

Bedömning av grundvattentillgång för enskild vattenförsörjning i Uppsala län

Calle Hjerne, Johan Öhman, Bo Thunholm,
Eva Jirner & Jakob Nisell

maj 2019



SGU-rapport 2019:09



Omslagsbild: Område med begränsad grundvattentillgång i Öregrund
Fotograf: Magdalena Thorsbrink

Författare: Calle Hjerne, Johan Öhman, Bo Thunholm, Eva Jirner & Jakob Nisell
Granskad av: Magdalena Thorsbrink
Ansvarig enhetschef: Mattias Gustafsson
Projektname: Extrasatsning grundvattenkartering
Projekt-id: 83025

Sveriges geologiska undersökning
Box 670, 751 28 Uppsala
tel: 018-17 90 00
fax: 018-17 92 10
e-post: sgu@sgu.se
www.sgu.se

FÖRORD

Denna rapport omfattar en bedömning av grundvattentillgången för enskild vattenförsörjning i Uppsala län. Förutom att få fram själva bedömningen är syftet också att testa en delvis ny metod för att identifiera och beskriva särskilt utsatta grundvattenresurser för ett län inom ramen för SGUs särskilda grundvattensatsning.

Den primära målgruppen för rapporten är handläggare på kommuner och länsstyrelse som arbetar med vattenförsörjningsfrågor. SGU bedömer att resultaten i rapporten kan användas för översiktlig riskbedömning och planering med avseende på enskild vattenförsörjning. Delar av rapporten riktar sig även till handläggare som arbetar med förhandsbesked och bygglov. Resultaten kan däremot inte användas för att bedöma risken för specifika fastigheter.

För att fullt ut kunna ta del av rapporten är det lämpligt med en viss grundläggande kunskap om grundvatten. Oavsett om läsaren har kunskap om grundvatten eller ej sedan tidigare är det mycket viktigt att ta del av och förstå de osäkerheter och begränsningar som finns i resultaten för att de inte ska användas på fel sätt.

INNEHÅLL

Sammanfattning.....	5
Beräkning av grundvattentillgång	6
Beräkning av uttag för enskild vattenförsörjning	11
Jämförelse av uttag för enskild vattenförsörjning och grundvattentillgång	14
Rekommenderad fastighetstäthet	19
Salt grundvatten.....	20
Osäkerheter och begränsningar	21
Beräkning för andra län.....	22
Möjliga förbättringar	23
Referenser.....	24
Bilaga 1. Beskrivning av beräkning av magasineringsförmåga	25

SAMMANFATTNING

Många permanentbostäder och fritidshus i Sverige använder grundvatten för enskild vattenförsörjning, dvs. de är inte anslutna till ett kommunalt dricksvattensnät. Hushåll med enskild vattenförsörjning är beroende av att den totala mängden grundvatten som kan användas är tillräckligt stor för att täcka behoven, både långsiktigt och under perioder av torka. Hur mycket grundvatten som kan användas i ett område beror av en rad faktorer. Dels beror det av hur mycket grundvatten som bildas, vilket också varierar över året samt mellan åren. Dels beror det av markens förmåga att lagra vatten. I exempelvis en sand- och grusavlagring kan mycket grundvatten lagras medan lagringsförmågan i urberg är mycket begränsad. Geologin blir därmed ofta avgörande för hur mycket grundvatten som finns att tillgå vilket i sin tur avgör hur tät bebyggelse som är lämplig på olika platser.

I denna rapport har SGU beräknat grundvattentillgång för enskild vattenförsörjning i Uppsala län genom att bedöma markens förmåga att lagra grundvatten. Markens förmåga att lagra grundvatten kallas i denna rapport för magasineringsförmåga. Beräkningarna baseras på ett antal antaganden och ett relativt översiktligt grundmaterial och är därmed förknippade med osäkerheter. För att visa på osäkerheterna i beräkningarna har magasineringsförmågan beräknats för ett sämre och ett bättre fall.

Beräknad grundvattentillgång har också jämförts med befintliga (antagna) grundvattenuttag för enskild vattenförsörjning. Syftet är att identifiera områden där det nuvarande grundvattenuttaget är stort i förhållande till grundvattentillgången. Den beräknade grundvattentillgången har också använts för att ta fram riktvärden för fastighetstäthet i områden med enskild vattenförsörjning.

Trots att resultaten är förknippade med osäkerheter bedöms de vara relevanta och användbara för en översiktlig riskbedömning och planering. Resultaten kan exempelvis användas för att bedöma vilka delar av en kommun som har en större andel fastigheter med förhöjd risk för grundvattenbrist. Resultaten ska däremot inte användas för att bedöma risken för en specifik fastighet eftersom lokala förhållanden som inte är kartlagda inte finns med i beräkningarna. Den rekommenderade fastighetstätheten kan också användas vid planering, t.ex. inför etablering av nya fastigheter (förhandsbesked och bygglov). Observera dock att osäkerheter och lokala förhållanden som inte varit möjliga att ta med i beräkningarna kan motivera avsteg från rekommendationen. Exempelvis i de fall där grundvattenförhållandena är mer gynnsamma än vad som antagits i beräkningarna. Vid översiktlig planering och riskbedömning finns det också anledning att vara försiktigare med en hög grundvattenanvändning inom områden med högre sannolikhet för salt grundvatten.

För att minska risken för överskattning av grundvattentillgången rekommenderar SGU att utgå från det sämre fallet som presenteras i denna rapport för vidare riskbedömning och planering. Observera dock att det inte är någon garanterad grundvattentillgång utan det är fullt möjligt att det finns platser med mindre grundvattentillgång än vad det sämre fallet visar.

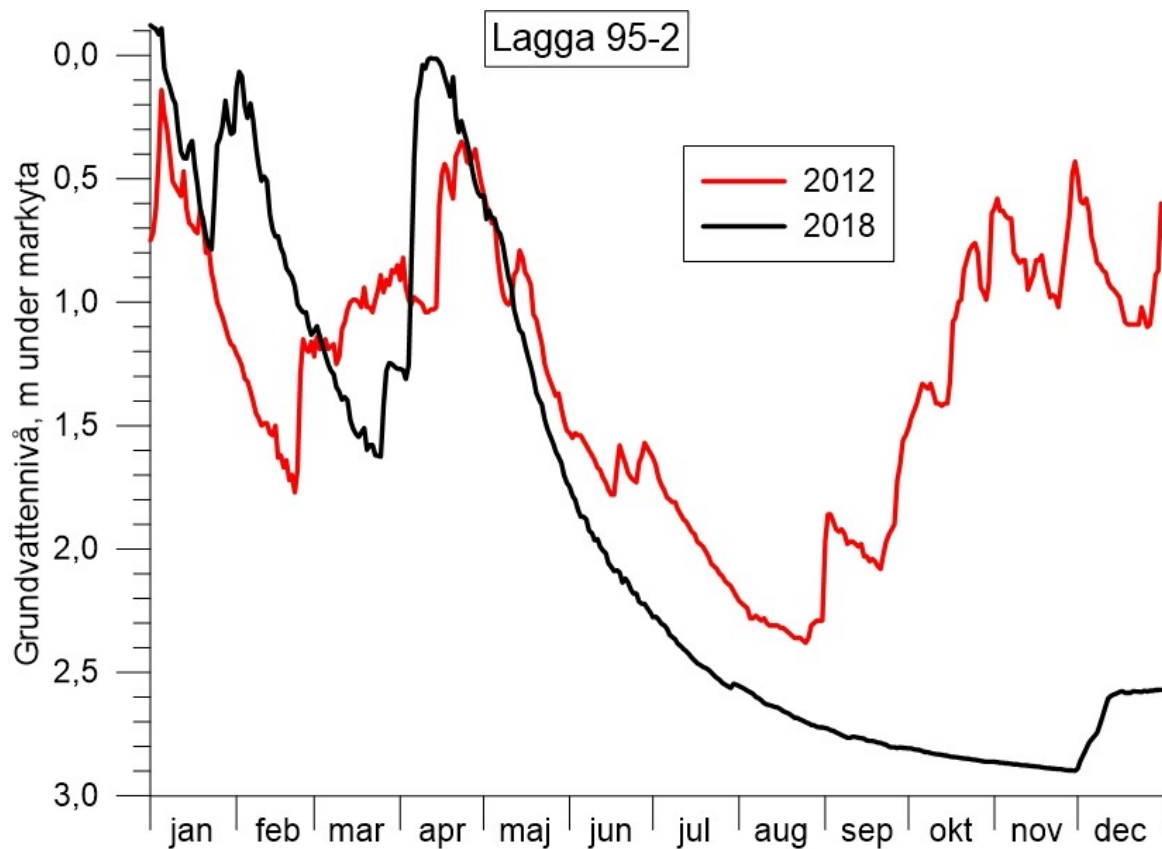
I slutet av rapporten finns två avsnitt som behandlar möjligheten att beräkna grundvattentillgången i andra län med samma eller liknande metod samt möjliga förbättringar av metoden. Dessa avsnitt riktar sig främst till hydrogeologer som har för avsikt att använda metoden för andra områden än Uppsala län. Rapportens beräkningsmetod är en vidareutveckling av den metod som ibland refereras till som "SGU-metoden" som använts för liknande syften för t.ex. Gotland, Östhammar, Norrtälje, Värmdö och Tierp (SGU 1999a, 1999b, 1999c, 2000 och 2006).

BERÄKNING AV GRUNDVATTENTILLGÅNG

Hur mycket grundvatten som finns att tillgå för enskild vattenförsörjning beror på flera faktorer. Två av de viktigare faktorerna är grundvattenbildningen och grundvattenmagasinets förmåga att lagra vatten. Eftersom grundvattenbildningen inte är jämnt fördelad över året kan det i praktiken bli magasinets förmåga att lagra grundvatten som begränsar hur mycket grundvatten som kan tas ut, speciellt vid torrperioder.

Termen *grundvattenmagasin* avser ofta en tydligt avgränsad geologisk formation, t.ex. en rullstensås, där det är möjligt med ett betydande uttag av grundvatten. I sammanhanget med enskild vattenförsörjning kan grundvattenmagasinet vara svårt att avgränsa geometriskt och dessutom vara avsevärt mindre i fråga om uttagsmöjlighet och storlek. Termen *grundvattenmagasin* avser därför i denna rapport geologiska formationer i både jord och berg där det är möjligt att göra uttag, om än mycket begränsade, för vattenförsörjning.

För att åskådliggöra hur grundvattenbildningen och grundvattennivån varierar över tid visas uppmätta grundvattennivåer vid SGUs mätstation i Lagga söder om Uppsala för 2012 och 2018 i figur 1. Perioder med betydande grundvattenbildning resulterar i ökande nivåer medan torrperioder utan grundvattenbildning medför stadigt sjunkande nivåer. Det generella mönstret är att perioder med grundvattenbildning är vanligare under höst, vinter och vår medan torrperioder utan grundvattenbildning framför allt inträffar under sommaren. Det är också tydligt att nivåerna varierar mellan år. Under sommaren 2012 fanns flera perioder med betydande grundvattenbildning medan grundvattennivån i princip var stadigt sjunkande under 2018 från slutet av april ända till början av december.



Figur 1. Grundvattennivå vid SGUs mätstation 95-2 i Lagga söder om Uppsala under 2012 och 2018.

Grundvattenmagasinets förmåga att lagra grundvatten avser i detta sammanhang hur mycket vatten som kan lagras och dessutom användas, dvs. pumpas upp, under en längre period utan (betydande) bildning av grundvatten. Det kan uttryckas i olika enheter, t.ex. kubikmeter vatten per ha (m^3/ha) eller liter vatten per kvadratmeter (l/m^2). Liter per kvadratmeter är identiskt med millimeter (mm) vilket är ofta används för nederbörd och grundvattenbildning. Detta benämns i fortsättningen av denna rapport för *magasineringsförmåga*.

Beräkningarna av den magasinierande förmågan baseras kortfattat på porositet (vattenavgivningstal, Sy) i jord respektive i berg, jorddjup, grundvattenytans läge samt avsänkning av grundvattennivån på grund av vattenuttag. En liknande beräkning har tidigare utförts av SGU (2017). Dock bör den tidigare beräkningen betraktas som grovare och mer översiktlig än den som presenteras här.

Porositet i detta sammanhang avser vattenavgivningstal, Sy, det vill säga den volymandel av marken som dräneras vid sänkning av grundvattenytan. Det kallas också ibland för *dränerbar porositet* eller *effektiv porositet*. Samtliga grundvattenmagasin antas i denna beräkning vara öppna, vilket innebär att sänkning av grundvattenytan medför en direkt dränering. Vattenavgivningstal vad det gäller jord har bedömts baserat på litteraturuppgifter, t.ex. Johnson (1967), Freeze och Cherry (1979) och Terzaghi m.fl. (1996). När det gäller berg är publicerade uppgifter om vattenavgivningstal mycket knapphändiga och uppvisar dessutom stor variation. De nu tillämpade vattenavgivningstalen för berg är därför snarare att betrakta som en rimlighetsbedömning av författarna. Observera att antagna vattenavgivningstal ska motsvara det berg som kan dräneras genom pumpning, dvs. det mer ytliga berget och inte hela bergmassan som penetreras av uttagsbrunnar i berg.

