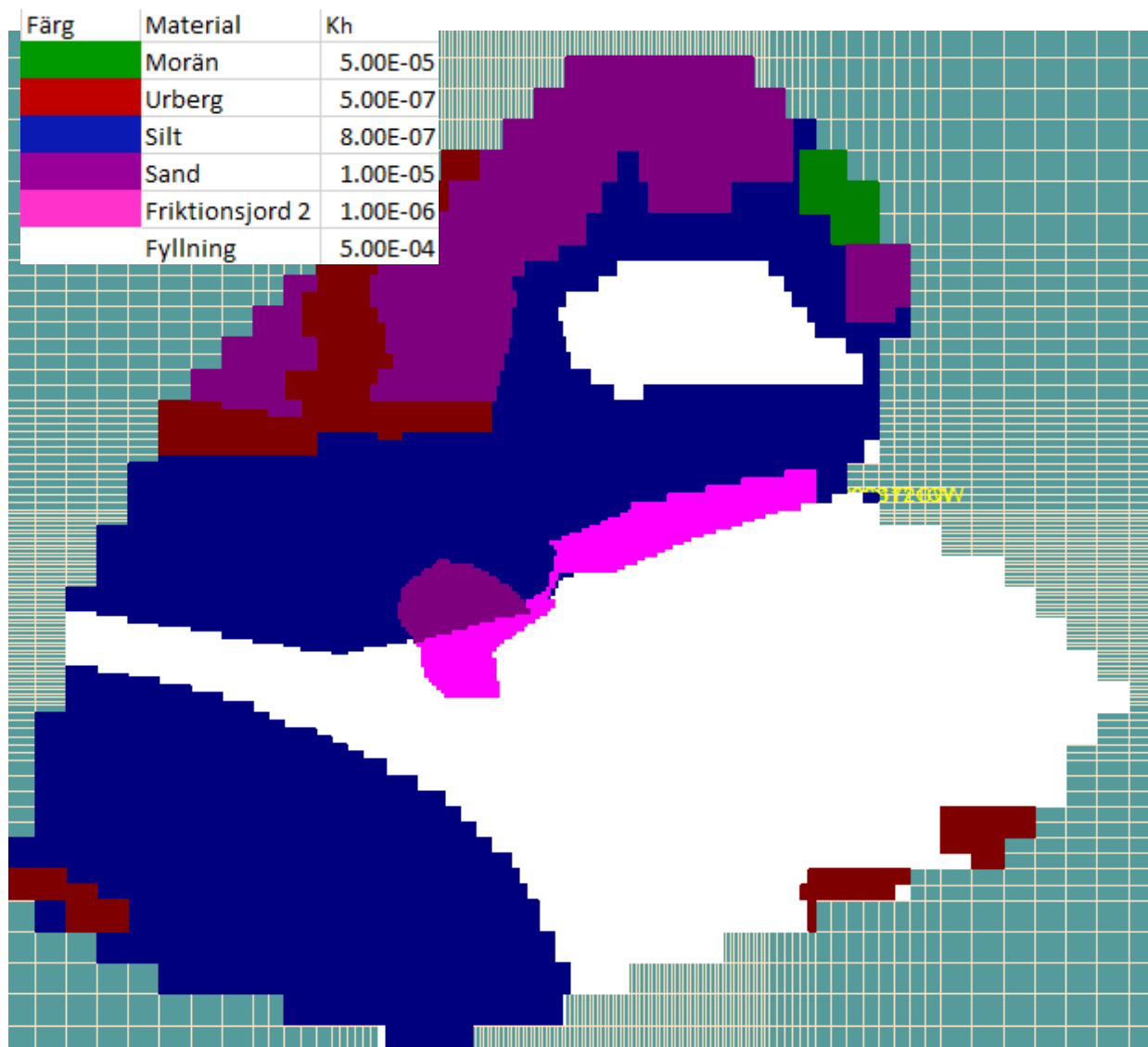
Konduktiviteten i jordlagren ansattes efter generella erfarenhetsmässiga litteraturvärden¹ för olika jordarter med utbredning enligt SGU:s jordartskartan samt genom utvärdering av slugttester och geotekniska undersökningar (Bilaga till PM Hydrogeologi), se Tabell 1. K-värdena för friktionsjord justerades därefter manuellt i samband med efterföljande kalibrering, se avsnitt 3.4. Figur 6 till Figur 8 redovisar utbredning av hydraulisk konduktivitet efter kalibrering i lager 1 till 3 vilka representerar jordlager i modellen.

Tabell 1. Använda K-värden för jordarter efter kalibrering. K_h för horisontellt flöde och K_v för vertikalt flöde.

