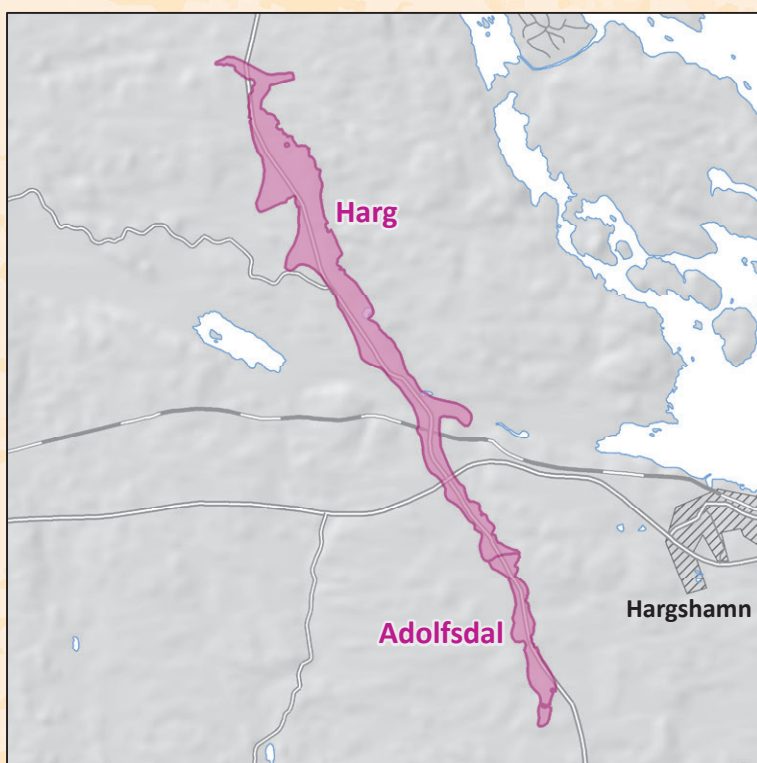


Grundvattenmagasinen Harg och Adolfsdal

Magdalena Thorsbrink, Paulina Bastviken
& Henrik Mikko



ISSN 1652-8336
ISBN 978-91-7403-457-8

Författare: Magdalena Thorsbrink, Paulina Bastviken & Henrik Mikko
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

Grundvattenmagasinen Harg och Adolfsdal	4
Sammanfattning	4
Inledning	4
Underlag	5
Terrängläge och geologisk översikt	6
Hydrogeologisk översikt	7
Anslutande ytvattensystem	11
Tillrinningsområde och naturlig grundvattenbildning	12
Uttagsmöjligheter	13
Grundvattnets användning	13
Grundvattnets kvalitet	14
Naturligt förekommande ämnen	14
Mänsklig påverkan	16
Klimatförändring och effekten på grundvattenmagasinen	17
Referenser	17
Övriga utredningar	18

Bilaga 1

Undersökningar gjorda i grundvattenmagasinen

Bilaga 2

Karta över grundvattenmagasin med jordarter som bakgrund

Bilaga 3

Karta över bedömda uttagsmöjligheter

Bilaga 4

Karta över tillrinningsområden

Bilaga 5

Exempel på lagerföljder

Bilaga 6

Primära, sekundära och tertiära tillrinningsområden

Bilaga 7

Övergripande förutsättningar avseende grundvattenkemiska provpunkter och analyser

Bilaga 8

Allmän beskrivning av grundvattnets kemiska sammansättning

GRUNDVATTENMAGASINEN HARG OCH ADOLFSDAL

Författare: Magdalena Thorsbrink, Paulina Bastviken & Henrik Mikko

Kommun: Östhammar

Län: Uppsala län

Vattendistrikt: Norra Östersjön

Databas-id: 230500006 (Harg), 250300025 (Adolfsdal)

Grundvattenförekomst: WA77002093 (Marka–Ruddun)

Sammanfattning

Grundvattenmagasinen Harg och Adolfsdal är belägna i den södra delen av Börstilsåsen i området vid Hargs Bruk och Hargshamn inom Östhammars kommun. Börstilsåsen är en isälvsavlagring avsatt under högsta kustlinjen (HK) som utsatts för omfattande svallning.

Det nordliga av dessa två magasin passerar Hargs Bruk och benämns Harg. I magasinet finns två rörliga vattendelare som skiljer vattnet åt i en mindre nordlig del vid Marka som avvattnas norrut, en central del vilken avvattnas västerut vid Löhammar, samt en sydlig del som främst avvattnas vid Hargs Bruk. Magasinets totala längd är knappt 7 km och den bedömda uttagsmöjligheten är ca 15–20 l/s varav endast en mindre del i dag används för vattenförsörjning. Störst uttagsmöjlighet bedöms finnas i området vid Hargs Bruk och i området norr om det.

Direkt söder om grundvattenmagasinet Harg ansluter magasinet Adolfsdal, som försörjer Hargshamns samhälle med vatten. Magasinet Adolfsdal är ca 2 km långt och slutar vid höjderna vid Hultet där isälvsavlagringen helt tunnar ut. I magasinet Harg bedöms uttagsmöjligheten till 4 l/s.

Grundvattnets kemiska sammansättning i magasinerna Harg och Adolfsdal karaktäriseras av höga halter kalcium och hög alkalinitet, vilket är naturligt i och med de kalkrika jordlagren inom tillrinningsområdet. Mänsklig påverkan på vattenkvaliteten förekommer främst via överuttag, då inblandning av djupare liggande grundvatten orsakar förhöjda kloridhalter.

SGU bedömer att risken för höga kloridhalter i grundvattnet är störst i magasinet Adolfsdal, där förhållandena mellan grundvattenbildning och grundvattenuttag samt vägens läge skapar en högre sårbarhet.

Mot bakgrund av områdets begränsade grundvattentillgångar och vattenbehovet inom kommunen, så bedöms de båda magasinerna ha ett mycket stort värde för vattenförsörjningen. De två grundvattenmagasinen ingår i dag i en och samma grundvattenförekomst i vattenförvaltningen med namnet Marka–Ruddun och id-benämningen WA77002093. Som en följd av denna kartläggning kommer grundvattenförekomsten föreslås att delas upp i två separata förekomster.

Inledning

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

Sammanställningen har gjorts 2018–2019 inom ramen för SGUs extrasastning 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

Grundvattenmagasinet Harg har tidigare undersökts i syfte att utvärdera möjligheten till vattenuttag för att stärka vattenförsörjningen för Östhammars samhälle. Undersökningarna har omfattat ett stort antal borrhningar samt en provpumpning vid Alvsjön (VIAK 1966, 1975a, b, Orrje & Co AB 1978).

Grundvattenmagasinet Adolfsdal undersöktes för första gången 1951, då behovet av en gemensam vattentäkt för Hargshamns samhälle gjorde att man sökte sig en bit bort från samhället för att hitta tillräcklig mängd vatten (Allmänna Ingenjörbyrå 1951). Undersökningarna omfattade såväl provpumpning som vattenprovtagning. Ytterligare en provpumpning i samma område utfördes 1962 (Allmänna Ingenjörbyrå 1963). Under 1976 utförde K-Konsult en korttidsprovpumpning vid en brunn som etablerats söder om befintlig vattentäkt i syfte att undersöka möjligheten att uttöka vattenuttaget för Hargshamn (K-Konsult 1976).

En översikt av kommunens tillgängliga yt- och grundvattenresurser har sammanställts i en nu aktuell kommunal vattenförsörjningsplan (Kvartär 2018).

Befintlig geologisk och hydrogeologisk information, t.ex. kartor, utredningar och databaser har sammanställts och värderats och tillgängliga lagerföljdsuppgifter har lagrats i SGUs databaser.

Kompletterande undersökningar

Följande kompletterande fältundersökningar har utförts av SGU:

- Georadarmätningar längs en stor del av vägnätet inom magasinet. Mätningarna har gett ett underlag för en översiktlig bedömning av grundvattenytans läge och jorddjup.
- Grundvattenrör från tidigare undersökningar har inventerats och vattennivåer registrerats.
- Utvalda brunnar och källor har inventerats.
- Skruvborrning har utförts på sju platser.
- Kontinuerlig mätning av grundvattnets trycknivå utfördes med en automatregistrerande logger under perioden 2018–2020 i observationsrör Rb7703 inom magasinet Harg, och i ett rör i magasinet Adolfsdal. Dessa tidsserier har nu övergått i Grundvattennätet, SGUs nationella grundvattennät för övervakning av grundvattennivåer, och har där stations-id Harg_1 (stationen inom magasinet Harg) respektive Harg_2 (inom magasinet Adolfsdal).
- Vattenprovtagning i Hargs Bruks källa, i observationsrör Rb7703 (borrat i läget för Rb7505) vid Alvsjön, och i källan benämnd Löhammar Norra, se figur 1.

Lägen för utförda radarmätningar och borrhningar, och ett urval av sedan tidigare utförda borrhningar visas i bilaga 1. Exempel på lagerföljder från dessa borrhningar redovisas i bilaga 5.

Grunddata från fältundersökningarna har lagrats i SGUs databaser. En hydrogeologisk databas för de aktuella grundvattenmagasinen har upprättats med den insamlade informationen samt SGUs jordartsdata som grund (SGU 2019a). I den hydrogeologiska databasen ingår bl.a. information om tillrinningsområde, grundvattenbildning, vattendelare, strömningsriktningar och andra hydrauliska parametrar, samt en bedömning av uttagsmöjligheterna i grundvattenmagasinen. Information om anslutande ytvattensystem lagras också i databasen. Ett urval av denna information redovisas i denna rapport. Övrig information kan fås från SGUs kundtjänst.



Figur 1. Vattenprovtagning vid källan Löhammar Norra. I bakgrunden ses tallskogen som växer på åsen.
Foto: Magdalena Thorsbrink.