Vattenavgivningstal för jord ansätts baserat på ytligt förekommande jordart i SGUs förenklade jordartskarta. Detta förfarande medför en del osäkerheter och felaktigheter i resultatet. Om det exempelvis finns ett tunt lager av svallsand ovanpå ett mäktigt lager av lera kommer det i beräkningarna att behandlas som ett mäktigt lager sand. Bedömningen är dock att det inom Uppsala län inte förekommer stora utbredda områden med liknande förhållanden och att den tillämpade generaliseringen inte får en betydande påverkan på slutresultatet för den skala som underlaget bör användas för. Där det finns utpekade grundvattenförekomster i sand eller grus används inte den förenklade jordartskartan för att ansätta vattenavgivningstal. Där ansätts vattenavgivningstalet baserat på sand istället för den ytligt förekommande jordarten oavsett om magasinet bedöms vara öppet eller slutet.

För berg ansätts vattenavgivningstalet baserat på bedömd uttagsmöjlighet för området (SGU, 1994). Ytligt berg är ofta mer uppsprucket än djupare berg. Därför antas den översta metern i berg ha ett vattenavgivningstal som är fem gånger större än berget i övrigt.

Jorddjup baseras i beräkningarna på SGUs jorddjupsmodell (SGU, 2014).

Representativa värden för grundvattennivå (dvs. avstånd från markytan till grundvattenytan) har ansatts för olika jordarter baserat på statistik från nivåövervakningsstationer belägna inom respektive jordart i SGUs grundvattennät. Beräkningarna baseras således på antagna värden och inte på platsspecifika mätningar. De värden som visas i tabell 1 är de som anses representera de lägsta över året i opåverkade områden, dvs. områden som inte direkt påverkas av grundvattenuttag, hårdgjorda ytor, dränerande konstruktioner, etc. Det är rimligt att utgå från dessa värden eftersom det kan antas att grundvattennivåerna sjunker ner till dessa naturligt och ett grundvattenuttag skulle innebära ytterligare sänkning från dessa.

Eftersom vattenavgivningstalen i jord som regel är mycket större än i berg blir förhållandet mellan jorddjup och grundvattennivå mycket viktigt för det slutgiltiga resultatet. Dock är både jorddjupet och grundvattennivån osäker och kan variera betydligt inom ett begränsat område, exempelvis i ett småkuperat landskap med kalt berg och låg grundvattenyta i höjdområden och tjockare jordlager och yttligare grundvattenyta i sänkor. För att i viss mån kompensera för dessa variationer inom

ett område, har grundvattennivån och jorddjupet behandlats probabilistiskt i varje beräkningspunkt genom en sannolikhetsbedömning av nivå samt jorddjup. Grundvattennivån och jorddjupet antas vara normalfördelade. Standardavvikelsen för grundvattenytan antas bero på jordartsklassen (se tabell 1). Standardavvikelsen för jorddjup antas vara konstant oavsett jordartsklass. En enkel jämförelse av jorddjupsmodellen och mätpunkter i SGUs grundvattennät tyder på att standardavvikelsen för uppskattningarna i jorddjup i dessa fall var cirka 1,5 meter där jorddjupsmodellen visade på jorddjup på sju meter eller mindre.

Avsänkningen av grundvattennivån som kan göras precis vid en uttagsbrunn i berg är som regel stor. Dock måste man i beräkningen utgå från en genomsnittlig avsänkning inom hela magasinet som brunnen utnyttjar. Därmed blir den genomsnittliga avsänkningen inom magasinet som helhet mindre. I beräkningen har det antagits att avsänkningen i berg är tio meter.

Ofta sker uttaget i berg och avsänkningen i jord blir därmed inte lika stor som i berg. Om uttaget sker i jord kan inte heller hela jordmaktigheten tömmas på vatten. Om uttaget sker i berg är det ett rimligt antagande att avsänkningen i jord kan bli större om det finns en god kontakt mellan jord och berg. I beräkningen ansätts därför avsänkning i jord som en funktion av uttagskapaciteten i berg och jorddjupet (procent av mättat jorddjup i tabell 2).

Eftersom det finns osäkerheter och variationer angående styrande parametrar har beräkningar utförts med ett *bättre fall* och ett *sämre fall* av magasineringsförmåga. Dessa ska inte ses som extremfall. Det är snarare troligt att det i vissa punkter kan vara ännu större eller mindre grundvattentillgång än det bättre fall respektive sämre fall som visas. De olika fallen kan istället användas för att bedöma vilken osäkerhet det kan finnas för respektive punkt. Beräkningarna som utförts beskrivs mer utförligt i bilaga 1.

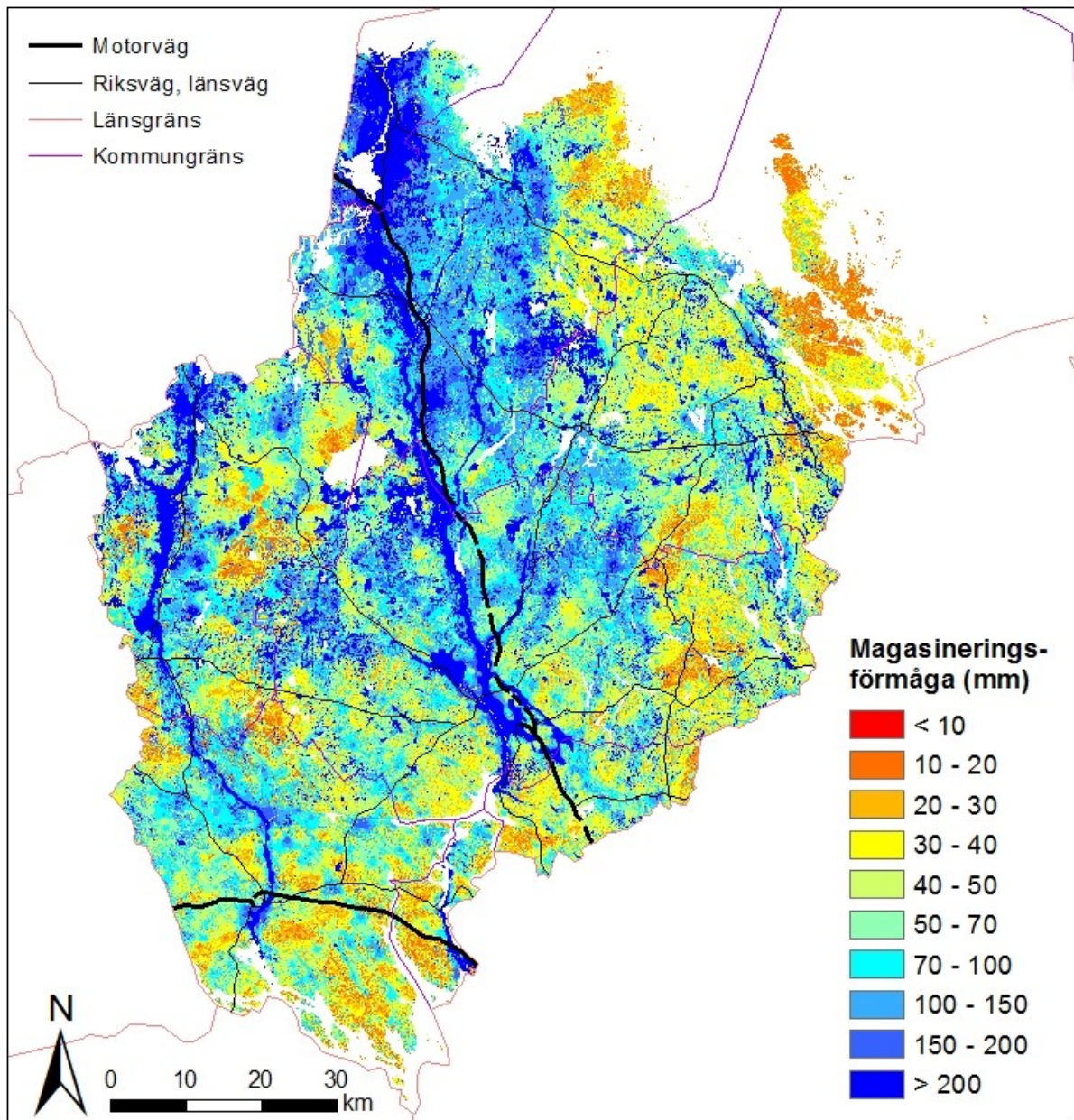
Tabell 1. Antagna vattenavgivningstal och grundvattennivåer för olika jordartsklasser

Jordartsklass	Vattenavgivningstal (Sy)		Grundvattennivå (m under markyta)		Standardavvikelse grundvattenyta (m)
	Sämre fall	Bättre fall	Sämre fall	Bättre fall	
	Organisk jordart	10 %	15 %	1	
Lera	1 %	2 %	3	2	1,5
Moränlera	1 %	2 %	3	2	1,5
Silt	4 %	8 %	4	3	2
Sand	15 %	25 %	6	5	3
Grundvattenförekomster (sand och grusförekomster)	15 %	25 %	6	5	3
Grus	15 %	25 %	7	6	3
Sten-block	15 %	25 %	7	6	3
Isälvs sediment sand-block	15 %	25 %	7	6	3
Morän	3 %	5 %	3	2	1,5
Övrigt	3 %	5 %	3	2	1,5
Fyllning	3 %	5 %	3	2	1,5
Tunt jordtäckte	3 %	5 %	4	3	2
Berg (avser eventuellt jord ovanpå berg i dagen)	3 %	5 %	4	3	2

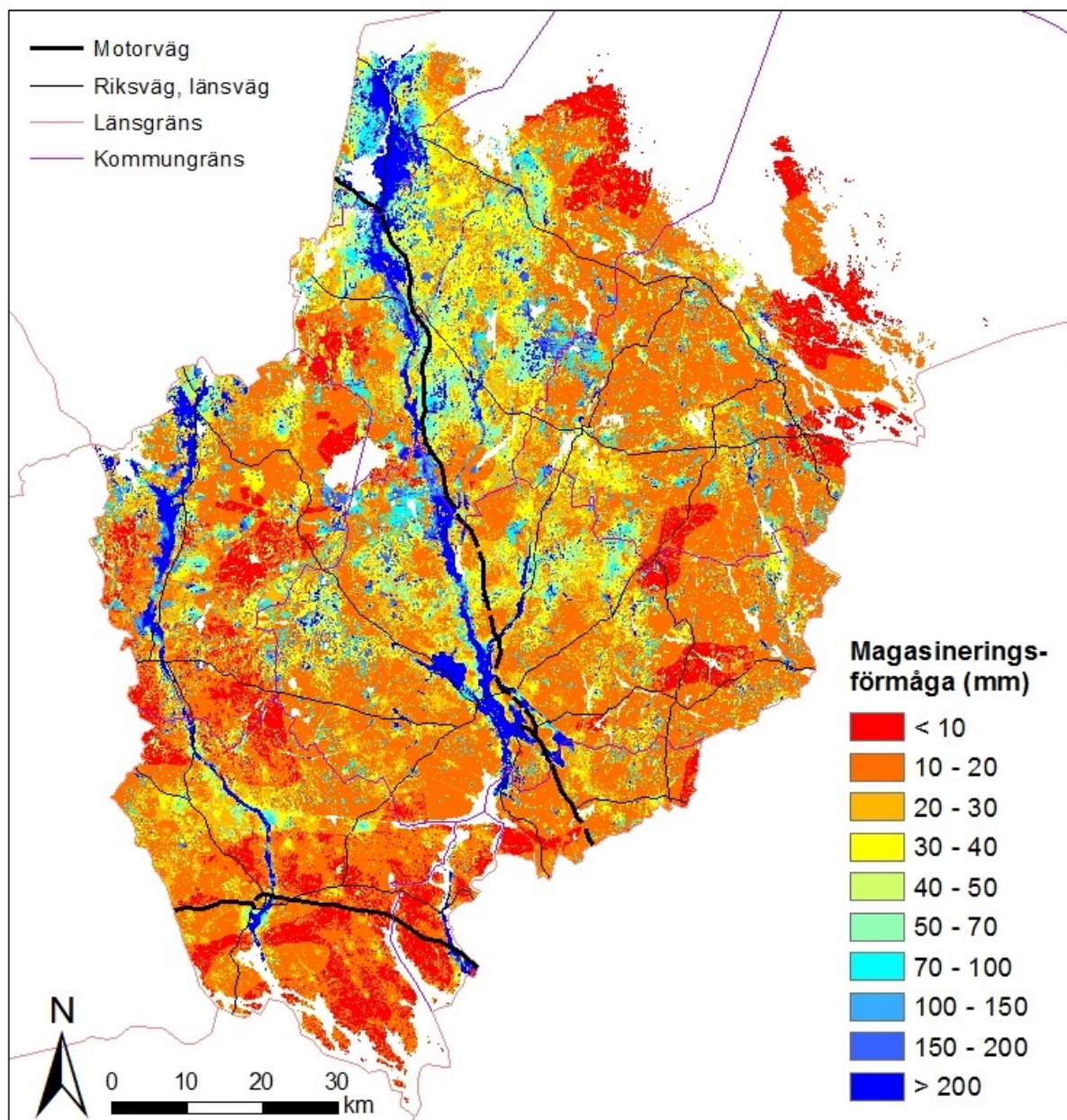
Tabell 2. Antagna vattenavgivningstal och avsänkning i jord för olika bergtyper

