

# HYDROGEOLOGISK UNDERSÖKNING SKÄGGERED



## RAPPORT

Göteborg 2020-06-30

HYDROSENSE  
David Wladis

## Innehållsförteckning

Innehållsförteckning .....	ii
1 Inledning.....	1
2 Bakgrund .....	1
3 Borrningar .....	1
4 Topografi och avrinningsförhållanden.....	2
5 Grundvattnets nivåer och strömningsmönster .....	3
5.1 Jord .....	3
5.2 Berg.....	5
6 Hydraultester.....	7
6.1 Tester i jord .....	8
6.2 Tester i berg .....	8
6.2.1 Diagnostisk analys vid provpumpning av B2001.....	12
6.3 Utvärdering av hydraulisk transmissivitet .....	14
6.4 Struktureologisk tolkning.....	16
6.5 Skattning av grundvattnets transporthastighet.....	17
7 Sammanfattning .....	19
8 Ordlista.....	20

## 1 Inledning

Mark & Miljö Hydrosense AB har på uppdrag av Relement Miljö Väst AB genom för hydrogeologiska fältundersökningar på fastigheten Skäggered 3:38. Undersökningarna syftar till att övergripande beskriva områdets hydrogeologiska förhållanden samt att karakterisera grundvattnets förekomst och uppträdande i jord och berg. Resultaten är avsedda att göra en del av förfrågningsunderlaget vid upphandling av entreprenör för sanering av fastigheten.

## 2 Bakgrund

På östra delen av fastigheten Skäggered 3:38 i Skäggered söder om Lindome centrum i Mölndals kommun har det tidigare funnits en kemptvätt. Troligtvis startade verksamheten på 1940-talet och nedläggning skedde i början av 1970-talet. Kemptvättfastigheten ligger i Skäggered där det finns ett tjugotal fristående villor som ej anslutits permanent till kommunalt VA. Sommaren 2016 uppmärksammade boende på grannfastigheten i öster att vattnet luktade och en provtagning visade kraftigt förhöjda halter av klorerade lösningsmedel, som med stor sannolikhet härrör från den före detta kemptvättfastigheten. Kommunen och länsstyrelsen initierade då ytterligare provtagningar och analyser av grundvatten i befintliga bergbrunnar kring den tidigare kemptvätten.

Efter att Mölndals stad beviljades medel 2017 har en huvudstudie genomförts som syftade till att ta fram underlag för och bedöma om den före detta kemptvätten har förorenat mark och grundvatten, vilka risker förekommande föroreningar utgör för människors hälsa och miljön samt översiktligt vilka åtgärder man kan vidta. Hydrosense genomförde i detta skede en hydrogeologisk studie<sup>1</sup> för att beskriva förutsättningar för förorenings-spridning via grundvattentransport.

Studien baserades på befintligt underlag och låg till grund för en första konceptuell modell rörande förorenings-spridning via grundvatten i berg och jord från den f.d kemptvätten. Slutsatserna utgjorde också underlag för provtagningar. I denna studie återfinns också en mer omfattande områdesbeskrivning som den intresserade läsaren hänvisas till.

## 3 Borrningar

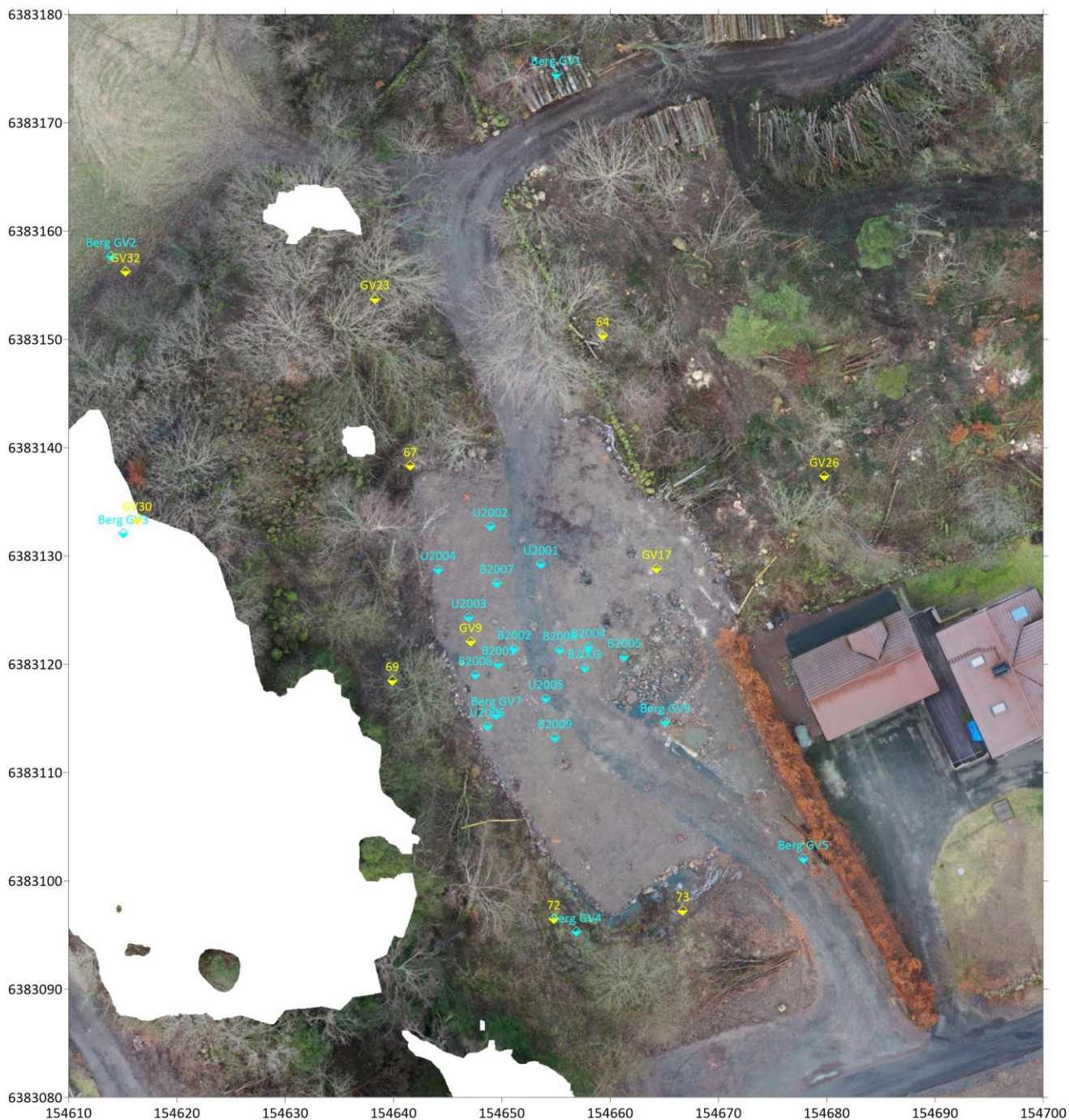
Under 2017 borrades total 12 undersökningsbrunnar i berg benämnda *Berg GV1 – Berg GV12*. Under 2017 borrades också 15 grundvattenrör i jord benämnda GV1 – GV32 (med några luckor i nummerföljden).

Under 2020 borrades ytterligare 15 bergbrunnar benämnda B2001 – B2009 samt U2001 – U2006. Samma år installerades också grundvattenrören 64, 67, 69, 72 och 73.

Genom olika typer av arbeten på fastigheten har ett antal brunnar och grundvattenrör blockerats eller skadats så att det inte längre går att använda. De brunnar och rör som varit tillgängliga och utnyttjats under fältundersökningarna illustreras i Figur 1.

---

<sup>1</sup> Mark & Miljö Hydrosense, 2018: Hydrogeologisk utredning – f.d. Kemptvätt Skäggered



Figur 1 Brunnar (turkos) och grundvattenrör (gul) som utnyttjats i fältundersökningen.

