

Projektnamn

Västlänken och Olskroken planskildhet

Dokumenttyp

PM

Ärendenummer

TRV 2016/3151

Skapad av

Robin Borgström

Filnamn

MPU02-50GT-025-00-0006_Bilaga 3

Godkänt av

Karl Persson

Godkänt datum

2016-02-10

Version

—

Uppdrag

MPU 02

Dokumenttitel

Bilaga 3 PM Numerisk grundvattenberäkning Gibraltargatan

Underlagsdokument till PM Hydrogeologi,

Ansökan om tillstånd enligt miljöbalken för anläggandet av Västlänken och Olskroken planskildhet

Ändringslogg

Version	Datum	Ändring	Godkänt av

Innehåll

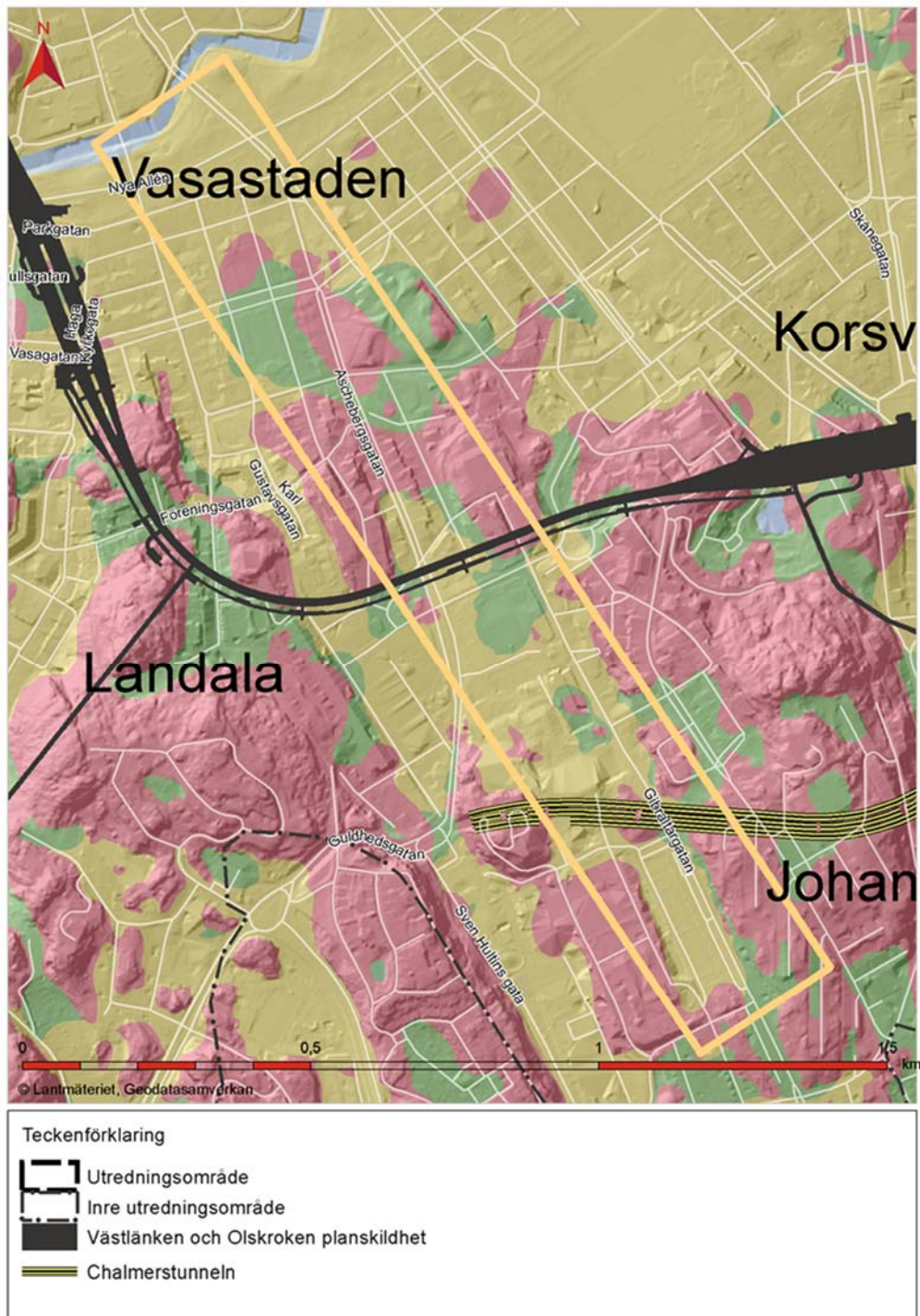
1	Inledning	4
2	Områdesbeskrivning	5
3	Konceptualisering	6
3.1	Grundvattenmagasin	6
3.2	Hydrogeologiska domäner och hydraulisk konduktivitet	6
3.3	Vattenbalans	7
3.4	Västlänken och övriga dränerande anläggningar	8
4	Modelldomän	8
4.1	Modellens geometri och randvillkor	8
4.2	Modellränder	8
5	Kalibrering	9
5.1	Grundvattennivåer	9
5.2	Vattenbalans kalibrerad modell	12
6	Resultat scenario Västlänken injekteringsskärm 2×10^{-9} m/s	13
6.1	Vattenbalans	14
6.2	Grundvattennivåer och avsänkning	16
7	Resultat scenario Västlänken injekteringsskärm 6×10^{-9} m/s	21
7.1	Vattenbalans	21
7.2	Grundvattennivåer och avsänkning	23
8	Referenser	27

1 Inledning

Föreliggande rapport utgör ett underlagsdokument till PM Hydrogeologi som ingår i Ansökan om tillstånd enligt miljöbalken för anläggandet av Västlänken och Olskroken planskildhet

En numerisk grundvattenmodell (tvärsnittsmodell) har upprättats för att studera inläckage av grundvatten till Västlänkens spårtunnel vid passage av den jordfyllda sänka som sträcker sig längs Gibraltargatan öster om Chalmers tekniska högskola och vidare norrut till Vallgraven, figur 1. Resultaten syftar till att kunna användas som underlag för bedömning av Västlänkens omgivningspåverkan på grundvattenmiljön både platsspecifikt (Gibraltargatan) och generellt i områden med liknande geologiska förhållanden. Syftet med modelleringen är även att studera inläckage och grundvattennivåpåverkan i berg vid olika tunneltäthet.

Modellområdet är cirka 2 000 meter långt (i grundvattnets huvudsakliga strömningsriktning) och cirka 275 m brett. Modellområdet är orienterat tvärs Västlänken på sådant sätt att grundvattenflödet i huvudsak sker linjärt och parallellt modellens långsidor.



Figur 1 Modelldomän, cirka 2000 meter lång och 275 meter bred

2 Områdesbeskrivning

Modelldomänens södra del utgörs av en jordfylld nordnordvästligt orienterad dalsänka som i väster och öster gränsar till höga bergnivåer med berg i dagen eller tunna jordlager. Modelldomänens norra del utgörs av mäktiga jordlager i anslutning till Vallgraven. Avrinning av grundvatten och ytvatten sker huvudsakligen mot de topografiskt lägre liggande områdena i norr. Grundvattennivåskillnaden inom modelldomänen uppgår till cirka 50 meter.

Jordlagren består generellt av cirka 1-5 meter mäktiga friktionsjordlager på berg över vilka förekommer lera och överst fyllningsjord. Längs Gibraltargatan varierar jordmäktigheten mellan 5 och 10 meter. Mot norr ökar jordmäktigheten och uppgår vid Vallgraven till mellan 50 och 100 meter.

Ungefär vid Johannebergs kyrka tvärs Chalmerstunnelns bergtunnel Gibraltargatans dalgång i cirka öst-västlig riktning. Bergtunneln sträcker sig från Södra vägen till Chalmers tekniska högskolas huvudentré vid Aschebergsgatan.

Västlänken löper genom modelldomänen i öst-västlig riktning.

3 Konceptualisering

Konceptualiseringen av den aktuella modellen baserar sig på geologisk data (bergnivå, jordlagerprofil och grundvattennivå) från den för Västlänken upprättade hydromodell MPU.

3.1 Grundvattenmagasin

Sammanhängande grundvattenmagasin förekommer i undre friktionsjordlager samt i berg.

3.2 Hydrogeologiska domäner och hydraulisk konduktivitet

Jordlagerföljden inom modelldomänen har tolkats som tre skilda enheter med avseende på hydrogeologiska egenskaper: fyllningsjord, lerjord och undre friktionsjord. Fyllningsjorden bildar ett övre grundvattenmagasin i jord och den undre friktionsjorden ett undre grundvattenmagasin i jord. De två magasinerna har begränsad inbördes hydraulisk kontakt via lerlager vilka har låg vattengenomsläpplighet.

