

K 659

Grundvattenmagasinet Bullarebygden

Lars-Ove Lång & Åsa Lindh



ISSN 1652-8336
ISBN 978-91-7403-466-0

Författare: Lars-Ove Lång och Åsa Lindh
Ansvarig enhetschef: Mats Wallin
Redaktör: Åsa Gierup, SGU och Jeanette Bergman Weihed, Tellurit AB
Utgivningsår: 2020

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

INNEHÅLL

Grundvattenmagasinet Bullarebygden	4
Sammanfattning	4
Inledning	4
Underlag	4
Terrängläge och geologisk översikt	5
Hydrogeologisk översikt	6
Anslutande ytvattensystem	6
Tillrinningsområde och naturlig grundvattenbildning	6
Uttagsmöjlighet	7
Grundvattnets användning	8
Grundvattnets kvalitet	8
Naturligt förekommande ämnen	8
Mänsklig påverkan	9
Klimatförändring och effekten på grundvattenmagasinet	10
Referenser	10

Bilaga 1

Undersökningar gjorda i grundvattenmagasinen

Bilaga 2

Grundvattenmagasin

Bilaga 3

Bedömda uttagsmöjligheter

Bilaga 4

Tillrinningsområden

Bilaga 5

Exempel på lagerföljder

Bilaga 6

Primära, sekundära och tertiära tillrinningsområden

Bilaga 7

Övergripande förutsättningar avseende provpunkter och analyser

Bilaga 8

Allmän beskrivning av grundvattnets kemiska sammansättning

GRUNDVATTENMAGASINET BULLAREBYGDEN

Författare: Lars-Ove Lång & Åsa Lindh

Kommun: Tanum

Län: Västra Götalands län

Vattendistrikt: Västerhavet

Databas-id: 250500044

Grundvattenförekomst: WA14454439 och WA85479814

Sammanfattning

Grundvattenmagasinet ligger i en isälvsavlagring vid Bullarebygden. Det har sin centrala utbredning mellan Södra Bullaresjön och Norra Bullaresjön, men har också en utsträckning mot sydost och väst. Isälvsavlagringen består främst av sand och grus med mycket varierande djup. Långevallsälven rinner norrut från Södra Bullaresjön till Norra Bullaresjön. Ytvatten från Långevallsälven bedöms kunna induceras till magasinet vid grundvattenuttag i anslutning till älven. Sammantaget bedöms uttagsmöjligheten till övre delen av intervallet 5–25 l/s i dalgången. Men den kan vara högre eller betydligt högre än 25 l/s vid god hydraulisk kontakt mellan magasinet och Långevallsälven och mellan magasinet och de båda sjöarna. I den sydöstra delen bedöms uttagsmöjligheterna till något över 5 l/s och även i väster i samma storleksordning.

Inledning

De arbeten som redovisas i denna rapport ingår i SGUs kartläggning av grundvattenmagasin i landet. Syftet är i första hand att skapa planeringsunderlag för vattenförsörjning, markanvändning och skydd av viktiga grundvattentillgångar. För många användningsområden, t.ex. vid upprättande av skyddszoner till vattentäkter, krävs som regel kompletterande undersökningar.

Sammanställningen har utförts 2019–2020 inom ramen för SGUs extrasatsning med fokus på områden med risk för brist på grundvatten (projekt-id: 83025). För kompletterande information om arbetsmetoder hänvisas till SGUs kundtjänst.

Underlag

Tidigare undersökningar

I samband med framtagande av skyddsområde för vattentäkt genomfördes en studie av de hydrogeologiska förhållandena inom ett avsnitt av grundvattenmagasinets sydöstra del (Engdahl & Lång 1998). I övrigt finns inga kända undersökningar med inriktning på grundvattenförhållandena inom magasinet. Befintlig geologisk och hydrogeologisk information, t.ex. kartor, utredningar och analysprotokoll, har sammanställts från SGUs databaser (bl.a. SGUs brunnsarkiv, Vattentäcksarkivet, källarkiv och databaser för grundvattennät och miljöövervakning). Bland underlagen ingår den hydrogeologiska översiktskartan (Engdahl m.fl. 1999). Grundvattenmagasinet ligger till grund för en avgränsning av en grundvattenförekomst i VISS (Länsstyrelsen 2020). Magasinets och vattenförekomstens avgränsningar (WA14454439 och WA85479814) skiljer sig dock åt. Grundvattenförekomsten kommer att föreslås bli justerad i VISS.

Kompletterande undersökningar

Inga ytterligare fältundersökningar har utförts vid kartläggningen av grundvattenmagasinet. I stället bygger avgränsningen och beskrivningen av magasinet på befintligt kunskapsunderlag.

Exempel på lagerföljder från brunnborrningar redovisas i bilaga 5. En hydrogeologisk databas för det aktuella grundvattenmagasinet har upprättats med den insamlade informationen samt SGUs jordartsdata som grund. I den hydrogeologiska databasen ingår bl.a. information om tillrinningsområde, grundvattenbildning, vattendelare, strömningsriktningar och andra hydrauliska parametrar, samt en bedömning av uttagsmöjligheterna i grundvattenmagasinet. Information om anslutande ytvattensystem lagras också i databasen. Ett urval av denna information redovisas i denna rapport. Övrig information kan fås från SGUs kundtjänst.

Terrängläge och geologisk översikt

Vid Bullarebygden finns en större isälvsavlagring som delar Norra Bullaresjön och Södra Bullaresjön. Isälvsavlagringen tillhör Trollhättemoränen (Berglund 1976), som är benämningen på den israndbildning som har sin utbredning bl.a. i norra Bohuslän. Den är komplext uppbyggd och består både av morän och väl sorterade isälvs sediment, som vid Bullarebygden. I området mellan sjöarna är isälvsavlagringen mäktig, upp till 40–50 m (Johansson 1982). Mäktigheten är som störst vid de högsta kullarna där man inte bedrivit täktverksamhet. SGU har vid en observation i fält konstaterat att det finns en sandig sammansättning vid Långevall. Sand och grus dominerar antagligen inom magasinet.