#### 4 Topografi och avrinningsförhållanden

Fastigheten ligger på 31-32 möh dvs under högsta kustlinjen vilket innebär att jordlager kan ha påverkats av svallningsprocesser i samband med havets tillbakadragande. Fastigheten är belägen inom ett relativt vidsträckt flackt område med ett mer markerat höjddparti i söder, se Figur 2. Åt öster faller terrängen ned mot Lindomeåns dalgång.

Inom den aktuella fastigheten och i närområdet förekommer inga uttalade höjdskillnader och ytavrinningen styrs sannolikt av mindre lokala höjdvariationer i kombination med jordlagrens

varierande genomsläpplighet. Lokalt är med andra ord de topografiskt styrda avrinningsförhållandena otydliga.



Figur 2 Höjdförhållanden i anslutning till den aktuella fastigheten markerad med röd cirkel. Vattendraget längst åt öster i bilden är Lindomeån.

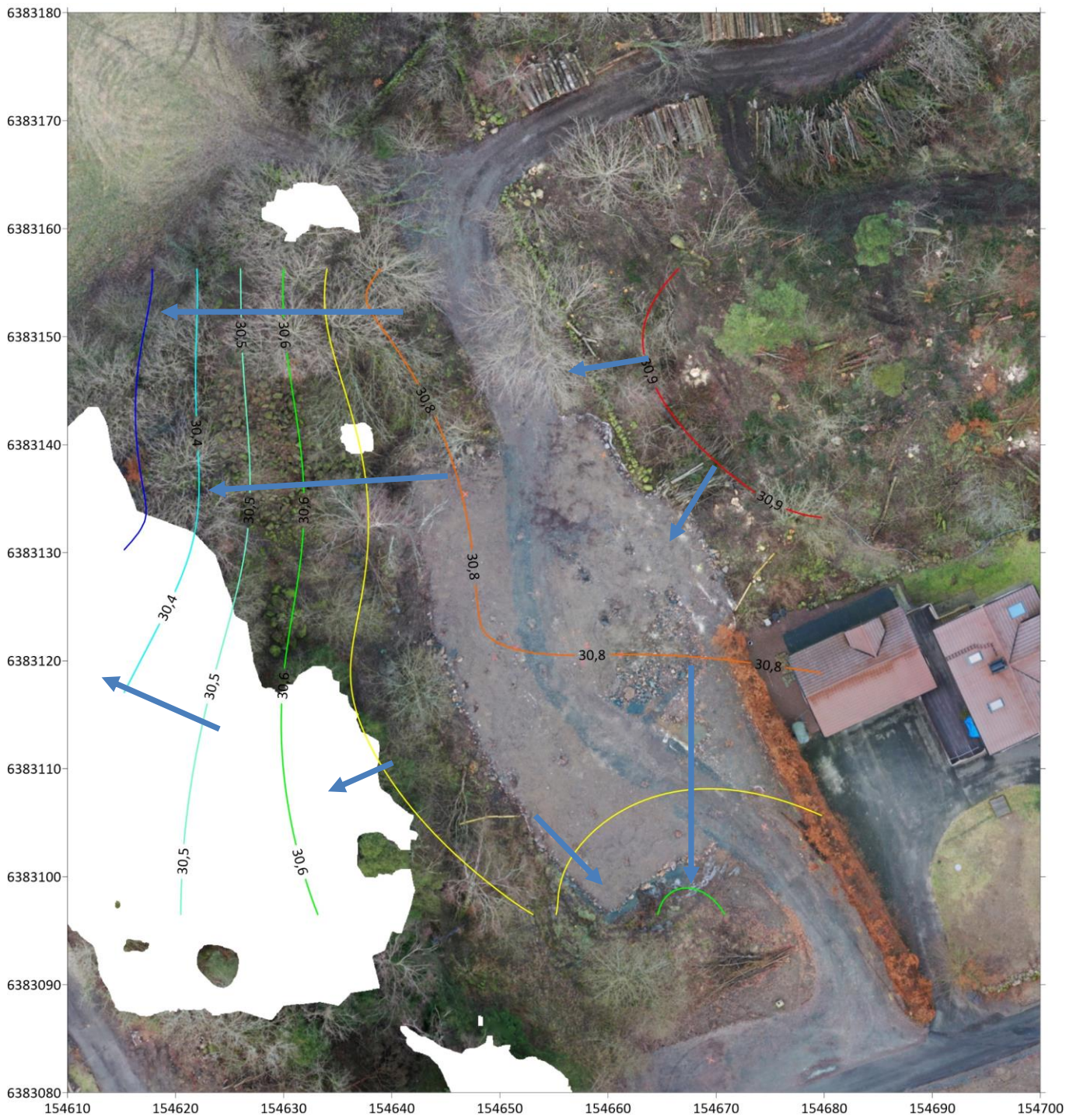
## 5 Grundvattnets nivåer och strömningsmönster

Genom att mäta grundvattnets vilonivåer i jord respektive berg kan upprättas grundvattennivåkartor. Förutom att ge en bild av grundvattennivåernas fördelning inom området ger en sådan karta information om grundvattnets avrinningsmönster. Grundvattennivåkartorna är framställda genom interpolering mellan mätpunkterna.

### 5.1 Jord

Grundvattnets ostörda nivåer i jord mättes vid två tillfällen 2020-04-21 och 2020-04-28. Nivåerna vid dessa två tillfällen stämmer sinsemellan väl överens. Interpolerade nivåer indikerar att gradienten är låg inom området, endast några decimeter. Runt kemptvätten är gradienten nära noll. I Figur 3 återges interpolerade grundvattennivåer i jord från mättillfället 2020-04-28. I figuren har lagts in pilar för att illustrera grundvattnets strömningsriktning. Denna sker från högre till lägre nivåer och vinkelrätt mot isolinjerna.

Grundvattenströmningen sker från nordost och ost mot väster och söder enligt grundvattennivåkartan. Ett mindre, blött stråk i riktning NNV-SSO väster om fastigheten som kan tolkas som ett utströmningsområde stöder denna bild, se Figur 4. Det är också sannolikt att strömningen åt söder åtminstone delvis betingas av vägkonstruktionens dränerande effekt i närområdet.



Figur 3 Ostörda grundvattennivåer i jord.