Terrängläge och geologisk översikt

De två till varandra angränsande grundvattenmagasinen Harg och Adolfsdal ligger i ett ca 9 km långt avsnitt av Börstilsåsen, en måttligt stor isälvsavlagring avsatt under högsta kustlinjen (HK). Läget under HK gör att åsen utsatts för en kraftig svallning som omgärdat åsen med svallsand. Svallsanden utgörs i vissa delar av grusig sand, vilket gör det svårt att särskilja primärt avlagrat isälvsmaterial från det omsvallade materialet. Havets omlagring har också gjort att det i vissa delar finns finmaterial inbäddat i grövre material. I området finns i övrigt små torvmarker, områden med lera, tunna moränlager och berghällar.

Områdets relativt flacka och småkuperade bergöveryta gör att det saknas större dalgångar i landskapet. Detta har bidragit till att Börstilsåsen, liksom övriga isälvsavlagringar i kommunen, endast utgör måttligt stora grundvattenmagasin. Den småkuperade bergöverytan gör också att åsen i höglägena i terrängen i vissa delar helt spolats bort av havet, och att isälvsavlagringen blivit avskuren av uppskjutande bergryggar.

Grundvattenmagasinet benämnt Harg sträcker sig från Marka i norr ner till Söderharg. Magasinets totala längd är knappt 7 km. Enligt SGUs tjänst kartgeneratoren ligger markytan på mellan 5 och drygt 20 m ö.h., dvs. långt under nivån för högsta historiska havsyta som i området är belägen ca 170 m över dagens havsyta. Grundvattenmagasinet Adolfsdal sträcker sig från vattendelaren vid Ruddun ner till Hultet på västra sidan om väg 76 i söder. Markytan för magasinet Adolfsdal ligger på mellan 17 m ö.h. och drygt 23 m ö.h.

Generellt avvattnas terrängen österut mot närliggande Östersjön via mindre diken och vattendrag som letar sig fram i den småkuperade terrängen.

Grundvattenmagasinet Harg

I magasinets norra delar är åsen till stor del utbruten ner till bergöverytan till följd av grustäktsverksamhet. I söder, däremot, är åsen huvudsakligen opåverkad. I åsens outbrutna delar finns det på vissa partier en tydlig åsrygg, vilken bl.a. kan ses i naturreservatet Hargs tallpark.

Tidigare borrhningar visar att åsen är begränsad i sidled och att bredden endast undantagsvis överstiger 100 m (VIAK 1975a). Strax norr om Alvsjön finns den största kända mäktigheten av åsen med jorddjup större än 14,8 m. Materialet i magasinet domineras av sorterat material av grusig sand, och i vissa partier förekommer också sandigt grus. Borrhningar visar att materialet i vissa delar av åsen är dåligt sorterat, se borrhning BMW180083, BMW180084 och BMW189081 i bilaga 5.

Den underlagrande berggrunden är reellt flack och jorddjupen i området varierar mellan någon meter och upp till 25 m, men är i regel grundare än 10 m, vilket framgår av SGUs jorddjupsmodell (SGU 2020). Berggrunden i området utgörs främst av äldre graniter (ca 1,9 miljarder år) med olika innehåll av kiseldioxid (tonalit–granodiorit–granit). Vid Hargs Bruk finns stråk med dacit–ryolit och basalt–andesit. Vid Hargs Bruk går också en deformationszon i riktning NV–SO (Stålhös 1989a, b, 1991, SGU 2019b). De uppgifter som finns tillgängliga via SGUs brunnsarkiv tyder dock inte på några betydande vattenmängder i berggrunden (SGU 2019c).

Grundvattenmagasinet Adolfsdal

Grundvattenmagasinet Adolfsdal, som är betydligt mindre än Harg, ligger mestadels högt i terrängen, förutom i lågpunkten vid Bromyren. Åsmaterialet har en begränsad utbredning i sidled och omgärdas till stora delar av svallsand, lera och berg i dagen. I tillrinningsområdet finns också tunna moränavlagringar och områden med torv.

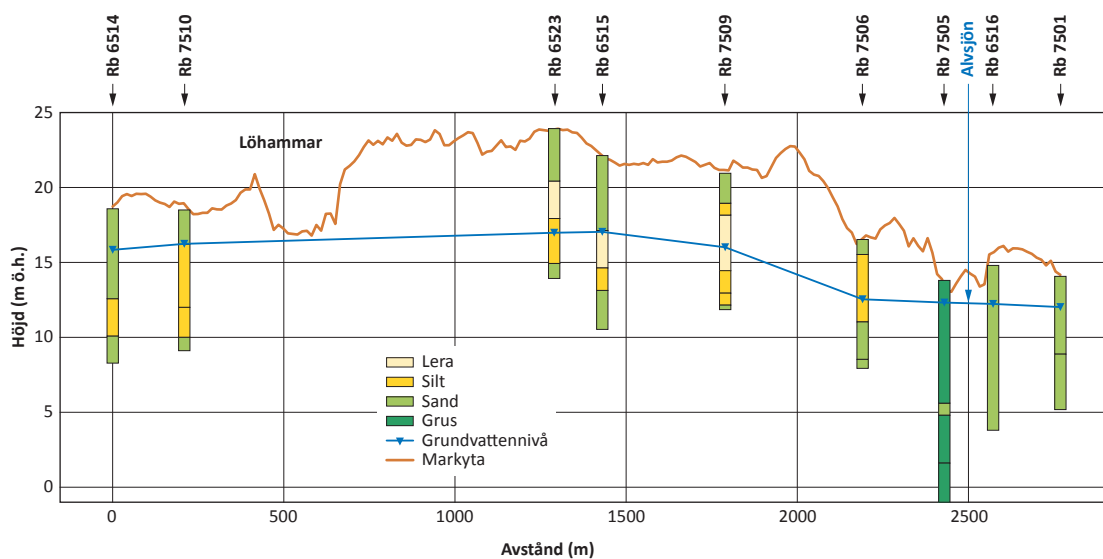
Den underlagrande berggrunden utgörs även här av äldre graniter (ca 1,9 miljarder år) med olika innehåll av kiseldioxid (granodiorit–granit, Stålhös 1989a, b, 1991, SGU 2019b). Centralt i magasinet finns en bedömd spröd deformationszon (SGU 2019b) vilken möjligen kan ha betydelse för vattenföringen i berggrunden som i sin tur kan ha betydelse för vattentillgången i jordlagren.

Hydrogeologisk översikt

Inom magasinet Harg finns två rörliga grundvattendelare som skiljer vattnet åt i en mindre, nordlig del uppe vid Marka som avvattnas norrut, en central del som avvattnas västerut vid Löhammar, och en sydlig del som främst avvattnas vid Hargs Bruk. Magasinet är att betrakta som öppet utom i delar av området vid Harg, där magasinet är överlagrat av lera och silt. Som stöd för beskrivningen av magasinets visas i figur 2 en profil längs åsen från Rb 6513 till Rb 7502 i Hargs tallpark.

Medelmäktigheten på den mättade vattenförande zonen är utifrån nu kända uppgifter ca 7 m och den maximala mättade vattenförande zonen är åtminstone 13 m (Rb 7505) norr om Alvsjön. Djupuppgifter saknas emellertid i delar av området vid Hargs Bruk, där den mättade zonen möjligen är mäktigare.

Norr om magasinet gör åsen ett mindre uppehåll för att sedan framträda i ett kort avsnitt strax norr om Marka. Åsen syns sedan återigen norr om Markasjön vid Börstil. Magasinet Harg ansluter i söder till magasinet Adolfsdal. Vid Marka utfördes en borrhning (BMW189080, läs mer i bilaga 5, *Exempel på lagerföljder*) som tyder på att avsnittet vid Marka utgör ett mindre, separat magasin som är avskilt från magasinen vid Börstil i norr och Harg i söder.

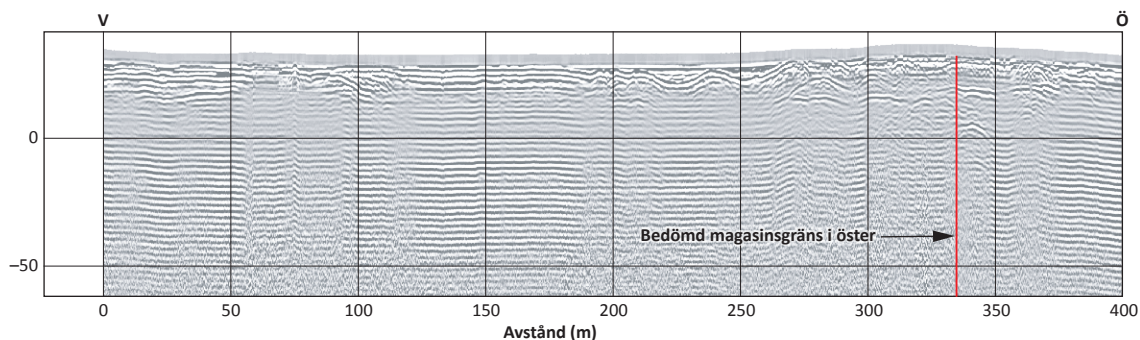


Figur 2. Profil längs åsen med markyta (orange linje) och grundvattennivå från 15 april 1975 (blå linje) i området för den centrala delen av magasinet vid Löhammar, och förbi stalpet norr om Hargs Bruk.



Figur 3. Området i grustäkten där vattnet sipprar fram längs med väggkanten, för att strax därefter infiltrera ner i marken. Foto: Magdalena Thorsbrink.

I avsnitten *Grundvattenmagasinet Harg* och *Grundvattenmagasinet Adolfsdal* följer en redovisning av de hydrogeologiska förhållandena inom de tre områdena vid Marka, Löhammar och Hargs Bruk, och en fördjupning av förhållandena i magasinet Adolfsdal. Gemensamt för samtliga områden är att den nya uppdaterade jordartskartan varit ett grundläggande stöd vid utförda magasinavgränsningar (SGU 2019a).