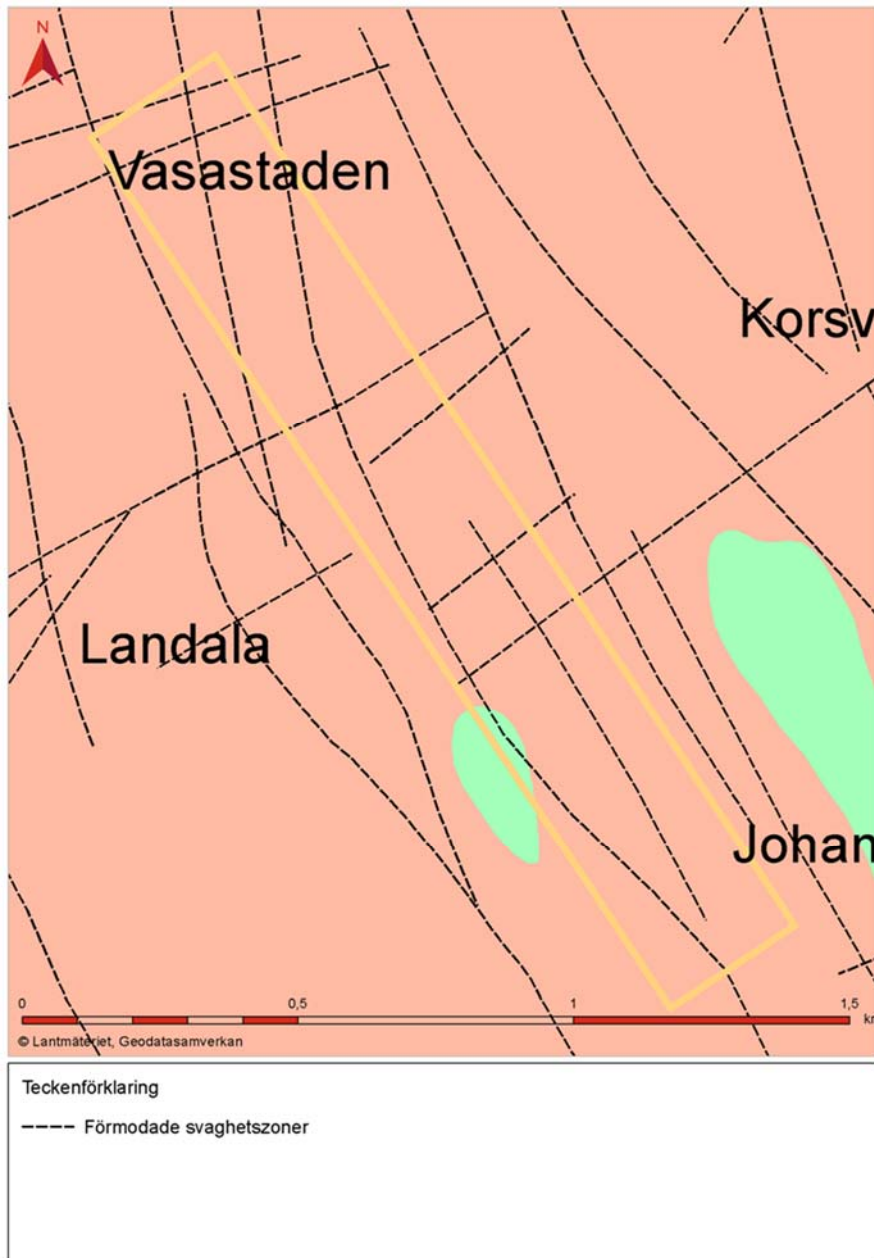
Grundvattenbildning till övre magasin sker direkt via infiltration av nederbörd. Otäta ledningar både tillför vatten och dränerar övre grundvattenmagasin. Grundvattenbildning till undre grundvattenmagasin sker huvudsakligen längs gränser mot bergpartier där friktionsjorden går i dagen. Grundvattenbildning sker även i mycket begränsad omfattning inom de lertäckta områdena genom läckage till friktionsjorden.

Berggrunden utgör ett sammanhängande grundvattenmagasin med god hydraulisk förbindelse med det undre friktionsjordlagret i de jordfyllda sänkorna. De översta delarna av berget har definierats som ytberg, med högre vattengenomsläpplighet (hydraulisk konduktivitet) jämfört med övrigt, djupare beläget berg. Tolkade svaghetszoner inom modelldomänen (figur 2) har antagits uppvisa högre vattengenomsläpplighet i jämförelse med omgivande berg.

Karakteristiska värden på hydraulisk konduktivitet baserar sig huvudsakligen på undersökningar som genomfördes i samband med byggandet av Chalmerstunneln samt på historiska data insamlade för Västlänken. De ansatta hydrauliska konduktiviteterna fördelar sig på de olika geologiska enheterna enligt tabell 1.

Tabell 1 Ansatt hydraulisk konduktivitet i de olika geologiska enheterna.

Geologisk enhet	Vattengenomsläpplighet, konceptuell	Vattengenomsläpplighet, kalibrerad
Fyllnadsmaterial	10^{-8} till 10^{-3} m/s	1×10^{-6} till 7×10^{-5} m/s
Lera	10^{-8} m/s	5×10^{-8} m/s
Undre friktionsjord	10^{-5} till 10^{-4} m/s	1 till 7×10^{-5} m/s
Ytberg, uppsprucket	1 till 2×10^{-7} m/s	1×10^{-7} m/s
Friskt berg	4×10^{-8} till 2×10^{-7} m/s	3 till 5×10^{-8} m/s
Svaghetszoner, 10 m breda	2×10^{-7} till 5×10^{-6} m/s	6 till 2×10^{-7} m/s



Figur 2 Berggrundskarta för modellområdet samt tolkade svaghetszoner från SGUs berggrundskarta (SGU, 2015). De zoner som finns inom modellområdet är implementerade i modellen med de egenskaper som framgår av tabell 1. Zonerna orientering överensstämmer i stort med de strukturer som redovisas i PM Hydrogeologi.

3.3 Vattenbalans

Nybildning av grundvatten över hela modelldomänen har konceptuellt antagits vara mellan 20 och 300 mm/år (årsmedelvärde) beroende på geologisk enhet och specifika förutsättningar för aktuell enhet. Nybildningen av grundvatten till de olika modellagren och de olika geologiska enheterna beror på ett flertal hydrogeologiska och hydrauliska parametrar, som exempelvis hydrogeologiska egenskaper, hydrauliska gradienter, grundvattennivåer och förekomst av dräner. Omfördelningen av nybildat grundvatten hanteras i samband med modellkalibrering samt vid de olika beräkningsscenarier som studeras. Nybildning av grundvatten samt olika lagers vattenbalans är inte konstant, utan beror på vattentillgång och grundvattennivå. Det kan förutsättas att vattenvolymer ökar i samband med att grundvatten bortleds via exempelvis en dränerande tunnelanläggning.

I tabell 2 visas antagna intervall för nybildning av grundvatten för olika geologiska enheter samt värden som erhållits vid modellkalibrering.

Tabell 2 Nybildning av grundvatten för de olika geologiska enheterna

Geologisk enhet	Nybildning av grundvatten, konceptuell	Nybildning av grundvatten, kalibrerad modell
Lera	20-50 mm/år	16-31 mm/år
Friktionsmaterial	20-300 mm/år	16-126 mm/år
Berg	20-300 mm/år	16-160 mm/år

3.4 Västlänken och övriga dränerande anläggningar

Inom modelldomänen förekommer bergtunneln Chalmerstunneln. Denna tunnel har antagits ha en dränerande effekt på grundvatten i jord och berg inom modelldomänen. Det ansatta inläckaget i modellen uppgår till totalt 8,6 L/min. Tunneln hanteras som en drän i modellen.

Västlänken tvärrar modelldomänen med en tunnelbottenivå belägen mellan -19 och -21. Modellens mitt befinner sig ungefär vid Västlänkens längdmätning 460+200. Västlänkens längd inom modellen är cirka 275 m.

4 Modelldomän

4.1 Modellens geometri och randvillkor

Den upprättade modellen är cirka 275 meter bred, 2 000 meter lång och ungefär 200 meter djup. Modellens uppbyggnad sammanfattas i tabell 3. Modellens geometri är vald utifrån de hydrauliska ränder som avgränsar området. Topografin är hämtad från Lantmäteriets digitala höjddatabas.

Jordlagermaktigheter och jordlagrens utbredning är hämtade från den inom projektet upprättade hydromodellen.

Tabell 3 Sammanfattning av modellens uppbyggnad.

Modellelement	
Rader	379 st
Kolumner	54 st
Lager	15 st
Modellarea	511650 m ³
Antal celler	306990
Cellstorlek	5 x 5 meter

4.2 Modellränder

Modelldomänen är vald så att rådande grundvattenflöde samt flöde efter att Västlänken har anlagts, i huvudsak sker parallellt med modellens längdutsträckning, vilket i det aktuella fallet innebär strömningsriktning från söder mot norr. Grundvattenflöde tvärs modellens längdutsträckning bedöms således som marginell.

Modellens ränder i väster och öster utgörs av höga berglägen vilka i modellen antagits vara ränder över vilka inget grundvattenflöde sker. I söder finns en gravitationsvattendelare som i modellen representeras av en rand över vilken inget grundvattenflöde sker. I norr antas att Vallgraven kan representeras av en rand med konstant grundvattennivå på ± 0 .

Topprandvillkoret utgörs av en modelluppställning som innebär varierande grundvattenbildning. Ökad grundvattenbildning vid avsänkta förhållanden har implementerats med Modflow's EVT-modul. EVT-

modulen simulerar ökad grundvattenbildning vid avsänkta grundvattennivåer genom att minska avdunstningen.

5 Kalibrering

Den upprättade modellen har kalibrerats utifrån kända grundvattennivåer inom området samt uppmätta inflöden till den befintliga Chalmerstunneln. Ansatta kalibreringsmål (grundvattennivå) återfinns i tabell 4.

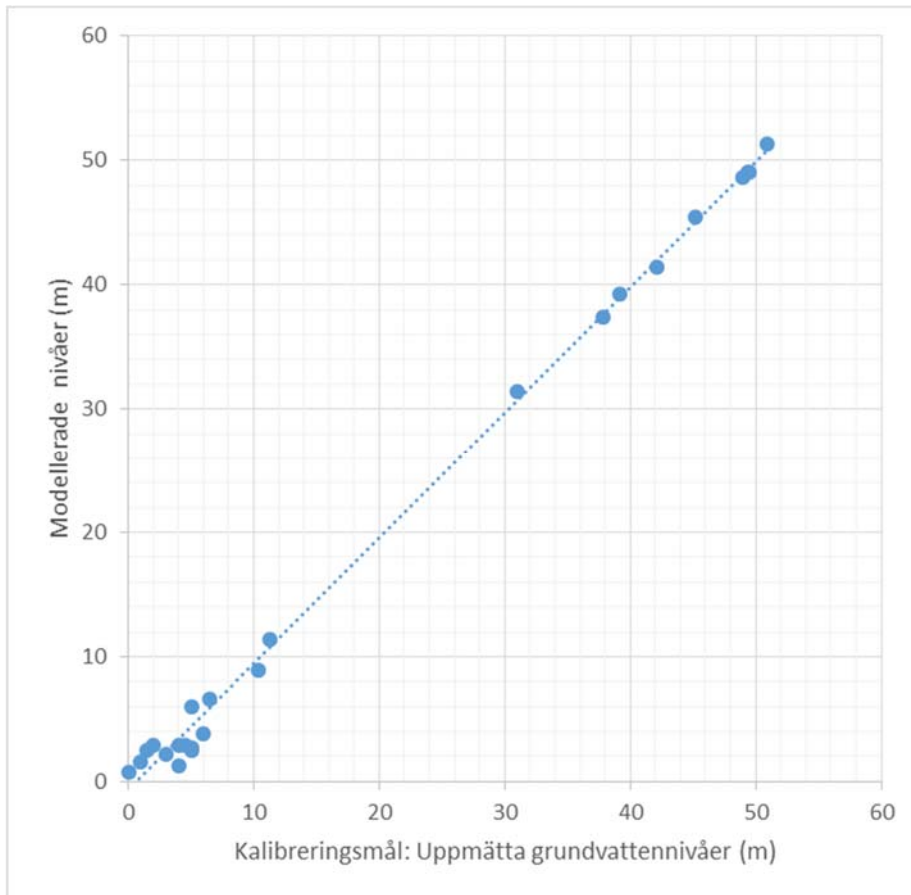
Kalibreringen har utförts genom justeringar av hydraulisk konduktivitet och grundvattenbildning.