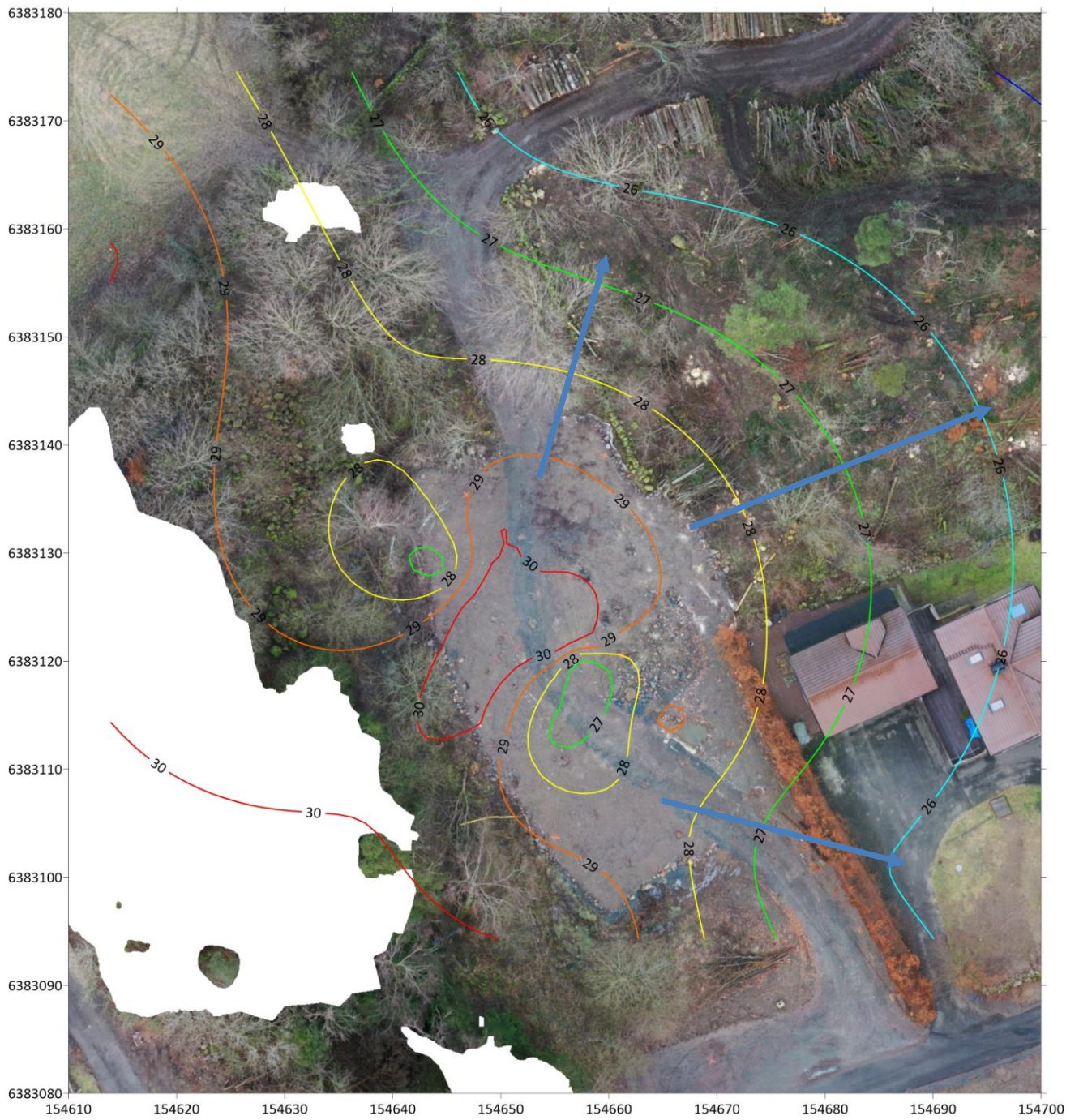
Figur 4 Blött stråk väster om aktuell fastighet.

## 5.2 Berg

På motsvarande sätt som för grundvattennivåer i jord har även en grundvattennivåkarta för ostörda nivåer i berg framställts, se Figur 5. Av figuren framgår att det att grundvattennivåerna i berg uppvisar ett lokalt högläge i anslutning till fastigheten på nivå ca +30. Grundvattenströmningen sker radiellt ut från fastigheten i enlighet med de blå pilar som är inlagda i figuren.

Anmärkningsvärt är att grundvattnets strömningsmönster i jord och berg inte särskilt väl sammanfaller. Möjligen med undantag av den strömning mer söderut som förekommer i områdets södra del. Skillnaderna kan förklaras av den flacka topografin inom vilket fastigheten ligger. Detta ger upphov till små hydrauliska gradienter och även andra faktorer än markytans topografi styr grundvattenströmningen, t.ex. jordlagrens utbredning och mäktighet i förhållande till bergytans läge. Ett vanligt antagande under de geologiska förhållanden som råder i undersökningsområdet och i större delen av Sverige är annars att grundvattennivån relativt väl följer markytan och att topografin är styrande för grundvattnets avrinningsmönster.

Samtliga fastigheter som berörs av föreningen öster om den tidigare kemptvätten har i dagsläget anslutits till det kommunala vattenledningsnätet. Därför sker inte längre några uttag ur de privata brunnar som tidigare försörjde fastigheterna. Vid grundvattenuttag uppstår en trycksänkning i anslutning till brunnen. Trycksänkningen ger upphov till en ökad gradient och därmed ökad grundvattenströmning. Eftersom de privata brunnarna inte längre används kan man anta att grundvattenströmningen och därmed föroreningsspridningen österut sker i mindre omfattning än tidigare.



Figur 5 Ostörda grundvattennivåer i berg.



## 6 Hydraultester

Hydraultester utförs för att på olika sätt beskriva ett grundvattenmagasins hydrauliska egenskaper såväl kvalitativt som kvantitativt. Genomförda undersökningar har omfattat provpumpningar, pulstester och infiltrationstester. Gemensamt för alla tester är att en kontrollerad störning introduceras som påverkar grundvattennivån i en brunn eller ett grundvattenrör och att man samtidigt mäter grundvattennivåns sänkning eller återhämtning. Störningen kan skapas genom t.ex. pumpning eller infiltration av vatten. Mätningarna kan ske såväl i punkten som utsätts för störningen som i mätpunkter i omgivningen.

Registrerade avsänkings- och återhämtningsdata utvärderas sedan genom olika metoder. Inledningsvis genomförs vanligen en diagnostisk analys. Den syftar i första hand till att analysera flödessystemets egenskaper som utgörs av grundvattenmagasinet och borrhålen/brunnarna. Erhållna resultat jämförs mot teoretiska modeller av olika flödessystem. Analysen kan användas för att identifiera typ av grundvattenmagasin, flödesregim och eventuell förekomst av hydrauliska gränser. Det är också möjligt att studera hur brunnsmagasinet påverkar avsänkningen. Vanligen genomförs analysen med hjälp av diagram av data i logaritmisk eller halvlogaritmisk avbildning. I denna redovisning har dubbellogaritmisk avbildning använts.

Hydraultester kan också användas för att erhålla kvalitativ och kvantitativ kunskap om de pumpade magasinets egenskaper, till exempel för att undersöka kommunikation mellan ytliga och djupare delar av borrhål och dels för att kvantifiera hydrauliska egenskaper i jord och berg.

Vid ett slugtest skapas en kontrollerad störning (höjning eller sänkning) av grundvattenytan genom att en fast kropp (slug) sänks ned i grundvattenröret alternativt att vatten tillsätts. Efter hand återgår grundvattenytan till sitt ursprungsläge eller viloläge. Tiden det tar för återställningen att ske, det s.k. återhämtningsförloppet, speglar jordlagrens genomsläpplighet närmast grundvattenröret. När en fullständig återställning har skett dras den fasta kroppen upp ur brunnen vilket ger en tillfällig sänkning av grundvattenytan. Återhämtningsförloppet studeras precis på samma sätt som när den fasta kroppen tillförs. Ju snabbare återhämtningsförloppet är, desto mer genomsläppligt är materialet som undersöks.

Det förstnämnda förfarandet när grundvattenytan momentant höjs och sedan sjunker till vilonivån benämns *falling head*, det omvända förloppet benämns *rising head*. Optimalt är dessa två förlopp i de närmaste identiska. På grund av platspecifika förhållanden kan det i praktiken ofta vara svårt att erhålla data av sådan kvalitet att det är möjligt att utvärdera såväl stigande som fallande nivåer, vilket kan leda till osäkerheter.

Vid utvärdering av slugtester kan även olika metoder användas. Metoderna bygger på olika modeller av grundvattenströmning. Genom att använda olika metoder vid utvärderingen passar man data mot olika modeller. Förutsatt att man använder relevanta metoder som svarar mot de rådande förhållandena, är skillnaderna typiskt små. Samtidigt ger skillnaderna mellan olika metoder en uppfattning om osäkerheter som beror av vilken modell som väljs.

Osäkerheter vid genomförande och utvärdering av slugtester har inom ramen för denna studie hanterats så att resultaten redovisas i form av intervallskattningar. Ju större intervall, desto mer osäkert är resultatet.

## 6.1 Tester i jord

Jordlagrens hydrauliska egenskaper har utvärderats med hjälp av slugttester. Totalt undersöktes åtta grundvattenrör. Resultaten redovisas i form av intervallskattningar av hydraulisk konduktivitet, se Tabell 1. Resultaten sprider något, men inte mer än vad som kan förväntas givet den förväntade geologin, moränjordar uppvisar typiskt heterogena egenskaper. Resultaten motsvaras närmast av vad som kan karakteriseras som en sandig till grusig morän.

Tabell 1 Utvärderade transmissiviteter från pulstester.