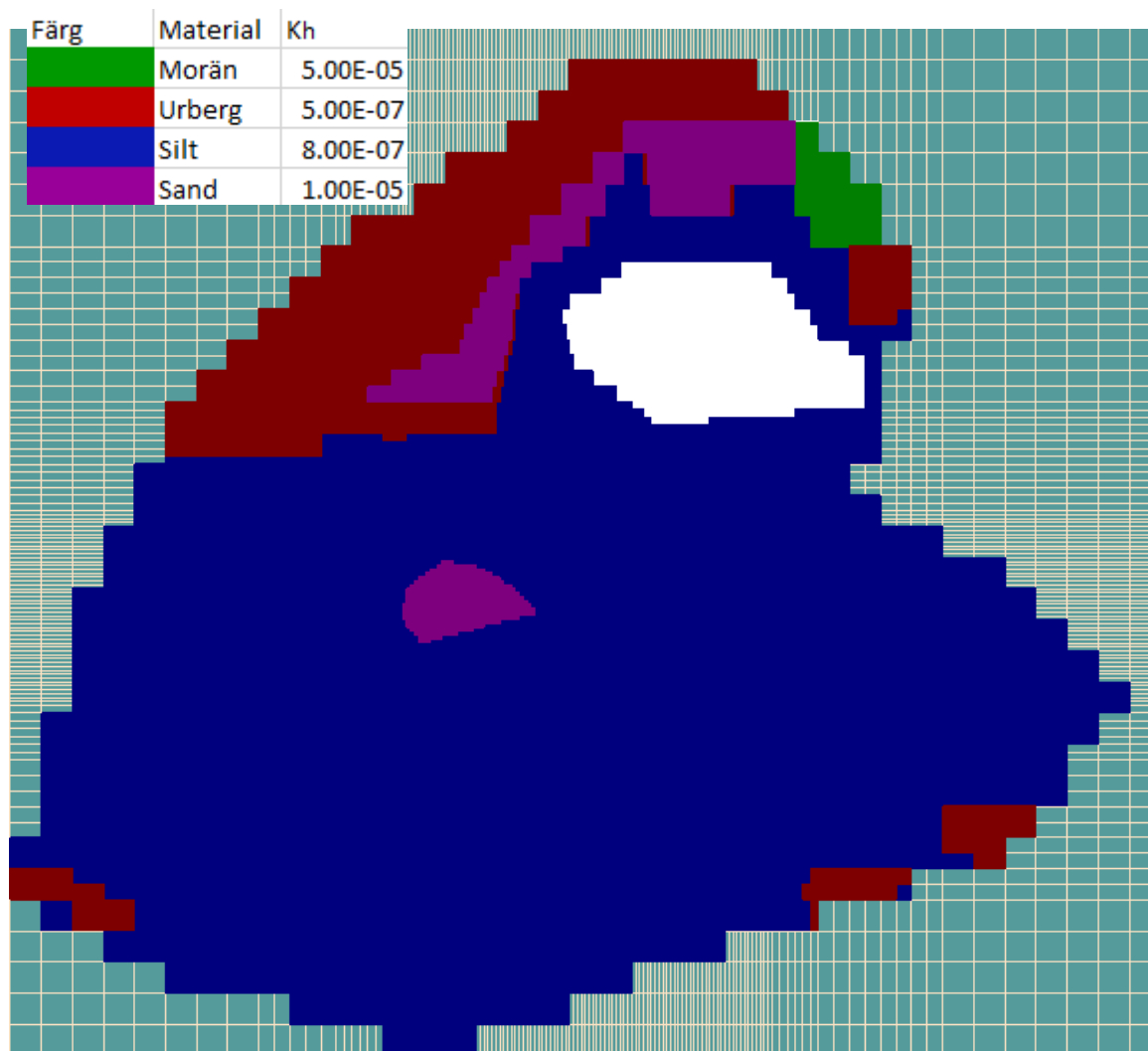
Lager	K_h [m/s]	K_v [m/s]	Mäktighet [m]	Jordart
1	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-6}$	Varierad	Sand
1	$5,0 \cdot 10^{-4}$	$5,0 \cdot 10^{-5}$	Varierad	Fyllning
1	$1,0 \cdot 10^{-6}$	$1,0 \cdot 10^{-7}$	Varierad	Friktionsjord 2
1,2	$5,0 \cdot 10^{-7}$	$1,0 \cdot 10^{-7}$	Varierad	Silt/Sandig silt
1,3	$7,0 \cdot 10^{-7}$	$1,0 \cdot 10^{-7}$	Varierad	Friktionsjord 1
1,2,3	$5,0 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$	Varierad	Morän

¹ Domenico, P. A., & Schwartz, F. W. (1998). Physical and Chemical Hydrogeology. John Wiley & Sons, inc.

1,2,3	$5,0 \cdot 10^{-7}$	$5,0 \cdot 10^{-7}$	Varierad	Urberg
-------	---------------------	---------------------	----------	--------



Figur 6. Jordarter i lager 1. Friktionsjord 2 avser justerat K-värde för friktionsjord/morän för kalibrering av grundvattenmodellen.



Figur 7. Jordarter i lager 2

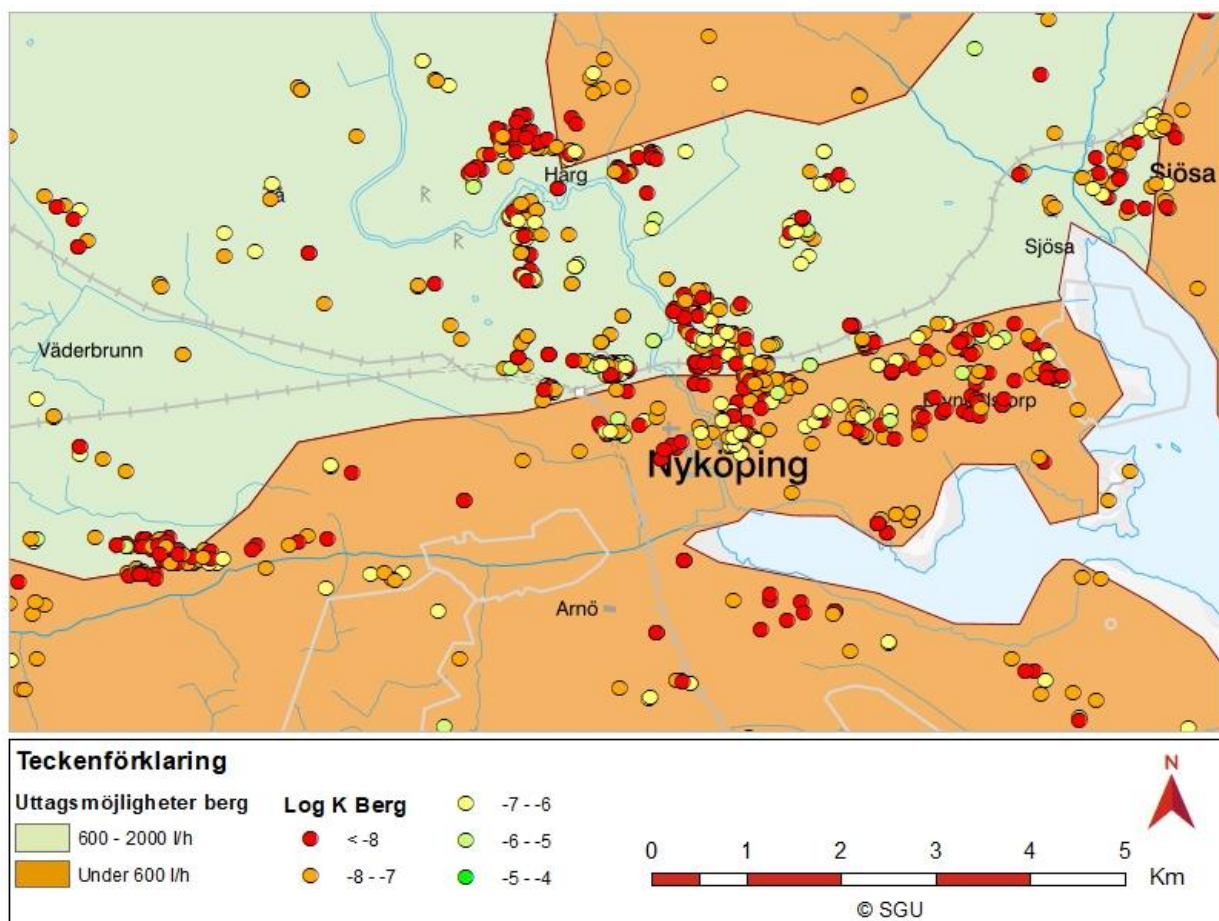


Figur 8. Jordarter i lager 3. Friktionsjord 1 och 2 avser justerat K-värde för friktionsjord/morän för kalibrering av grundvattenmodellen.