I sydöst fortsätter isälvsavlagringen utmed Södra Bullaresjöns östra strand, en sträcka på ca 800 m. I brunnborrning 914038561 (bilaga 1 och 5) är jorddjupet 13 m, där 3 m lera överlagrar 10 m med omväxlande sand och grus. I en brunnborrning i nordost nära magasinigränsen är jorddjupet 28 m. Jordlagerföljden enligt brunnsprotokollet är från markytan ”jord”, grus, lera och grus, utan angivande av lagermäktigheter. I undersökningar utförda i området för framtagande av vattenskyddsområde till den kommunala vattentäkten konstaterades 3 m mellansand, 1 m siltig finsand, och underst 5 m sand och grus (Engdahl & Lång 1998). Brunnen som används som vattentäkt är 20 m djup i isälvsavlagringen. Jorddjupet varierar, vilket man kan se vid en bäck i området som rinner direkt på berg. Sammanfattningsvis är isälvsavlagringen i sydöstra delen av magasinet grovkornig. Lera kan finnas i lagerföljden och jorddjupet varierar mycket.

Väster om dalgången mellan sjöarna sluttar markytan markant upp till bebyggelsen i Bullarebygden. Isälvsavlagringen finns i detta område och har även en viss utbredning i väster. Jorddjupet i brunnborrning 914072318 är 15,5 m och jordlagren består helt av grus. I den norra delen av sluttningen är jorddjupet dock mycket litet. Isälvsavlagringen bedöms fortsätta mot nordväst, och i brunnborrning 907147623 anges lagerföljden till 7 m grus, 8 m grus och lera, och underst 15 m grus. Lera har dock kartlagts av SGU som översta jordlager där brunnborrningen är utförd. Det bör påpekas att jordarterna är översiktligt kartlagda i Bullarebygden med omnejd. Uppbyggnaden av jordlagren är komplexa inom åtminstone delar av denna västra magasinssdel.

Berggrunden inom grundvattenmagasinet domineras helt av omvandlade sediment som tillhör Stora Le–Marstrandformationen. Bergarten är grå och vanligen veckad och kraftigt ådrad. Inslag av basiska vulkaniska bergarter, fragment och gångar av granit och pegmatit kan förekomma. Den generella utbredningen av bergarten och dess strukturer är nord–sydliga med en stupning mot öster. Centralt i magasinet går en nord–sydlig spröd deformationszon (Lena Lundqvist, SGU, muntlig kommunikation, 2020-07-14).

Hydrogeologisk översikt

Den övervägande delen av magasinet bedöms vara öppet för grundvattenbildning. I den nordvästra delen finns lera som kan hindra grundvattenbildningen, men omfattningen är okänd. Även i den sydöstra delen kan förekomst av lera vara begränsande för grundvattenbildningen, men öppna förhållanden bedöms till största delen råda även här.

Grundvattnets strömningsriktning i dalen mellan sjöarna antas följa ytvattnets riktning mot norr. I magasinets sydöstra del går strömningen mot väster till Södra Bullaresjön. Från den västra magasinssdelen är strömningsriktningen sannolikt i huvudsak riktad mot öster till den centrala delen i dalgången. I nordväst sker ytvattendräneringen norrut, men det är inte känt om även grundvattnet har denna strömningsriktning.

Den omättade zonens mäktighet i dalgången mellan sjöarna kan utifrån topografiska förhållanden antas vara uppemot 30 m, men vanligen under 10 m. Bedömningen bygger på markytans och täktbottnars nivå, källutflödet mot Norra Bullaresjön och Långevallsälvens nivå utmed sträckan från Södra Bullaresjön till Norra Bullaresjön. Älven kan antas vara dränerande och motsvara grundvattennivån i dess närmaste omgivning. Variationerna i den omättade zonen beror även lokalt på hur stora mängder av material som tidigare borttransporterats från grustäkter. Baserat på att det totala jorddjupet kan vara uppemot 50 m, kan den mättade zonen uppskattas till 20 m eller mer. Troligen är den mättade zonen betydligt mindre i huvuddelen av området mellan de båda sjöarna. Kompletterande undersökningar behövs för att klargöra den mättade zonens mäktighet.

I den sydöstra delen visade nivåmätningar i tre punkter att den omättade zonen var mellan 1 och 3 m (Engdahl & Lång 1998). Det är stora variationer på mäktighet av den mättade zonen vilken kan variera från 0 till över 20 m, baserat på borresultat. Stora variationer på mäktigheten av mättad zon kan också förväntas i den västra magasinssdelen.

Anslutande ytvattensystem

Grundvattenmagasinet har kontakt med både Södra Bullaresjön och Norra Bullaresjön. Genom grundvattenmagasinets lägsta delar i dalgången rinner Långevallsälven mot norr. Den antas ha god hydraulisk kontakt med magasinet. I den sydöstra delen finns en bäck som mynnar i södra Bullaresjön. I den nordvästra delen sker dränering i bäckar och diken mot norr.

Tillrinningsområde och naturlig grundvattenbildning

Grundvattenmagasinet tillförs vatten dels från den nederbörd som faller på avlagringen, dels genom tillrinning från omgivande berg- och moränterräng. Tillskott av vatten till magasinet kan även komma från den underliggande berggrunden. Grundvattenmagasinets tillrinningsområde har avgränsats översiktligt (bilaga 4) och indelats i kategorierna primärt, sekundärt och tertiärt tillrinningsområde, enligt principer som framgår av bilaga 6. En grov uppskattning av den naturliga grundvattenbildningen som tillförs magasinet från de primära, sekundära och tertiära tillrinningsområdena redovisas i tabell 1.