Borrhål	GV23	GV26	GV28	64	67	69	72	73
K (m/s)	2·10 <sup>-5</sup> - 5·10 <sup>-5</sup>	5·10 <sup>-6</sup> - 8·10 <sup>-6</sup>	1·10 <sup>-6</sup> - 3·10 <sup>-6</sup>	8·10 <sup>-7</sup> - 3·10 <sup>-6</sup>	1·10 <sup>-5</sup> - 4·10 <sup>-6</sup>	2·10 <sup>-6</sup> - 4·10 <sup>-6</sup>	9·10 <sup>-7</sup> - 2·10 <sup>-6</sup>	1·10 <sup>-6</sup> - 4·10 <sup>-6</sup>

De undersökta grundvattenrörens lägen framgår av Figur 1.

Baserat på resultaten från genomförda tester kan också jordlagrens infiltrationskapacitet översiktligt bestämmas. Infiltrationskapaciteten beror förutom jordlagrens vattengenomsläpplighet även på vilket övertryck man tillför vatten med. Vid 0,1 bars övertryck, vilket motsvarar en m vattenpelare över grundvattnets vilonivå, bedöms infiltrationskapaciteten uppgå till maximalt 0,5 – 3 L/min i befintliga installationer. Genom att konstruera särskilt anpassade anläggningar för infiltration kan kapaciteten sannolikt öka.

## 6.2 Tester i berg

Totalt genomfördes fyra provpumpningar i bergbrunnar. Allt pumpat vatten samlades upp i en tank och renades i ett mobilt reningsverk innan det släpptes nedströms undersökningsområdet. Innan provpumpningarna genomfördes ett antal slugttester av bergbrunnarna, vilket tjänade två syften. Genom slugtesterna erhöles en översiktlig bild över berggrundens vattengenomsläpplighet och hur denna var fördelad inom området. Från resultaten av pulstesterna kan man också identifiera lämpliga brunnar för provpumpning. På grund av det övergripande syftet utvärderades slugtesterna inte kvantitativt, varför heller inga värden från dessa tester redovisas.

Baserat på slugtesterna kunde inledningsvis konstateras att flera brunnar i praktisk mening var att betrakta som täta. Det innebär att de delar av berget inom vilka dessa brunnar är borrhade, inte bidrar på något betydande sätt till grundvattenomsättningen i berget. Med mycket specialiserad utrustning går det att testa även sådana brunnar, men det kan inte anses motiverat inom ramen för denna undersöknings syften. De brunnar som kan betraktas som täta är U2001, B2003, B2004, U2004, B2005 samt U2005 (se Figur 1).

De provpumpade brunnarna framgår av Tabell 2. Provpumpningen av brunn U2006 gjordes om efter att pumpningen avbrutits på grund av att översvämningsskyddet till uppsamlingstanken löst ut.

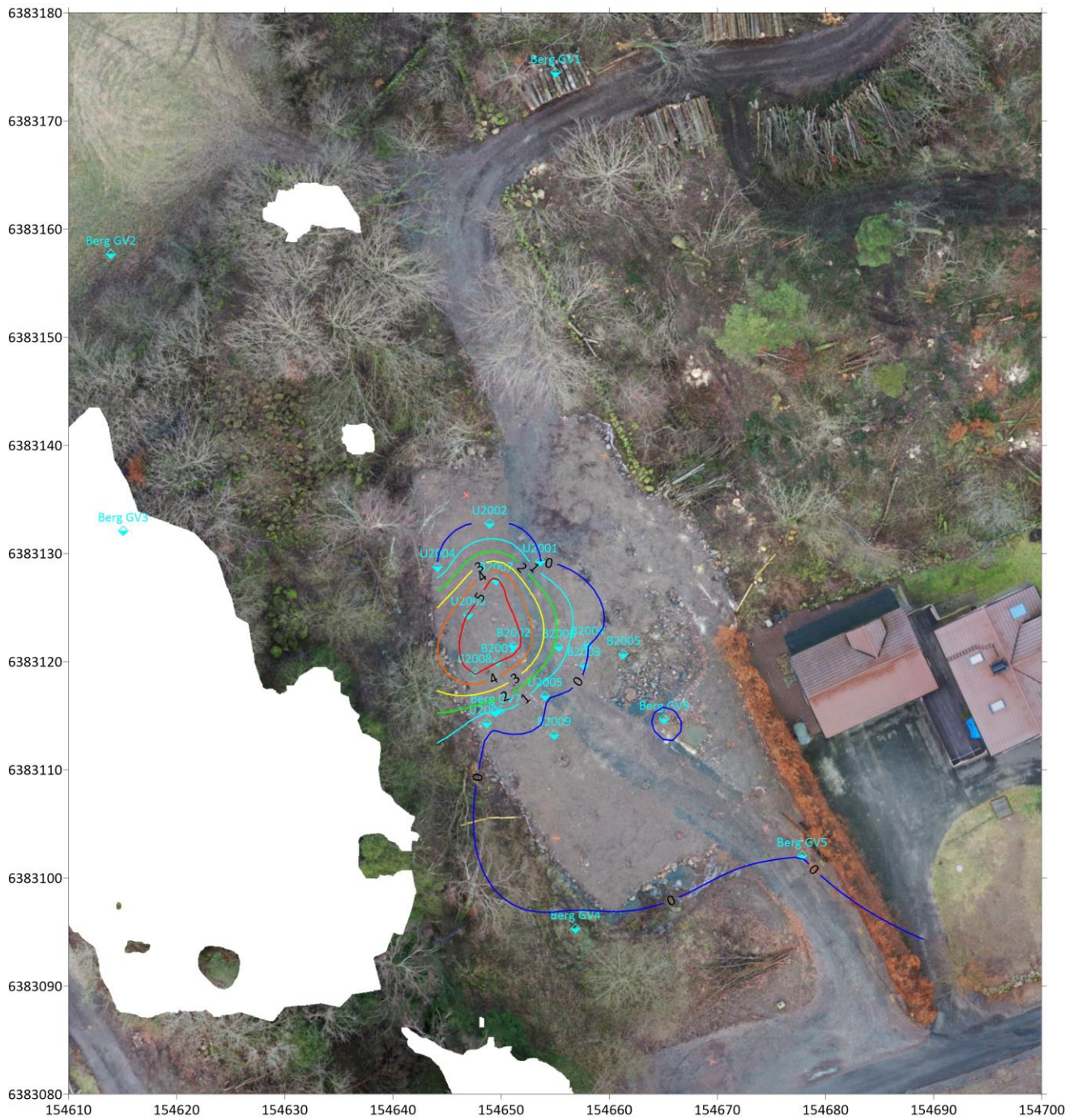
*Tabell 2 Information om genomförda provpumpningar.*

<b>Pumpbrunn</b>	<b>Start</b>	<b>Stopp</b>	<b>Anmärkning</b>
B2001	2020-04-20 13:28	2020-04-20 15:36	Diagnostisk
U2006	2020-04-21 14:02	2020-04-23 05:15	Översvämningsskydd inkopplat
U2006	2020-04-23 09:17	2020-04-24 08:38	Utvärdering av hydrauliska parametrar
B2009	2020-04-28 09:09	2020-04-28 15:22	Utvärdering av hydrauliska parametrar