Uttagskapacitet (median, L/h)	Vattenavgivningstal (Sy)		Avsänkning jord (% av mättat jorddjup)	
	Sämre fall	Bättre fall	Sämre fall	Bättre fall
	Urberg, ej bedömt	0,06 %	0,15 %	20
Urberg, 0–600 l/h	0,06 %	0,15 %	20	40
Urberg, 600–2000 l/h	0,10 %	0,25 %	30	50
Urberg, 2000–6000 l/h	0,14 %	0,35 %	40	60
Urberg, 6000–20000 l/h	0,20 %	0,5 %	50	70

Beräknad magasineringsförmåga för Uppsala län redovisas i figur 2 och figur 3 för det bättre respektive det sämre fallet. Mönstret är detsamma i båda figurerna men nivåerna är olika. Alla områden med en magasineringsförmåga över 200 mm visas med samma färg i båda figurerna. Anledningen är att det i områden med hög magasineringsförmåga sannolikt inte är denna som är begränsande utan snarare den långsiktiga grundvattenbildningen. Även i många andra områden, med magasineringsförmåga mindre än 200 mm, kan det vara grundvattenbildningen som är begränsande. För att utreda grundvattentillgången och risken för grundvattenbrist i dessa områden (med hög magasineringsförmåga) bör också grundvattenbildningen inkluderas i beräkningarna.



Figur 2. Beräknad magasineringsförmåga för det bättre fallet.



Figur 3. Beräknad magasineringsförmåga för det sämre fallet.

BERÄKNING AV UTTAG FÖR ENSKILD VATTENFÖRSÖRJNING

Grundvattenuttag görs för flera olika syften och av olika aktörer. Det kan grovt delas in enligt följande:

- Kommunal dricksvattenförsörjning
- Enskild dricksvattenförsörjning (i privatägda eller samfällt ägda brunnar)
- Vattenförsörjning för industri
- Vattenförsörjning för jordbruk
- Dränering, t.ex. diken och underjordsanläggningar.

I denna beräkning är endast uttag för enskild dricksvattenförsörjning inkluderade.

Uttag för kommunal dricksvattenförsörjning och vattenförsörjning för industri kan vara stora och lokalt ha en mycket stor påverkan på grundvattentillgången. Dessa uttag sker i relativt få punkter jämfört med enskilda vattenuttag. Dessutom sker de som regel i magasin med stor magasineringsförmåga. För dessa uttag är antagligen grundvattenbildningen mer begränsande än magasineringsförmågan. Med anledning av detta är dessa uttag inte inkluderade i analysen.

Vattenförsörjning för jordbruk är inte heller inkluderade i beräkningen av uttag. Det främsta skälet till det är att jordbruk kan ha mycket varierande vattenförbrukning beroende på typ av jordbruk och att SGU vid denna studie inte hade tillgång till sådana data.

Dränering i t.ex. diken kan ha en stor betydelse för grundvattentillgången i ett område. Med denna typ av grundvattenbortledning gick inte att inkludera i analysen på grund av brist på heltäckande dataunderlag för länet.

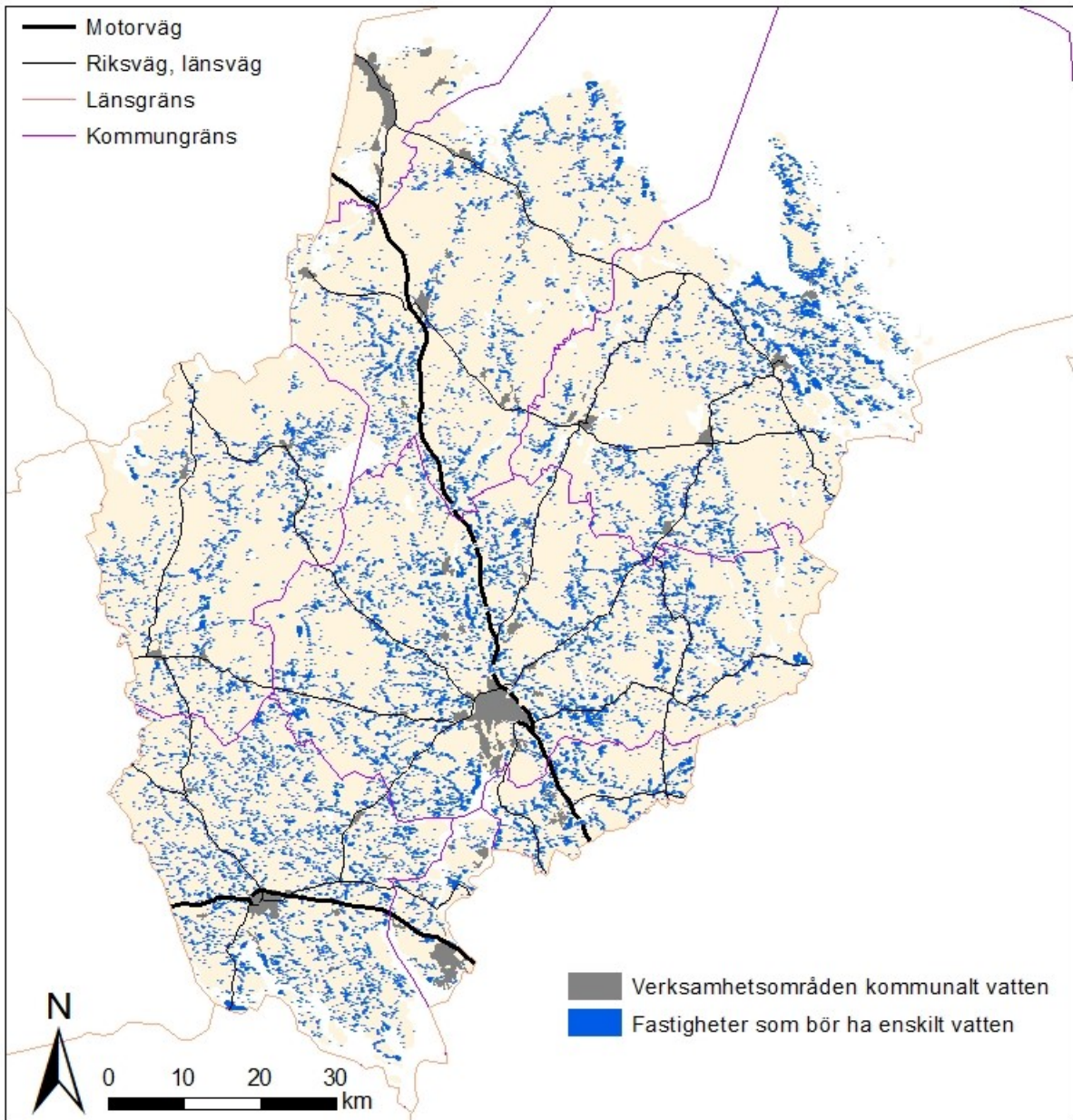
För att beräkna pågående uttag för enskild dricksvattenförsörjning användes fastighetsregistret och verksamhetsområden för kommunalt vatten och avlopp (VA) i Uppsala län. Underlaget gällande verksamhetsområden för kommunalt VA har SGU fått av Länsstyrelsen i Uppsala län som under 2018 begärt in uppdatering av underlaget från 2010. Uppdaterad information erhöles dock inte från alla kommuner. Utdraget från fastighetsregistret är från oktober 2017. Eftersom fastighetsbeståndet och verksamhetsområden förändras över tid och underlaget inte är helt aktuellt finns det en viss osäkerhet avseende dessa, speciellt i närheten av tätorter.

I fastighetsregistret finns bl.a. uppgifter om typ av VA för enskilda fastigheter (KODVA). Med avseende på vatten är de uppdelade på kommunalt vatten (KODVA 11–13), enskilt vatten (KODVA 21–23), sommarvatten (KODVA 31–33) och vatten saknas (KODVA 41–43). Det var dock uppenbart vid en granskning av dessa koder att det finns en del felaktigheter. Framför allt var det uppenbart att en hel del av de fastigheter där vatten skulle saknas (KODVA 41–43) bör ha vatten eftersom det vid en jämförelse med flygfoto var tydligt att många av dess fastigheter hade stora bostadshus på tomten. Men en del av dessa (KODVA 41–43) var uppenbart också avstyckade tomter i områden under uppbyggnad med kommunalt VA. Det finns också fastigheter inom verksamhetsområden för kommunalt VA som enligt fastighetsregistret har enskilt vatten. För många fastigheter fanns det dessutom flera taxeringsenheter på samma tomt. Det kan t.ex. röra sig om garage etc. Det är dock inte troligt att flera taxeringsenheter på en fastighet nämnvärt ökar vattenförbrukningen.

Med anledning av nyss nämnda oklarheter och ibland uppenbara felaktigheter behandlades data från fastighetsregistret på följande sätt:

1. Alla fastigheter utan någon KODVA togs bort ur datamängden.
2. För de fastigheter där det fanns flera taxeringsenheter med KODVA behölls endast en av dem. Totalt var det 90 729 st. fastigheter inom Uppsala län som hade KODVA.
3. För några få fastigheter (315 st.) var det inte möjligt att finna koordinater varför de inte gick att inkludera i analysen. Av de återstående 90 414 fastigheterna var fördelningen av KODVA:
 - a. 11–13 (kommunalt vatten): 43 368
 - b. 21–23 (enskilt vatten): 33 316
 - c. 31–33 (sommarvatten): 6724
 - d. 41–43 (inget vatten): 7006.
4. Samtliga fastigheter inom verksamhetsområden för kommunalt VA (oavsett KODVA) rensades bort från datamängden.
5. Även fastigheter med KODVA 11–13 utanför verksamhetsområden rensades bort.
6. Det antogs att samtliga fastigheter med sommarvatten (KODVA 31–33) har enskilt vatten.
7. Det antogs att fastigheter med ”inget vatten” (KODVA 41–43) har vatten eller kommer att få vatten inom en nära framtid. Däremot är det oklart om det är/kommer bli kommunalt vatten eller enskilt vatten. Gruppen delades därför upp enligt en närhetsprincip till andra KODVA. Om fastigheten i fråga är närmare en fastighet med kommunalt vatten (KODVA 11–13) än en fastighet med enskilt vatten (KODVA 21–33) antogs att även denna fastighet har eller kommer få kommunalt vatten. I annat fall antogs att den har enskilt vatten.

Kvar efter denna rensning var 44 316 fastigheter i Uppsala län som då bör ha enskild vattenförsörjning, antingen från egen brunn eller samfällt ägd brunn. Dessa fastigheter visas i figur 4 tillsammans med verksamhetsområden för kommunalt VA i Uppsala län. Bland dessa fastigheter är givetvis vattenförbrukningen högst varierande. Förbrukningen i fritidshus kan generellt antas vara lägre än i permanentboende eftersom många t.ex. kan sakna wc, tvättmaskin och diskmaskin. Dock är det svårt att avgöra vilka fastigheter eller områden detta gäller. Det finns också generellt en trend mot högre standard i fritidshus och permanentboende i tidigare fritidshusområden vilket kan öka vattenförbrukningen. Dessutom fokuserar analysen på torrperioder som i detta område är sommarhalvåret då förbrukningen är högre i fritidshus än övriga månader. I beräkningen av förbrukning görs därför ingen differentiering mellan olika fastigheter eller områden beroende på om de är att betrakta som permanenthus eller fritidshus. I SGUs tidigare bedömningar av grundvattentillgång (1999a, 2006) antogs att den genomsnittliga förbrukningen i ett blandat bostadsbestånd är 350 l/dygn/fastighet vilket också har använts i de fortsatta beräkningarna i detta fall.



Figur 4. Fastigheter som bör ha enskilt vatten samt verksamhetsområden för kommunalt VA i Uppsala län.