Hela grundvattenmagasinets yta är bedömd som primärt tillrinningsområde, utom ett område i väst och nordväst. Detta område anges som ett tertiärt tillrinningsområde, eftersom både jordarter och förhållandena för grundvattenbildning är komplicerade. Dessutom sker i huvudsak ytvattendräneringen mot norr. I detta tertiära tillrinningområde bedöms 30 % av den beräknade naturliga grundvattenbildningen kunna nå grundvattenmagasinet. Det tertiära tillrinningsområdet väster om magasinet bedöms bara kunna bidra med 5 %.

I öster finns ett större tertiärt område med dränering i bäcken som rinner genom magasinets sydöstra del till Södra Bullaresjön. Denna bäck rinner över berg i dagen inom magasinet.

Tabell 1. Tillrinningsområden, grundvattenbildning och bedömd uttagsmöjlighet.

	Yta (km ²)	Effektiv nederbörd ¹	Naturlig grundvattenbildning (l/s)
Primärt tillrinningsområde	1,08	650 mm/år, 20,6 l/s per km ²	22
Sekundärt tillrinningsområde	0,38	595 mm/år, 18,9 l/s per km ²	6 ²
Tertiärt tillrinningsområde	0,47	595 mm/år, 18,9 l/s per km ²	3 ³
Tertiärt tillrinningsområde	0,61	577 mm/år, 18,3 l/s per km ²	2 ⁴
Tertiärt tillrinningsområde	0,72	577 mm/år, 18,3 l/s per km ²	0,7 ⁵
Bedömd uttagsmöjlighet inom magasinet 5–25 l/s			

¹ Beräkningen av effektiv nederbörd grundas på beräknad grundvattenbildning i olika typjor­dar från perioden 1962–2003 för aktuellt område (Rodhe m.fl. 2006). Osäkerheten i det beräknade värdet är betydande.

² Bygger på antagandet att 80 % av effektiv nederbörd infiltrerar i magasinet.

³ Bygger på antagandet att 30 % av effektiv nederbörd infiltrerar i magasinet.

⁴ Bygger på antagandet att 20 % av effektiv nederbörd infiltrerar i magasinet.

⁵ Bygger på antagandet att 5 % av effektiv nederbörd infiltrerar i magasinet.

Bergsklacken har troligtvis en dämmande effekt för grundvattnets strömning västerut. Uppströms bergsklacken sker en utströmning av grundvatten till bäcken, medan vatten från bäcken infiltrerar ner i isälvs­sedimentet efter bergpassagen (Engdahl & Lång 1998). I området antas 20 % av den beräknade naturliga grundvattenbildningen kunna nå grundvattenmagasinet.

Inom de sekundära tillrinningsområden bedöms den övervägande delen av beräknad naturlig grundvattenbildning kunna nå magasinet, och andelen är satt till 80 %.

Uttagsmöjlighet

Den i tabell 1 redovisade uttagsmöjligheten är en grov uppskattning av hur mycket grundvatten som långsiktigt kan utvinnas med ett rimligt antal standardmässiga brunnskonstruktioner, fördelade på lämpliga platser inom magasinet. Möjlighet till förstärkt grundvattenbildning genom inducering från Långe­vallsälven har beaktats. Uttags­möjligheten styrs av tillgången på vatten och magasinet­ets egenskaper, framför allt mäktigheten på jordlager med bra lagrings­möjlighet för vatten.

Det är i den mättade zonen i magasinet mellan sjöarna som de bästa förutsättningarna för grundvattenuttag finns. Grundvattenbildningen i själva dalgången mellan sjöarna kan beräknas till drygt 10 l/s. Från väster skulle ytterligare 5–7 l/s kunna tillföras magasinsdelen i dalgången. Det bör finnas förutsättningar för inducering från Långe­vallsälven vid grundvattenuttag nära älven, och eventuellt även från sjöarna vid strandnära uttag.

I den sydöstra delen kan eventuellt en viss inducering ske från bäcken, utöver den tillförsel till magasinet som sker efter passagen över bergsklacken. Invid Södra Bullaresjön kan eventuellt inducering ske vid uttag nära stranden, men underlag saknas för bedömning av möjlig omfattning.

Sammantaget bedöms uttagsmöjligheten till den övre delen av intervallet 5–25 l/s i dalgången, men den kan vara högre eller betydligt högre än 25 l/s vid god hydraulisk kontakt mellan magasinet och Långe­vallsälven och mellan magasinet och de båda sjöarna. I den sydöstra delen av magasinet är kapaciteten för den kommunala grundvattentäkten 5 l/s (Engdahl & Lång 1998). Utifrån denna kapacitetsuppgift och grundvattenbildningen bedöms uttags­möjligheterna ligga något över 5 l/s. Även i den västra delen av magasinet kan uttags­möjligheterna vara i samma storleksordning, baserat på översiktligt beräknad naturlig grundvattenbildning.

Bedömningarna av uttagsmöjligheter har inte beaktat tillskott av djupare berggrundvatten, något som mycket väl kan förekomma på grund av topografin i omgivningarna till magasinet.

Grundvattnets användning

Det finns en kommunal vattentäkt i Klageröd i den sydöstra delen av magasinet. Vattentäkten försörjer boende i och omkring Bullarebygden med dricksvatten. Dessutom finns brunnar anlagda i magasinet för lokal vattenanvändning.

Grundvattnets kvalitet

Grundvattenkemiska data redovisas i tabell 2. Tabellen följer i tillämpliga delar SGUs ”Bedömningsgrunder för grundvatten” (SGU 2013). Mer information om aktuella provpunkter och tillgängliga analyser ges i bilaga 7. Vissa av provpunkternas geografiska lägen framgår av bilaga 1. En allmän beskrivning av centrala grundvattenkemiska parametrar och processer ges i bilaga 8. Mikrobiologiska analysparametrar har inte beaktats.