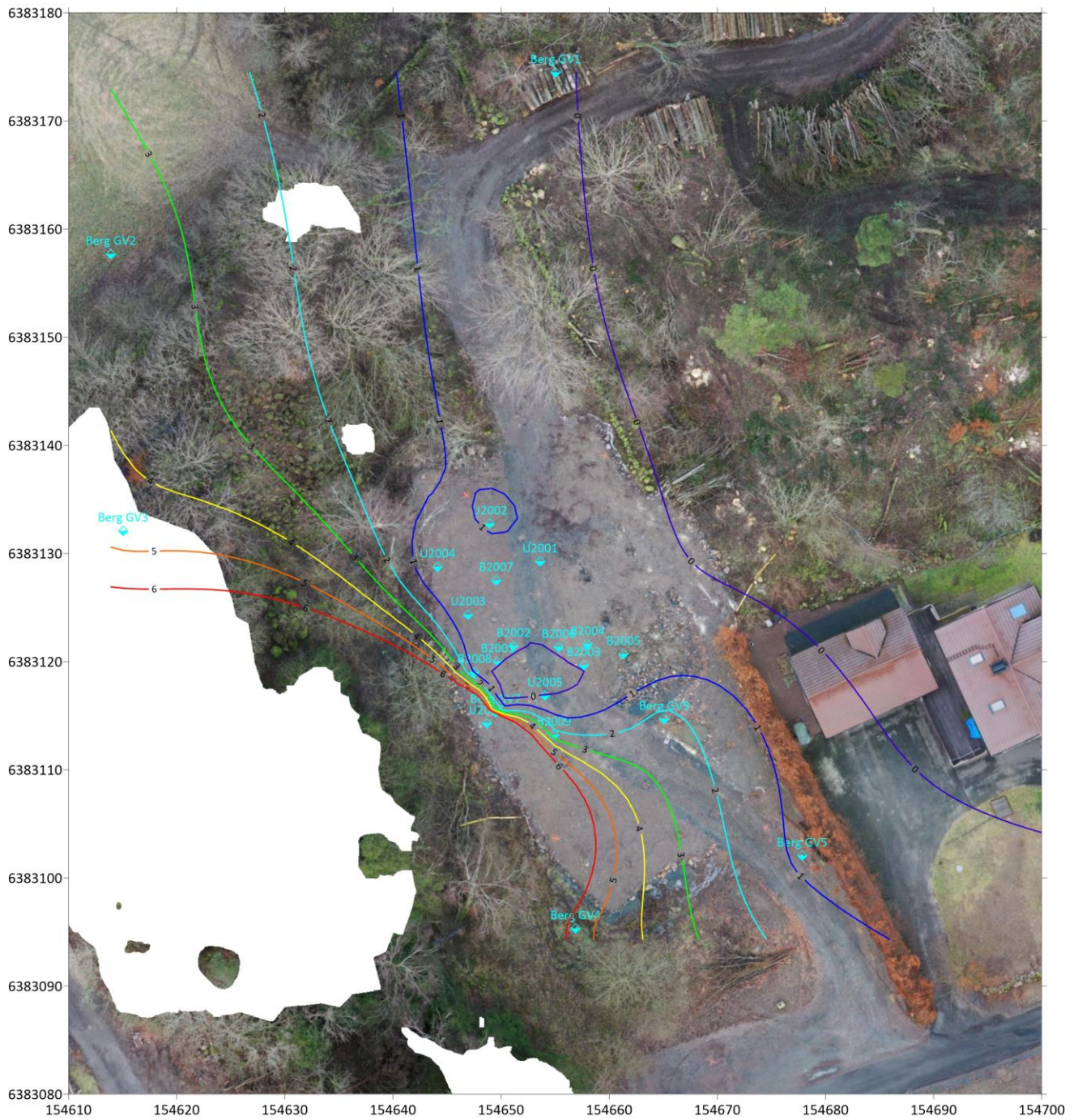
En inledande kvalitativ analys indikerar att berget i läget för brunn B2001 är relativt tätt och endast ger upphov till små avsänkningar i omgivningen, se Figur 6. Avsänkningen utbreder sig radiellt drygt 5 m ut från pumpbrunnen. På längre avstånd är avsänkningen nära noll.

Provpumpningen av U2006 ger en betydligt mer omfattande avsänkning, se Figur 7. Avsänkningen utbreder sig med de största beloppen huvudsakligen väster om pumpbrunnen i ett NV-SO orienterat stråk mellan brunnarna Berg GV2 och Berg GV4 och uppgår till flera meter. Detta sammantaget indikerar en relativt hög vattengenomsläpplighet i förhållande till berggrunden öster om pumpbrunnen. Inom det område som påverkades av provpumpningen i B2001 är avsänkningen i stort sett noll.

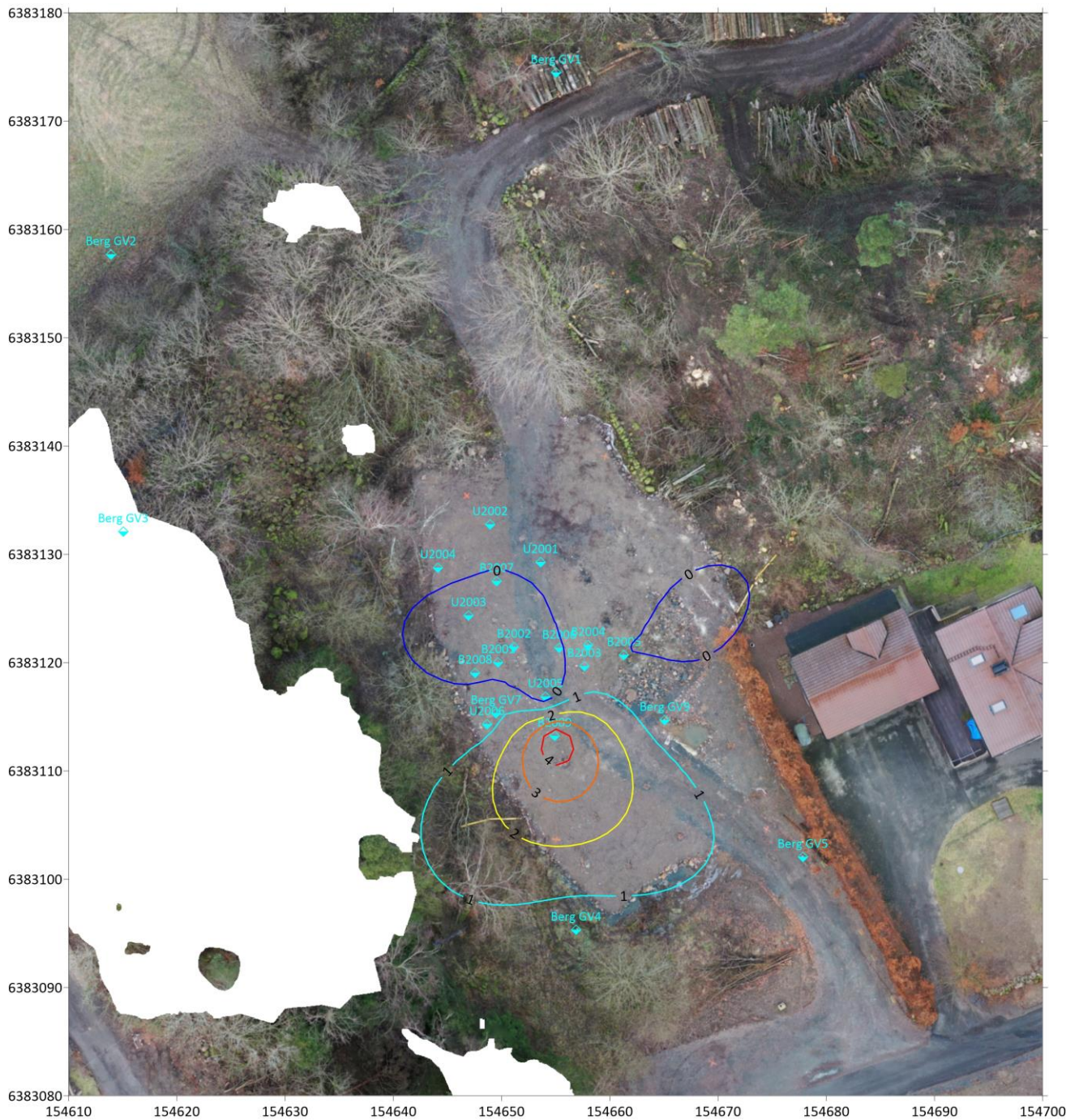
Även provpumpningen i B2009 ger en begränsad avsänkning som tyder på berg med låg vattengenomsläpplighet, se Figur 8. Avsänkningstratten har en något annan form än vid provpumpningen av B2001. Den är flackare och utbreder sig över en något större yta vilket kan indikera ett något mer genomsläppligt berg än vad som gav upphov till avsänkningen under provpumpning i B2001.