JÄMFÖRELSE AV UTTAG FÖR ENSKILD VATTENFÖRSÖRJNING OCH GRUNDVATTENTILLGÅNG

Grundvattentillgången beskrivs ovan som magasineringsförmåga i termer av volym per yta (mm eller l/m^2). För att räkna om det till en vattenvolym som ett hushåll kan använda under en torrperiod behövs en skattning av hur stor yta (m^2) som ett enskilt uttag (brunn) kan nyttja, dvs. inom hur stort område som det kan skapas ett grundvattenflöde till brunnen (under perioder utan grundvattenbildning). Eftersom uttag ofta sker i sprickigt berg kan det vara en betydande skillnad mellan det området och ett tillrinningsområde för ytvattenflöde beräknat utifrån topografi. Därför kallas det område som en enskild brunn kan nyttja i fortsättningen för *uttagsområde* i denna rapport. Storleken på uttagsområdena varierar givetvis mycket mellan olika brunnar beroende på de geologiska förhållandena. SGU gör dock i denna studie bedömningen att uttagsområdet för en fastighet (brunn) teoretiskt kan antas motsvara en cirkel med radie 50 m som ett genomsnitt (dvs. $7850 m^2$).

I områden där fastigheter ligger relativt tätt kommer uttagsområden att delvis överlappa varandra. Dessa fastigheter kommer därmed, givet de antagande som gjorts, att delvis nyttja samma uttagsområde. Om två eller flera fastigheter har överlappande uttagsområden görs jämförelsen av uttag och magasineringsförmåga gemensamt för dessa. För ett sådant område beräknas det totala uttagsområdet, den genomsnittliga magasineringsförmågan inom uttagsområdet samt summan av förbrukningen vilket ligger till grund för fortsatta beräkningar. Detta illustreras i figur 5.

Med ett antaget uttagsområde kan den totala magasineringsvolymen (l) som kan nyttjas under en period utan grundvattenbildning (torrperiod) beräknas. Om denna volym divideras med antagen förbrukning ($l/dygn$) kan det teoretiskt beräknas hur lång tid magasinet i området räcker för vattenförsörjning. Denna tid betecknas i fortsättning av denna rapport som *möjlig uttagsperiod*. Givet att magasineringsförmågan har beräknats för ett bättre och ett sämre fall får man genom dessa beräkningar en längre respektive kortare möjlig uttagsperiod.

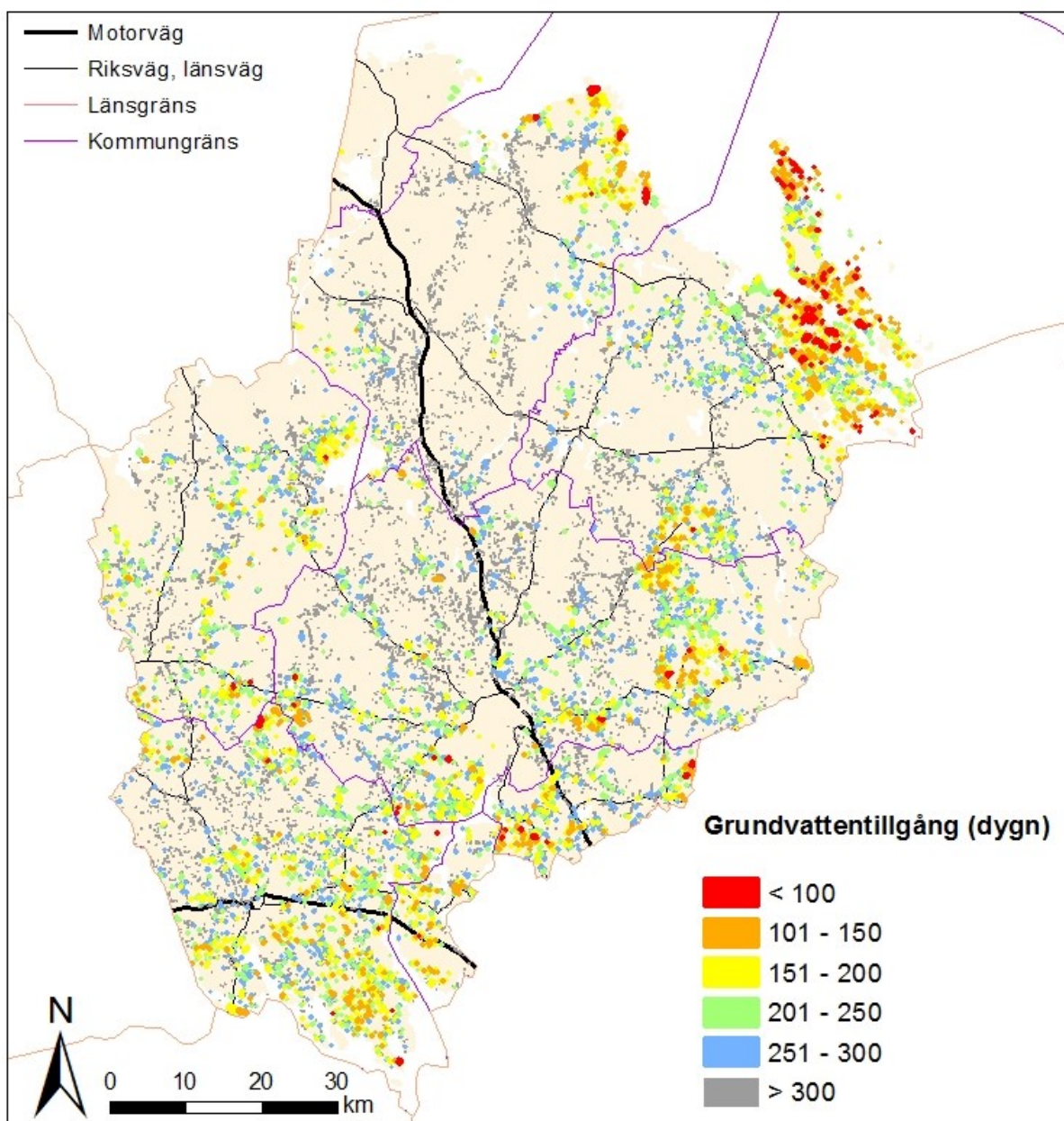
Figur 5 visar ett exempel för sådana beräkningar för tre grupper av fastigheter i Östhammars kommun. För dessa exempel framgår det tydligt att magasineringsförmågan inte bör vara begränsande för uttagen förutsatt att det bättre fallet gäller. Om det däremot är det sämre fallet som gäller är det största området (25 fastigheter) klart inom riskzonen för en att en bristsituation uppstår under en längre torrperiod. Som jämförelse kan nämnas att det under 2018 var en sjunkande grundvattennivå utan betydande grundvattenbildning från slutet av april till slutet av november (cirka 7 månader) vid SGUs nivåstation i Lagga söder om Uppsala.



Figur 5. Exempel på beräkning av möjlig uttagsperiod för tre grupper av fastigheter.

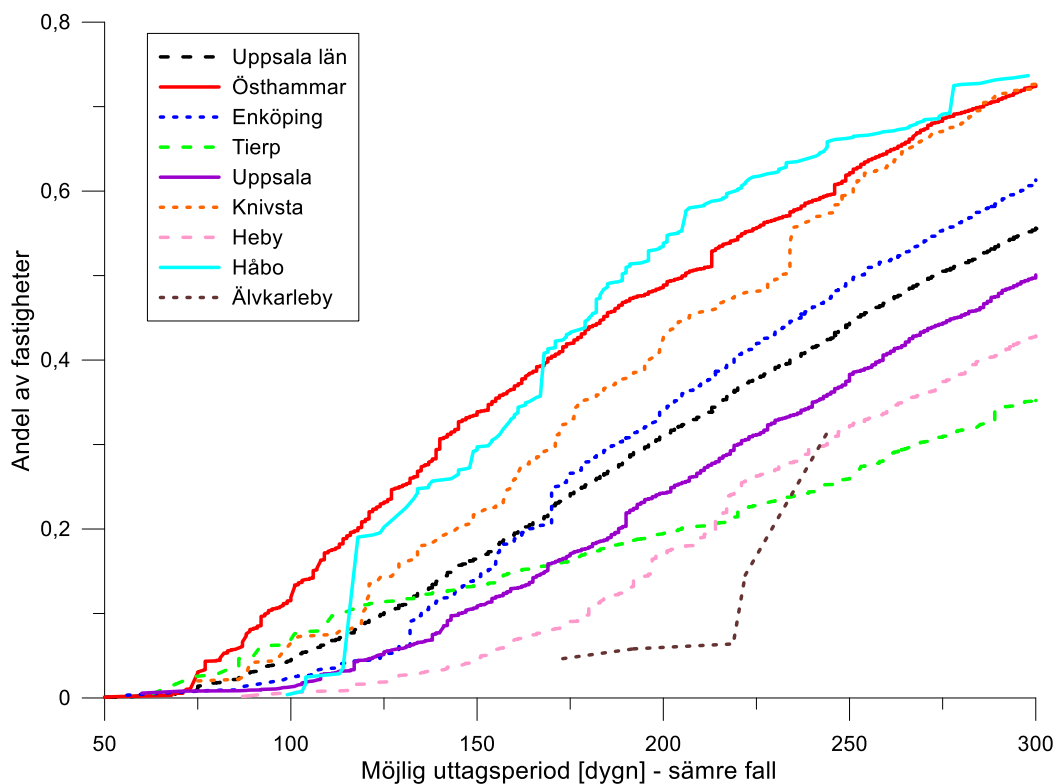
Figur 6 visar möjlig uttagsperiod för det sämre fallet av magasineringsförmåga för enskilda uttag i Uppsala län. I figuren har samtliga fastigheter med en möjlig uttagsperiod som är längre än 300 dygn lagts ihop i samma grupp. Detta eftersom magasineringsförmågan för dessa fastigheter inte bör vara begränsande för grundvattentillgången. För en liten del av fastigheterna var det inte möjligt att beräkna möjlig uttagsperiod för att de låg utanför området där det var möjligt att beräkna magasineringsförmåga (t.ex. små öar).

För det sämre fallet av magasineringsförmåga visas också den kumulativa fördelningen av fastigheter för hela länet och uppdelat för kommunerna i figur 7 (andel av fastigheter) och figur 8 (antal fastigheter).

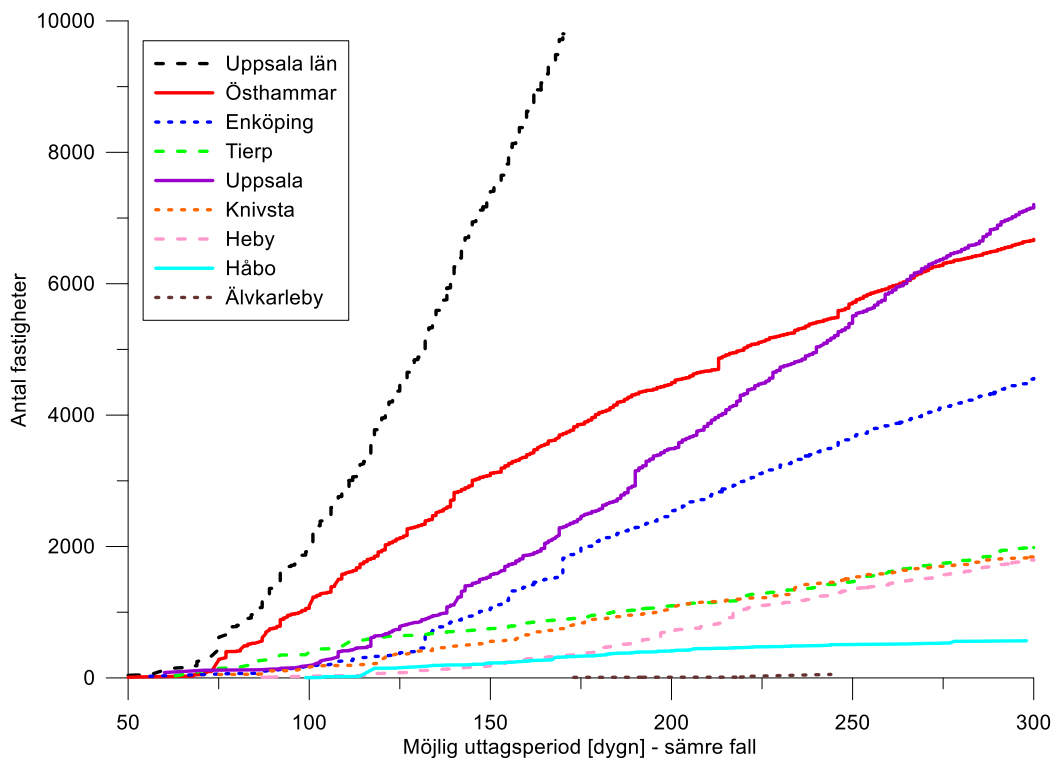


Figur 6. Möjlig uttagsperiod (antal dygn) för enskild vattenförsörjning för det sämre fallet av magasineringsförmåga.