3.3. Hydraulik konduktivitet i berg

En storskalig analys av bergets vattenförande egenskaper har gjorts genom studie av data ur SGU:s brunnarkiv, då det finns ett samband mellan brunnskapacitet och brunnstransmissivitet (Gustafsson, 2009; Ryd, 2017; Naturvårdsverket, 1997). Spridning av brunnarna i området redovisas i Figur 9.

Berget är i modellen indelat i sju beräkningslager för att kunna representera den djupavtagande konduktiviteten, se Tabell 2.



Figur 9. Brunnar från SGU:s brunnarsarkiv och uttagsmöjligheter i berg. Brunnar markerade i rött motsvarar låg hydraulisk kapacitet (lite vatten) medan grön markering motsvarar höga värden (mycket vatten).

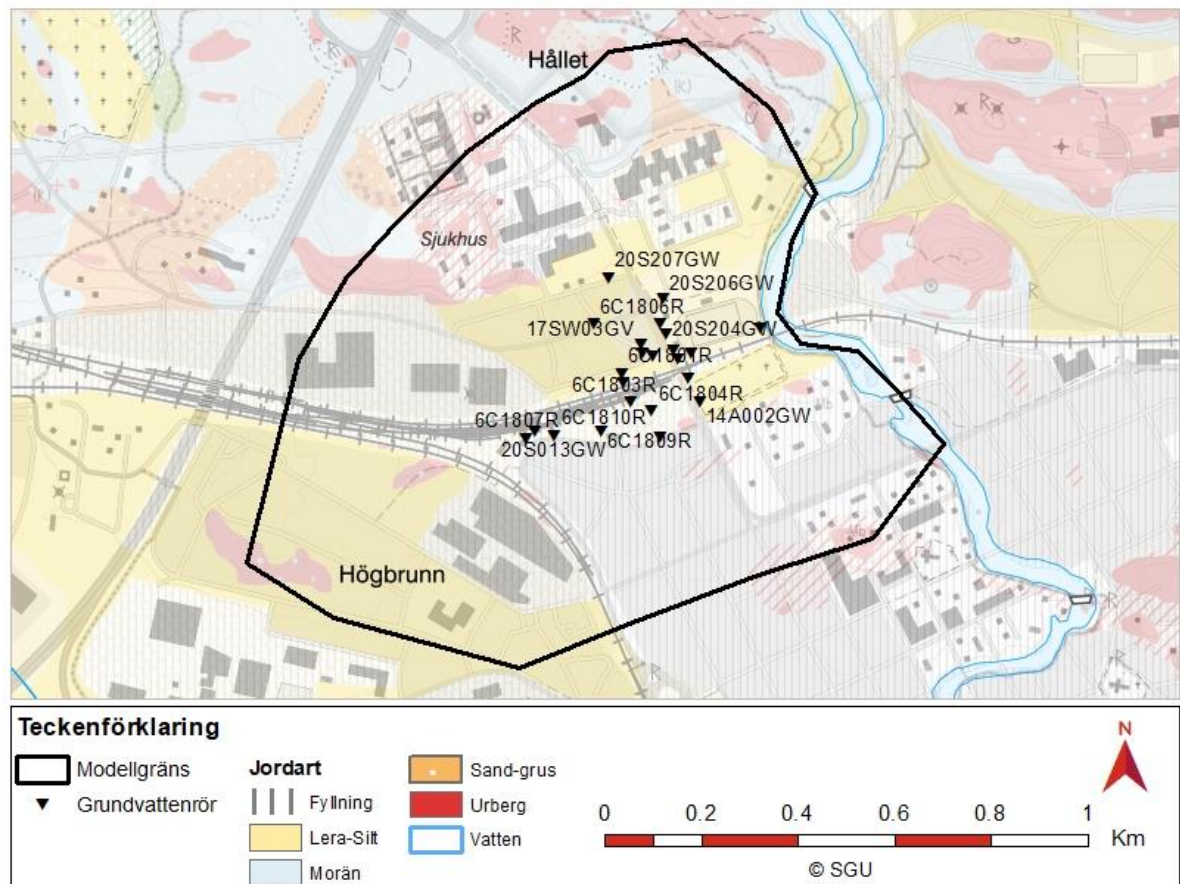
Tabell 2. I beräkningarna tillämpad vattenföring i berg; K_h för horisontellt flöde och K_v för vertikalt flöde.

Lager	K_h [m/s]	K_v [m/s]	Typ	Mäktighet [m]
4	$5,0 \times 10^{-7}$	$5,0 \times 10^{-7}$	Berg I	10
5	$3,0 \times 10^{-7}$	$3,0 \times 10^{-7}$	Berg II	10
6	$9,9 \times 10^{-8}$	$9,9 \times 10^{-8}$	Berg III	20
7	$1,5 \times 10^{-8}$	$1,5 \times 10^{-8}$	Berg IV	30
8	$6,0 \times 10^{-9}$	$6,0 \times 10^{-9}$	Berg V	30
9	$2,0 \times 10^{-9}$	$2,0 \times 10^{-9}$	Berg VI	50
10	$8,0 \times 10^{-10}$	$8,0 \times 10^{-10}$	Berg VII	65