5.1 Grundvattennivåer

I figur 3 illustreras kalibreringsmål och kalibrerade nivåer. Hur väl den kalibrerade modellen stämmer med observerade grundvattennivåer, kan beskrivas med olika statistiska mått. Dessa redovisas i tabell 5. Avvikelser uppträder bland annat då en numerisk modell med alla de generaliseringar som krävs, inte kan återspegla olika förekommande lokala geologiska heterogeniteter som styr grundvattnets uppträdande i jord och berg.

Tabell 4 Grundvattenrör inom modelldomänen som utnyttjats för kalibrering av modellen samt de kalibreringsmål som antagits (RH2000)

Rör	Kalibreringsmål		
G06A	49,0	GW473	6,5
G14A	49,4	GW477	6,0
G14FB	49,5	HH4113U	11,3
G25A	50,9	HH4114U	4,0
G40A	45,2	HH4118U	10,4
GW1613	5,0	HK4114U	31,0
GW1614	4,0	HK4119U	37,8
GW394	0,0	HK4120U	39,2
GW462	1,0	HK4121U	42,1
GW467	1,5	TY10GW	3,0
GW467A	5,0	TY3GW	5,0
GW470	2,0	TY401GW	2,8
GW470A	4,5		

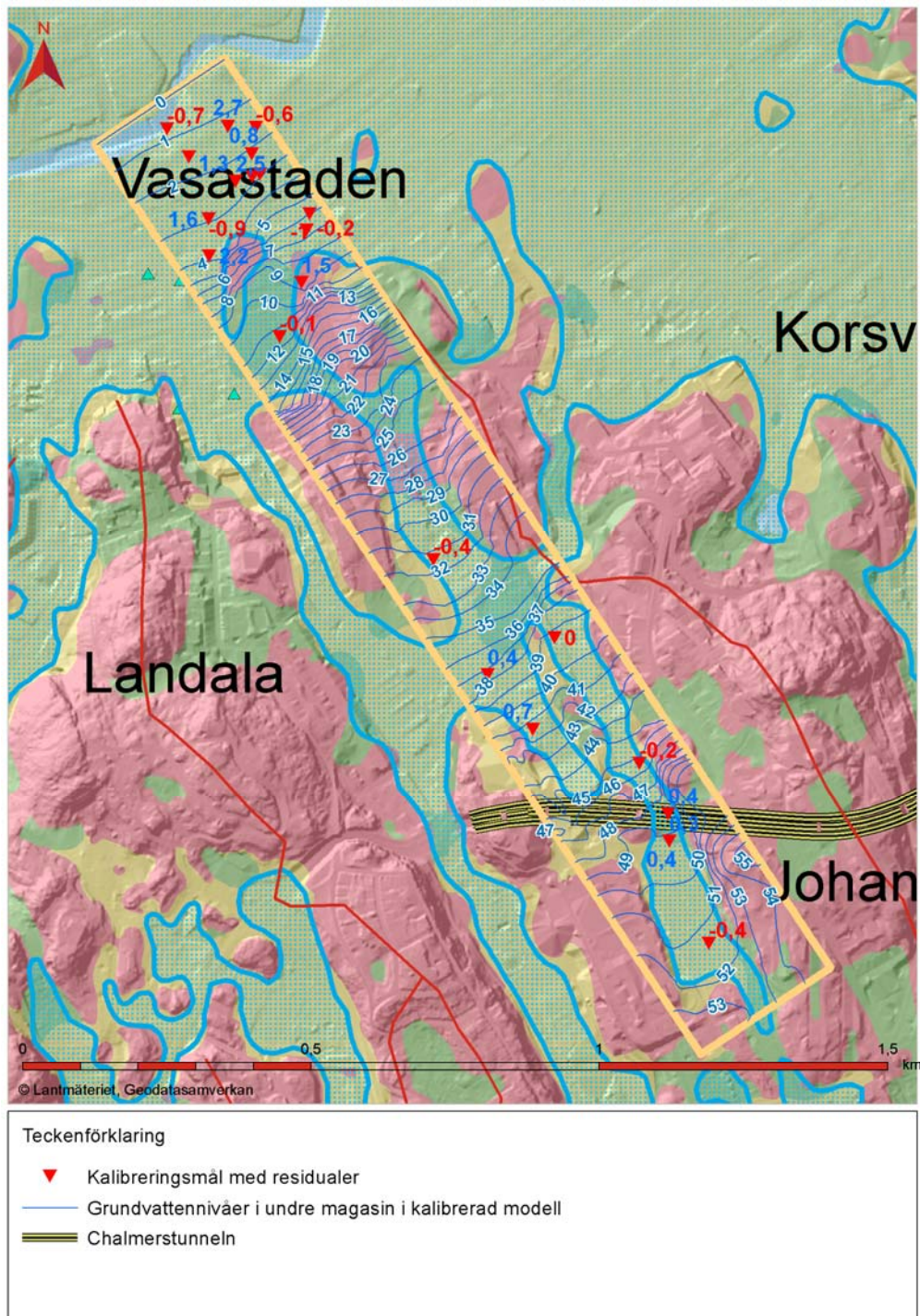


Figur 3 Uppmätta grundvattennivåer (kalibreringsmål) och modellerade (kalibrerade) nivåer

Tabell 5 Statistisk jämförelse mellan uppmätta och modellerade grundvattennivåer i kalibreringsmålen.

Parameter	Värde
Residualer, medelvärde	0,5
Residualer, standard avvikelse	1,11
Residualer, absolut medelvärde	0,94
Residualer, kvadratsumma	36,9
RMS, kvadratisk medelvärde	1,21
Minsta residual	-0,99
Största residual	2,73
Intervall observationer	50,9
Antal observationer	25

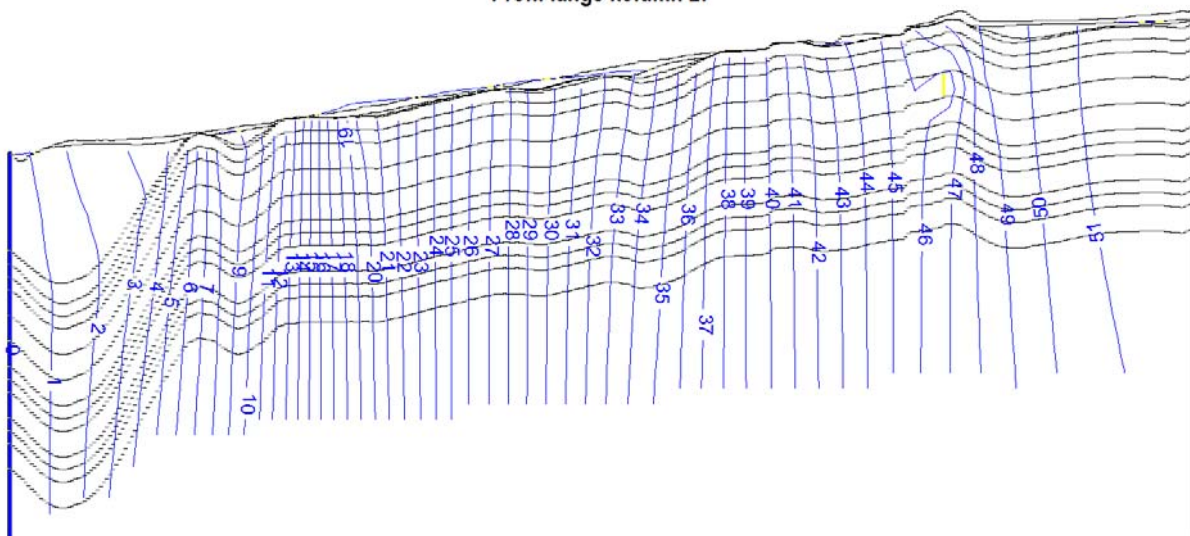
Beräknade grundvattennivåer i den kalibrerade modellen för det undre grundvattenmagasinet i jord redovisas i form av isolinjer i plan och profil med ekvidistansen 1 m. Grundvattennivån sjunker åt norr från vattendelaren i söder, ca +54 till Hamnkanalen på nivån +0. Grundvattennivåerna redovisas i plan i figur 4 och profil i figur 5.



Figur 4

Grundvattennivåer och kalibreringsresidualer. Röda värden visar skillnad mellan modellerad nivå och kalibreringsmål (residual) där modellerad (kalibrerad) nivå ligger över uppmätt nivå, medan blå värden visar där modellerad nivå ligger lägre än uppmätt nivå. Blå linjer visar kalibrerade grundvattennivåer i undre magasin i jord inom modelldomänen.

Profil längs kolumn 27



Figur 5 Grundvattennivåer i profil längs mitten av modellen. Figuren är orienterad i SSO (höger) – NNV (vänster).

5.2 Vattenbalans kalibrerad modell

Det totala inflödet till den kalibrerade modellen uppgår till ca 110 L/min och består uteslutande av nederbörd. Avdunstningen över modelldomänen uppgår till 62,3 L/min, vilket ger en nettonederbörd på 47,7 L/min motsvarande 49 mm/år över hela modelldomänen (medelvärde). Utflöde från modellen sker via modellens norra hydrauliska rand (Vallgraven) med 39 L/min. Den kalibrerade modellens vattenbalans redovisas i tabell 6. Förhållandevis hög grundvattenbildning noteras i anslutning till Chalmerstunneln samt i grundvattenbildningsområden i bergpartiet i södra delen av Vasastaden, figur 6.