Figur 4. Del av radarprofil 28. Röd linje markerar bedömd magasinavgränsning.

Grundvattenmagasinet Harg Avsnittet vid Marka

SGU bedömer att det mindre avsnitt av magasinet som finns i norr avvattnas norrut mot Österäng. Här är åsen kraftigt utbruten i det grustag som finns öster om väg 76. Magasinet har i öster avgränsats vid de berghällar som blottlagts till följd av täktverksamheten. Inom grustaget ses grundvatten på vissa platser sippra fram på markytan, för att därefter rinna ytligt och sedan infiltrera ner igen i kvarvarande sand- och grusmaterial (fig. 3). Där vattnet rinner fram finns en rikare flora med bl.a. Tvåblad, en orkidé som trivs i områden med kalkrika marker.

Radarmätning R28, utförd i den nordliga delen av magasinet, visar magasinigränsen i öster där magasinet tunnar ut i övergången mot morän (fig. 4). En äldre borrhuggift (Rb 6513) finns i den obrutna delen, där 0–2,3 m grusig sand överlagras 2,3–6,2 m grovsilt, sand och grus.

Grundvattenmagasinet Harg Avsnittet vid Löhammar

I höjd med Löhammar finns ett avsnitt av magasinet som bedöms att främst avvattnas västerut vid källan Löhammar Norra. Möjligen sker också ett utläckage österut mot Römossen, men detta har inte kunnat säkerställas.

Med stöd av uppgifter från Rb 6514 och Rb 7510 (se bilaga 1 och 5) bedöms den vattenmättade zonen i avsnittet vara 7–8 m. Rör Rb 6514 visar mycket god vattenföring på nivån 8,5–10,3 m under markytan. I samma rör finns även ett lager mo och mjåla (grovsilt–finsand och finsilt–mellansilt) på nivån 6–8,5 m. Röravslut är på 10,3 m under markytan, med fortsatt borrhugg möjlig med svårighet. Rb 7510 visar mindre god vattenföring på nivån 8,5–9,4 m, i övrigt är vattenföringen i röret obetydlig. Även här bedöms magasinet som öppet, trots att det till viss del täcks av lera i området väster om åsens centrala delar.

Grundvattenmagasinet Harg Avsnittet vid Hargs Bruk

Avsnittet vid Hargs Bruk avgränsas i norr av en rörlig vattendelare och i söder av en fast vattendelare. I norr har vattendelarens läge baserats på utförda nivåmätningar i de äldre rörborrningarna Rb 6523, Rb 6515 och Rb 6509. I söder har nivåmätningar utförda i brunnen vid Söderharg och borrhugg BMW180087, som visade på helt torra förhållanden, gett stöd i bedömningen av magasinets begränsning (se bilaga 5, *Exempel på lagerföljder*).

I de norra delarna av åsavsnittet fanns en osäkerhet om de äldre rören, Rb 6515 och Rb 6523, verkligen representerade nivåförhållandena i åskärnan eller om de möjligen representerade



Figur 5. Gullströmsån vid Hargs Bruk där det sker utläckage av grundvatten. Foto: Magdalena Thorsbrink.

ett övre magasin i svallsanden. För att klargöra de äldre borrhningarnas representativitet i förhållande till åsens utbredning och uppmätta grundvattennivåer gjordes därför de två nya borrhningarna BMW180083 och BMW180084 (se bilaga 5, *Exempel på lagerföljder*). Resultaten från de nya rören ändrade inte bedömningen av åskärnans läge, utan verifierade i stället att de äldre rören representerade grundvattennivån i magasinet. Däremot bidrog de nya borrhningarna till att magasinet vid kartläggningen av dess utbredning smalnades av.

Söder om Alvsjön, i höjd med Rb 7502, faller grundvattenytan kraftigt. Här har stalp därför noterats i databasen, vilket innebär ett åsavsnitt där grundvattennivån faller markant på en kort sträcka. Tillgängliga uppgifter visar att stalpet beror på en förträngning av den vattenförande delen av åsen med både minskad bredd och mäktighet. Denna förträngning kan bero på en bergrygg som delvis avskärmar flödet i åsen, eller på att det i åsen finns ett avsnitt med mer osorterat isälvsmaterial. Bedömningen är dock osäker.

SGU bedömer att lågpunkten för grundvattennivån i magasinet finns vid Hargs Bruk. Här avvattnas magasinet dels vid Hargs Bruks källa och dels genom ett mer diffust läckage utmed Gullströmsån (fig. 5). Vid höga nivåer sker även avvattning mer diffust i området vid Hargs Bruk. Flödet vid källan uppmättes i augusti 2018 till ca 7,5 l/s.

Vid Hargs Bruk är åsmaterialet i åsens ytterområden överlagrat av lera, se bilaga 2. Osäkerheten om mäktigheten hos lerlagren gör att något tätande lager inte har avgränsats i databasen. Bedömningen av magasinets utbredning mot öster grundar sig på Hargs Bruks källa, som bedöms få sitt rikliga flöde från magasinet.

Vid Söderharg ligger åsen återigen högre i terrängen omgiven av svallsand och berg i dagen. På grund av mängden berg i dagen i området bedöms den vattenmättade zonen i området som begränsad.

Den största kända mäktigheten på magasinet finns vid Alvsjön med drygt 13 m vattenmättade lager av sand och grus (se bilaga 5, Rb 7505). Djupet på denna borrhning är 14,8 m under markytan, med möjlighet till fördjupning (VIAK 1975a).

Grundvattenmagasinet Adolfsdal

Grundvattenmagasinet Adolfsdal är mindre än magasinet Harg. Här sker grundvattenströmningen mot lågpunkten vid Bromyren och det dike som där korsar magasinet. Dessutom bör en lokal avsänkningsträtt skapas i anslutning till uttagspunkten för Hargshamns vattentäkt, men underlag saknas för en säker bedömning av avsänkningens utbredning. Till följd av svallningen i området försvåras bedömningen av magasinets utbredning och uppbyggnad, men trots det bedöms lagret med sand och grus ändå vara relativt kontinuerligt.

Vid lågpunkten för magasinet finns ett lerlager på ömse sidor om åsen. Att lerlagren ansluter just här beror sannolikt på att en större del av åsen blivit övertäckt av postglacialt material, till följd av att bergöverytan ligger något lägre i dalgången under diket mot Adolfsdal. Trots dessa lerlager bedöms hela magasinet som öppet.

Mäktigheten på det vattenförande åsmaterialet är i medeltal 3 m. Den största kända vattenmättade zonen återfinns vid observationspunkten benämnd H1, där lagerföljden visar sandigt till grusigt material och den mättade zonen är ca 6,5 m (Allmänna Ingenjörskontoret 1951). Norr om magasinet ansluter magasinet Harg, åtskilt av en fast vattendelare. En sondering som utfördes i gränsområdet visade enbart torrt material (BMW180087, se bilaga 5, *Exempel på lagerföljder*).

Vid läget för vattentäkten har uttagsmöjligheten vid två tillfällen undersökts genom provpumpning, dels 1951 och dels 1962 (Allmänna Ingenjörskontoret 1951, 1963). Slutsatsen till följd av provpumpningen 1962 var att 3–3,5 l/s kunde fås från vattentäkten. Undersökningar av magasinet har även gjorts i närheten av diket som korsar väg 76, i anslutning till Bromyren, i form av en kortvarig provpumpning. Pumpning med 4 l/s i detta läge visade enligt utredningen på ett gott resultat (K-konsult 1976).

Anslutande ytvattensystem

Alvsjön är en liten sjö belägen centralt i åsen inom magasinet Harg, ca 1 km norr om Hargs Bruk, som avvattnas via ett mindre dike. I tidigare undersökningar har sjön beskrivits som ett bräddavlopp, och provtagning av sjöns vattenkvalitet i samband med provpumpningen 1977 visade att vattnet i sjön nästan uteslutande utgjordes av utläckande grundvatten (Orrje & Co AB 1978). Vid fältbesök den 15 maj 2018 var diket som avvattnar sjön helt torrlagt. Äldre mätningar utförda 15 april 1975 visar att nivån i Rb 7703 i anslutning till sjön låg på nivån 12,32 m ö.h. samtidigt som nivån i Alvsjön låg på 12,19 m ö.h. dvs. trycknivån var något högre i grundvattenmagasinet (VIAK 1975a). SGUs bedömning är att Alvsjön är en dödisgrop med viss kontakt med grundvattnet i magasinet. Vid höga grundvattennivåer läcker grundvatten ut i Alvsjön, som vid tillräckligt höga nivåer avvattnas via det mindre dike som avvattnar Alvsjön.

Vid Hargs Bruk passerar magasinet av Gullströmsån, som är det vattendrag som avvattnar Löhammarsjön men som också bidrar till att avvattna magasinet. Utläckande grundvatten har av SGU noterats vid flera fältbesök vid Hargs Bruk nedströms kvarnfallet, genom både avvikande vattentemperatur och synbara järnutfällningar. Gullströmsån uppströms passagen vid Hargs Bruk avvattnar ett drygt 3 700 ha stort område väster om åsen, som även inkluderar Löhammarsjön. Vattendraget ingår i vattenförvaltningen med förekomst-id WA81512769.

Tabell 1. Grundvattenmagasinet Harg. Tillrinningsområden, grundvattenbildning och bedömd uttagsmöjlighet.