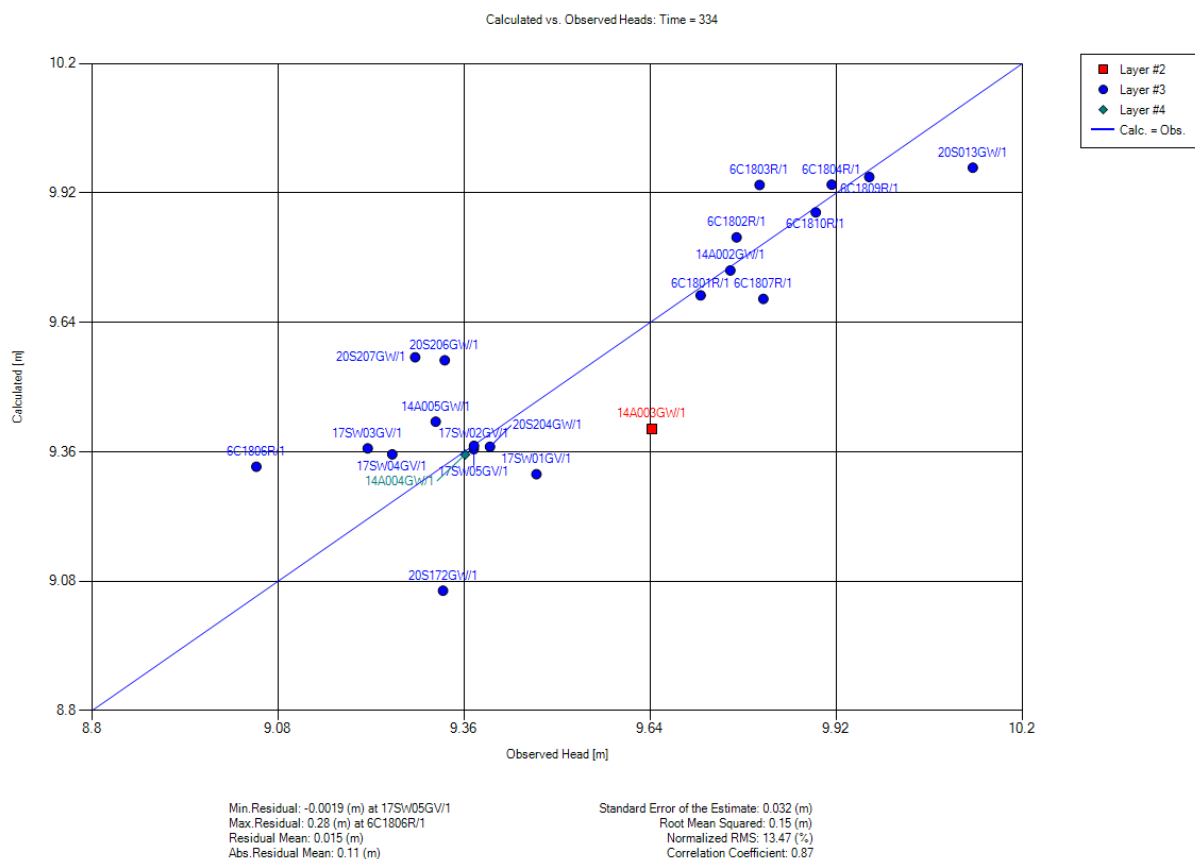
3.4. Kalibrering

Initialt kalibrerades modellen genom att jämföra medelvärdet av de tillgängliga grundvattennivåmätningarna med beräknade grundvattennivåer. För kalibrering användes 22 grundvattenrör i området. Rören valdes utifrån tillgängliga antal mätvärden (flera än nio mättillfällen) samt utifrån tidsseriens längd. Placeringen av grundvattenrör redovisas i Figur

10. För att kalibrera modellen gjordes justeringar av den initialt ansatta hydrauliska konduktiviteten för jordarter, se Tabell 1. De tillämpade K-värdena på jordarter visas i Figur 6 till Figur 8. Friktionsjord 1 och 2 utgör områden där justeringar av K-värde för friktionsjord/morän har gjorts i syfte att kalibrera modellen. En jämförelse mellan de beräknade och observerade grundvattennivåerna redovisas i Figur 11. Vid de planerade anläggningarna ligger beräknade och observerade grundvattennivåer mycket nära varandra (inom 0,3 m). De största avvikelserna kan observeras i beräknade grundvattennivåer vid 20S207GW, 20S206GW och 6C1806R, där beräknade grundvattennivåer är ca 0,3 m högre än observerade nivåer. Den avvikelsen bedöms vara rimlig och kalibreringen bedöms vara acceptabel för en grundvattenmodell av denna storlek.



Figur 10. Jordartskarta enligt SGU samt grundvattenrör som använts i kalibreringen.



Figur 11. Resultat från genomförd kalibrering.

4 Beräkningar för Västra och Centrala passagen samt brostöd för broar över Brunnsgatan

Beräkningarna för Trafikverkets anläggningar omfattar simulering av grundvattensänkning i omgivningen till följd av grundvattenbortledning inom schakterna. Ingående anläggningsdelar samt planerad nivå för schaktbotten redovisas i Tabell 3. I beräkningarna har grundvattenbortledning simulerats med en dränering till 0,5 m under planerad schaktbotten. Simuleringarna har utförts för scenarion med och utan spont. Spont begränsar inläckaget till schakt som i sin tur begränsar bortledningen av grundvatten.

Trafikverkets anläggningar kommer att utföras parallellt i två produktionsetapper. Under den första etappen (Etapp 01) kommer den södra delen av samtliga anläggningar byggas medan tågtrafik pågår på den norra sidan. Under nästa etapp (Etapp 02) byggs de norra delarna av anläggningarna medan spårtrafiken förläggs till den färdigställda södra delen, se Figur 12.

Tabell 3. Planerade schakter och dräneringsnivåer

Anläggningar	Schaktbottennivå	Dräneringsnivå
Brostöd Brunnsgatan	+8,5	+8,0
Centrala passagen	+8,2	+7,7
Västra passagen	+8,8	+8,3

För att beräkna grundvattensänkning för hela produktionstiden (södra och den norra delen) simulerades även grundvattenbortledning i två etapper.

Scenarion med spont användes även för att simulera effekten av spont på avsänkningens utbredning. För scenarier med spont modellerades underkantsnivån för spont ner till berg. K-värdet för spont ansattes till 1×10^{-8} m/s vilket är ca tre tiopotenser lägre än K-värdet på morän.

Under kortare perioder av byggskedet kommer en utökad grundvattensänkning att ske inom lokala lågpunkter för hisschakt och pumpstationer inom de planerade schakten vid Västra och Centrala passagen. Grundvattensänkningen blir således något större lokalt men bedöms vara marginell i förhållande till den övergripande grundvattensänkning som utförs inom huvudschakten. Det framtagna påverkansområdet blir även oförändrat eftersom det enbart avser några mindre lokala avsänkningar som utförs under en begränsad tid.