Tabell 6 Vattenbalans för kalibrerad modell

In:

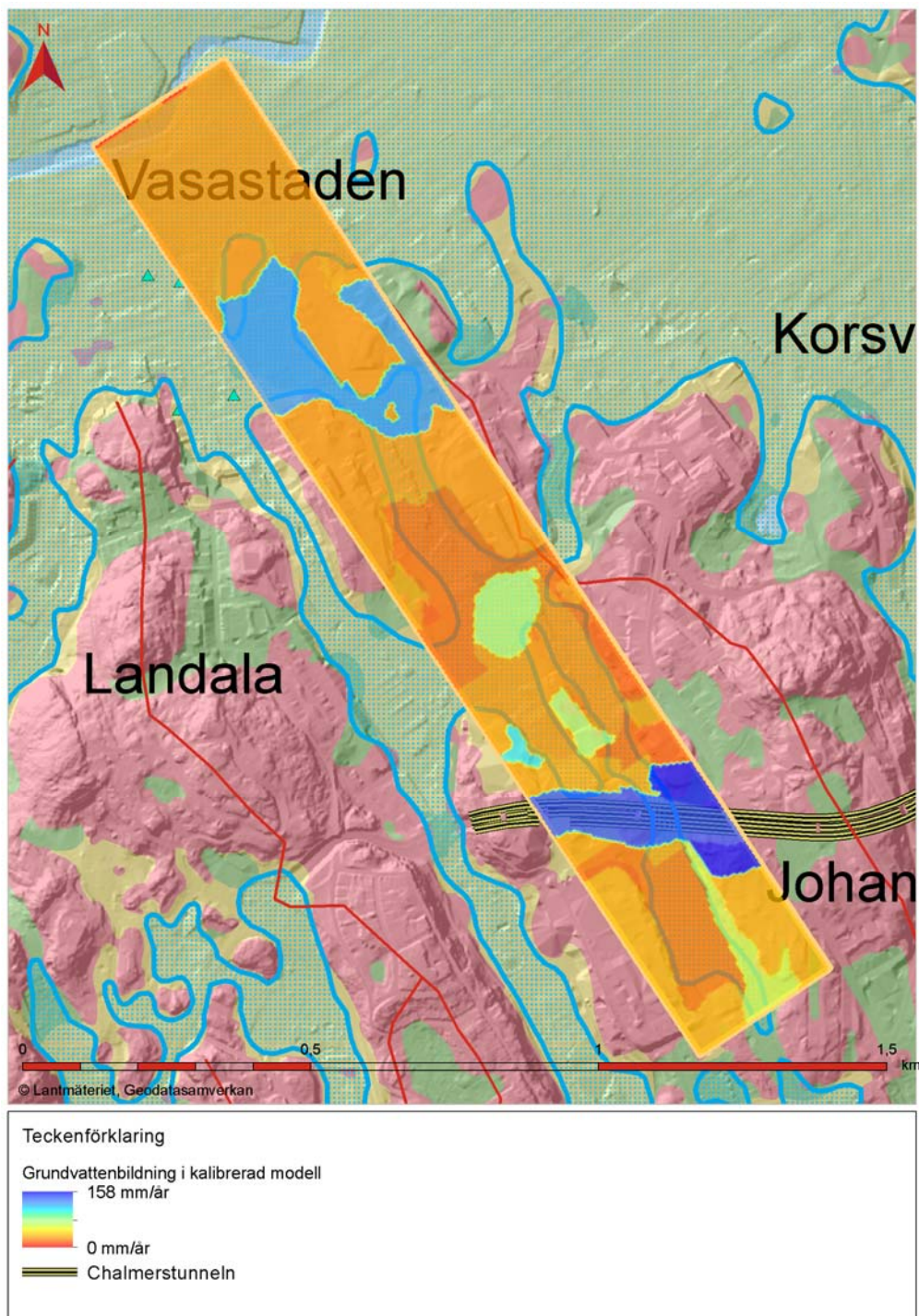
Nettonederbörd 110 L/min

Ut:

Avdunstning 62,3 L/min

Drän Chalmerstunneln 8,7 L/min

Konstant nivå Vallgraven 39 L/min



Figur 6 Grundvattenbildning i kalibrerad modell

6 Resultat scenario Västlänken injekteringsskärm 2×10^{-9} m/s

Modellscenariot innebär att Västlänkens spårtunnel introduceras i modellen som en drän med ett flödesmotstånd som simulerar en injekteringsskärm med en begränsad hydraulisk konduktivitet på $2 \cdot 10^{-9}$ m/s. Injekteringsskärmen utgörs av en 5 m bred zon runt tunneln. Resultaten syftar till att kvantifiera inläckaget till Västlänken samt de förändringar i de hydrogeologiska förhållandena som uppträder i form av grundvattennivåsenkning, ökad grundvattenbildning och förändrat grundvattenavrinningsmönster. I modelleringen har antagits att grundvattenbildningen ökar vid en avsänkning av grundvattennivåer.

6.1 Vattenbalans

I detta modellscenario har ett inläckage beräknats på totalt 14,6 L/min till Västlänkens spårtunnel vid passage av modelldomänen. Avsänkningen innebär samtidigt en ökad grundvattenbildning med i stort sett samma belopp, se figur 7 och 8. I tabell 7 redovisas in- och utflöden i modellen med Västlänken.

Tabell 7 Vattenbalans för modellscenario med Västlänken implementerad med injekteringsskärm 2×10^{-9} m/s

In:

Nettoederbörd	110 L/min
---------------	-----------

Ut:

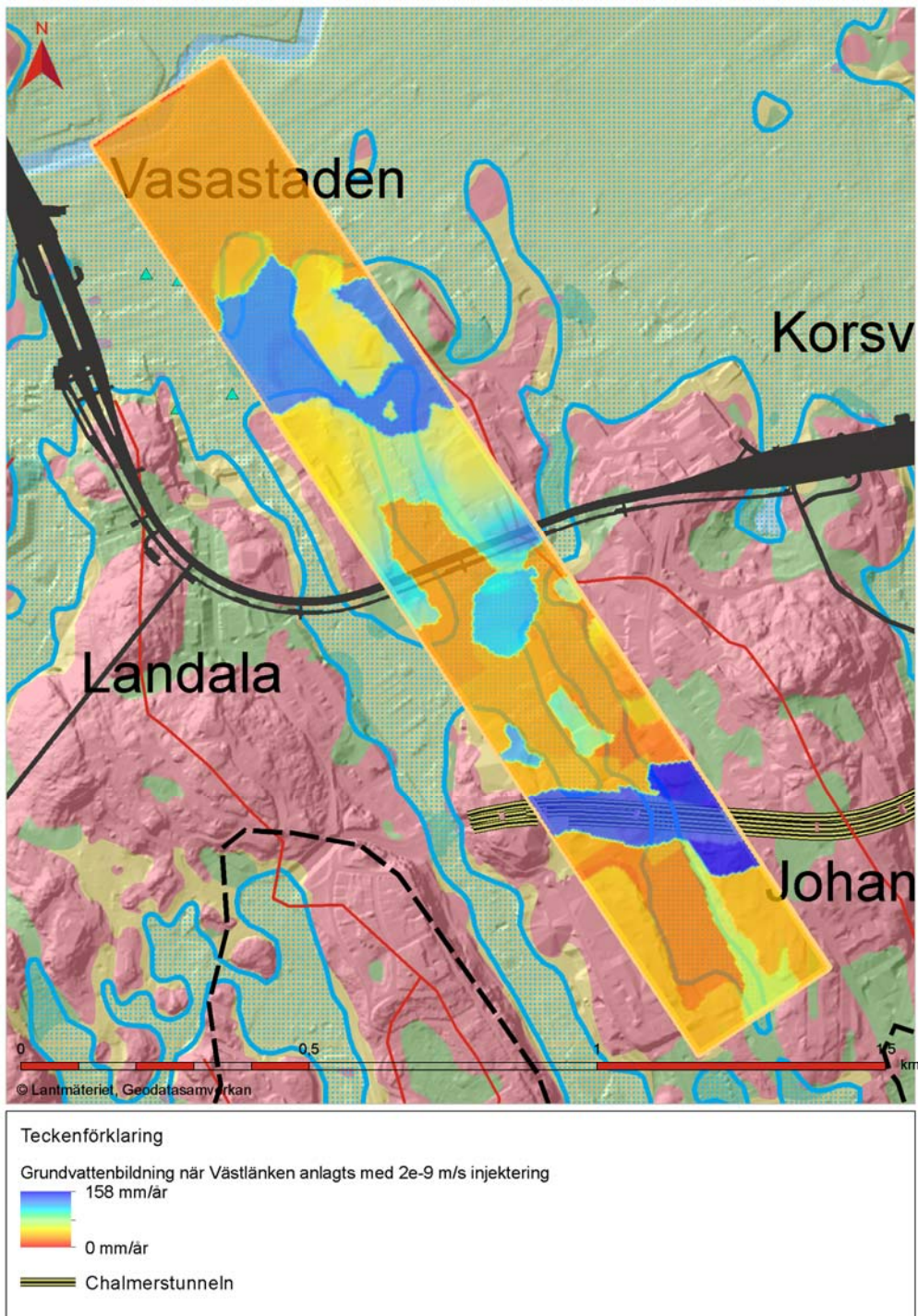
Avdunstning	50 L/min
-------------	----------

Drän/Chalmerstunneln	8,5 L/min
----------------------	-----------

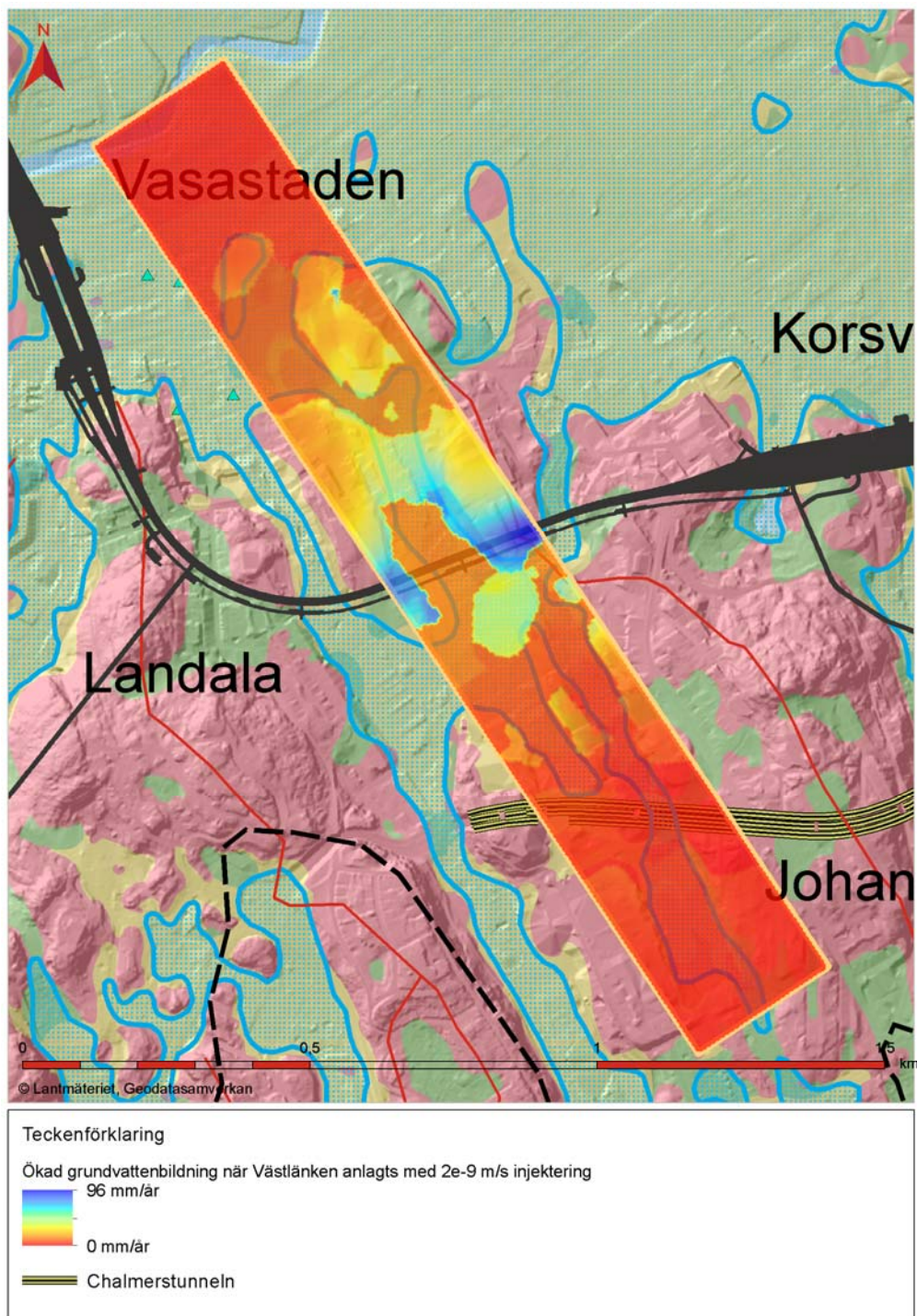
Konstant nivå/Hamnkanalen	36,8 L/min
---------------------------	------------