Figur 6 Interpolerad avsänkning vid provpumpning av brunn B2001.



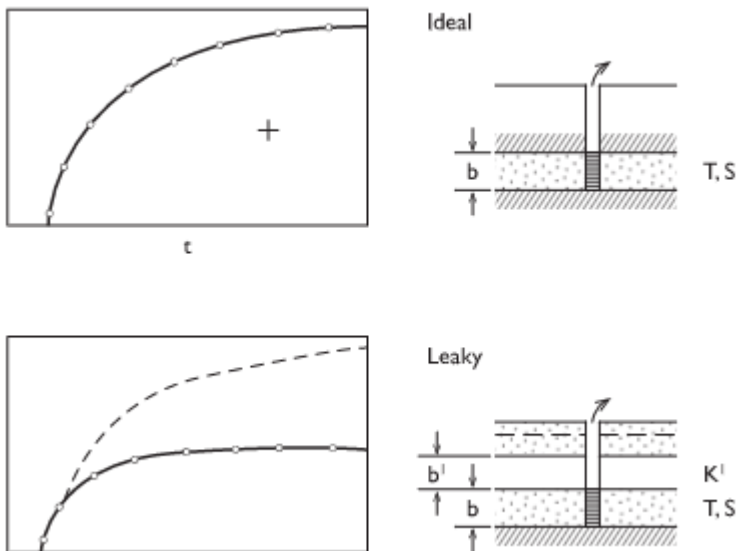
Figur 7 Interpolerad avsänkning vid provpumpning av brunn U2006.



Figur 8 Interpolerad avsänkning vid provpumpning av brunn B2009.

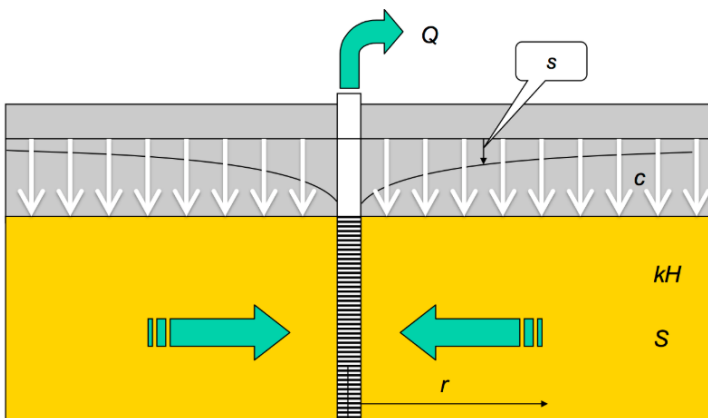
### 6.2.1 Diagnostisk analys vid provpumpning av B2001

Under ideala förhållanden påverkas avsänkning i det pumpade grundvattenmagasinet inte av andra magasin eller hydrauliska gränser såsom vattendrag. Vid radiellt flöde erhålls då en typisk avsänkningskurva, en så kallad Theiskurva, överst i Figur 9.



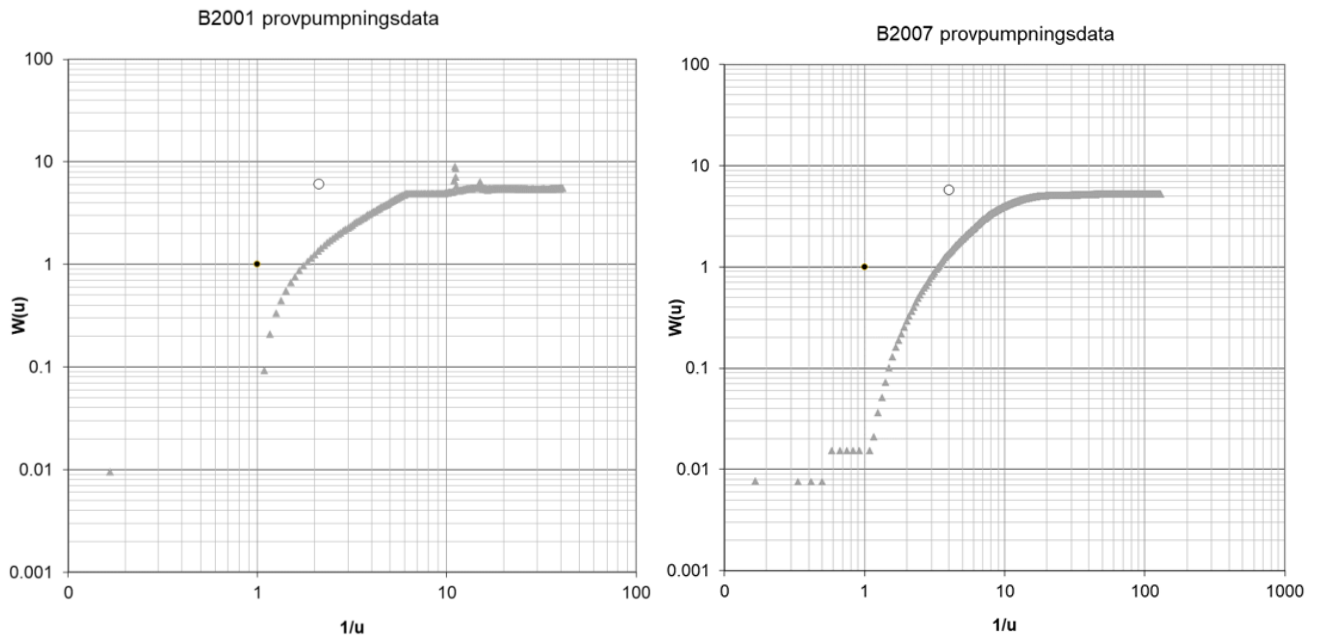
Figur 9 Avsänkingskurvor för två olika fall, radiellt flöde i grundvattenmagasin utan (överst) respektive med läckage (underst).

Avsänkningen i berg under provpumpning av B2001 präglas av läckage, dvs. grundvattenmagasinet i berg tillförs vatten, en så kallad positiv gräns. I avsaknad av vattendrag eller andra kandidater som kan utgöra positiva gränser kan det antas att grundvattenmagasinet i jord utgör en sådan gräns genom god hydraulisk koppling mellan jord och berg. Detta förhållande illustreras i Figur 10.



Figur 10 Läckage till pumpat grundvattenmagasin från ovanliggande magasin. De vita pilarna markerar läckage.

Jämför man avsänkingskurvorna i pumpbrunn B2001 och observationsbrunn B2007 med avsänkingskurvorna i Figur 9, så framgår att avsänkingskurvorna i bergbrunnarna indikerar läckage. Läckaget uppstår sannolikt från ovanliggande grundvattenmagasin i jord. Detta stöds också av sjunkande nivåer i jord under provpumpningen. Baserat på nivåmätningar i grundvattenrör kan detta område avgränsas enligt Figur 12.



Figur 11 Avsänkningskurvor för pumpbrunn B2001 (vänster) och observationsbrunn B2007 (höger).



Figur 12 Tolkat område med god vattengenomsläpplighet i ytberg (röd linje) som ger upphov till god kommunikation mellan grundvattenmagasinen i jord och berg.

### 6.3 Utvärdering av hydraulisk transmissivitet

Transmissivitet, som kan bestämmas genom hydrauliska tester, är ett mått på grundvattenmagasinet förmåga att leda grundvatten. Transmissiviteten har beräknats från provpumpningsdata från de tre provpumpningarna i bergbrunnar som genomförts. Data från såväl



pumpbrunnen som observationsbrunnar har utvärderats. Generellt kan sägas att ju längre avstånd det är mellan pumpbrunnen och observationsbrunnen, desto större volym berg omfattas av testet.

### B2001

Som beskrevs i ovan, ger provpumpningen av brunn B2001 endast avsänkning inom ett begränsat område. Inom detta område är dock transmissiviteten relativt hög. Baserat på analyser i avsnitt 6.2, kan det antas att de höga transmissiviteterna beror på att det ytligaste berget, i storleksordningen de översta 5 m, är uppsprucket och har hög vattengenomsläpplighet. Djupare beläget berg bidrar troligen i mycket liten omfattning till bergets vattengenomsläpplighet. Utvärderade transmissivitetsvärden för pumpbrunnen och tre observationsbrunnar redovisas i Tabell 3. Det kan konstateras att värdena är samstämmiga.