Information om grundvattnets kemiska sammansättning från fyra provpunkter i magasinet har använts vid sammanställningen. En källa med beteckning 20014_2708 har ingått i regionalt övervakningsprogram. Den ligger i norra delen av magasinet i dalgången med flöde till Norra Bullaresjön (bilaga 2). Provpunkt B1 ligger i den västra delen invid magasinsgränsen och grundvattnet i brunnen har sannolikt haft kontakt med finkorniga sediment. Information från Vattentäcksarkivet vid SGU finns för den kommunala vattentäkten i sydöstra delen av magasinet. Den fjärde provpunkten, K1, är ett källflöde i den sydöstra delen nära väg 164.

Tolkningen av grundvattnets kemiska karaktär i grundvattenmagasinet Bullarebygden, som följer under avsnitten *Naturligt förekommande ämnen* och *Mänsklig påverkan*, är om inget annat anges gjord med stöd av SGUs ”Bedömningsgrunder för grundvatten” (SGU 2013).

Naturligt förekommande ämnen

Analysresultaten från provpunkterna 20014_2738, den kommunala vattentäkten och K1 visar låga värden för pH, alkalinitet och kalcium, som är karaktäristiska för grundvattnet i en isälvsavlagring utan kalkpåverkan i sydvästra Sverige. Uppehållstiden i marken för grundvattnet i de tre provpunkterna är sannolikt förhållandevis kort, och vittring och jonbyte sker i begränsad omfattning.

COD-värdet i provpunkt 20014_2708 tyder på förekomst av organiskt material som inte brutits ner vid marktransporten. Halterna av järn, mangan och tungmetaller är generellt mycket låga i 20014_2708.

I den kommunala vattentäkten och i K1 är värdena för COD, färg och turbiditet och även järn och mangan vanligen mycket låga. Påverkan av organiskt material saknas. Resultat från analyser på råvatten från 1990-talet från den kommunala vattentäkten finns i Engdahl & Lång (1998). God samstämmighet råder för flertalet parametrar mellan dessa äldre analyser och de som redovisas för vattentäkten i tabell 2.

Resultaten från vattenanalysen utförd i B1 uppvisar betydligt högre pH, alkalinitet, kalciumhalter och konduktivitet. Den högre jonstyrkan kan höra samman med att provpunkten ligger i anslutning till lera. Vid provtagningstillfället var halterna av aluminium och järn något förhöjda och även i viss mån mangan. Värdena för färg och turbiditeten var måttliga, men speglar ändå förekomsten av främst järn och eventuellt organiskt material.

Generellt är vattenkvaliteten likartad i analyserna från de provpunkter som funnits tillgängliga i magasinets centrala delar och i den sydöstra delen. Intressant att notera är den likartade

Tabell 2. Sammanställning av tillgängliga grundvattenkemiska data från grundvattenmagasinet Bullarebygden. För mer information om respektive provpunkt se bilaga 7. Angivna värden motsvarar, i fall av flera analyser, beräknad medianhalt. Sammanställningen följer i tillämpliga delar klassindelningen i SGUs "Bedömningsgrunder för grundvatten" (SGU 2013) (Klass 1 = blå, Klass 2 = grön, Klass 3 = gul, Klass 4 = orange, Klass 5 = röd). Klassindelningens innebörd skiljer sig åt mellan parametrar. Höga halter representeras i regel av högre klasser, men undantag finns (t.ex. för parametern alkalinitet). För några parametrar anges "<" vilket innebär att ett prov eller medianvärdet för flera prov ligger under kvantifieringsgränsen för parametern.

Parameter	Enhet	Provpunkt 20014_2708	B1	Klageröd vatten- täkt	K1
Tidpunkt		1985–2006	2018-11-27	2002–2018	1998-03-31
pH		6,3	7,6	6,4	6,4
Alkalinitet, HCO ₃	mg/l	21	92	17	19
Syre	mg/l	10			
Kalcium	mg/l	9,0	29	8,4	9,4
Kalium	mg/l	0,86	2,4	2,4	2,5
Magnesium	mg/l	4	1,3	4,1	3,0
Natrium	mg/l	5,9	3,6	32	40
Totalhårdhet	mg/l	15	31	15	14
Totalhårdhet	dH	2,2	4,4	2,1	2,0
Kiseldioxid	mg/l	13			
COD _{Mn}	mg O ₂ /l	3,1		<1	<1,0
Färg	mg Pt/l		25	<5	8
Turbiditet	FNU		1,8	0,19	0,22
Klorid	mg/l	9	3,6	60	66
Konduktivitet	mS/m	9	18	28	31
Sulfat	mg/l	7,6	4,3	18	13
Ammonium	mg/l	0,064	<	0,02	<0,01
Nitrat	mg/l	1,2	0,93	3,7	3,5
Nitrit	mg/l	0,0035	<	0,007	<0,006
Aluminium	mg/l	0,012	0,1	0,016	0,03
Järn	mg/l	0,022	0,28	<0,02	<0,01
Mangan	mg/l	0,002	0,058	<0,01	<0,01
Arsenik	µg/l	0,3	0,3		
Uran	µg/l		0,31		
Bly	µg/l	0,07	1,3		
Kadmium	µg/l	0,009	<		
Kobolt	µg/l	0,022			
Koppar	mg/l	0,0005	0,04		<0,02
Krom	µg/l	0,02	0,23		
Nickel	µg/l	0,41	0,3		
Selen	µg/l		<		
Fluorid	mg/l		<	0,1	0,2
Fosfat	mg/l		0,025	<0,015	<0,015

sammansättningen av grundvattnet från den kommunala brunnen som är 20 m djup, och grundvattnet i källan K1.