Drän/Västlänken	14,6 L/min
-----------------	------------

Det totala inläckaget till Västlänken i modellen motsvarar ca 4,9 L/min och 100 m tunnel. Vattenbalansen visar att inläckaget till Chalmerstunneln inte påverkas i nämnvärd utsträckning. Inflödet till Västlänken balanseras i modellen huvudsakligen genom lokalt ökad grundvattenbildning.



Figur 7 Grundvattenbildning i mm/år efter att Västlänken anlagts



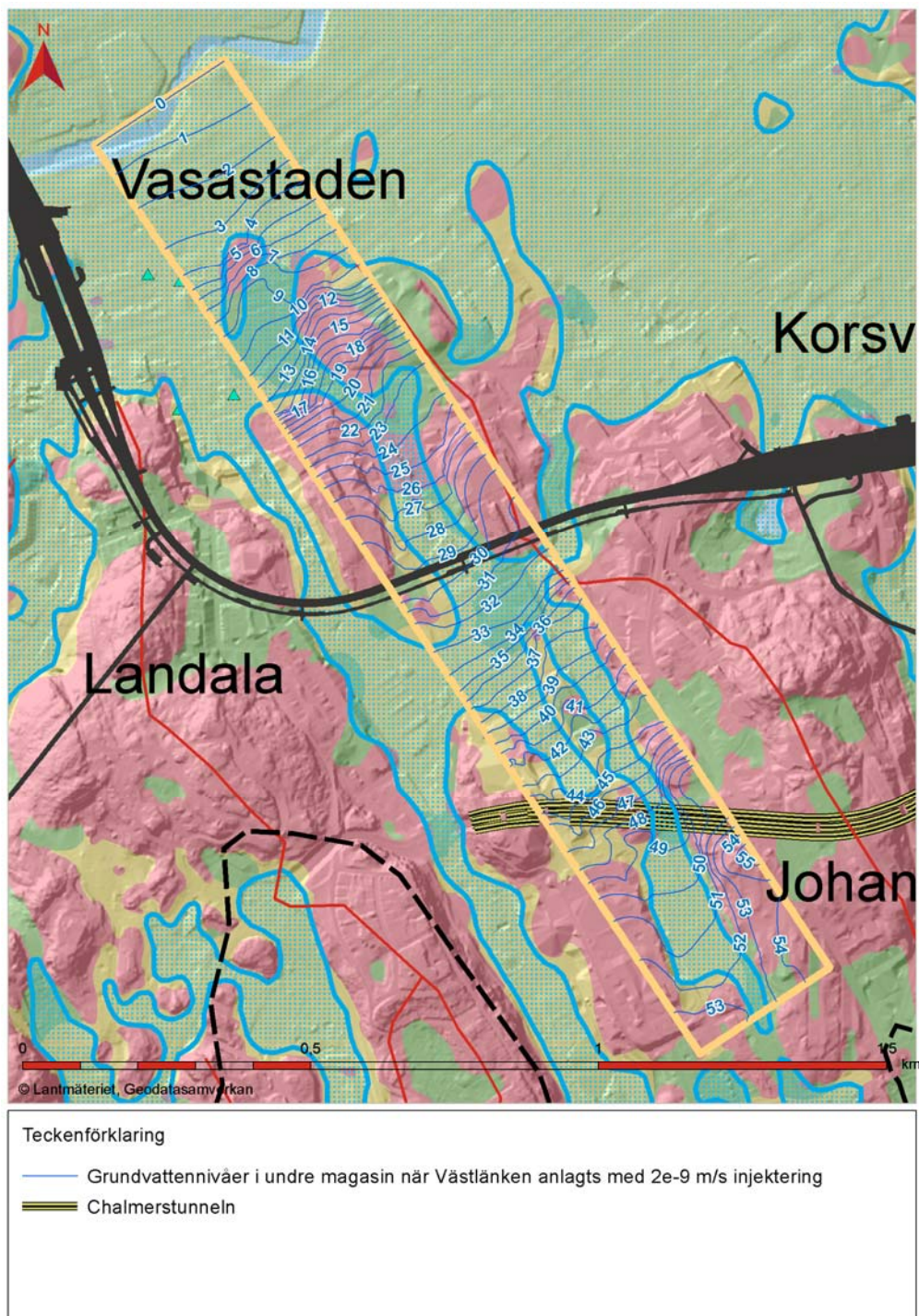
Figur 8 Ökad grundvattenbildning uttryckt i mm/år (skillnaden mellan kalibrerad och ökad grundvattenbildning).

6.2 Grundvattennivåer och avsänkning

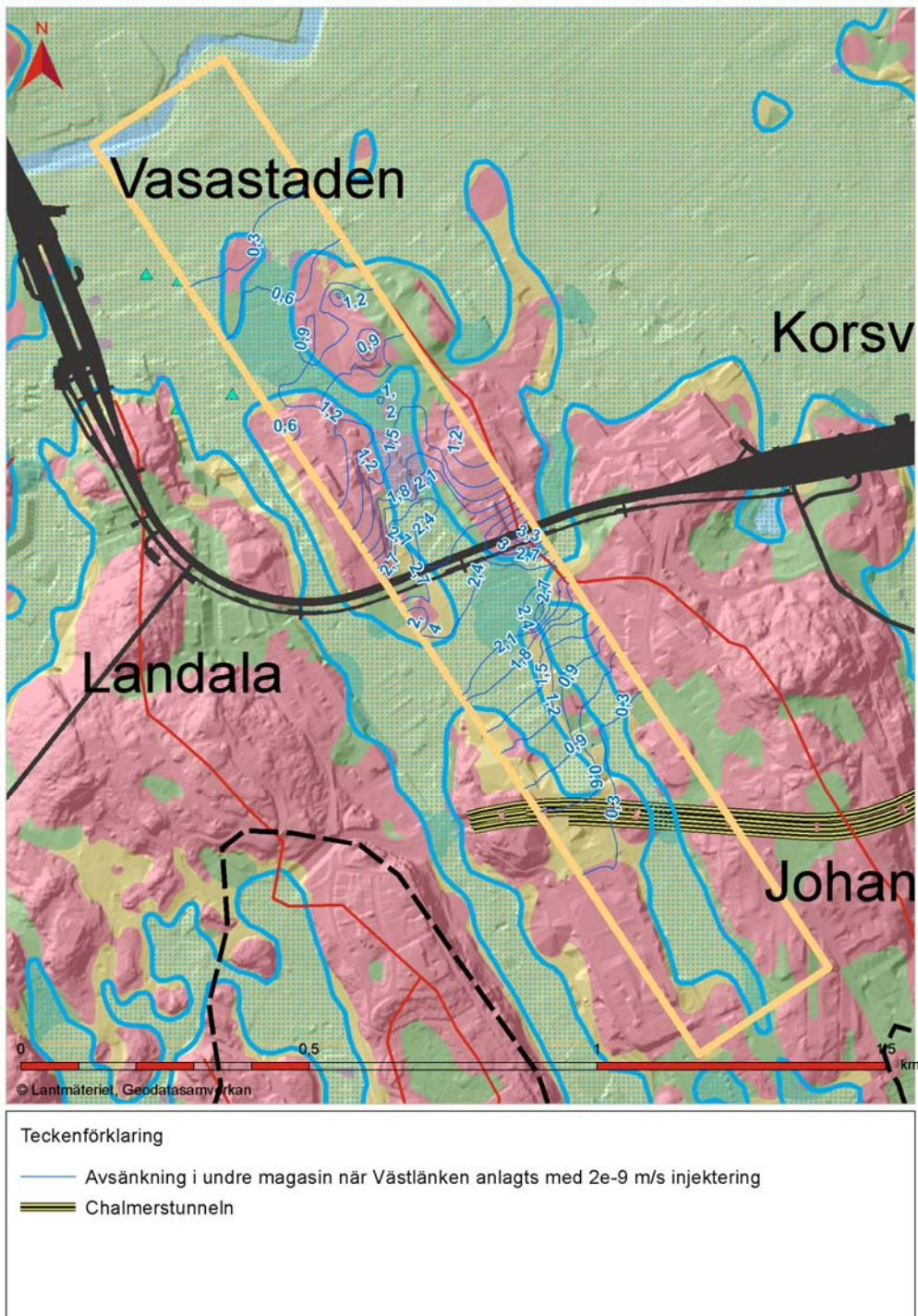
De modellerade grundvattennivåerna efter Västlänkens anläggande ger inga nämnvärda förändringar när det gäller flödesvägarna i sänkan jämfört med dagens flödesvägar, figur 9. Flödet är fortfarande från SÖ till NV, dock med en något större gradient uppströms Västlänken, medan gradienten har minskat något nedströms till följd av anläggandet av Västlänken.