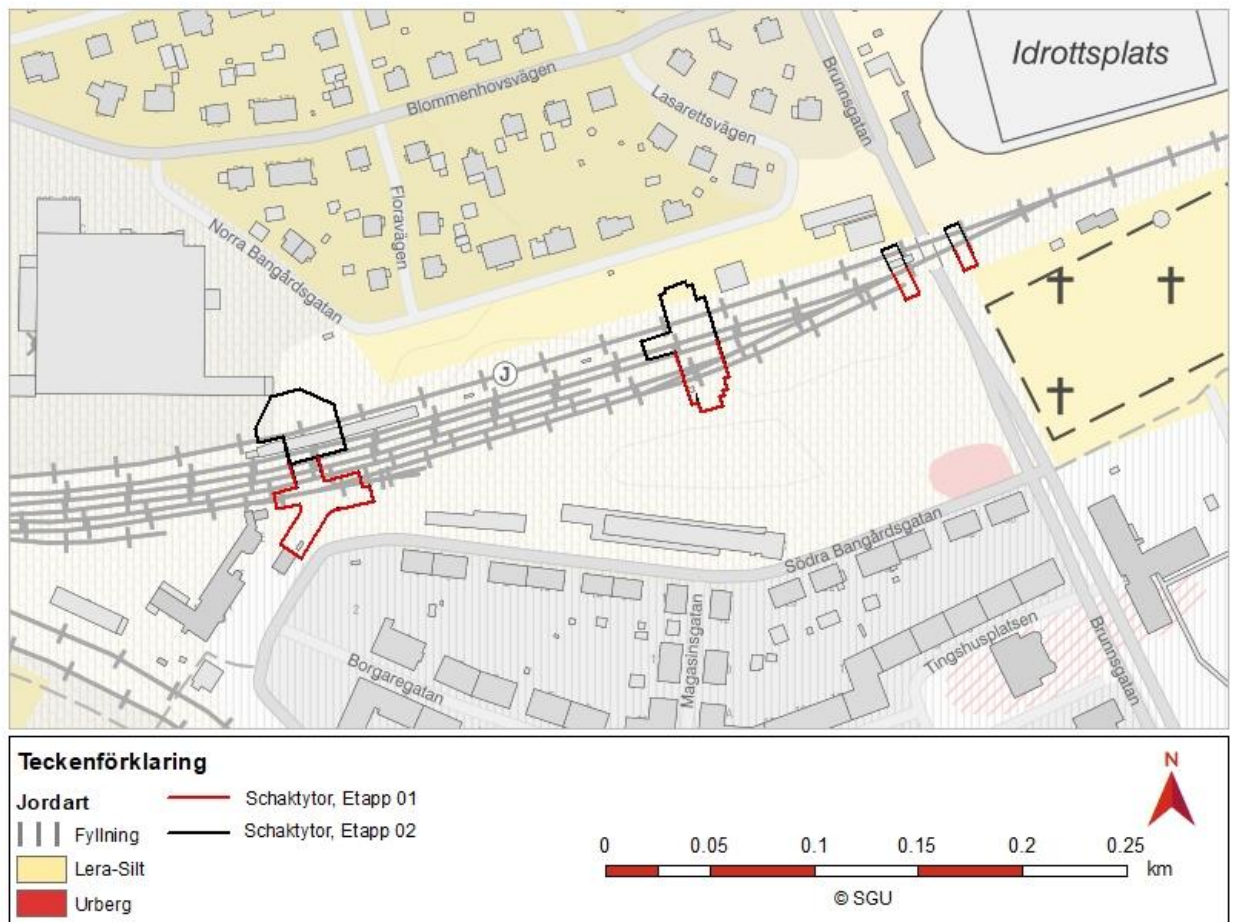
De simulerade scenarierna sammanfattas som följande (se även Tabell 4 och Figur 12). För ansatta dräneringsnivåer för respektive schakt se Tabell 3 ovan.

Scenario:

- A) Schaktområden är begränsat till svart- och rödmarkerade områden som representerar den sammantagna schaktytan under byggskedet (Norra och Södra delen).
- B) Schaktområden är begränsade till markerade områden i svart som representerar en etappvis konstruktion (Norra delen, Etapp 02).
- C) Schaktområden är begränsade till markerade områden i rött som representerar en etappvis konstruktion (Södra delen, Etapp 01).

Tabell 4. Olika modellscenarier för simulering av grundvattensänkning

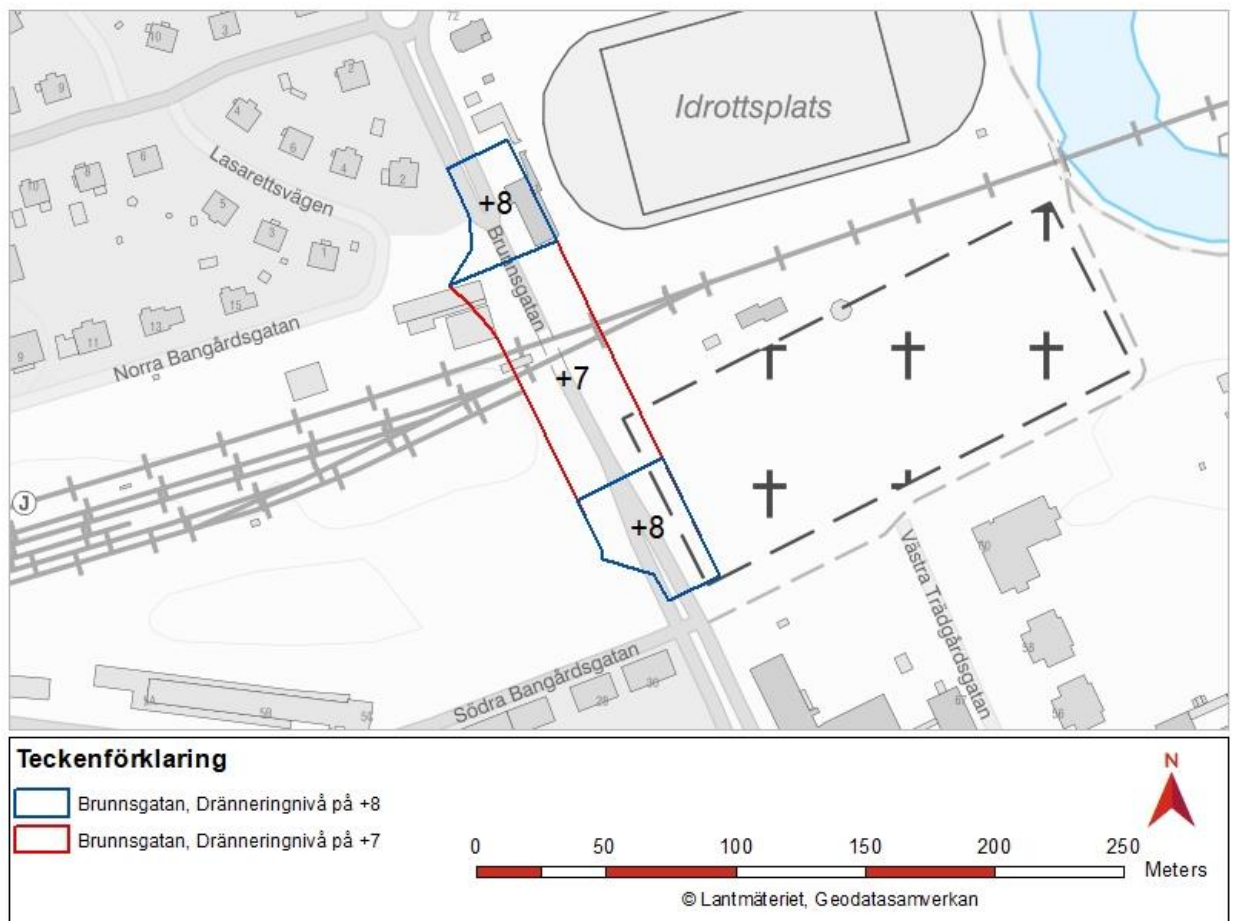
Scenario	Schaktområdet	Spont
A1	Både norra och södra delen	Ingen spont
A2	Både norra och södra delen	Spont med $K = 1 \times 10^{-8}$ m/s
B1	Norra delen (Etapp 02)	Ingen spont
B2	Norra delen (Etapp 02)	Spont med $K = 1 \times 10^{-8}$ m/s
C1	Södra delen (Etapp 01)	Ingen spont
C2	Södra delen (Etapp 01)	Spont med $K = 1 \times 10^{-8}$ m/s