	Yta (km ²)	Effektiv nederbörd *	Naturlig grundvattenbildning (l/s)
Primärt tillrinningsområde	1,7	310 mm/år, 9,8 l/s per km ²	16,9
Sekundärt tillrinningsområde	0,2	300 mm/år, 9,5 l/s per km ²	2,3
Tertiärt tillrinningsområde	2,0	227–251 mm/år, 7,2–8,0 l/s per km ²	2,7 **
Bedömd uttagsmöjlighet inom magasinet	15–20 l/s		

* 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.

**Bygger på antagandet att 10 % av effektiv nederbörd infiltrerar i magasinet.

Tabell 2. Grundvattenmagasinet Adolfsdal. Tillrinningsområden, grundvattenbildning och bedömd uttagsmöjlighet.

	Yta (km ²)	Effektiv nederbörd *	Naturlig grundvattenbildning (l/s)
Primärt tillrinningsområde	0,4	310 mm/år, 9,8 l/s per km ²	3,8
Tertiärt tillrinningsområde **	0,6	251 mm/år, 8,0 l/s per km ²	0,7
Bedömd uttagsmöjlighet inom magasinet	4 l/s		

* 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.

**Bygger på antagandet att 10 % av effektiv nederbörd infiltrerar i magasinet.

Magasinet Adolfsdal korsas av ett mindre dike, som avvattnar åkermarken i områdets lågpunkt vid Bromyren. Mot bakgrund av geologin bedöms diket stå i viss kontakt med magasinet, men utbytet mellan diket och magasinet har trots temperaturmätning inte kunnat verifieras.

Tillrinningsområde och naturlig grundvattenbildning

De båda magasinen tillförs vatten i huvudsak från den nederbörd som faller på respektive avlagring men ett visst tillflöde kan också ske från omgivande moränmark. Områdets topografi och den relativt flacka berggrundsytan gör dock tillrinningsområdena begränsade. Ett visst vattentillskott från sprickzoner i berggrunden i området vid Hargs Bruk skulle eventuellt kunna förekomma.

Magasinens tillrinningsområden 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 magasinen från primära, sekundära och tertiära tillrinningsområden redovisas i tabell 1 och 2.

Andelen av grundvattenbildningen inom de tertiära tillrinningsområdena som bedöms nå grundvattenmagasinet har bedömts olika beroende på dess läge i förhållande till magasinet. I områden med övervägande lera i markytan som avvattnas via dränering och bäckar bedöms 10 procent av den effektiva nederbörden nå magasinet och i övriga områden med övervägande morän och berg i dagen bedöms andelen vara 50 procent.

Grundvattenmagasinet Harg

Gullströmsån, som passerar grundvattenmagasinet Harg, bedöms i huvudsak vara dränerande, och bidrar under normala och naturliga förhållanden därmed inte till vattentillgången i magasinet.

Den bedömda grundvattenbildningen i det nordligaste avsnittet vid Marka uppgår till 2 l/s, i det centrala avsnittet vid Löhammar till 7 l/s, och i det sydliga avsnittet vid Hargs Bruk till knappt 13 l/s. Åsmaterialets höga läge i terrängen och den undulerande bergöverytan gör det dock svårt att bedöma om den totala grundvattenbildningen kan utnyttjas för uttag av grundvatten.

Grundvattenmagasinet Adolfsdal

Inom grundvattenmagasinet Adolfsdal är den bedömda grundvattenbildningen 4,5 l/s. Den överensstämmer med utförd provpumpning, vilken visade kapaciteten 4 l/s.

Uttagsmöjligheter

De i tabell 1 och 2 redovisade uttagsmöjligheterna är grova uppskattningar av hur mycket grundvatten som långsiktigt kan utvinnas med ett rimligt antal standardmässiga brunnskonstruktioner, fördelade på lämpliga platser inom magasinerna. Möjlighet till förstärkt grundvattenbildning genom inducering från ytvattensystem har i viss mån beaktats.

Bedömningen av uttagsmöjligheten baseras dels på beräknad grundvattenbildning inom tillrinningsområdet till respektive magasin, dels på resultat från utförda provpumpningar vid Alvsjön och Adolfsdal, dels på observerade källutflöden. Observera att för ett måttligt stort och långsträckt magasin, såsom vid magasinet Harg, kan i regel större mängder vatten totalt tas ut om antalet uttagspunkter ökas. Den bedömda uttagsmöjligheten kan därmed behöva fördelas på ett större antal uttagsplatser.

Uttagsmöjligheten kan möjligen förstärkas genom konstgjord grundvattenbildning. Tidigare har VIAK framhållit att ett möjligt läge för konstgjord grundvattenbildning är i området mellan Rb 7505 och Rb 6515 (VIAK 1975b). I detta område finns en grävd grop som kan ha varit en plats för ett infiltrationsförsök. Emellertid har inga utredningar kunnat återfinnas som redogör för att ett sådant försök gjorts på platsen, eller i någon annan del i området mellan dessa rör. Som ytvattenresurs har Löhammarssjön diskuterats som ett möjligt alternativ (Orrje & Co 1978).

Grundvattnets användning

Inom magasinet Harg sker två större vattenuttag, dels vid Hargs Bruk, dels vid den norra källan vid Löhammar. Vid Hargs Bruk tas vatten från en källa i den södra delen av bruksområdet. Vattentäkten försörjer boende i anslutning till Hargs Bruk (Tony Andersson, Hargs Bruk, muntlig kommunikation, 2018-08-16). Det finns också flera enskilda brunnar.

Löhammars norra källa används för vattenförsörjningen kopplat till Löhammars lantbruk tillhörande Hargs Bruk. Vid jordbruket finns 500–600 kor, varav ca 300 är vuxna (Tony Andersson, Hargs Bruk, muntlig kommunikation, 2018-08-16). Baserat på en besättning på 600 kor och antagandet att ungefär hälften av de yngre djuren är 1–2 år och att hälften av dessa är yngre än 1 år, har den totala vattenåtgången beräknats till ca 2520 kubikmeter per dygn, dvs. 6,9 kubikmeter per dygn. Vid beräkningen användes uppgifter om vattenförbrukning hos kor (Jordbruksverket 2018).

Inom magasinet Adolfsdal finns en allmän vattentäkt som försörjer Hargs samhälle. Vattentäkten saknar i dagsläget både vattenskyddsområde och vattendom (SGU 2019d).

Grundvattnets kvalitet

SGU har i och med kartläggningen av grundvattenmagasinet Harg och Adolfsdal tagit prover av grundvatten på tre platser: i källan vid Hargs Bruk, i observationsröret Rb 7703 vid Alvsjön och i Löhammars källa. Vid Hargs Bruk togs provet i utflödande källvatten bredvid vattenuttaget, medan provet vid Löhammar togs i källbrunnen, då källflödet där är helt utbyggt (fig. 1). Innan provtagningen i observationsröret vid Alvsjön omsattes rörvolymen ett antal gånger med hämtare. Relevanta data från tidigare provtagningar inom magasinen, som finns i SGUs databaser, har även sammanställts. Tillgängliga inrapporterade analyser bestod i detta fall av grundvattenkemiska data från vattentäkten i grundvattenmagasinet Adolfsdal.

Grundvattenkemiska data redovisas i tabell 3. Tabellen följer i tillämpliga delar SGUs ”Bedömningsgrunder för grundvatten” (SGU 2013). Mer information om aktuella provpunkter och tillgängliga analyser ges i bilaga 7. 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.

Underlaget bedöms sammanfattningsvis vara ändamålsenligt eftersom kemiprover tagits från geografiskt utspridda provpunkter och både provtagningen och provhanteringen generellt är väldokumenterad. Utförda analyser har dessutom varit relativt omfattande avseende antal parametrar.

Utöver SGUs provtagning under kartläggningsarbetet finns en vattenanalys från observationsrör Rb 6516, redovisad i bilaga 3 tillhörande rapporten ”Undersökningar av Börstilsåsens hydrogeologi” (VIAK AB 1966). Sex vattenprover togs också i samband med provpumpningen vid Alvsjön (Orrje & Co AB 1978). Resultaten från dessa tidigare vattenanalyser är beaktade i tolkningen av grundvattnets kvalitet i magasinet Harg.

Tolkningen av grundvattnets kemiska karaktär i grundvattenmagasinen Harg och Adolfsdal, 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

Grundvattnets kemiska sammansättning i grundvattenmagasinen Harg och Adolfsdal är tämligen stabil. Halterna av analyserade parametrar har, med några få undantag, relativt låg rumslig variabilitet.

Att döma av halterna av de redoxkänsliga ämnena järn, mangan och sulfat, som tenderar att reagera och fällas ut i kontakt med syre, tycks grundvattnet i magasinen Harg och Adolfsdal generellt sett vara väl till måttligt syresatt. Undantaget, i form av den höga järnhalt som kunde observeras i vattnet från rör Rb 7703 vid Alvsjön, bedöms bero på kontaminering från korrosion av provtagningsröret. Denna bedömning stöds av tidigare analyser från Alvsjön, som visade ett vatten med hög hårdhet men i övrigt god kvalitet, då röret var yngre och i bättre skick (VIAK AB 1966, Orrje & CO AB 1978).

Gällande både syresättning och syreförbrukning tycks viss spatiell variabilitet förekomma inom magasinet Harg. Syreförbrukning relaterar, utöver till halterna av redoxkänsliga ämnen, till mängden organiskt material i vattnet som under nedbrytningsprocessen konsumerar syre. I tabell 3 representeras mängden organiskt material i vattnet av parametrarna COD_{Mn} och TOC. Skillnaden i fältuppmätt halt av syrgas mellan provplatserna bedöms till viss del skildra typen av provplats och vattnets flöde i direkt anslutning till mätningen. Högst halt

Tabell 3. Sammanställning av tillgängliga grundvattenkemiska data från grundvattenmagasinen Harg och Adolfsdal. För mer information om respektive provpunkt och referenser kopplade till denna, hänvisas läsaren till bilaga 1, 5 och 7. Angivna värden motsvarar, om det finns flera analyser, beräknad medianhalt. I de fall antalet uppmätta halter för en given parameter och provpunkt inte är tillräckligt många för att kunna beräkna ett medianvärde, anges i tabellen ”*”. Sammanställningen följer i tillämpliga delar klassindelningen i SGUs ”Bedömningsgrunder för grundvatten” (SGU 2013) och redovisningen har färgkodats därefter (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). Tecknet ^ betyder att fältmätning har gjorts och ^^ indikerar att mätvärdet har beräknats. Beräknade COD_{Mn}-värden baseras på uppmätta TOC-halter.