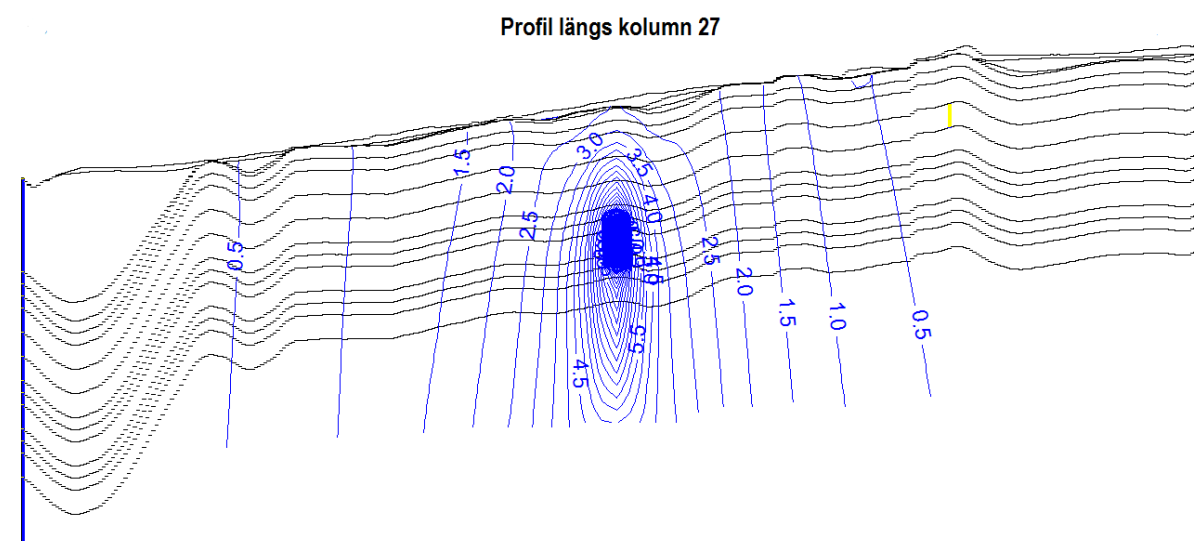
Grundvattennivåavsänkning i undre magasin i jord är enligt modelleringen mindre än 0,3 meter på ett avstånd överstigande cirka 420 meter i nordnordväst och 350 meter i sydsydöst, figur 10. Störst grundvattensänkning

(2,4 meter) i undre magasin uppkommer i ett begränsat område där Västlänken passerar Gibraltargatans jordfyllda dalgång. I områden med höga bergnivåer (berg i dagen eller tunna jordlager på berg) modelleras en ytnära påverkan på upp emot 3,3 meter. På tunnelnivå (i berg) är avsänkningen störst i anslutning till Västlänken, med 1 meter avsänkning cirka 420 meter i nordväst och 350 meter i sydöst, figur 11 och 12. Motsvarande siffror för 0,5 m avsänkning uppgår till 600 meter respektive 450 meter.

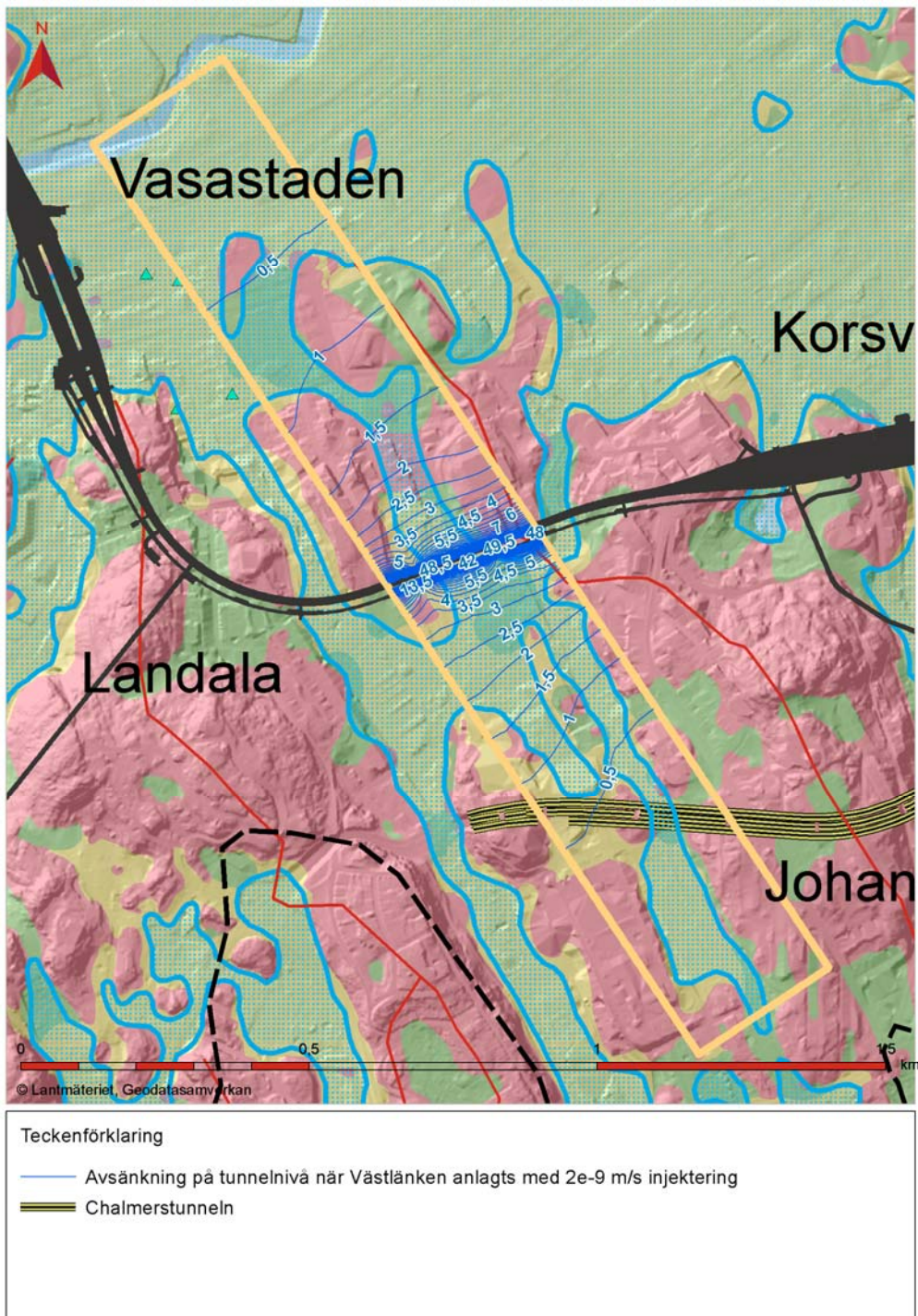


Figur 9 Grundvattennivåer i undre magasin i jord efter att Västlänken anlagts.





Figur 11 Den utbildade avsänkningen i profil



Figur 12 Grundvattennivåssänknningen i berg på tunnelnivå, ca -20.

7 Resultat scenario Västlänken injekteringsskärm 6×10^{-9} m/s

Detta scenario har implementerats på samma sätt som föregående, men med en hydraulisk konduktivitet på $6 \cdot 10^{-9}$ m/s i den 5 m breda zon som omger tunneln och som simulerar tunnelns injekteringsskärm.

7.1 Vattenbalans

I detta modellscenario beräknas inläckaget till Västlänken till totalt 29,7 L/min. Avsänkningen innebär samtidigt en ökad grundvattenbildning med ca 25 L/min, se figur 13 och 14. I tabell 8 redovisas in- och utflöden i modellen.

Tabell 8 Vattenbalans för modellscenario med injekteringsskärm $6 \cdot 10^{-9}$ m/s.

In:

Nettonederbörd	110 L/min
----------------	-----------

Ut:

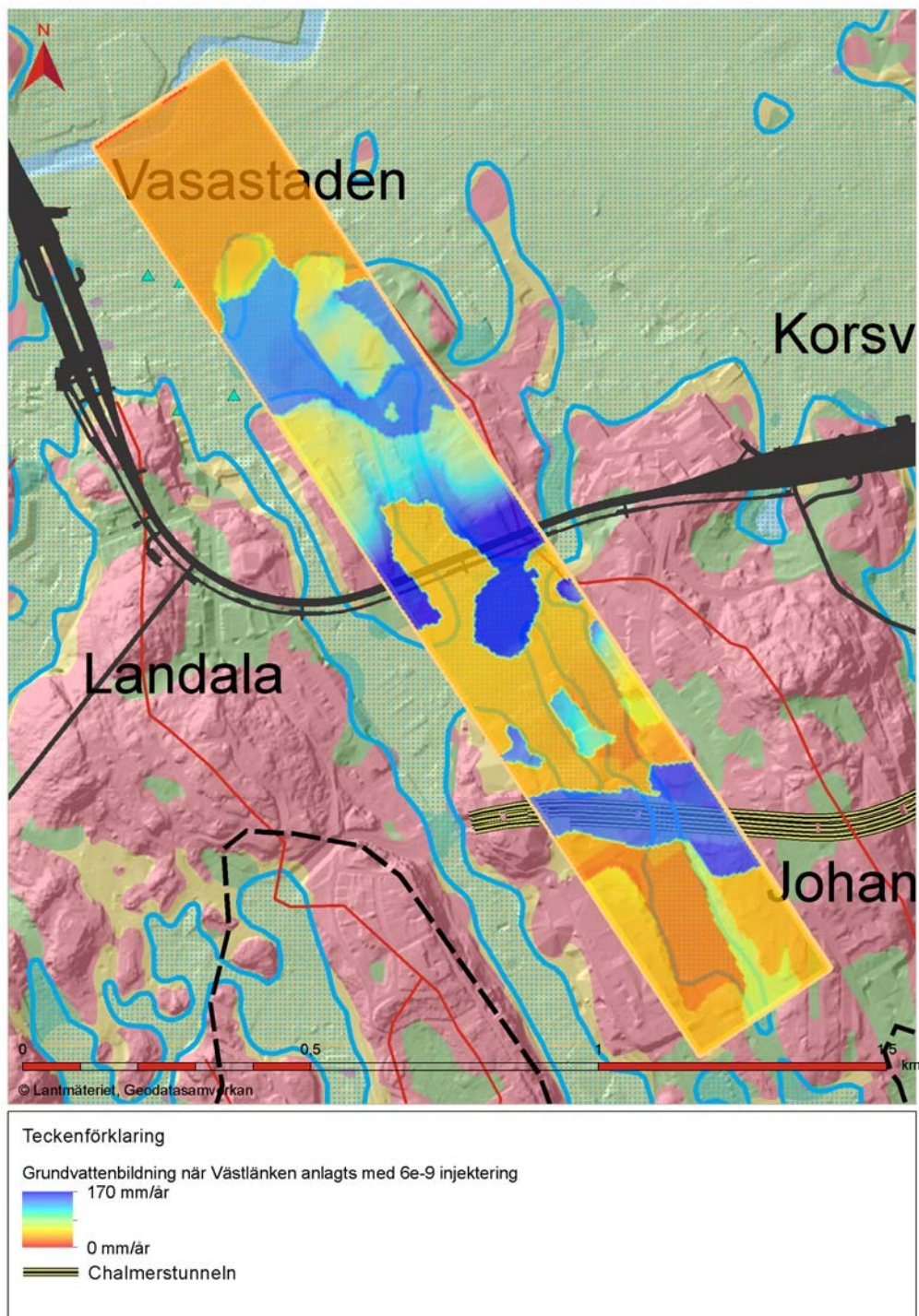
Avdunstning	37,4 L/min
-------------	------------