Mänsklig påverkan

Natrium- och kloridhalterna är förhöjda vid den kommunala vattentäkten och K1. Mätningar gjordes även på bäckvatten uppströms och nedströms väg 164 vid undersökningen 1998. En tydlig förhöjning av både natrium och klorid konstaterades nedströms väg 164 (Engdahl &

Lång 1998). Analyserna på råvatten från vattentäkten från 1990-talet visar att denna påverkan genom vägsaltning uppkom mellan 1992 och 1995.

Viss förhöjd nitrathalt finns i analyserna från den sydöstra delen av magasinet och för ammonium i 20014_273. I övrigt är kvävehalterna mycket låga. I brunn B1 finns noterbar halt av fosfat. I avsaknad av mer omfattande analysprogram avseende miljögifter, såsom exempelvis bekämpningsmedel, läkemedel eller petroleumprodukter, går det inte att bedöma om miljögifter förekommer i det aktuella grundvattenmagasinet

Klimatförändring och effekten på grundvattenmagasinet

Magasinet ligger i den del av södra Sverige där grundvattenbildningen enligt Rodhe m.fl. (2009) kan komma att öka något i och med bedömda klimatförändringar. Grundvattennivåernas variation över året i området kan komma att ändras i och med att perioden med snötäcke sannolikt kommer att minska. Därmed skulle grundvattenbildningen kunna ske under större delen av vinterhalvåret.

Referenser

- Berglund, B.E., 1976: The deglaciation of southern Sweden. Presentation of a research project and a tentative radiocarbon chronology. University of Lund, Department of Quaternary *Geology Report 10*, 1-67.
- Engdahl, M. & Lång, L.-O., 1998: Skyddsområden för grundvattentäkter i Klageröd och Lur, Tanums kommun. – Rapport till Tanums kommun. Uppdrag nr 08-175/98. Projekt 75301. Göteborg 1998-05-20. Referensnummer i SGUs register för grundvattenutredningar: 7615, 22 s.
- Engdahl, M., Fogdestam, B. & Engqvist, P., 1999: Beskrivning till kartan över grundvattnet i Västra Götalands län, västra delen, f.d. Göteborgs och Bohuslän. *Sveriges geologiska undersökning Ab 12*, 52 s.
- Johansson, B.T., 1982: Deglaciationen av norra Bohuslän och södra Dalsland. Doktorsavhandling, Geologiska institutionen, Chalmers tekniska högskola/Göteborgs universitet, Publ A38, 180 s.
- Länsstyrelsen, 2020: VISS, Vatteninformationssystem Sverige, Länsstyrelsen. <viss.lansstyrelsen.se> åtkommen den 7 oktober 2020.
- Rodhe, A., Lindström, G., Rosberg, J. & Pers, C., 2006: Grundvattenbildning i svenska typjor-
dar – översiktlig beräkning med en vattenbalansmodell. Uppsala universitet, Institutionen för geovetenskaper, *Report Series A No. 66*, 20 s.
- Rodhe, A., Lindström, G. & Dahné, J., 2009: Grundvattennivåer i ett förändrat klimat. Slutrapport från SGU-projektet ”Grundvattenbildning i ett förändrat klimat”, SGUs diarienummer 60-1642/2007. Institutionen för Geovetenskaper, Uppsala universitet och Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut. 31 s.
- SGU, 2013: Bedömningsgrunder för grundvatten. *SGU-rapport 2013:01*. Sveriges geologiska undersökning, 238 s.

BILAGA 1

Undersökningar gjorda i grundvattenmagasinen



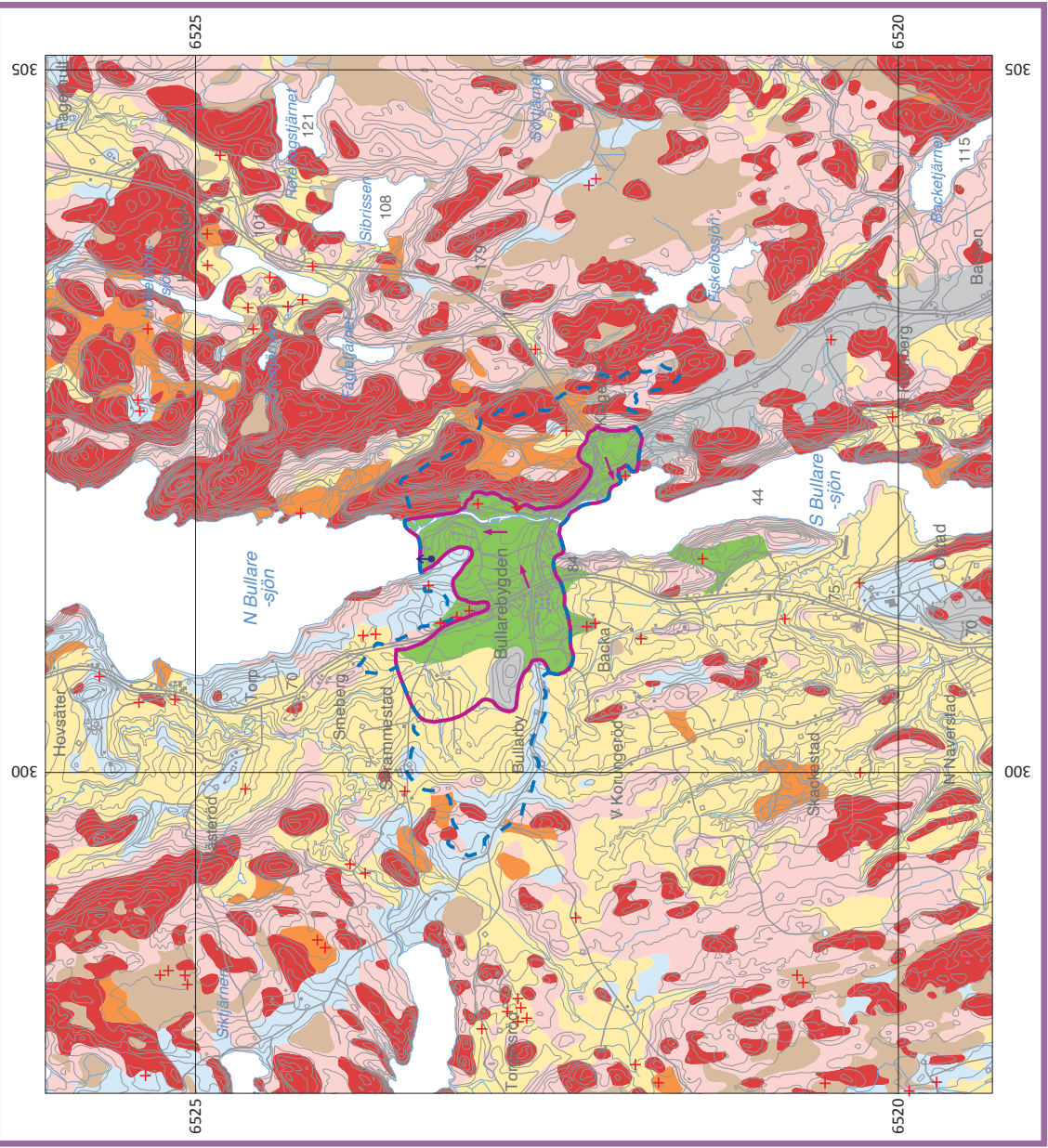
-  Källa
Spring
-  Lagerföljdsinformation finns (bilaga 5)
Stratigraphic information is available (appendix 5)
-  Information om grundvattenkemi finns (tabell 2)
Information about groundwater chemistry is available (table 2)
-  Grundvattenmagasinets avgränsning
Delineation of groundwater reservoir
-  Gräns för tillrinningsområde
Boundary of catchment area