Parameter	Enhet	Källan Löhammar Grundvatten- magasinet Harg	Rb7703 Grundvatten- magasinet Harg	Hargs Bruks källa Grundvatten- magasinet Harg	Vattentäkt Grundvatten- magasinet Adolfsdal
Temperatur	°C	3,4^	6,2^	6,5^	
pH		7,6^	7,2^	7,1^	7,7
Alkalinitet, HCO ₃	mg/l	241	325	337	270
Syre	mg/l	5,32^	3,34^	4,28^	
Barium	mg/l				0,032
Kalcium	mg/l	77	99	110	86
Kalium	mg/l	3,9	5,4	7,6	4,0
Magnesium	mg/l	4,9	5,4	6,2	3,0
Natrium	mg/l	26	17	50	32
Totalhårdhet	mg/l	85^^	108^^	120^^	91
Kiseldioxid	mg/l	12	9	11	
COD _{Mn}	mg O ₂ /l				3,9
TOC	mg/l	6,2	3,4	4,4	
Klorid	mg/l	35	16	75	48
Konduktivitet	mS/m	51^	60^	79^	61
Sulfat	mg/l	14	15	15	16
Ammonium	mg/l	0,074	0,039	0,032	*
Nitrat	mg/l	0,018	2,7	9,5	*
Nitrit	mg/l				*
Aluminium	mg/l	0,002	0,001	0,002	*
Järn	mg/l	0,44	2,4	0,0063	*
Mangan	mg/l	0,10	0,039	0,0002	*
Antimon	mg/l				*
Arsenik	µg/l	0,52	0,15	0,64	0,7
Uran	µg/l				8,1
Bly	µg/l	<0,003	0,004	0,011	*
Kadmium	µg/l	<0,001	0,003	0,024	0,26
Kobolt	µg/l	0,016	0,11	0,045	
Koppar	mg/l	0,046	0,0011	0,0051	*
Krom	µg/l	0,06	0,01	0,1	3,6
Nickel	µg/l	0,071	0,7	0,44	3,1
Vanadin	µg/l	0,46	0,025	0,36	
Zink	mg/l	0,0014	0,0031	0,0019	
Bor	mg/l				0,030
Fluorid	mg/l	0,34	0,25	0,18	0,29
Fosfat	mg/l	0,084	<0,001	0,30	*
Selen	mg/l				*

syrgas uppmättes i källflödet, något lägre i den överbyggda källan och lägst halt i röret, efter att vattnet hämtats och överförts till ett kärl.

Analysresultaten från samtliga provtagningsplatser uppvisar en kemisk karaktär på grundvattnet som återspeglar de kalkrika jordlagren i området. Vattnet har hög alkalinitet och är rikt på löst kalcium. Att kalciumhalten är högst i källan vid Hargs Bruk skulle kunna bero på en något längre uppehållstid för grundvattnet relativt övriga provtagningsplatser. En längre uppehållstid möjliggör mer anrikning av kalcium från omgivande jordmaterial. En högre syresättning vid källan skulle även kunna driva de kemiska förhållandena till att mer kalcium kan lösas i vattnet.

I samband med vattentäktsundersökningarna 1951 inom magasinet Adolfsdal (Allmänna Ingenjörbyrå 1951), gjordes vattenprovtagningar i området söder om befintlig vattentäkt. I de delar där jordmäktigheten är som störst, vilket är strax söder om diket som korsar magasinet, var järnhalterna så höga att man valde att inte gå vidare med undersökningarna i denna del av magasinet.

Mänsklig påverkan

Grundvattenmagasinet Harg ingår i en inom vattenförvaltningen utpekad grundvattenförekomst, benämnd WA77002093, som i dag (år 2020) även inkluderar magasinet Adolfsdal. Enligt VISS, Vatteninformationssystem Sverige (Länsstyrelsen 2020), har Länsstyrelsen i Uppsala län bedömt förekomstens kemiska status som god med tillförlitlighetklassning medel. Samtidigt bedöms förekomsten vara i risk att inte uppnå god status till nästa vattenförvaltningscykel med avseende på klorid, saltvatteninträngning och bensen. Av riskklassificeringen i VISS framgår också att halterna av klorid uppvisar tydliga årstidsvariationer, med höga halter på sommaren och lägre på vintern. De höga kloridhalterna sommartid bedöms vara en konsekvens av överuttag och inblandning av djupare liggande grundvatten, som antingen bildats relikter under förhållanden med en högre havsnivå eller blivit påverkat av klorid från vägsalt som sjunkit i vattenprofilen. Riskbedömningen av påverkan på förekomstens kemiska status från klorid har klassificerats till hög tillförlitlighet.

Beträffande klassningen av risk för förhöjda bensenhalter härrör bedömningen från förekomstens läge längs vägen, som medför risk för förorening från transport och infrastruktur (Länsstyrelsen 2020). Information i form av verifierande provtagning för denna riskparameter saknas dock.

SGU vill komplettera länsstyrelsens klassificering av påverkan på vattenkvaliteten inom vattenförekomsten WA77002093 i VISS, med bedömningen att risken för höga kloridhalter är störst i magasinet Adolfsdal, motsvarande vattenförekomstens södra del. I magasinet Adolfsdal bedöms förhållandena mellan grundvattenbildning och uttag, och vägens läge, skapa en högre sårbarhet.

De högsta halterna av klorid och konduktivitet påvisades i källan vid Hargs Bruk. Vid provtagningsplatsen överskreds värdet för att vända trend för klorid (50 mg/l), respektive riktvärdet för konduktivitet (75 mg/l, SGU 2013). Att källan vid Hargs Bruk har de högsta halterna av klorid, konduktivitet och även natrium skulle kunna förklaras av att denna plats sannolikt har en stor upptagningsyta av grundvatten som kan vara påverkat av vägsalt. Lokal förekomst av djurspillning kan även bidra till den höga natriumhalten, då provplatsen är belägen i anslutning till ett hjorthägn. Källans omedelbara närhet till hjorthägn bedöms också kunna vara anledningen till de något förhöjda halterna av nitrat och fosfat.

I provanalyserna från SGUs vattentäktsarkiv, tillhörande vattentäkten i magasinet Adolfsdal kan tre signifikant minskande trender urskiljas. För sulfat och klorid har halterna vid vatten-

takten sjunkit sedan tjugo år tillbaka, medan en nedåtgående trend för uran kan observeras under det senaste decenniet.

Den minskande trenden av sulfat kan möjligen höra samman med en minskad mängd försurande nedfall. Trenden av minskad svaveldeposition finns bl.a. redovisad i den fördjupade utredningen för miljömålet ”Bara naturlig försurning” (Naturvårdsverket 2019). Det kan även finnas andra orsaker till den minskande trenden, såsom avklingande effekter från schaktning i sulfidhaltiga sediment (SGU 2013).

År 2001 gjordes en utökad analys vid vattentakten i magasinet Adolfsdal som innehöll miljögifter såsom bekämpningsmedel, polycykliska aromatiska kolväten, fenoler och tensider. Inga ämnen inom dessa parametergrupper kunde uppmätas över rapporteringsgräns. Medianhalterna av nickel och krom i vattnet från den kommunala vattentakten, som framkommer som något högre än analyshalterna från övriga provplatser, bedöms eventuellt kunna härröra från material i ledningssystemet eftersom proverna vid vattentakten sannolikt har tagits ur kran. Halterna är dock att betrakta som låga till måttliga och har ingen inverkan på vattnets tjänlighet.

Klimatförändring och effekten på grundvattenmagasinen

Magasinen ligger i den del av Sverige där grundvattenbildningen bedöms minska med mellan 0 och 5 procent som en följd av klimatförändringarna. Dessutom kan grundvattennivåernas variation över året komma att ändras i och med att perioden med snötäcke sannolikt kommer att minska, vilket innebär att grundvattenbildningen kan komma att ske under större delen av vinterhalvåret (Rodhe 2009).

I magasinet Adolfsdal, som används inom den allmänna vattenförsörjningen, förekommer redan i dag perioder med förhöjda kloridhalter. Med kommande klimatförändring bedöms risken för denna påverkan bli allt större. I de fall magasinet kan komma att användas för större uttag än i dag, är det därför extra viktigt att grundvattennivåer och kloridhalt löpande övervakas.

Referenser

- Allmänna Ingenjörbyrån, 1951: Redogörelse för grundvattenundersökning för Hargshamnns samhälle, Hargs kommun, Stockholms län, Stockholm 1951-08-14. Referensnummer i SGUs register för grundvattenutredningar: 1469, 11 s.
- Allmänna Ingenjörbyrån, 1963: Redogörelse för ny grundvattenundersökning för Hargshamnns samhälle, Östhammars Stad, Stockholms län, 1963-01-09. Referensnummer i SGUs register för grundvattenutredningar: 10073, 11 s.
- Jordbruksverket, 2018: Jordbrukets behov av vattenförsörjning. *Rapport 2018:18*. Jordbruksverket, 78 s.
- K-Konsult, 1976: Förslag till långvarig provpumpning, Östhammars kommun, Hargshamnns vattenförsörjning, 1976-12-15. Referensnummer i SGUs register för grundvattenutredningar: 10072, 5 s.
- Kvartär, 2018: *Östhammars kommun*. Vattenförsörjningsplan. Rapport, Gästrike Vatten AB, 98 s.
- Länsstyrelsen, 2020: VISS, Vatteninformationssystem Sverige, Länsstyrelsen. <viss.lansstyrelsen.se> åtkommen den 20 mars 2020.
- Naturvårdsverket, 2019: Miljömålen, Årlig uppföljning av Sveriges nationella miljömål 2019 – Med fokus på statliga insatser. *Rapport 6890*, Naturvårdsverket, 480 s.