Drän / Chalmerstunneln	8,2 L/min
------------------------	-----------

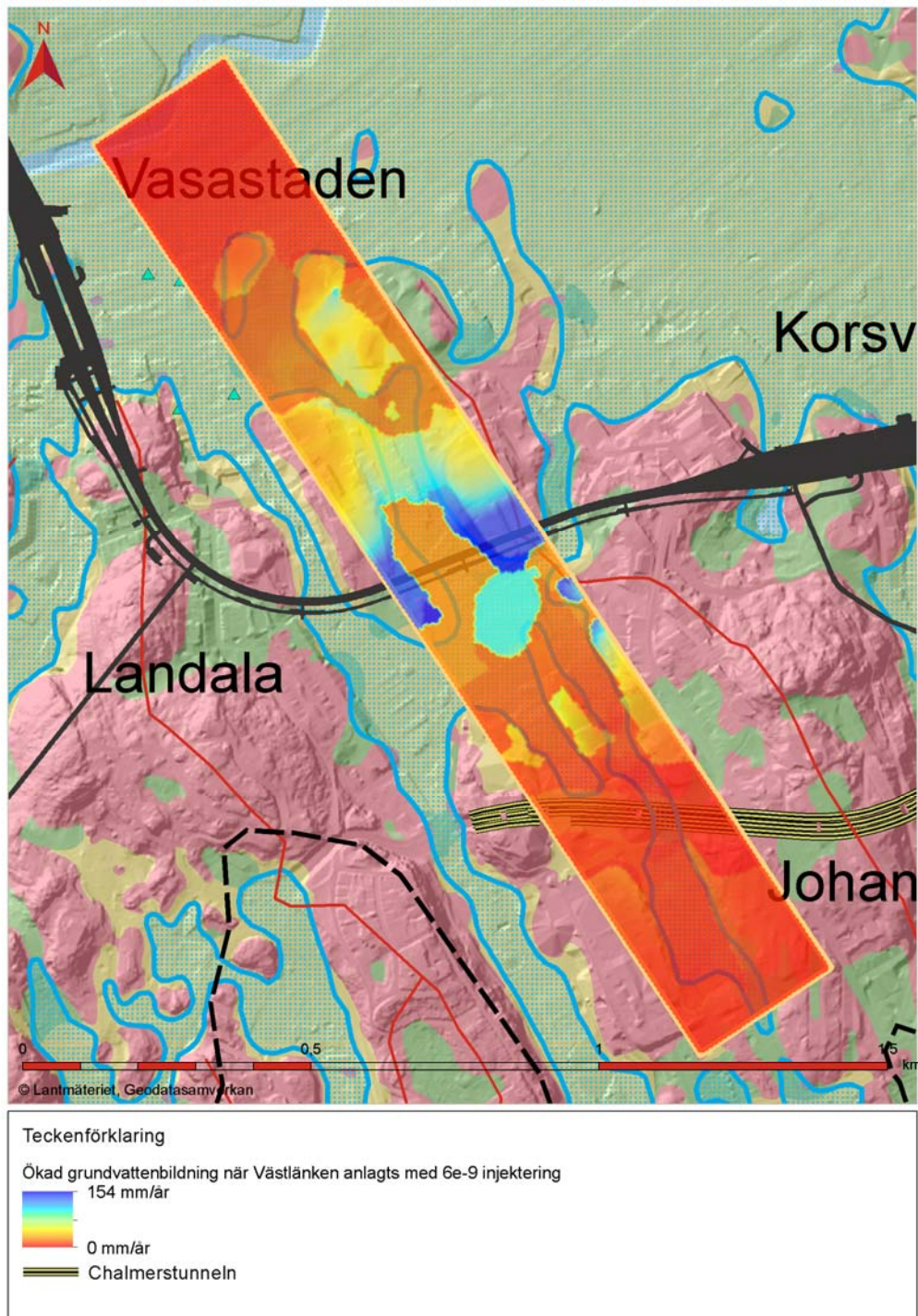
Konstant nivå / Hamnkanalen	34,6 L/min
-----------------------------	------------

Drän / Västlänken	29,7 L/min
-------------------	------------

Det totala inläckaget till Västlänken i modellen motsvarar ca 9,9 L/min och 100 m tunnel. Vattenbalansen visar att inläckaget till Chalmerstunneln inte påverkas i nämnvärd utsträckning. Inflödet till Västlänken balanseras i modellen huvudsakligen genom ökad grundvattenbildning.



Figur 13 Grundvattenbildning i mm/år efter att Västlänken anlagts

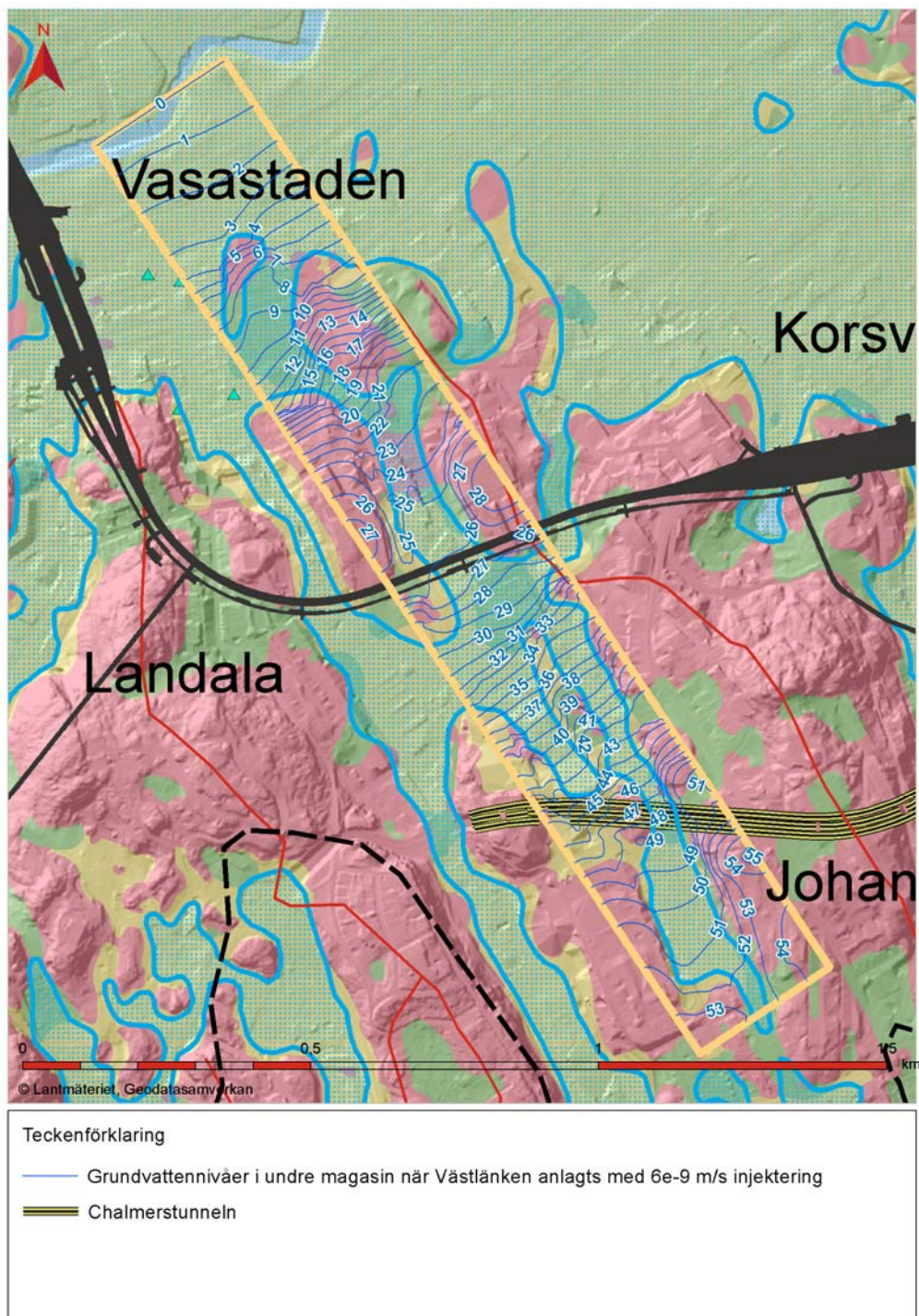


Figur 14 Ökad grundvattenbildning uttryckt i mm/år (skillnaden mellan kalibrerad och ökad grundvattenbildning).