Figur 12. Schaktytor för Etapp 01 (röd) och Etapp 02 (svart).

5 Beräkningar för Brunnsгатans tråg

Modellen som beskrevs i kapitel 3 används även för beräkning av grundvattensänkning i samband med planerad byggnation av Brunnsгатans vägtråg. Avsänkning i grundvatten beräknas som skillnaden mellan initiala grundvattennivåer från den kalibrerade modellen (se Figur 11) och beräknade grundvattennivåer efter grundvattensänkning vid anläggningen. Grundvattenbortledning vid Brunnsгатans tråg simuleras med en dränering till +8 i norra och södra delen och till nivå +7 i mitten (se Figur 13). Simuleringarna har utförts för scenarion med och utan spont.



Figur 13. Schaktområde för Brunnsgratens trågkonstruktion samt ansatta dräneringsnivåer.

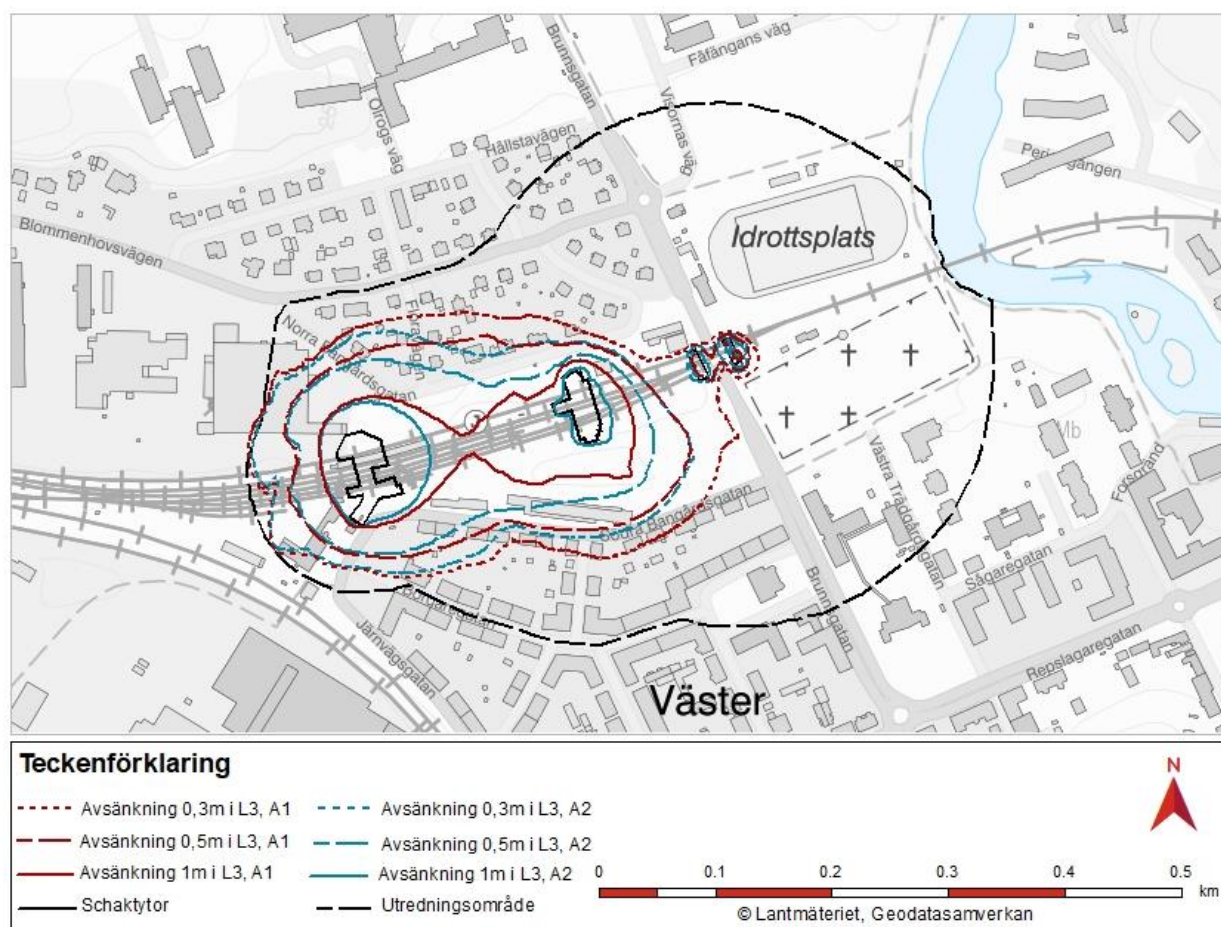
6 Modellresultat Trafikverkets anläggningar

Figur 14 till Figur 16 redovisar beräknade grundvattensänkningar för de olika modellscenarion som omfattar Trafikverkets planerade anläggningar.