- Orrje & Co AB, 1978: Östhammars kommun, Hargshamn's Vattenförsörjning, Provpumpning av föreslagen vattentäkt vid Harg. Uppdragsnummer 52.0918-55. Stockholm 1978-05-03. Referensnummer i SGUs register för grundvattenutredningar: 1568, 19 s.
- Rodhe, A., Lindström, G., Rosberg, J. & Pers, C., 2006: Grundvattenbildning i svenska typjordar – 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.
- Scandiakonsult, 1978: Översiktlig utredning avseende vattenförsörjningen inom Östhammars kommun, skede 1. Uppdragsnummer 52.0918-55, 1978-05-03. Referensnummer i SGUs register för grundvattenutredningar: 10112, 40 s.
- SGU, 2013: Bedömningsgrunder för grundvatten. *SGU-rapport 2013:01*. Sveriges geologiska undersökning, 238 s.
- SGU, 2019a: Jordarter – databas 1:50 000. Östhammars kommun, Harg. 2019-08-15.
- SGU, 2019b: Berggrund – databas 1:50 000. Östhammars kommun, Harg. 2019-08-15.
- SGU, 2019c: Brunnsarkivet – databas. Östhammars kommun, Harg. 2019-08-15.
- SGU, 2019d: Vattentäcksarkivet – databas. Östhammars kommun, Harg. 2019-10-07.
- SGU, 2020: Jorddjupsmodell – databas. Östhammars kommun, Harg. 2020
- Stålhös, G., 1989a: Berggrundskartan 12 I Östhammar NO med flygmagnetisk och struktur-geologisk karta. *Sveriges geologiska undersökning Af 169*.
- Stålhös, G., 1989b: Berggrundskartan 12 I Östhammar SO med flygmagnetisk och struktur-geologisk karta. *Sveriges geologiska undersökning Af 172*.
- Stålhös, G., 1991: Beskrivning till berggrundskartorna Östhammar NV, NO, SV, SO med sammanfattande översikt av basiska gångar, metamorfos och tektonik i östra Mellansverige. *Sveriges geologiska undersökning Af 161, 166, 169, 172, 249 s.*
- VIK, 1966: Östhammar-Öregrundregionens vattenförsörjning, Redogörelse för undersökningar av Börstilsåsens geohydrologi. Uppdragsnummer 12.2094, Stockholm 1966-11-22. Referensnummer i SGUs register för grundvattenutredningar: 10071. 125 s. (exkl. bilagor).
- VIK, 1975a: Redogörelse för översiktliga grundvattenundersökningar vid Harg. Uppdragsnummer 12.2657, 1975-05-07. Referensnummer i SGUs register för grundvattenutredningar: 10070. 12 s.
- VIK, 1975b: PM beträffande grustäkt i Börstilsåsens avsnitt med kommunala vattentäcksintressen. Uppdragsnummer 12.2657-01. 1975-04-24. Referensnummer i SGUs register för grundvattenutredningar: 10100. 51 s.

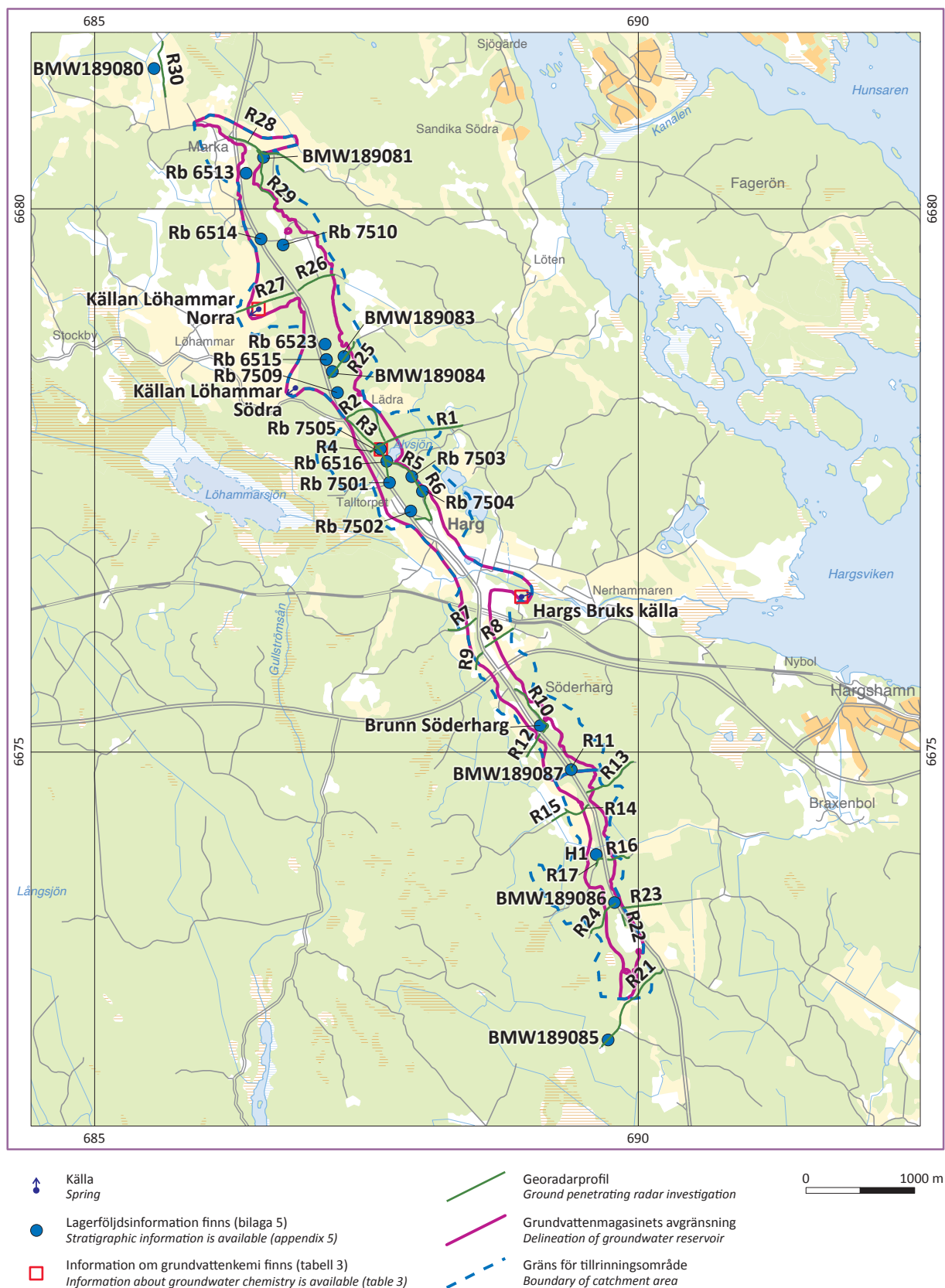
Övriga utredningar

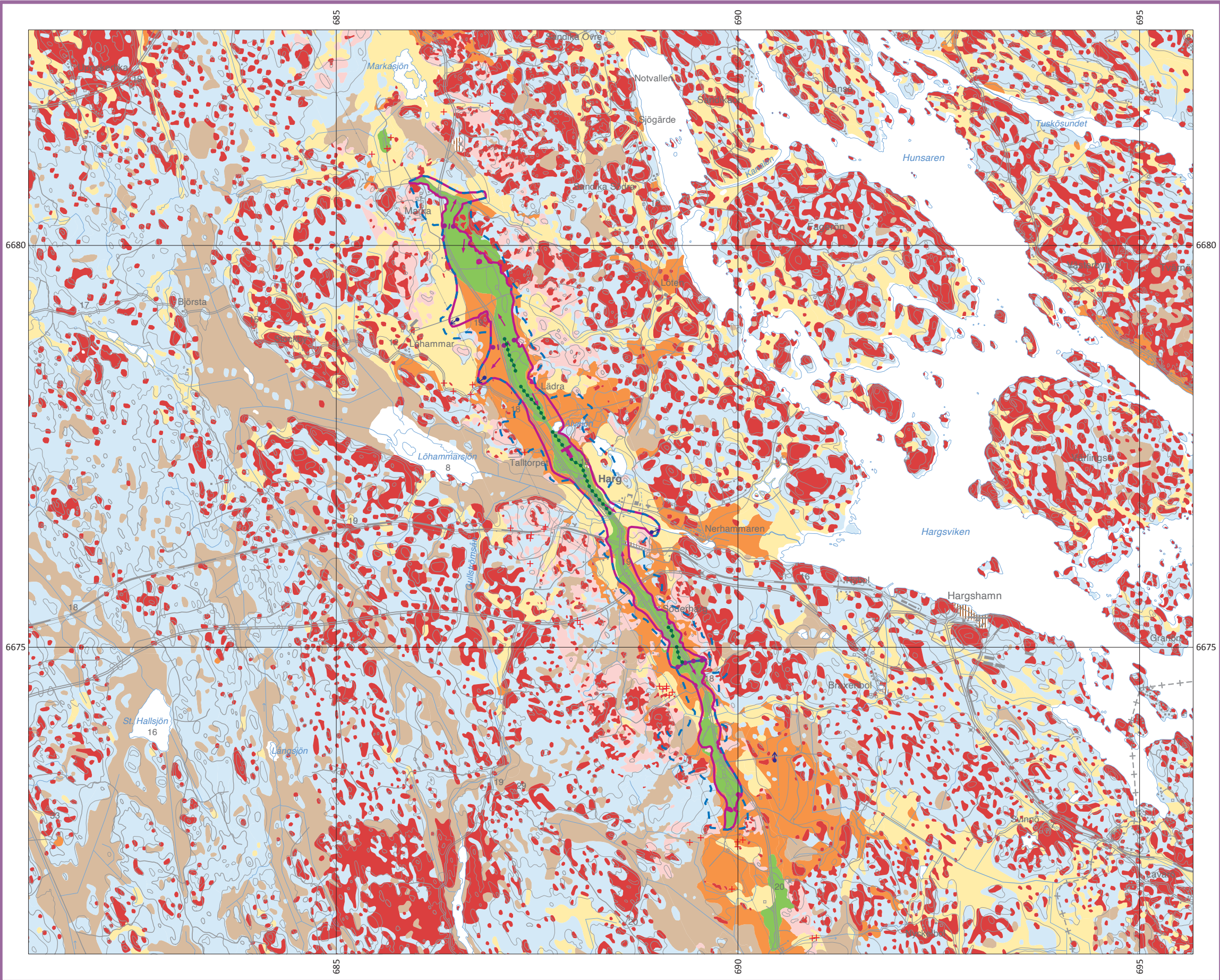
- Länsstyrelsen i Uppsala län, 1977: Befolkning, näringsliv, service m m i Östhammars kommun. Del 1, inventeringsdel. Referensnummer i SGUs register för grundvattenutredningar: 1621. 10 s.
- Müllern, C., Engqvist P., & Söderholm, H., 1983: Beskrivning till hydrogeologisk karta över Uppsala län. *Sveriges geologiska undersökning Ab 5*.
- Orrje & Co, 1980: Översiktlig utredning avseende vattenförsörjningen inom Östhammars kommun. Uppdragsnummer: 52.0918-65. 1980-02-15. Referensnummer i SGUs register för grundvattenutredningar: 10085. 81 s.