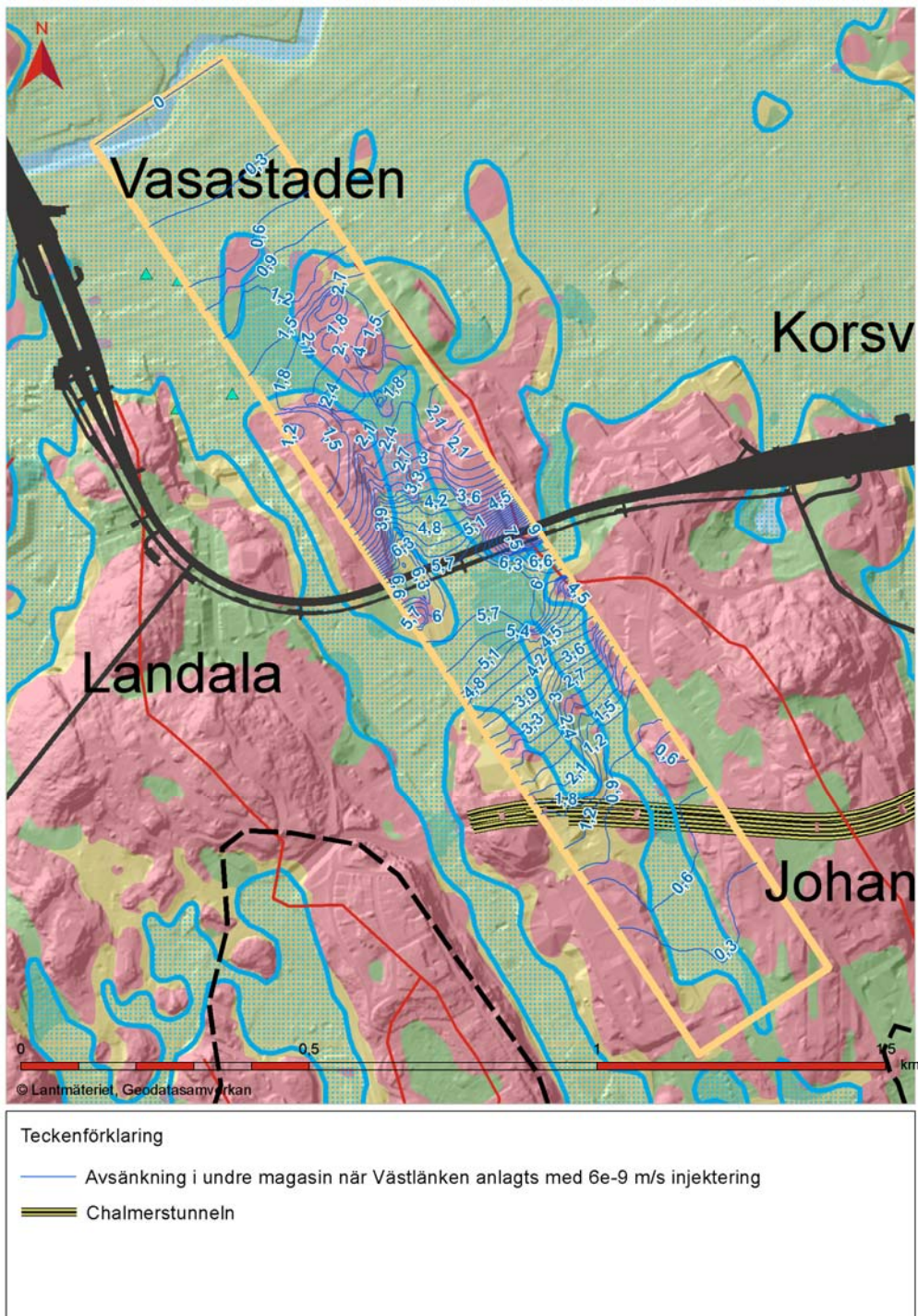
7.2 Grundvattennivåer och avsänkning

På grundvattennivåerna efter Västlänkens anläggande kan ses att flödesvägarna inte förändras i sänkan, se figur 7. Flödet är fortfarande från sydsydöst till nordnordväst, dock med en större gradient uppströms Västlänken, medan gradienten har minskat något nedströms i samband med anläggande av Västlänken, se figur 15.

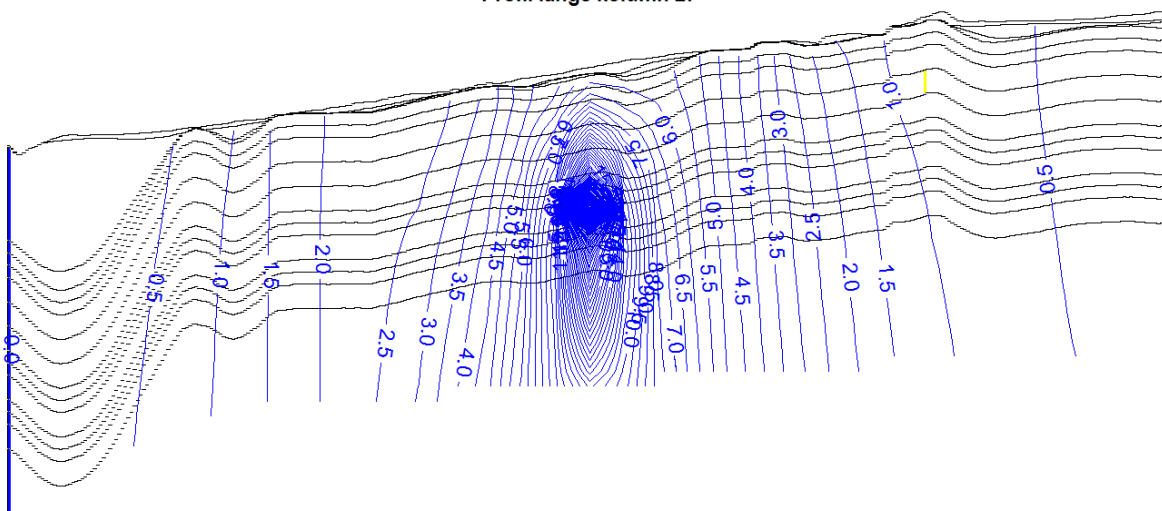
Grundvattennivåsänkning i undre magasin i jord är enligt modelleringen mindre än 0,3 meter på ett avstånd överstigande cirka 730 meter i nordnordväst och 800 meter i sydsydöst, figur 16. Störst grundvattensänkning (5,7 meter) i undre magasin uppkommer i ett begränsat område där Västlänken passerar Gibraltargatans jordfyllda dalgång. I områden med höga bergnivåer (berg i dagen eller tunna jordlager på berg) modelleras en ytnära påverkan på upp emot 7-9 meter. På tunnelnivå (i berg) är avsänkningen störst i anslutning till Västlänken, med 1 meter avsänkning cirka 610 meter i nordnordväst och 530 meter i sydsydöst, figur 17 och 18. Motsvarande siffror för 0,5 m avsänkning i berg uppgår till 740 meter respektive 725 meter.



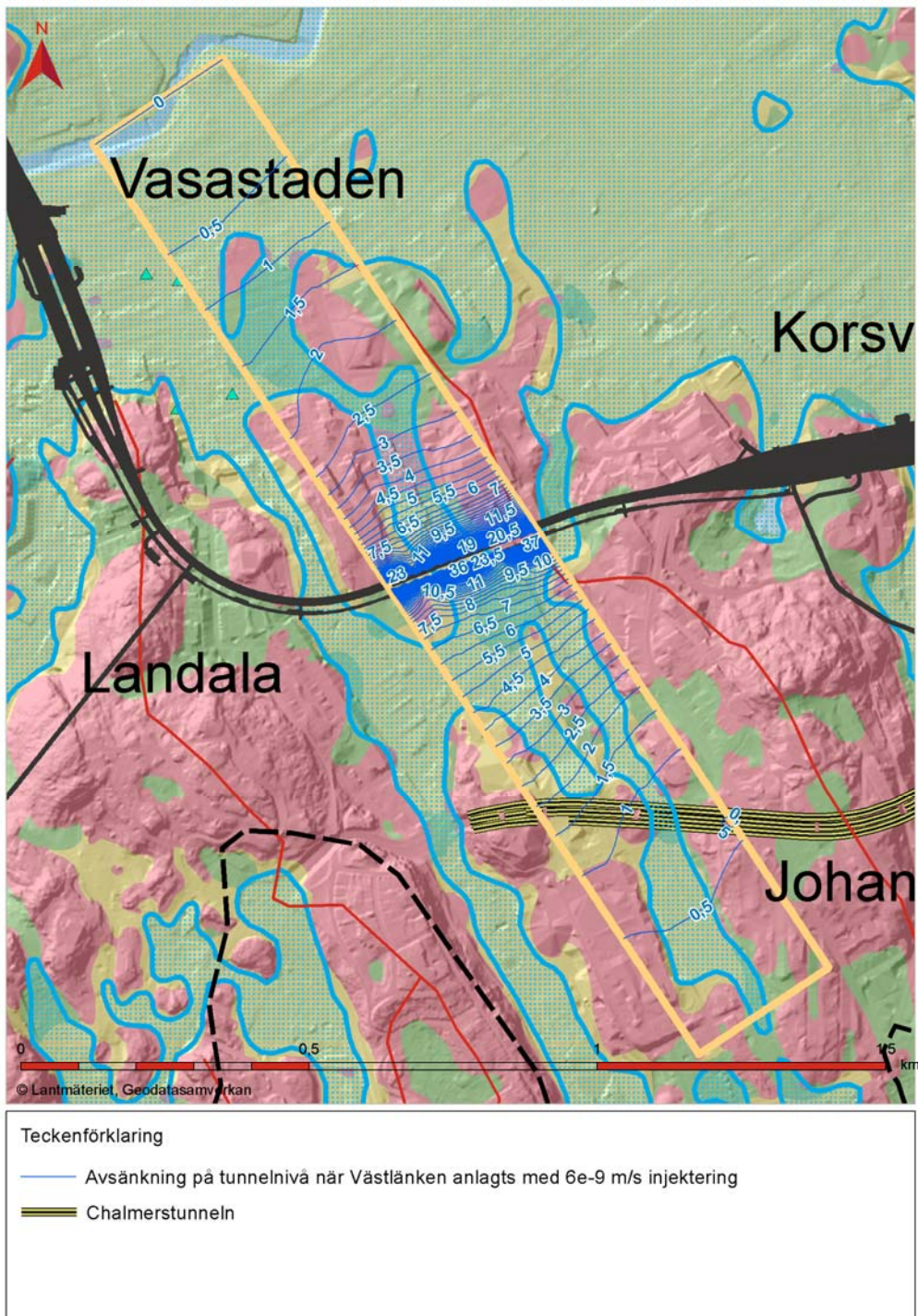
Figur 15 Grundvattennivåer i undre magasin i jord efter att Västlänken anlagts.



Profil längs kolumn 27



Figur 17 Den utbildade avsänkningen i profil. Profilen är orienterad nordnordväst (vänster) – sydsydöst (höger)



Figur 18 Grundvattennivåavsänknigen i berg på tunnelnivå, ca -20.

8 Referenser

MPU02-50GT-025-00-0004 PM Hydrogeologi berg (2016-02-10)

MPU02-50GT-025-00-0005 PM Hydrogeologi jord (2016-02-10)

http://maps2.sgu.se/kartgenerator/maporder_sv.html