Områden där det, enligt det sämre fallet, finns förhöjd risk för att en bristsituation kan uppstå under torrperioder återfinns i alla länets kommuner. Dock är det uppenbart från figur 6, 7 och 8 att Östhammars kommun är överrepresenterat oavsett om det är antal fastigheter eller andel av fastigheter som betraktas. Framför allt är dessa koncentrerade till områdena runt Öregrund, Östhammar och Gräsö. Sett till antalet fastigheter (figur 8) har också Enköping och Uppsala kommun relativt många fastigheter med kort möjlig uttagsperiod. Om man betraktar kartan i figur 6 framträder också delar av Knivsta kommun och Hållnäsälvön i Tierps kommun som extra utsatta med avseende på möjlig uttagsperiod.



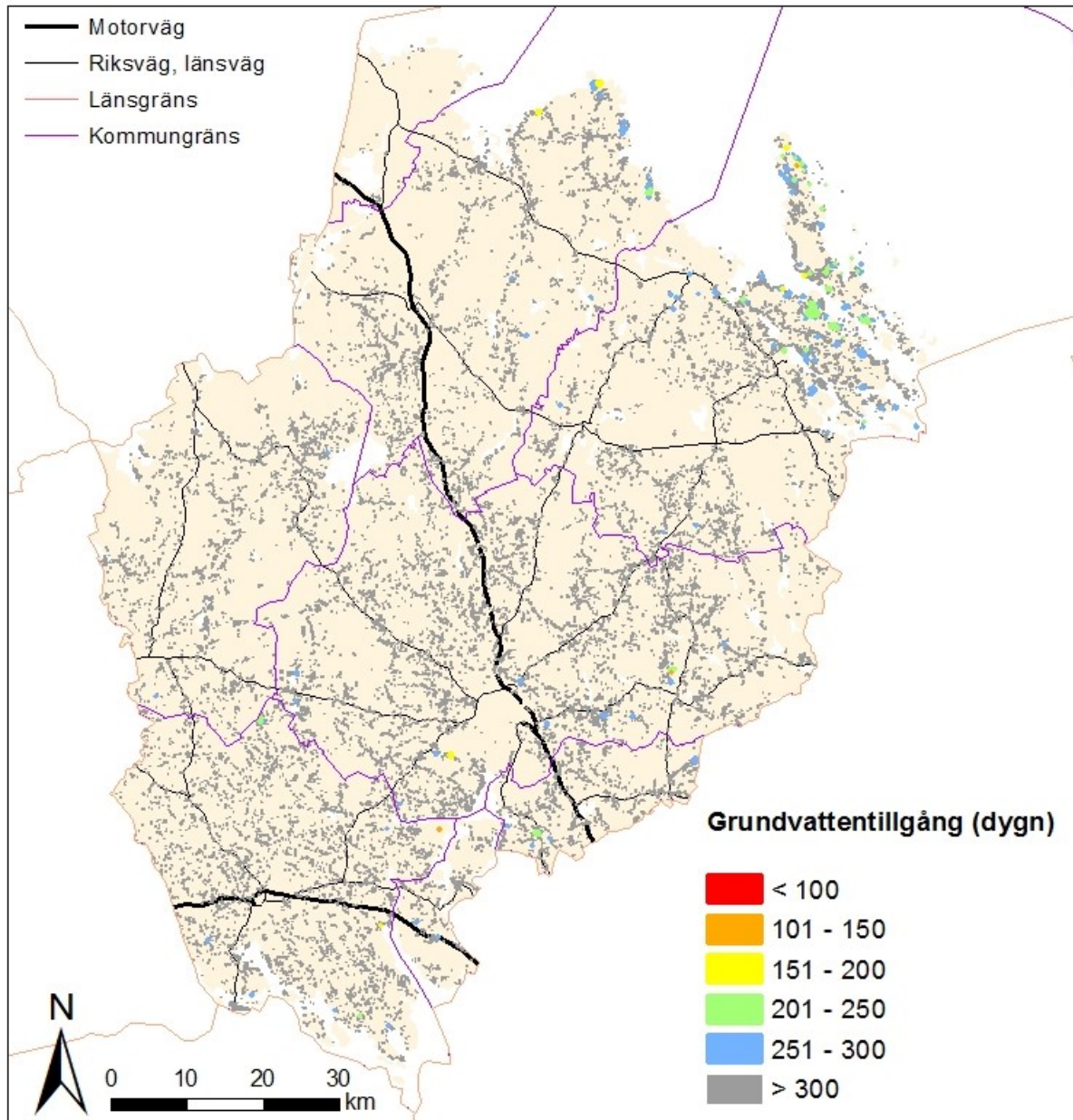
Figur 7. Andel av fastigheter i olika kommuner som i det sämre fallet har en möjlig uttagsperiod under ett visst värde.



Figur 8. Antal av fastigheter i olika kommuner som i det sämre fallet har en möjlig uttagsperiod under ett visst värde.

Figur 9 motsvarar figur 6 men visar istället det bättre fallet av magasineringsförmåga. Som förväntat visar detta fall överlag en betydligt lägre risk för en bristsituation. Dock är det fortsatt områdena runt Öregrund, Östhammar och Gräsö samt till viss mån Hållnäsälvön som framstår som mer utsatta med avseende på möjlig uttagsperiod.

Det är emellertid inte möjligt med befintligt underlag avgöra var inom intervallet för möjlig uttagsperiod som en specifik fastighet eller grupp av fastigheter verkligen befinner sig. För att kunna göra det krävs en platsspecifik bedömning som inkluderar en detaljkartering av geologiska och hydrologiska förhållanden, brunninventering m.m. och kanske till och med en platsspecifik grundvattenmodell. Därför ska beräkningarna inte användas för att peka ut specifika fastigheter eller grupper av fastigheter där bristsituation kommer att uppstå. Däremot kan resultatet användas för att översiktligt bedöma inom vilka områden i länet som det finns en förhöjd risk att en bristsituation kan uppstå under torrperioder.



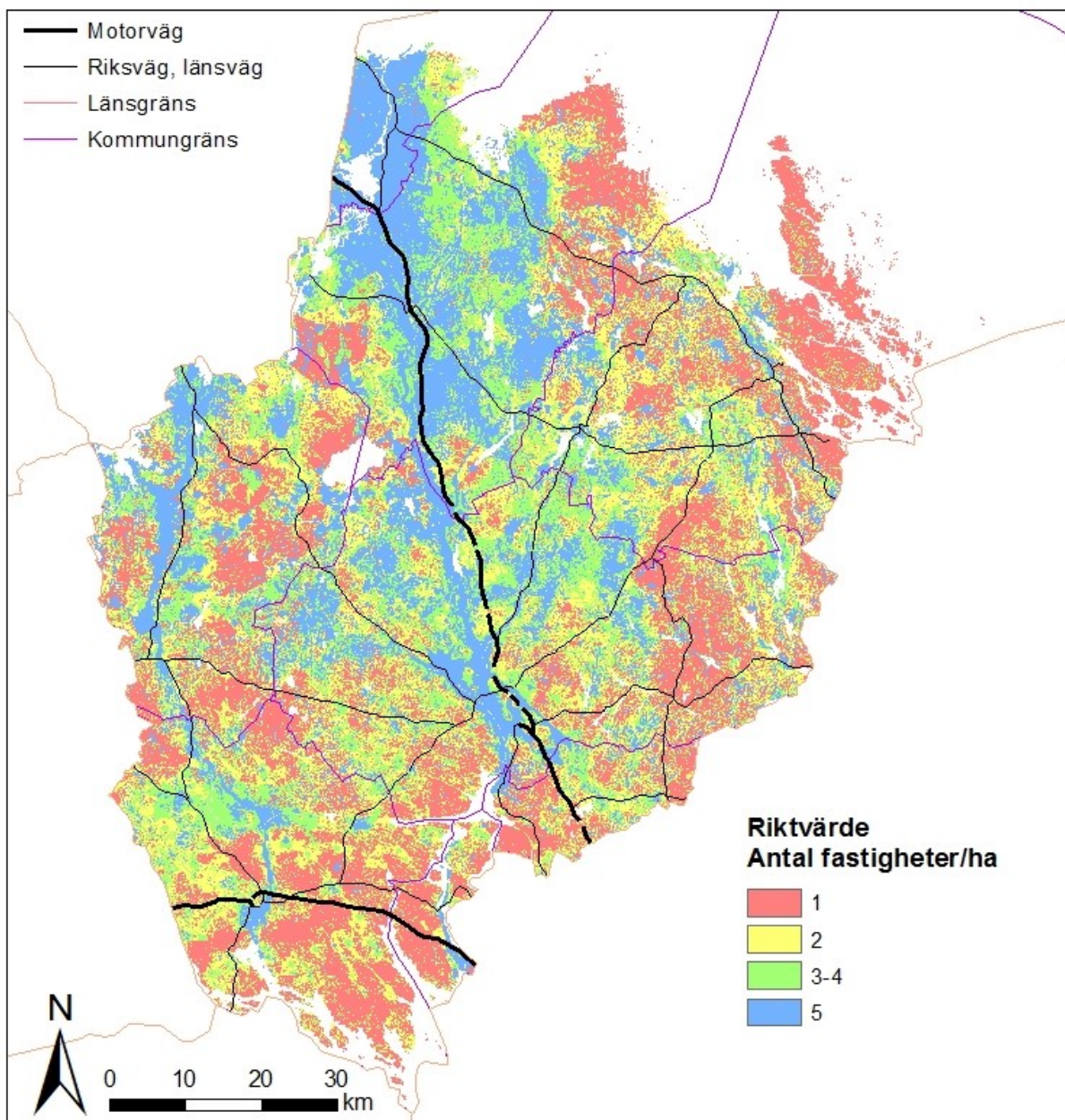
Figur 9. Möjlig uttagsperiod (antal dygn) för det bättre fallet av magasineringsförmåga.

REKOMMENDERAD FASTIGHETSTÄTHET

Uppskattad grundvattentillgång kan användas som underlag för översiktlig planering av nya fastigheter genom att beräkna hur tätt det är lämpligt att anlägga fastigheter med enskilda brunnar. Detta redovisas i denna sammanställning som antal fastigheter/ha. Fastigheter avser i detta sammanhang hushåll med normal vattenförbrukning. För att minska risken för överskattning av grundvattentillgången används det sämre fallet av magasineringsförmåga i denna beräkning.

För beräkning av riktvärden rörande antal fastigheter per hektar krävs antaganden om torrperiod och genomsnittlig förbrukning per dygn och fastighet. Som nämnts ovan var det under 2018 en sjunkande grundvattennivå utan betydande grundvattenbildning från slutet av april till slutet av november vid SGUs nivåstation i Lagga söder om Uppsala. Detta var en ovanligt lång period utan betydande grundvattenpåfyllning. Användning av grundvattenresurser bör dock planeras så att de räcker även för sådana år. Därför antas i beräkningen nedan en torrperiod av 200 dygn. Det antas också att den genomsnittliga förbrukningen är 350 l per dygn per fastighet. Det medför att varje fastighet behöver tillgång till ett grundvattenmagasin med 70 000 l uttagbart vatten för en 200 dygn lång torrperiod. Räknat på en hektar (10 000 m²) motsvarar det 7 l/m² per fastighet vilket är desamma som en magasineringsförmåga av 7 mm per fastighet per hektar. För två respektive fem fastigheter per hektar krävs det alltså en magasineringsförmåga av 14 mm respektive 35 mm. För att försörja en fastighet ett år krävs på motsvarande sätt en volym av ca 128 000 l vatten. Räknat på en hektar motsvarar det ca 13 l/m² per fastighet vilket är detsamma som en årlig grundvattenbildning av 13 mm/år per fastighet per hektar. Motsvarande årlig grundvattenbildning som krävs för att försörja fem fastigheter per hektar är 64 mm/år.