Resultaten från provpumpningen av brunn B2001 kan sammanfattas i följande punkter:

- Relativt höga transmissiviteter lokalt
- Resultaten präglas av hög genomsläpplighet i yttligt berg
- Läckande akvifer
- Åtminstone inom det markerade området antas en förhållandevis god kommunikation finnas mellan jord och berg.

*Tabell 3 Utvärderade transmissiviteter provpumpning B2001.*

Borrhål	B2001	U2003	B2007	B2008
T (m <sup>2</sup> /s)	2·10 <sup>-5</sup>	2·10 <sup>-5</sup>	3·10 <sup>-5</sup>	3·10 <sup>-5</sup>

### U2006

Resultaten indikerar förhållandevis hög transmissivitet väster och söder om aktuell fastighet. Höga transmissiviteter sammanfaller i viss mån med de största avsänkningarna illustrerade i Figur 7, men motsvarande transmissiviteter uppträder även vid utvärdering av brunnarna Berg GV7 och Berg GV9. Det kan konstateras att pumpbrunnen uppvisar den lägsta transmissiviteten. Det kan antas att det förekommer ett mer vattengenomsläppligt spricksystem på något större djup än det mer genomsläppliga ytberget som konstaterades vid pumpning i brunn B2001. Utvärderade transmissiviteter redovisas i Tabell 4.

*Tabell 4 Utvärderade transmissiviteter provpumpning U2006.*

Borrhål	U2006	Berg GV2	Berg GV3	Berg GV4	Berg GV7	Berg GV9
T (m <sup>2</sup> /s)	3·10 <sup>-6</sup>	2.8·10 <sup>-5</sup>	3·10 <sup>-5</sup>	2.9·10 <sup>-5</sup>	3.1·10 <sup>-5</sup>	3.1·10 <sup>-5</sup>

### B2009

Det lägsta beräknade transmissiviteterna uppträder i brunnarna B2009 och Berg GV5 vid pumpning av den förstnämnda brunnen. Transmissiviteterna kan ses som normala för den typ av kristallint berg som uppträder i området. Avsänkningen propagerar också i begränsad omfattning. Beräknade transmissiviteter finns redovisade i Tabell 5

Tabell 5 Utvärderade transmissiviteterna provpumpning B2009.

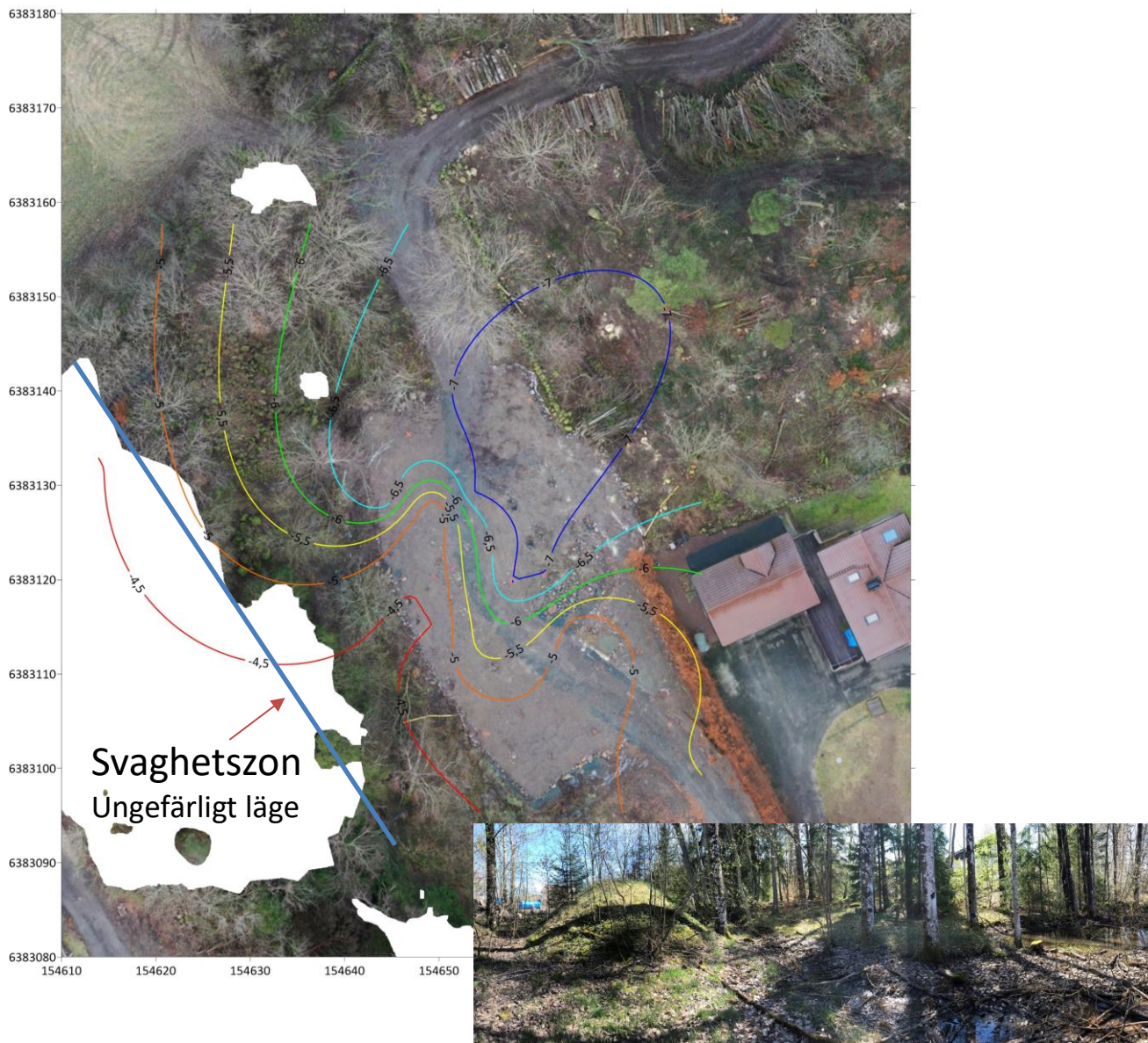
Borrhål	B2009	Berg GV5
T (m <sup>2</sup> /s)	1,8·10 <sup>-6</sup>	2,5·10 <sup>-6</sup>

Baserat på provpumpningsdata har en transmissivitetskarta med interpolerade transmissiviteterna framställts, se Figur 13. De högsta utvärderade transmissiviteterna uppträder väster och söder om fastigheten.

#### 6.4 Strukturgeologisk tolkning

Det har konstaterats ovan att de största grundvattensänkningarna under provpumpning av brunn B2006 huvudsakligen utbreder sig väst och sydväst om den aktuella fastigheten (se Figur 7). Jämför man avsänkningens utbredning med transmissivitetskartan (Figur 13) kan konstateras att områdena för hög transmissivitet och stor avsänkning delvis överlappar varandra. Detta kan tolkas som en vattenförande bergstruktur, en sprickzon eller svaghetszon, till vilken tillgången till grundvatten är begränsad, därav den stora avsänkningen. Begränsningen antas bero på att tillrinningsområdet är litet vilket i sin tur beror på att zonen befinner sig relativt högt i terrängen. Tillrinningen sker huvudsakligen från den högre liggande terrängen i söder och detta område har en relativt liten yta som begränsas av den ytvattendelare som höjdpunkt utgör (se Figur 2).

Större zoner i berget utgör ofta utdragna, mer eller mindre uttalade låglägen i terrängen. Ett sådant lågläge i liten skala förekommer väster om fastigheten, se fotot i Figur 13. Detta kan tolkas som uttrycket på markytan av en sprickzon. Läget för den tolkade sprickzonen framgår av Figur 13.