0 1000 m

Grundvattenmagasinet Bullarebygden

K 659

Bilaga 2. Grundvattenmagasin



Kartans geologiska information finns digitalt lagrad vid SGU.
Topografiskt underlag: Ur Terrängkartan. © Lantmäteriet.



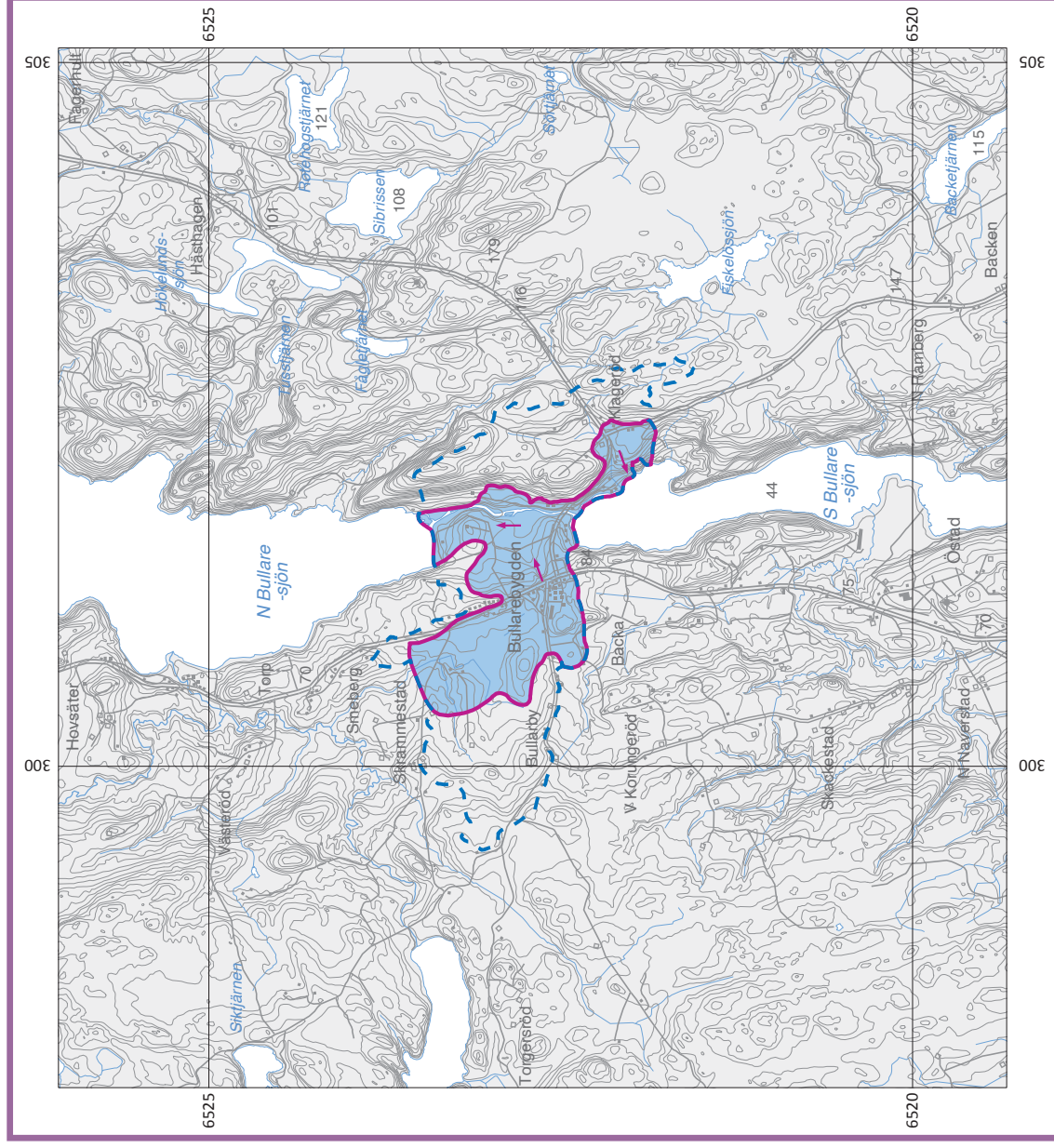
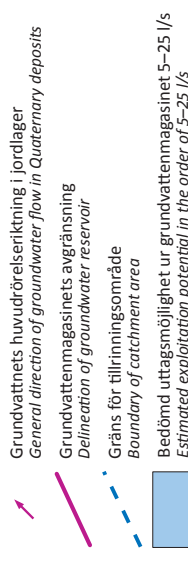
- Grundvattnets huvudrörelseriktning i jordlager
General direction of groundwater flow in Quaternary deposits
- Källa
Spring
- Grundvattenmagasinets avgränsning
Delineation of groundwater reservoir
- Gräns för tillrinningsområde
Boundary of catchment area
- Berg
Rock
- Organisk jordart
Peat and gyttja
- Lera-silt
Clay-silt
- Postglaciala sediment, sand-grus
Postglacial deposits, sand-gravel
- Islävssediment, sand-grus
Glaciofluvial sediments, sand-gravel
- Mörän
Till
- Tunt jordtäck
Thin soil cover
- Berg
Bedrock
- Mörän omväxlande med sorterade sediment
Till alternating with sorted sediments