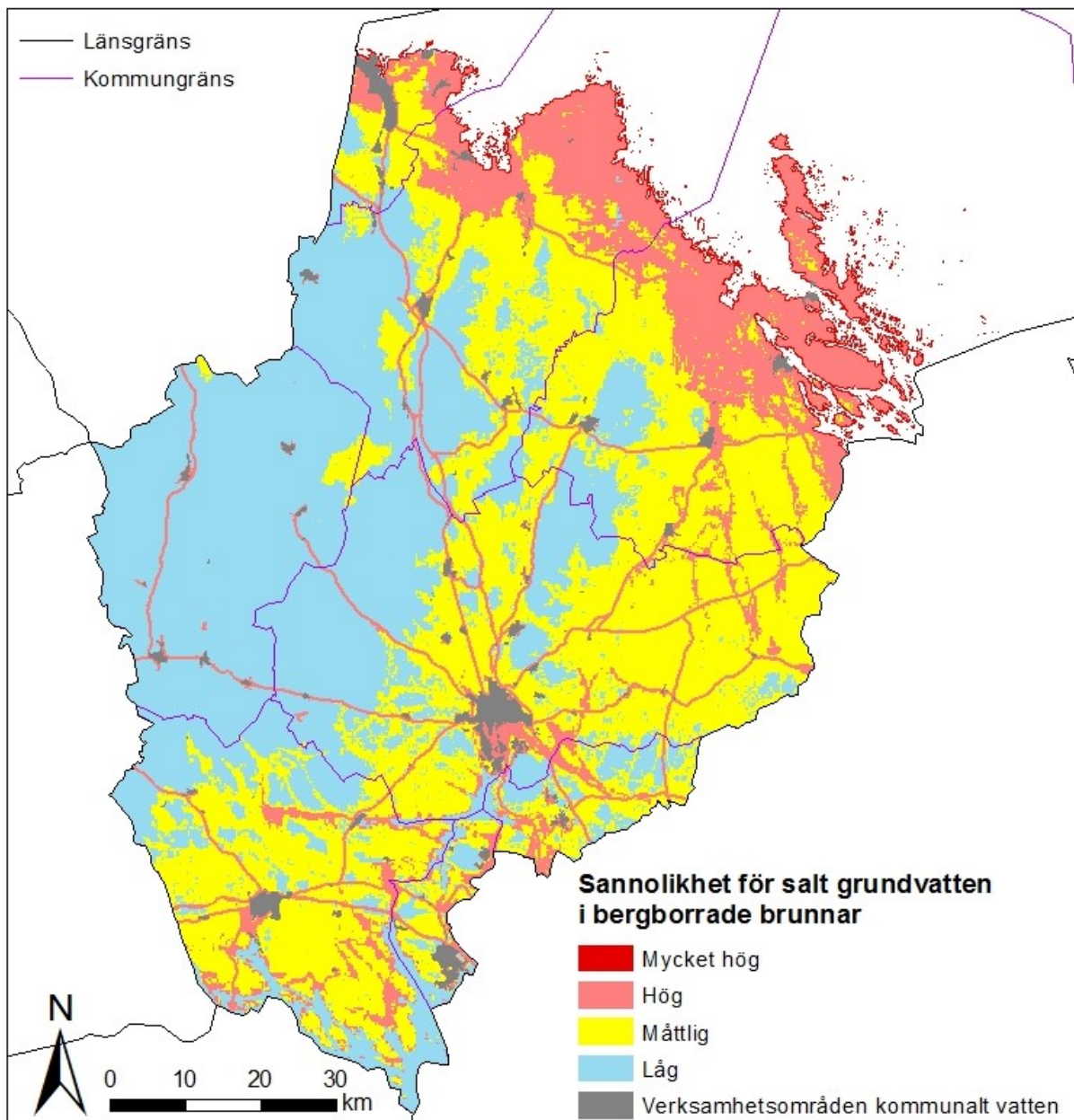
Den årliga grundvattenbildningen är normalt sett större än 64 mm/år. Enligt Rodhe m.fl. 2008 är grundvattenbildningen i Uppsala län under ett normalår 170–270 mm/år i morän och 150–250 mm/år i finjord. Det är dock inte hela grundvattenbildningen som går att använda för vattenförsörjning eftersom en del grundvatten kan ha en kort uppehållstid och inte nå de djup varifrån det kan pumpas upp, även om grundvattenytan sänkts av i ett område. Torrår kan grundvattenbildningen vara betydligt mindre (Rodhe m.fl. 2008). I ett framtida klimat förväntas också en minskad grundvattenbildning i Uppsala län (Rodhe m.fl. 2009). SGU gör trots allt bedömningen att det i detta fall (med upp till fem fastigheter per ha) i första hand är magasineringsförmågan som blir dimensionerande för grundvattenanvändningen inom enskild vattenförsörjning snarare än grundvattenbildningen. I figur 10 redovisas riktvärden avseende fastighetstäthet som är beroende av enskild vattenförsörjning baserat på magasineringsförmågan.



Figur 10. Riktvärden avseende fastighetstäthet som är beroende av enskild dricksvattenförsörjning.

SALT GRUNDEVATTEN

Utöver den faktiska tillgången på vatten är det även viktigt att beakta kvaliteten på vattnet. En vanligt förekommande begränsning för vattenuttag med avseende på vattnets kvalitet i kustnära områden är dess salthalt. Sannolikheten för salt grundvatten i bergborrade brunnar har tidigare beräknats av SGU, men finns inte presenterat i någon utgiven publikation. Ett utsnitt för Uppsala län från modellen visas i figur 11. Modellen är preliminär och är främst avsedd för bedömningar på nationell och regional nivå. För bedömningar på lokal nivå bör andra metoder användas, där exempelvis geologiska förutsättningar beaktas. Kartan kan användas för att göra en översiktlig bedömning om det är sannolikt att det finns höga salthalter i bergborrade brunnar för uttag av vatten. Dock finns det behov av test och validering för att verifiera modellens giltighet. Sannolikheten bedöms som mycket hög inom 200 meter från havsstrand vilket inte är helt tydligt i den skala som visas i figur 11.



Figur 11. Sannolikhet för salt grundvatten i bergborrade brunnar i Uppsala län.

Sannolikheten för salt grundvatten vid grundvattenuttag är inte inkluderat i beräkningarna avseende grundvattentillgång i denna rapport. Istället föreslår SGU att sannolikheten för salt grundvatten inkluderas kvalitativt som ett tillägg till resultat som redovisas ovan. I praktiken innebär det att man vid översiktlig planering och riskbedömning bör vara försiktigare med en hög grundvattenanvändning inom områden med högre sannolikhet för salt grundvatten.

OSÄKERHETER OCH BEGRÄNSNINGAR

Det finns många osäkerheter förknippade med de skattningar av magasineringsförmåga, grundvattenuttag och riktvärden för fastighetstäthet som redovisas i denna rapport. Framför allt finns det förenklingar i själva beräkningsmodellen för magasineringsförmåga som påverkar slutresultatet. Det gäller t.ex. hur slutna magasin kan dräneras. Dock finns det för Uppsala län inget heltäckande underlag för jordlagerföljd varför det inte varit möjligt att inkludera i denna modell.

Som nämnts tidigare bör man också inkludera sannolikheten för salt grundvatten i den slutgiltiga bedömningen. En annan aspekt som också kan ha betydelse, men inte inkluderats i bedömningen, är risken för sättningar vid grundvattensänkning vilket också bör inkluderas i den slutgiltiga bedömningen.

Det finns många parametrar i beräkningsmodellen som påverkar slutresultatet linjärt. Dock finns det tröskeeffekter som gör att en ändring i en viss parameter inte alltid får genomslag eller kan ge ickelinjär påverkan på slutresultatet. Det kan t.ex. handla om fall där jorddjupet är stort. En mindre ändring i jorddjupet får då ingen effekt i slutresultatet.

Eftersom jordtäcket som regel är tunt i de områden där grundvattenmagasinet kan lagra lite vatten får vattenavgivningstalet för berg stor betydelse för slutresultatet i områden med förhöjd risk vid torrperioder. Vattenavgivningstalen för berg är som angetts ovan mycket osäkra och kan säkerligen variera flera gånger (både uppåt och neråt). Även jorddjupsmodellen kan t.ex. vara relativt osäker i vissa områden vilket kan få stor betydelse för magasineringsberäkningen.

Antaganden om uttag och hur stor yta som ett uttag kan dränera är också förknippade med betydande osäkerheter. Vissa fastigheter har sannolikt större uttag än vad som antagits medan andra har betydligt mindre. Dessutom kan det finnas uttag som inte alls är inkluderade i beräkningarna.

Med tanke på de osäkerheter som finns i beräkningarna ska resultatet endast användas för en översiktlig planering eller riskbedömning. SGUs kartläggning av jordarter är i huvudsak utförd i skala 1:50 000 för Uppsala län. I beräkningarna som redovisas i denna rapport tillkommer ytterligare osäkerheter. SGU rekommenderar därför att resultaten inte används i en skala som överstiger (dvs. inte mer förstorat än) 1:100 000. För en mer detaljerad bedömning och planering krävs att lokala förhållanden vägs in och att mer detaljerad kartläggning av uttag görs.

Om det sämre fallet av magasineringsförmåga används – vilket då också inkluderar riktvärdena för fastighetstäthet – kan det mycket väl finnas områden med en större grundvattentillgång än vad beräkningarna i denna studie visar. Det gäller t.ex. områden där SGUs jorddjupsmodell är osäker. En uppfattning om osäkerheten i jorddjupsuppskattningarna kan man få genom att se vilka uppgifter som använts för jorddjupsmodellen på SGUs kartvisare. En del områden kan ha en komplex jordlagerföljd vilket kan motivera en annan bedömning av grundvattentillgång. Vidare kan grundvattenytan stadigt vara ytligare än vad som antagits i beräkningarna vilket oftast skulle ge en större magasineringsförmåga.

Det kan också finnas andra hydrogeologiska faktorer som bidrar till en bättre grundvattentillgång som lokala högkonduktiva sprickzoner i berg, en god hydraulisk kontakt med sjöar eller vatten drag eller ett stort tillrinningsområde. Om det med en hydrogeologisk utredning för ett specifikt område visas att sådana mer gynnsamma förhållanden råder, kan det finnas anledning till att göra avsteg från de redovisade resultatet, t.ex. riktvärdena för antal fastigheter per hektar. Exakt vad en hydrogeologisk utredning ska omfatta går inte att bestämma generellt, men det är en god ansats att fokusera på de mest begränsande faktorerna, t.ex. grundvattenytans läge eller jorddjup, i beräkningsmodellen och att inkludera en vattenbalansberäkning i utredningen för att göra en mer detaljerad bedömning av grundvattentillgången.

BERÄKNING FÖR ANDRA LÄN

Modellen för beräkning av magasineringsförmåga har tagits fram med geologin i Uppsala län i åtanke även om all kunskap angående detaljer i den lokala geologin inte varit möjliga att integrera i beräkningsmodellen. Det går förmodligen att använda samma angreppssätt för en del andra län med liknande hydrogeologiska förutsättningar. Dock bör man för varje fall fundera på om det finns anledning att göra förändringar i beräkningsmodellen för magasineringsförmåga mot bakgrund av de geologiska förhållandena inom berört område. I vissa fall kanske det är rimligt att

endast göra mindre förändringar, t.ex. ändrat värde i någon parameter. I andra fall kanske det krävs större förändringar i beräkningsmodellen. Det kan t.ex. vara motiverat om det finns större områden där en mer komplex jordlagerföljd bedöms påverka slutresultatet på ett betydande sätt. Det kan röra sig om områden med tunna lager svallsand ovanpå mäktiga lager av lera.

För att bedöma uttag behövs på samma sätt som i denna rapport, förutom SGUs befintliga underlag, också underlag från län och/eller kommuner om verksamhetsområden för VA samt utdrag ur fastighetsregistret.

MÖJLIGA FÖRBÄTTRINGAR

Samtliga av de osäkerheter som nämns ovan skulle kunna minskas genom fördjupade utredningar och/eller en mer komplex (realistisk) modell för beräkning av magasineringsförmågan. Dock är bedömningen att insatsen varierar stort för vad som krävs för en förbättring inom de olika delarna.

Om det finns detaljerad kunskap om jordlagerföljd, t.ex. i anslutning till slutna magasin, kan det finnas anledning att utveckla själva beräkningsmodellen för magasineringsförmåga.

Det bedöms som krävande att ta fram ett mer omfattande underlag för att bestämma förhållanden mellan uttagkapacitet (eller hydraulisk konduktivitet) och vattenavgivningstal i berg. Däremot skulle det kunna vara värt insatsen att ta fram ett förbättrat underlag för uttagkapacitet eller hydraulisk konduktivitet i berg. Det är något oklart hur indelningen i olika uttagsklasser tidigare gjorts. Dessutom har det tillkommit en stor mängd data i Brunnsarkivet sedan den gjordes.

Det vore också fördelaktigt att nyttja topografin för att bättre beskriva den naturliga grundvattenytan med tanke på att det är rimligt att den ska vara djupare (dvs. längre från markytan) i höjdlägen än i låglänta områden.

En kombination av topografi och jorddjupsmodellen skulle också gå att använda för att hitta områden där bergövertytan bildar trösklar där grundvattenytan hålls uppe bättre än i andra områden.

Det kan också vara fördelaktigt om risk för saltvatten i brunnar och sättningar kan inkluderas direkt i modellberäkningarna istället för som i nuläget kvalitativt som ett tillägg i riskbedömning och planering.