- Scandiakonsult, 1980: Reviderad - Översiktlig utredning avseende vattenförsörjningen inom Östhammars kommun, skede 1. Uppdagsnummer 51.0918-65, Gävle 1980-02-15, Referensnummer i SGUs register för grundvattenutredningar: 10112. 40 s.
- SGU, 1999: Översiktlig bedömning av grundvattentillgångar inom Östhammars kommun. SGUs Dnr 08-279/99. 1999-09-15. Referensnummer i SGUs register för grundvattenutredningar: 7835. 27 s. exkl. bilagor.
- VIAK AB, 1963: Riktlinjer för planering av den framtida vattenförsörjningen inom Östhammar-Öregrundsregionen. Uppdragsnummer 12.2094, Stockholm 1963-12-18. Referensnummer i SGUs register för grundvattenutredningar: 1620. 7 s.

BILAGA 1

Undersökningar gjorda i grundvattenmagasinen

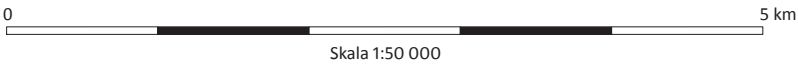




- Grundvattnets huvudrörelseriktning i jordlager
General direction of groundwater flow in Quaternary deposits
- Stalp, grundvattenflöde med brant gradient
Precipice, groundwater flow with steep gradient
- Källa
Spring
- Fast grundvattendelare
Fixed groundwater divide in Quaternary deposits
- Rörlig grundvattendelare
Variable groundwater divide in Quaternary deposits
- Grundvattenmagasinets avgränsning
Delineation of groundwater reservoir
- Gräns för tillrinningsområde
Boundary of catchment area
- Krön på isälvsavlagring
Ridge-shaped glaciofluvial deposit
- Berg
Rock
- Organisk jordart
Peat and gyttja
- Lera-silt
Clay-silt
- Postglaciala sediment, sand-grus
Postglacial deposits, sand-gravel
- Isälvssediment, sand-grus
Glaciofluvial sediments, sand-gravel
- Morän
Till
- Tunt jordtäck
Thin soil cover
- Berg
Bedrock
- Fyllningsmaterial
Artificial fill

Jordartsinformation ur SGUs jordartsgeologiska databas

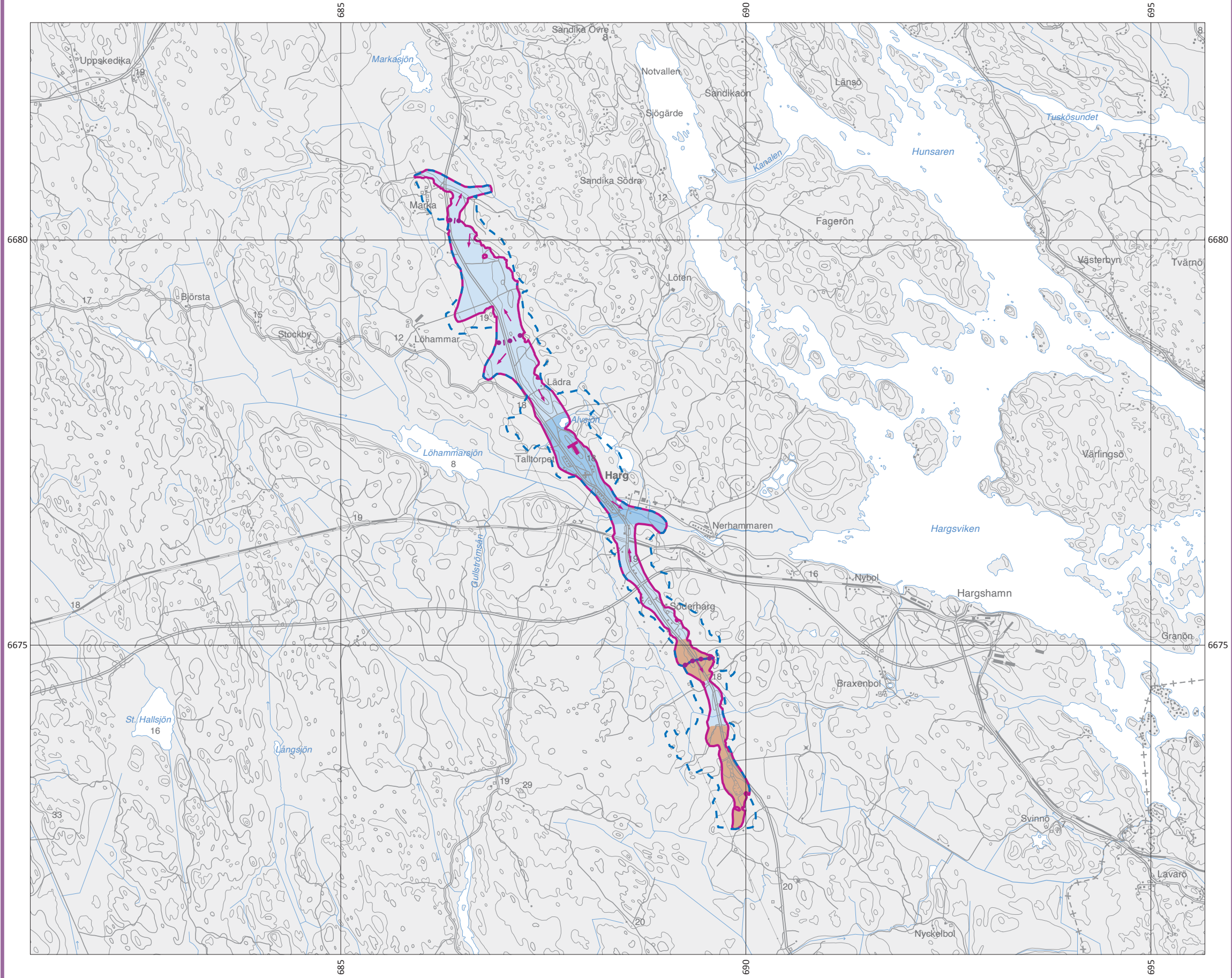
Kartans geologiska information finns digitalt lagrad vid SGU.
Topografiskt underlag: Ur Terrängkartan. © Lantmäteriet.



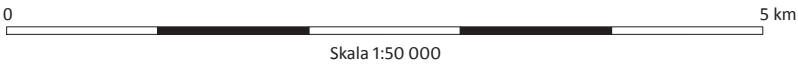
Huvudkontor/Head Office:
Box 670
Besök/Visit: Villavägen 18
SE-751 28 Uppsala
Sweden
Tel: +46(0) 18 17 90 00
E-post: sgu@sgu.se
www.sgu.se



- Grundvattnets huvudrörelseriktning i jordlager
General direction of groundwater flow in Quaternary deposits
- Stalp, grundvattenflöde med brant gradient
Precipice, groundwater flow with steep gradient
- Fast grundvattendelare
Fixed groundwater divide in Quaternary deposits
- Rörlig grundvattendelare
Variable groundwater divide in Quaternary deposits
- Grundvattenmagasinet avgränsning
Delineation of groundwater reservoir
- Gräns för tillrinningsområde
Boundary of catchment area
- Bedömd uttagsmöjlighet ur grundvattenmagasinet <1 l/s
Estimated exploitation potential in the order of <1 l/s
- Bedömd uttagsmöjlighet ur grundvattenmagasinet 1–5 l/s
Estimated exploitation potential in the order of 1–5 l/s
- Bedömd uttagsmöjlighet ur grundvattenmagasinet 5–25 l/s
Estimated exploitation potential in the order of 5–25 l/s