Jordartsinformation ur SGUs jordartsgeologiska databas

Huvudkontor/Head Office:

Box 670
Besök/Visit: Villavägen 18
SE-751 28 Uppsala
Sweden
Tel: +46(0) 18 17 90 00
E-post: sgu@sgu.se
www.sgu.se

Bilaga 3. Bedömda uttagsmöjligheter



Kartans geologiska information finns digitalt lagrad vid SGU.
Topografiskt underlag: Ur Terrängkartan. © Lantmäteriet.

Huvudkontor/Head Office:

Box 670
Besök/Visit: Villavägen 18
SE-751 28 Uppsala
Sweden
Tel: +46(0)18 17 90 00
E-post: sgu@sgu.se
www.sgu.se



Huvudkontor/Head Office:

Box 670
Besök/Visit: Villavägen 18
SE-751 28 Uppsala
Sweden
Tel: +46(0) 18 17 90 00
E-post: sgu@sgu.se
www.sgu.se

BILAGA 5

Exempel på lagerföljder

Koordinater i SWEREF 99TM, höjder anges i RH 2000 om inget annat anges.

Namn: 914038561

Utförare: Norra Bohusläns Brunnsborrning
HB

Databas-id: 914038561

Typ: Brunnsborrning

Koordinater: N 6 522 015, E 302 391

0–3 m lera

3–6 m sand

6–12 m grovt grus

12–13 m något grusig sandig grovsand

Avslut: berg.

Namn: 907147623

Utförare: Norra Bohusläns Brunnsborrning
HB

Databas-id: 907147623

Typ: Brunnsborrning

Koordinater: N 6 523 328, E 300 669

0–0,5 m matjord

0,5–7 m grus

7–15 m grus och lera

15–30 m grus (fint och grovt)

Avslut: berg.

Namn: 914072318

Utförare: RH Brunns & Energiborrning AB

Databas-id: 914072318

Typ: Brunnsborrning

Koordinater: N 6 522 498, E 301 197

0–15,5 m grus

Avslut: berg.

BILAGA 6

Primära, sekundära och tertiära tillrinningsområden

Tillrinningsområde

Tillrinningsområdet till ett grundvattenmagasin är det område eller de områden varifrån nederbörd eller annat vatten kan rinna mot och tillföras magasinet. Tillrinningsområdets yttre gräns är ofta även gräns för det avrinningsområde (eller de avrinningsområden) som magasinet ligger inom.

I de fall mindre sjöar eller vattendrag ansluter till grundvattenmagasinet, ingår normalt hela deras avrinningsområden i magasinets tillrinningsområde. Stora avrinningsområden till anslutande sjöar och vattendrag inkluderas inte.

Tillrinningsområdet kan delas upp i primära, sekundära och tertiära delar, bl.a. beroende på om hela eller endast en del av den effektiva nederbörden kan tillföras magasinet. Med den helt dominerade delen avses mer än 80 procent.

Primärt tillrinningsområde	Den del av tillrinningsområdet där grundvattenmagasinet (den grundvattenförande formationen) går i dagen och hela eller den helt dominerande delen av den effektiva nederbörden tillförs magasinet.
Sekundärt tillrinningsområde	De delar av tillrinningsområdet utanför grundvattenmagasinet varifrån hela eller den helt dominerande delen av den effektiva nederbörden tillförs magasinet.
Tertiärt tillrinningsområde	Del eller de delar av tillrinningsområdet till ett grundvattenmagasin varifrån kontinuerlig ytvattendränering sker och där vanligen endast en mindre del av den effektiva nederbörden tillförs magasinet. Till det tertiära tillrinningsområdet räknas t.ex. markområden ovan eller vid sidan av grundvattenmagasinet, varifrån läckage av vatten till magasinet sker eller bedöms kunna ske under särskilda betingelser (avsänkning av grundvattennivån eller punktering av tätande lager genom markarbeten eller dylikt).

BILAGA 7

Övergripande förutsättningar avseende provpunkter och analyser

Grundläggande information avseende aktuella provpunkter.

Provpunkt	Provtagningsplats	Översiktlig hydrogeologi	Markanvändning	Djup (m u.m.y.)	Omättad zon (m)
20014_2708	Regional övervakning	Sand, öppet, utströmningsområde	Skog	0	0
B1	Enskild vattentäkt	Sand, öppet/slutet	Öppen mark	okänt	okänt
Kommunal vattentäkt	Råvatten, vattentäkt i jord	Sand, öppet utströmningsområde	Öppen mark, skog	18–20 m	<5
K1	Källa	Sand, öppet utströmningsområde	Öppen mark, skog	0	0

Grundläggande information avseende tillgängliga analyser per provpunkt.