Figur 13 Interpolerade transmissiviteter och foto av lågläge i terrängen väster om aktuell fastighet. Interpoleringen har utförts med logaritmerna av utvärderade transmissiviteter,  $\log T$ .

## 6.5 Skattning av grundvattnets transporthastighet

Grundvattnets rörelse och hastighet beror på form och fördelning av utrymmena mellan det fasta materialet. Man skiljer mellan porakviferer (jord) och sprickakviferer (berg). Flödet är vanligen laminärt. Man skiljer vidare mellan bruttonhastighet och nettonhastighet. Nettonhastigheten eller transporthastigheten är den hastighet med vilken en vattenpartikel transporteras mellan två punkter (medelhastighet). Det är nettonhastigheten som är av intresse vid förorenings spridning.

I homogena, porösa medier såsom välsorterade jordar kan nettonhastigheten förhållandevis väl beräknas. I berg kompliceras beräkningen av att all grundvattenströmning sker i sprickor. Sprickorna förekommer ojämnt fördelade i berget, de har olika uthållighet och geometri, är sammankopplade i varierande grad samt att sprickorna uppvisar hydrauliska egenskaper som varierar med flera tiopotenser.

Skattningar av transporthastigheten i berg över längre sträckor kräver därför olika förenklingar och antaganden. Det kan därför också ifrågasättas hur representativ en sådan beräkning är. Den kan dock ge en fingervisning om inom vilket intervall man befinner sig.

För beräkning av transporthastighet krävs ett representativt värde på bergets vattengenomsläpplighet. Som framgick ovan vid utvärdering av hydraulisk transmissivitet (se avsnitt 6.3) varierar den inom området åtminstone med en faktor 100. Det krävs också en skattning av den effektiva porositeten, dvs. den del av bergets porositet (sprickor) som grundvattenströmningen faktiskt sker i. Skillnaden mellan homogent berg och sprickzoner kan också variera med en faktor 100. Slutligen erfordras en uppskattning av den drivande kraften, den hydrauliska gradienten för den aktuella flödesbanan.

I det följande beskrivs antaganden och förutsättningar för beräkning av grundvattnets nettohastighet från den aktuella fastigheten och öster ut till en punkt nedströms de privata brunnar där förorening konstaterats, se Figur 14. En skattning av bergets representativa vattengenomsläpplighet utgår från utvärderade transmissiviteter från genomförda provpumpningar. Omräknat till hydraulisk konduktivitet används två värden för att erhålla en intervallskattning som i viss mån illustrerar osäkerheterna -  $7 \cdot 10^{-8}$  och  $7 \cdot 10^{-7}$  m/s. Den effektiva porositeten ansätts till 0.01 baserad på uppgifter från litteraturen. Den hydrauliska gradienten utläses från topografien i Figur 14 under antagandet att grundvattennivån i berg kan antas ligga nära markytan och uppgår till ca 0,07. Såväl porositet som gradient är dimensionslösa storheter och saknar således enhet.



Figur 14 Antagen flödesväg markerad med pil för beräkning av strömningshastighet.

Baserat på ovanstående värden erhålls en transporthastighet i intervallet 15 - 150 m/år. Som framgått av ovanstående är osäkerheterna betydande och transporthastigheten kan variera inom ett vitt intervall. Såväl högre som lägre transporthastigheter än de inom intervallet angivna kan förekomma.

Osäkerheter vid skattning av grundvattnets strömningshastighet kan sammanfattas i följande punkter:

- Provpumpningarna som ligger till grund för skattningen har av praktiska skäl främst genomförts i brunnar där berget är förhållandevis mer vattengenomsläppligt – vilket kan leda till att den representativa vattengenomsläppligheten i berget överskattas
- Spricksystemet som bidrar med föroreningsspridningen kan ha vitt skilda egenskaper längs flödesvägen
- Inga hydrauliska tester har genomförts inom så stora bergvolymmer som omfattas av beräkningen
- Föroreningstransporten kan ske i det ytliga, förhållandevis mer genomsläppliga berget
- Även om det förekommer vissa flödesvägar i berget med hög transporthastighet, är det osäkert i vilken omfattning dessa sprickor bidrar med föroreningsspridning

## 7 Sammanfattning

Den genomförda undersökningen vid den tidigare kemtvätten i Skäggered har syftat till att övergripande beskriva områdets hydrogeologiska förhållanden samt att karakterisera grundvattnets förekomst och uppträdande i jord och berg. Uppnådda resultat kan sammanfattas i följande punkter:

- Avrinningsförhållandena i jord präglas av små gradienter
- Ytavrinningsförhållandena är diffusa på grund av små höjdvariationer inom området
- Grundvattnets avrinningsmönster i jord och berg sammanfaller inte
- Jordlagrens genomsläpplighet motsvaras av en sandig-grusig morän
- Infiltrationskapacitet maximalt 0,5 – 3 L/min med 0,1 bar övertryck i befintliga rör
- Infiltrationskapaciteten kan ökas med anpassade anläggningar
- De lägsta transmissiviteterna förekommer centralt och i de nordöstra delarna av det undersökta området
- Generellt ökad transmissivitet från öster och norr mot väster och söder.
- Lokalt god koppling mellan jord och berg
- Transporthastigheten från kemtvätten österut nedför höjdpartiet har överslagsmässigt beräknats till 15 – 150 m/år
- Struktureologiskt betingat högtransmissivt stråk väster om aktuell fastighet.
- Tolkad svaghetszon i NV-SO riktning, sammanfaller med lokalt lågläge och utströmning.

Mark & Miljö Hydrosense AB



David Wladis

## 8 Ordlista

Akvifär är en geologisk bildning som är så genomsläpplig att grundvatten kan utvinnas i användbar mängd.

Anisotropi innebär att en egenskap, t.ex. hydraulisk konduktivitet, är beroende av vilken riktning den mäts i.

Avrinningsområde är det landområde, inklusive sjöar, som avvattnas via samma vattendrag. Området avgränsas av topografin som skapar vattendelare gentemot andra avrinningsområden. Det vill säga all nederbörd som faller inom avrinningsområdet rinner ut i havet via enbart ett vattendrag. Detta skall inte sammanblandas med tillrinningsområdet till ett vattendrag som enbart är landområdet exklusive vattendraget. Avrinningsområdet kan bestämmas för en godtycklig plats i vattendraget.

Evapotranspiration är summan av avdunstning (evaporation) från mark och ytvatten, guttationen, interceptionen och transpirationen från växterna. Den potentiella (teoretiskt möjliga) evapotranspirationen kan skattas med till exempel [Penmans formel](#).

Heterogen innebär att de hydrauliska egenskaperna är olika i olika delar av akvifären.

Hydraulisk konduktivitet är grundvattenflöde genom en enhetsyta vinkelrätt mot flödesriktningen under gradienten ett med hänsyn taget till vätskans egenskaper. Enhet m/s.

Hydrogeologi är den del av hydrologin som grundvattnets fördelning och rörelse i berg och jord.

Hydrologiskt år omfattar perioden 1 oktober till och med 30 september. Anledning till att ha årsgränsen i månadskiftet september/oktober istället för december/januari beror på att hydrologerna vill undvika att ha årsgränsen en tid då det oftast finns stora mängder snö.

Isotropi innebär att en egenskap, t.ex. hydraulisk konduktivitet, är lika stor i alla riktningar.

Permeabilitet är ett mediums genomsläpplighet endast som en funktion av materialets egenskaper till skillnad mot hydraulisk konduktivitet som är en funktion även av vätskans egenskaper.

Tillrinningsområde är en landyta vars kant begränsas av en vattendelare. Nederbörd som faller inom ett tillrinningsområde, tillfaller vattendrag som avses när tillrinningsområde nämns.

Transmissivitet definieras som grundvattenflödet genom en sektion med enhetsbredd vinkelrät mot flödesriktningen under gradienten ett och med hänsynstagande till vätskans egenskaper. Transmissiviteten är lika med integralen av den hydrauliska konduktiviteten över den vattenmättade delen av akvifären. Enhet  $m^2/s$ .