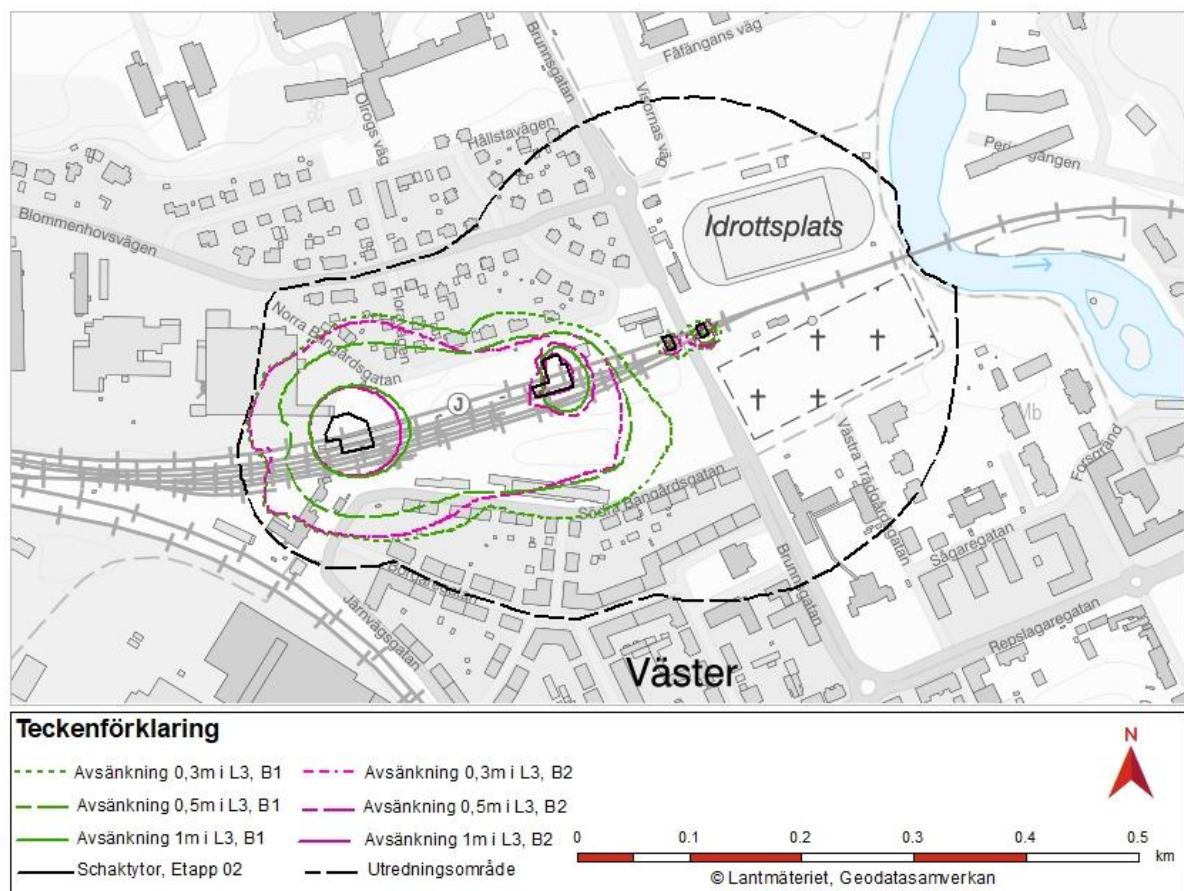
Resultaten visar att influensområdet för etapp 2 (norra sidan, scenario C) kommer att vara något större än influensområdet för etapp 1 (södra sidan, scenario B). Scenario A, där båda sidorna samtidigt avsänks till 0,5 m under schaktbotten, ger den största avsänkningen. I praktiken kommer grundvattenbortledning att ske enligt ovanbeskriven etappindelning så att den södra sidan av järnvägen byggs först, varefter arbeten med den norra sidan tar vid. Under den tid grundvattenbortledning pågår kommer respektive sida att vara avsänkt. I samband med sammanfogning av södra och norra sidans bro- och betongtunnelkonstruktioner kommer dock en avsänkning inom den gemensamma schaktytan att krävas. Detta scenario är endast aktuellt under en begränsad tid. Scenario A bedöms således ligga till grund för avgränsning av det sammantagna påverkansområdet som avser Trafikverkets planerade anläggningar.

Jämförelsen mellan resultaten av scenario C1 och C2 samt B1 och B2 visar en begränsad effekt av spont i utbredningen av influensområden. Det kan delvis bero på ett relativt högt K-värde för ytligt berg i modellen (grundvattenflödet sker i berget istället för i jordlagren),

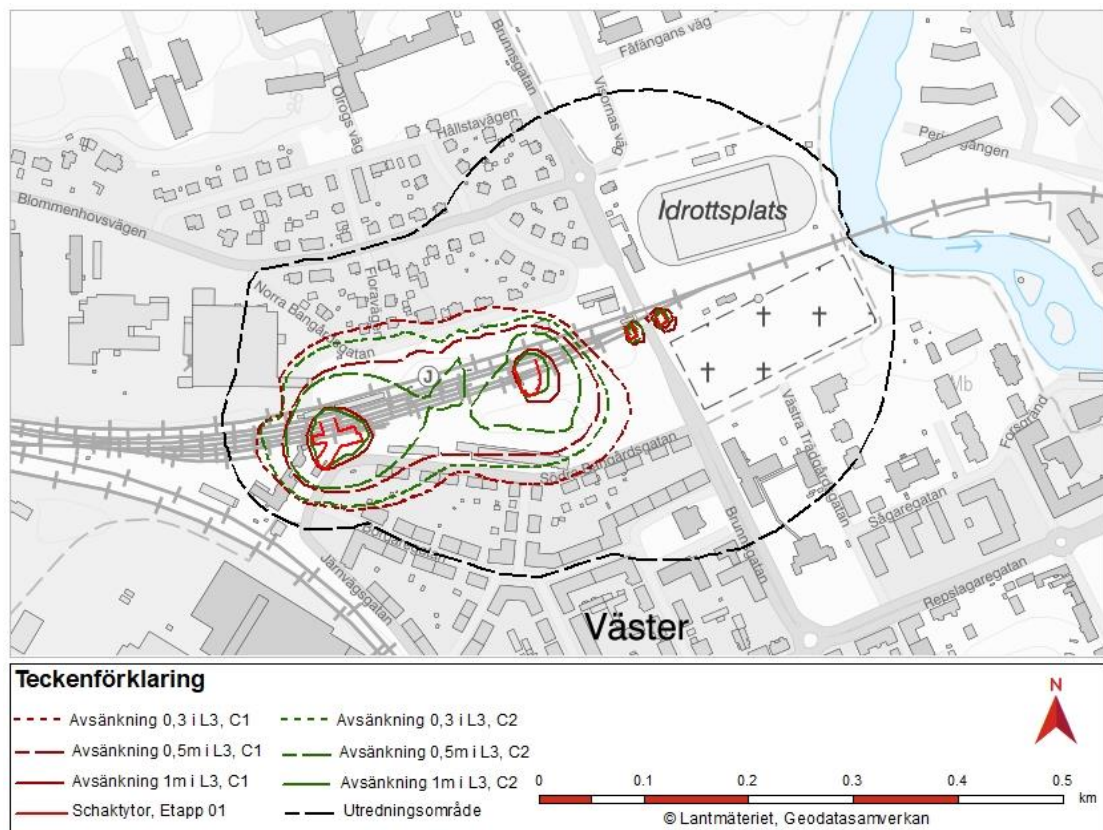
samt att det vid norra sidan och södra sidan av Västra passagen inte är planerat någon spont.