Provpunkt	Antal prov	Tidpunkt	Referens/databas	Anmärkning
20014_2708	1–6	1985–2006	SGUs databaser	Varierande antal analyser per parameter
B1	1	nov 2018	SGUs databaser	
Kommunal vattentäkt	4–22	2002–2018	SGUs databaser	Huvuddelen av analyserna utförda under början av perioden. Antal analyser av Fe, Mn och turbiditet är 22, Al 18, samt övriga 4–8.
K1	1	mars 1998	Engdahl & Lång (1998)	

BILAGA 8

Allmän beskrivning av grundvattnets kemiska sammansättning

Variationen i olika ämnens halter kan vara stor både inom ett enskilt grundvattenmagasin och mellan närliggande grundvattenmagasin. Speciellt viktiga aspekter att beakta är magasinets och tillrinningsområdets geologiska uppbyggnad, markanvändning och geokemiska sammansättning, samt grundvattnets uppehållstid.

Grundvattnets kemiska sammansättning styrs av nederbördens egenskaper och de processer som vattnet har utsatts för, på sin väg genom marken ner till grundvattnet. Särskilt viktig är den biologiska omsättningen av olika ämnen. Jonkoncentrationen ökar genom avdunstningen i de övre marklagren. Förändringar i jonsammansättningen sker genom att joner i det ned-sipprande vattnet byts ut mot joner som är bundna till markpartiklar, s.k. jonbyte, och genom sönderdelning av mineral, s.k. vittring. Jonbytesprocessen är speciellt intensiv när vattnet är i kontakt med organiskt material och lerpartiklar som har stor kontaktyta. Intensiteten av vittringen är främst beroende av mineralens vittringsbenägenhet och kontaktytan mellan vatten och mineral. Vittringen ”drivs” under naturliga förutsättningar av humussyror och kolsyra som bildas genom nedbrytning av växtrester. Vätejoner förbrukas vid vittringen varvid pH ökar. Genom förbränning av fossila bränslen tillfördes nederbörden under andra halvan av 1900-talet svavelsyra, som bidrog till ökad sulfathalt och tillskott av vätejoner som bidrar till ökad vittring. Nedfallet av svavel är nu en bråkdel av tidigare nivåer men viss påverkan kvarstår i marklager och grundvatten. Även nedfallet av kväve från förbränning och djurhållning har varit betydande under denna period. Även detta har minskat men framför allt södra Sverige utsätts fortfarande för en betydande atmosfärisk kvävetillförsel. Detta kväve tas dock normalt upp av växtlighet och tillförs vanligen inte grundvattnet.

Kalcit är det mest lättvittrade mineralet. Kalkhaltiga jord- och bergarter har mycket stor betydelse för grundvattnets kemiska sammansättning i områden med kalkberggrund. I övriga områden kan andra relativt lättvittrade mineral, som i allmänhet innehåller stor andel kalcium och magnesium, i kombination med finkorniga jordarter och lång uppehållstid ge grundvattnet hög totalhårdhet, liksom hög elektrisk konduktivitet som är ett mått på den totala halten lösta salter. Vid normal kolsyravittring bildas lika mycket kalcium och magnesium som vätekarbonat. Alkaliniteten, som är ett mått på grundvattnets förmåga att motstå försurning, utgörs inom de normala pH-intervallen av vätekarbonat.

Grundvattnets surhet, vätejonkoncentrationen, anges som pH. Låga pH-värden kan bero på effekter av den sura nederbörden, men kan också ha naturliga orsaker. Ett ytligt grundvatten som är naturligt surt p.g.a. hög halt humussyror eller högt koldioxidtryck kanske aldrig hinner neutraliseras under sin uppehållstid i det grundvattenförande lagret.

Sulfatjoner som tillförs grundvatten från nederbörden har både mänskligt och marint ursprung. Kraftigt förhöjda halter i grundvatten har dock i allmänhet geologiskt ursprung och är då ett resultat av oxidation av sulfider. I vissa delar av landet (exempelvis Mälardalen) kan höga sulfathalter kopplas till dränering av gyttejeleror.

Fluoridhalten i grundvatten är beroende av berggrundens geokemiska sammansättning. Bergborrade brunnar belägna i områden med pegmatiter och vissa yngre graniter har ofta relativt höga fluoridhalter i vattnet. Jordbrunnar har generellt sett låga halter.

Grundvattnets kloridhalt beror storskaligt på det geografiska läget. Nederbörden bidrar med högre kloridmängder i sydvästra Sverige än på andra håll i landet p.g.a. det marina inflytandet. I delar av Sverige som tidigare har varit täckta av hav kan salt vatten finnas kvar i både jordlager och berggrund och ge höga kloridhalter i grundvattnet. Detta gäller även bergarter

som bildats i hav. Inträngning från hav är en vanlig orsak till höga kloridhalter i strandnära brunnar. Mänskliga påverkanskällor är vägsalt, avloppsinfiltration, soptippar m.m.

Höga nitrathalter beror praktiskt taget enbart på mänsklig påverkan. Problem med höga halter i grundvatten förekommer i jordbruksområden med genomsläppliga jordar, särskilt i jordgrundvatten. Även avloppsinfiltration kan bidra till förhöjda nitrathalter.

Variationerna i järn- och manganhalter kan vara stora, både mellan mycket närbelägna platser och med djupet i ett och samma borrhål. Detta beror på varierande redoxpotential och syreförhållanden. Järn och mangan går i lösning under syrefria förhållanden. Metallerna kan sedan fällas ut i markpartier med högre syrehalt. Detta kan man se tydligt, t.ex. i många grustag där vissa mycket väl avgränsade lager kan vara starkt rostfärgade av järnutfällningar eller svartfärgade av manganutfällningar. Av denna anledning bör analysresultat gällande dessa parametrar tolkas med särskild försiktighet.