För områden med hög magasineringsförmåga är det antagligen inte den som begränsar möjligheterna till grundvattenuttag. Istället kan det vara grundvattenbildningen och uttagkapaciteten som begränsar grundvattentillgången. I dessa fall är det troligen lämpligast att göra detaljerade studier för respektive magasin för att få fram mer precisa bedömningar av grundvattentillgång och möjlighet till grundvattenuttag.

REFERENSER

- Freeze, R.A. & Cherry, J.A., 1979: *Groundwater*. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, NJ. 604 p.
- Johnson, A.I., 1967: Specific yield — compilation of specific yields for various materials. U.S. *Geological Survey Water Supply Paper 1662-D*. 74 p.
- Rodhe, A., Lindström, G. & Dahné, J., 2008: Grundvattenbildning i svenska typjordar – metodutveckling av en vattenbalansmodell. *Rapport Serie A, nr 68*. Institutionen för Geovetenskaper, Luft- och vattenlära, Uppsala universitet.
- Rodhe, A., Lindström, G. & Dahné, J., 2009: *Grundvattennivåer i ett förändrat klimat*. Slutrapport, FoU-projekt, Sveriges geologiska undersökning, 44s.
- SGU, 1994: Grundvattnet i Sverige. Sveriges geologiska undersökning Ah17.
- SGU, 1999a: Gotlands kommun. Förenklad modell för kvantifiering av grundvattentillgångar. SGU Dnr 08-1104/1999.
- SGU, 1999b: Översiktlig bedömning av grundvattentillgångar inom Östhammars kommun. SGU Dnr 08-279/1999.
- SGU, 1999c: Översiktlig bedömning av grundvattentillgångar inom Norrtälje kommun. SGU Dnr 08-1420/1999.
- SGU, 2000: Värmdö kommun. Bedömning av grundvattentillgångar. SGU Dnr 08-1040/2000.
- SGU, 2006: Grundvattentillgångar i Tierps kommun. SGU Dnr 08-132/2006.
- SGU, 2014: Rikstäckande jorddjupsmodell. *SGU rapport 2014:14*. Sveriges geologiska undersökning.
- SGU, 2017: Grundvattenbildning och grundvattentillgång i Sverige. *RR 2017:09*. Sveriges geologiska undersökning.
- Terzaghi, K., Peck, R., & Mesri, G., 1996: *Soil Mechanics in Engineering Practice*. Wiley, New York.

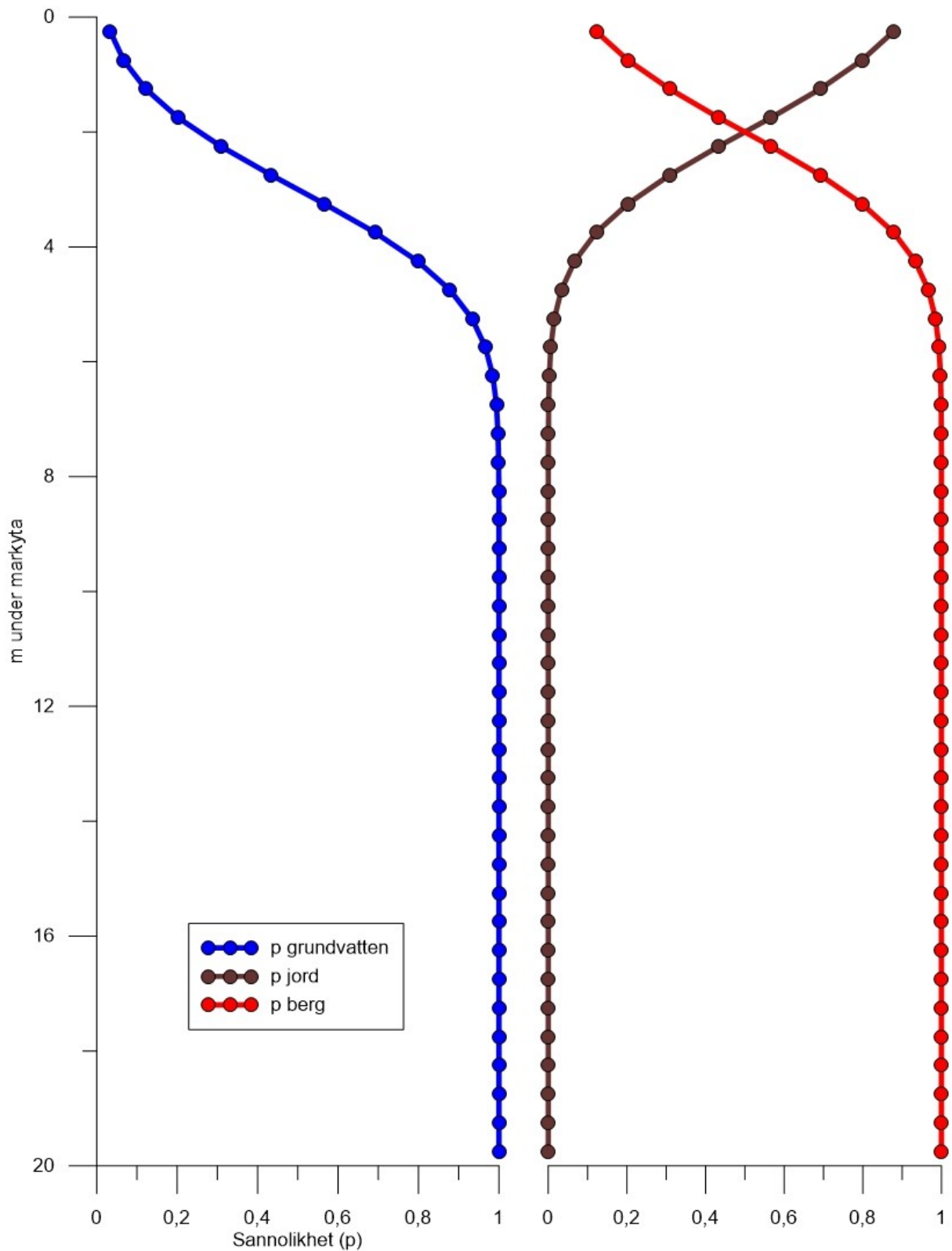
BILAGA 1. BESKRIVNING AV BERÄKNING AV MAGASINERINGSFÖRMÅGA

Beräkningarna av magasineringsförmåga utfördes med hjälp av ArcGIS och SAS. Till att börja med gjordes ett raster i GIS med cellstorlek 50×50 meter. För varje cell bestämdes jorddjup, jordartsklass och uttagskapacitet i berg i centrum av cellen.

Grundvattennivån och jorddjupet antogs vara normalfördelade. Sannolikhet, p , för att finna grundvatten, jord respektive berg på ett visst djup kan då beskrivas av en kumulativ normalfördelningsfunktion. Magasinsförmågan beräknades med hjälp av dessa sannolikhetsfördelningar samt antaganden om jordart och berggrund (se tabell 1 och 2 under *Beräkning av grundvattentillgång*).

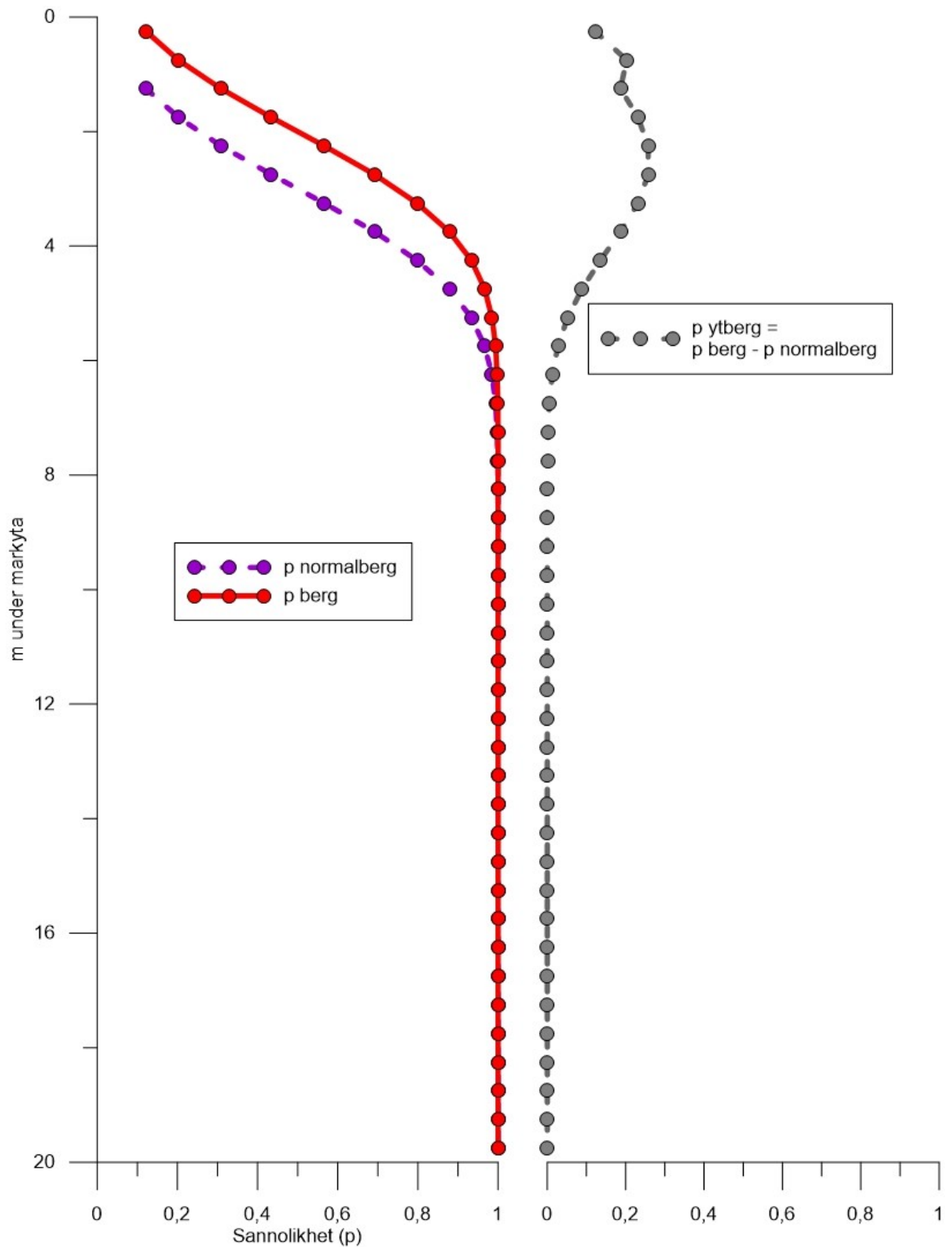
I figur B1-1–B1-5 redovisas ett fiktivt exempel där jordarten är morän och berggrunden är urberg med uttagskapacitet på 0–600 l/h. Exemplet visar det sämre av de två fallen i tabell 1 och 2. Grundvattenytan antas då vara på tre meter med en standardavvikelse på 1,5 meter. I exemplet antas att jorddjupet är två meter med en standardavvikelse på 1,5 meter.

Figur B1-1 visar sannolikheten för att finna grundvatten, jord respektive berg på olika djup för det fiktiva exemplet. Noterbart är att jord är inversen av berg.