Figur 14. Grundvattenavsänkning för scenario A1 (hela schaktytan utan spont) och A2 (hela schaktytan med spont) i modelllager L3 vilket motsvarar morän och övrig typ av friktionsjord.



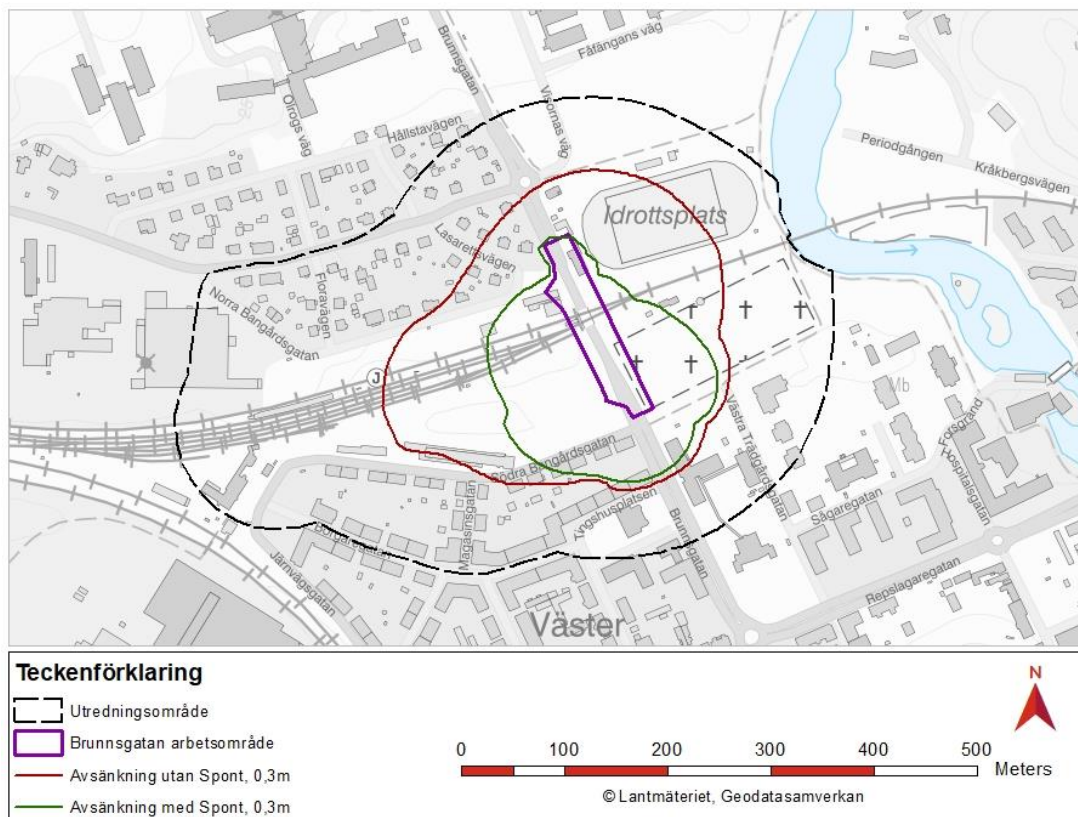
Figur 15. Grundvattenavsänkning för scenario B1 (schakt norra sidan utan spont) och B2 (schakt norra sidan med spont). L3 i legenden står för modellager 3 vilket motsvarar morän och övrig typ av friktionsjord.



Figur 16. Grundvattenavsänkning för scenario C1 (schakt södra sidan utan spont) och C2 (schakt södra sidan med spont). L3 i legenden står för modellager 3 vilket motsvarar morän och övrig typ av friktionsjord.

7 Modellresultat Brunnsgatans vägtrång

Beräknade grundvattensänkningar för 0,3 m utbredning redovisas i Figur 17. I beräkningarna har schakt med och utan spont tillämpats.



Figur 17. Grundvattenavsänkning för vägtråget vid Brunnsgräset med och utan spont.

8 Sammanfattning

Den största osäkerheten i modelleringsarbetet anses gälla den komplicerade geologin med diffusa jordövergångar i området som orsakar svårigheter att bedöma både mäktigheter och hydraulisk konduktivitet för de olika jordlagren. Tillgängliga sonderingar samt utförda hydrauliska tester utvärderades omsorgsfullt för att bygga modellen så representativt som möjligt. Modellkalibreringen bedöms vara acceptabel för de tillämpade observationsrören i närheten av planerade anläggningar. Ansatt hydraulisk konduktivitet som används för morän och övrig friktionsjord bedöms vara relativt hög vilket bidrar till ett mera konservativt resultat för den beräknade grundvattensänkningen. Grundvattenbildningen på 100 mm/år är också relativt lågt ansatt vilket medför ett mera konservativt resultat.

Scenariona från de utförda modellberäkningarna visar att den största avsänkningen i omgivningen erhålls vid ett scenario där både de norra och södra schakterna samtidigt är avsänkta. För Trafikverkets planerade anläggningar (Västra och Centrala passagen samt brostöd vid Brunnsgräset) visar resultaten att schakt med spont inte nämnvärt minskar influensområdets storlek. För vägtråget vid Brunnsgräset bedöms dock en schakt med spont i högre grad motverka avsänkningens utbredning i området norr och väster om den planerade anläggningen.

9 Referenser

Domenico, P. A., & Schwartz, F. W. (1998). Physical and Chemical Hydrogeology. John Wiley & Sons, inc.

Gustafson, G. (2009). Hydrogeologi för bergbyggare

Naturvårdsverket. (1997). Grundvattenströmning i kristallint berg. Rapport 4818. © Stockholm

Ryd, E. (2017). Samband mellan kapacitet vid borrning och transmissivitet i kristallint och sedimentärt berg

SMHI. (Öppen data). Hämtat från <http://www.smhi.se>

Waterloo Hydrogeologic, Inc. (2019). Visual Modflow Flex 6.0 user manual, <https://www.waterloohydrogeologic.com/documentation-and-licensing/>

Trafikverket, 781 89 Borlänge
E-post: trafikverket@trafikverket.se
Telefon: 0771-921 921