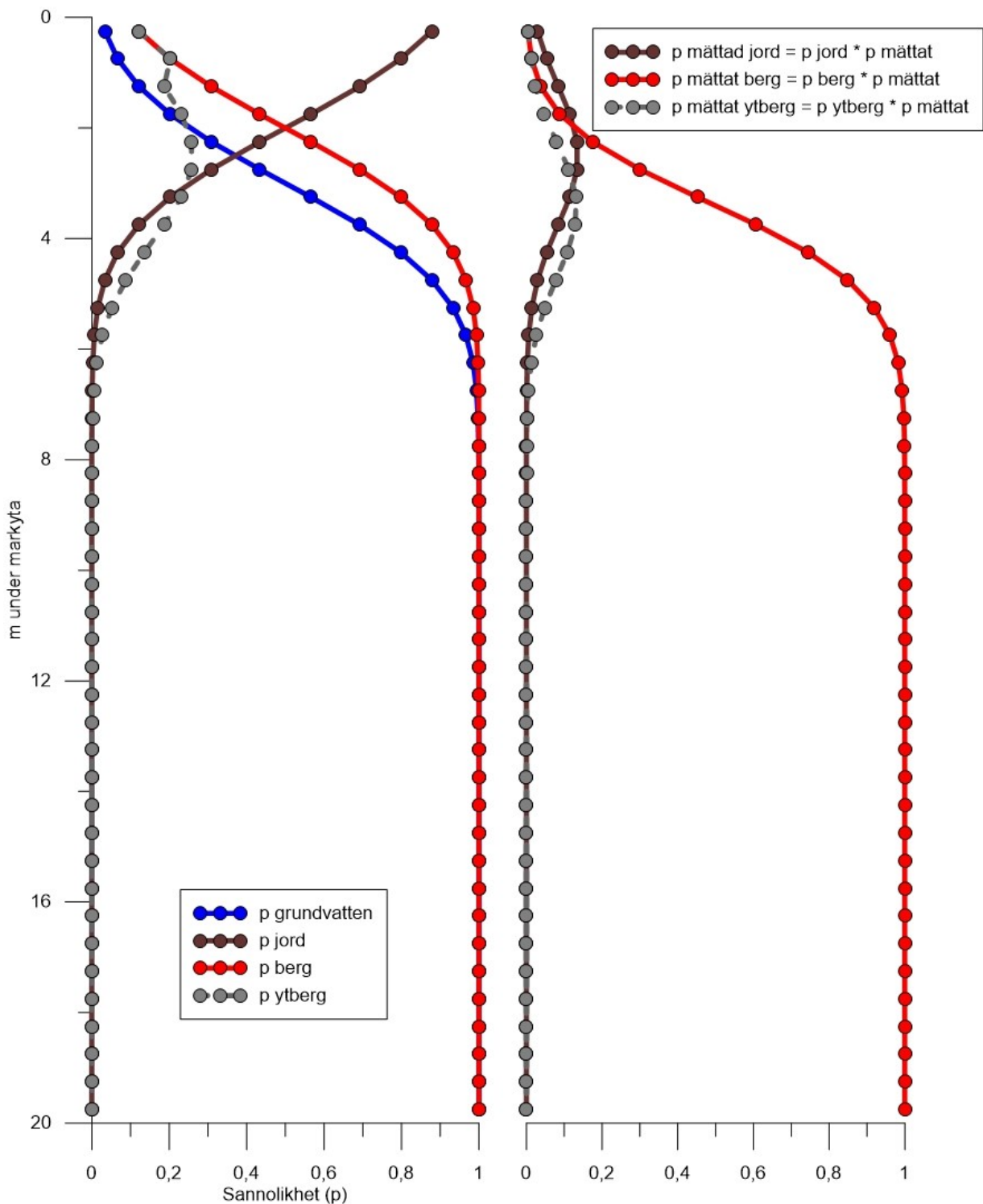
Figur B1-1. Sannolikheten för grundvatten till vänster, samt jord respektive berg till höger för olika djup för ett fiktivt exempel.

Sannolikheten för att hitta "normalt" berg, dvs. ej mer uppsprucket blir densamma som sannolikheten för berg, men parallellförskjuten en meter neråt. Sannolikheten för mer uppsprucket "ytberg" kan då beräknas genom att subtrahera sannolikheten för att det finns "normalberg" från "berg" vilket visas i figur B1-2.



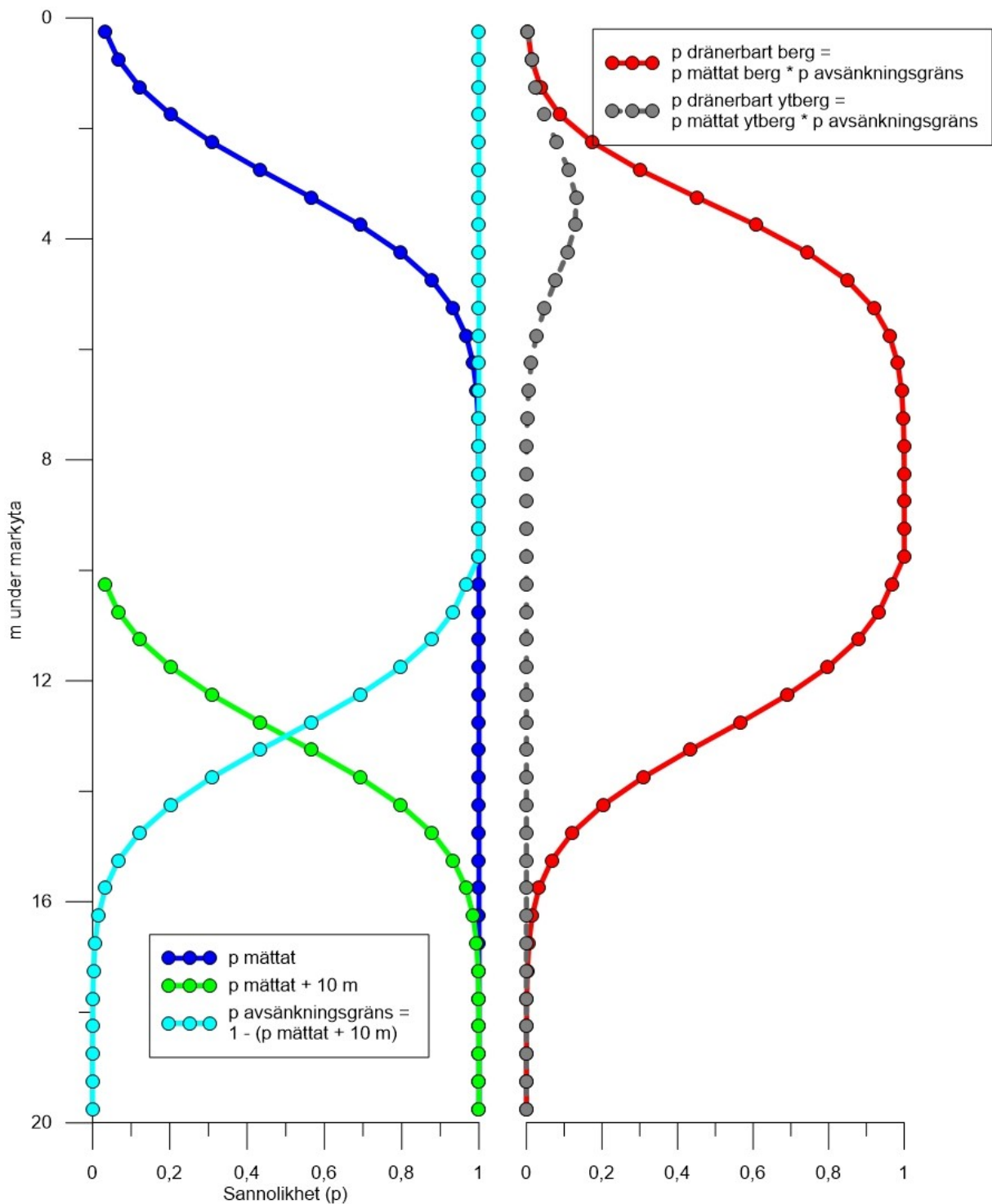
Figur B1-2. Sannolikheten för berg och "normalberg" till vänster samt "ytberg" till höger för olika djup för ett fiktivt exempel.

Sannolikheten för att hitta mättad jord, berg och ytberg (dvs. under grundvattenytan för respektive media) är produkten av sannolikheten för grundvatten och respektive jord, berg och ytberg vilket visas i figur B1-3.



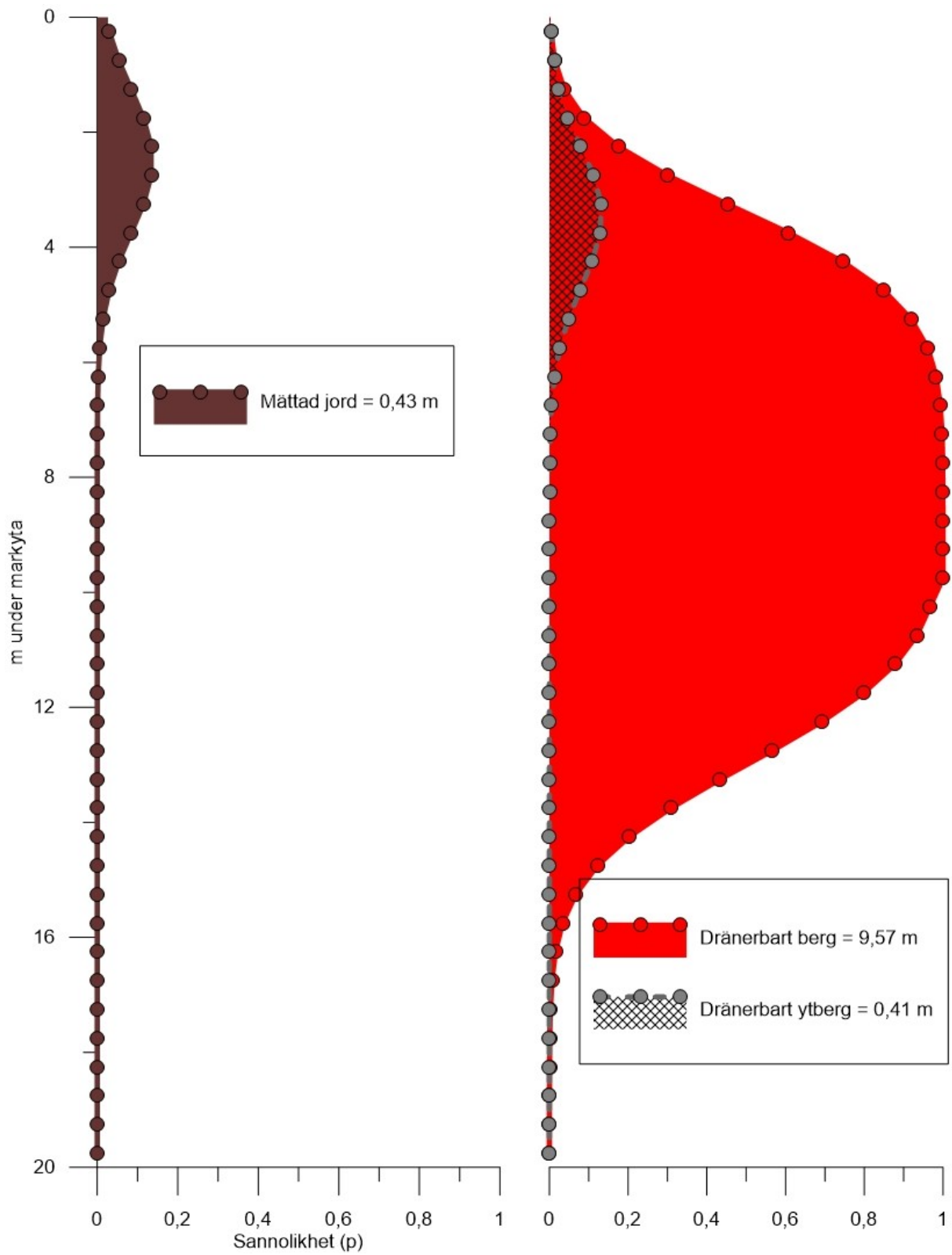
Figur B1-3. Sannolikheten för grundvatten, jord, berg och ytberg till vänster samt sannolikheten för mättad jord, mättad berg och ytberg till höger.

För berg har det (som angivits under *Beräkning av grundvattentillgång*) satts en gräns för dränering till tio meter under ursprunglig grundvattenyta. Figur B1-4 visar översiktligt hur sannolikheten för dränerbart berg respektive ytberg beräknas.



Figur B1-4. Sannolikheten för mättade förhållande och avsänkingsgräns till vänster samt sannolikheten för dränerbart berg och ytberg till höger.

Slutligen beräknas mäktigheten för respektive media (jord, berg, ytberg) som kan dräneras genom integration av mättad jord samt dränerbart berg och ytberg enligt skiss i figur B1-5.



Figur B1-5. Summeringen (integration) för att beräkna mäktigheten av mättad jord till vänster samt dränerbart berg till höger.

I figur B1-5 är den mättade jorden 0,43 m och det dränerbara berget 9,57 m. Av det dränerbara berget utgör det mer uppspruckna ytberget 0,41 m.

I modellen antas att endast en del av den mättade jorden kan dräneras (nyttjas). I detta fall, med lågkonduktivt berg i det sämre fallet, antas att 20 procent av den vattenmättade jorden kan dräneras. Den dränerbara mäktigheten multipliceras slutligen med vattenavgivningstalet för att få magasineringsförmågan för respektive del samt summan av dessa.

Magasineringsförmågan (räknat i mm) för exemplet blir då totalt 9,3 mm enligt:

$$\text{Jord:} \quad 430 \text{ mm} \times 20 \% \times 3 \% = 2,6 \text{ mm}$$

$$\text{Normalberg:} \quad 9570 \text{ mm} - 410 \text{ mm} \times 0,06 \% = 5,5 \text{ mm}$$

$$\text{Ytberg:} \quad 410 \text{ mm} \times 0,06 \% \times 5 = 1,2 \text{ mm}$$

$$\text{Totalt:} \quad = 9,3 \text{ mm}$$

Motsvarande för det bättre fallet blir 33,2 mm.