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

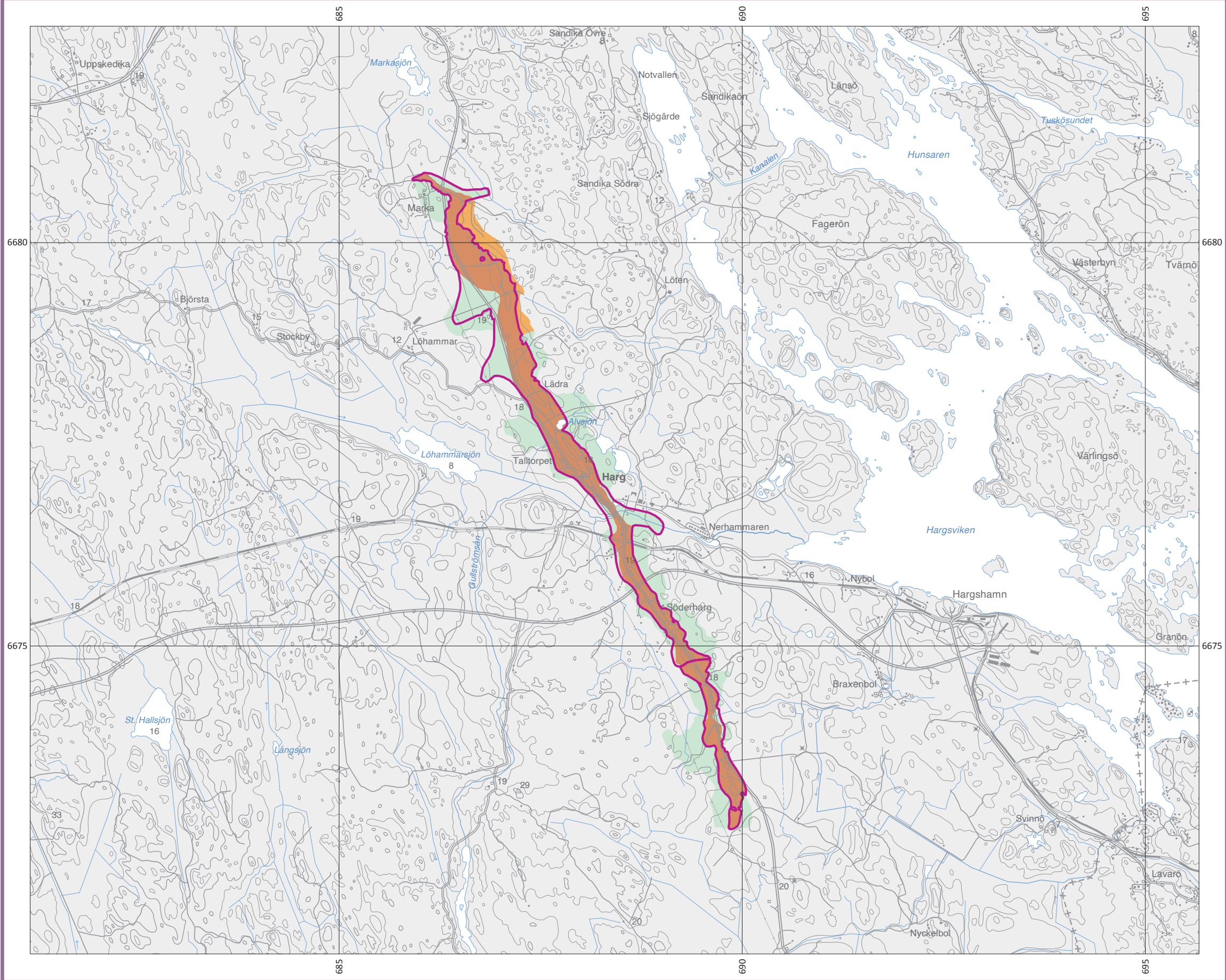


Huvudkontor/Head Office:
Box 670
Besök/Visit: Villavägen 18
SE-751 28 Uppsala
Sweden
Tel: +46(0) 18 17 90 00
E-post: sgu@sgu.se
www.sgu.se

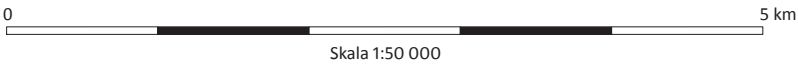


- Grundvattenmagasinet
Delineation of groundwater reservoir
- Primärt tillrinningsområde
Catchment area (primary)
- Sekundärt tillrinningsområde
Catchment area (secondary)
- Tertiärt tillrinningsområde
Catchment area (tertiary)

För förklaring av tillrinningsområden se bilaga 6.



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

BILAGA 5

Exempel på lagerföljder

Koordinater i SWEREF 99TM

Namn: Rb 6513

Utförare: VIAK AB

Databas-id: CKA2018080701

Typ: Rödrivning

Koordinater: N 6 680 326, E 686 394

0–2,3 m sand och grus

2,3–6,2 m mo, sand och grus

Avslut mot block eller berg

Kommentar: Grundvattennivå 1965-08-18: 14,9 m ö.h. (RH00).

Namn: Rb 6514

Utförare: VIAK AB

Databas-id: CKA2018061901

Typ: Rödrivning

Koordinater: N 6 679 721, E 686 532

0–6,0 m sand och grus

6,0–8,5 m sand och silt

8,5–10,3 m sand och grus

Fortsatt borrning möjlig med svårighet.

Kommentar: Grundvattennivå 1965-08-18: 15,5 m ö.h. (RH00). Grundvattennivå 1975-04-15: 15,84 m ö.h. (RH00), Grundvattennivå 2018-10-26: 15,4 m ö.h. (RH2000).

Namn: Rb 6515

Utförare: VIAK AB

Databas-id: CKA2018062109

Typ: Rödrivning

Koordinater: N 6 678 612, E 687 133

0–5,0 m sand och grus

5,0–7,5 m lera

7,5–9,0 m mo

9,0–11,6 m sand och mo

Avslut mot block eller berg.

Kommentar: Grundvattennivå 1965-08-18: 16,4 m ö.h. (RH00). Grundvattennivå 1975-04-15: 17,04 m ö.h. (RH00). På nivån 9,0–11,6 m anges vattenföringen som god.

Namn: Rb 6516

Utförare: VIAK AB

Databas-id: CKA2018062110

Typ: Rödrivning

Koordinater: N 6 677 675, E 687 689

0–11,0 m sand och grus

Avslut mot block eller berg.

Kommentar: Grundvattennivå 1965-08-18: 12,9 m ö.h. (RH00). Grundvattennivå 1975-04-15: 12,23 m ö.h. (RH00). Grundvattennivå 2018-10-25: 12,11 m ö.h. (RH2000).

Namn: Rb 6523

Utförare: VIAK AB

Databas-id: CKA2018062108

Typ: Rödrivning

Koordinater: N 6 678 752, E 687 120

0–3,5 m sand och grus

3,5–6,0 m lera

6,0–9,0 m sand och silt

9,0–10,0 m sand och grus

Avslut mot block eller berg

Kommentar: Grundvattennivå 1965-08-16: 16,4 m ö.h. (RH00), Grundvattennivå 1975-04-15: 16,98 m ö.h. (RH00)

Namn: Rb 7501

Utförare: VIAK AB

Databas-id: CKA2018062002

Typ: Rödrivning

Koordinater: N 6 677 480, E 687 714

0–5,2 m siltig grusig sand

Avslut mot block eller berg.

Kommentar: Grundvattennivå 1975-04-15: 12,02 m ö.h. (RH00). Grundvattennivå 2018-08-07: 12,26 m ö.h. (RH2000). Grundvattennivå 2018-10-25: 12,02 m ö.h. (RH2000).

Namn: Rb 7502

Utförare: VIAK AB

Databas-id: CKA2018062003

Typ: Rödrivning

Koordinater: N 6 677 218, E 687 908

0–3,2 m silt

3,2–8,0 m siltig sand

8,0–10,5 m något grusig siltig sand

Avslut mot block eller berg.

Kommenatar: Grundvattennivå 1975-04-15: 7,93 m ö.h. (RH00). Grundvattennivå 2018-08-07: 8,92 m ö.h. (RH2000). Grundvattennivå 2018-10-18: 8,69 m ö.h. (RH2000).

Namn: Rb 7503

Utförare: VIAK AB

Databas-id: CKA2018062004

Typ: Rödrivning

Koordinater: N 6 677 534, E 687 918

0–1,9 m grusig sand

Avslut mot block.

Namn: Rb 7504

Utförare: VIAK AB

Databas-id: CKA2018062005

Typ: Rödrivning

Koordinater: N 6 677 401, E 688 017

0–2,3 m grusig sand (blockig)

Avslut mot block.

Namn: Rb 7505

Utförare: VIAK AB

Databas-id: CKA2018062101

Typ: Rödrivning

Koordinater: N 6 677 807, E 687 636

0–8,2 m sandigt grus

8,2–9,0 m grusig sand

9,0–14,8 m sandigt grus

Fortsatt borrning möjlig.

Kommenatar: Grundvattennivå 1975-04-15: 12,32 m ö.h. (RH00). Grundvattennivå 2018-08-08: 12,40 m ö.h. (RH2000). Grundvattennivå 2018-10-25: 12,13 m ö.h. (RH2000).

Namn: Rb 7509

Utförare: VIAK AB

Databas-id: CKA2018062105

Typ: Rödrivning

Koordinater: N 6 678 260, E 687 203

0–2,0 m grusig sand

2,0–2,8 m något lerig silt

2,8–6,5 m siltig lera

6,5–8,0 m lerig silt

8,0–8,8 m silt

8,8–9,1 m siltig sand

Avslut mot block eller berg.

Kommenatar: Grundvattennivå 1975-04-15: 16,01 m ö.h. (RH00). Grundvattennivå 2018-08-10: 15,97 m ö.h. (RH2000). Grundvattennivå 2018-10-26: 15,67 m ö.h. (RH2000).

Namn: Rb 7510

Utförare: VIAK AB

Databas-id: CKA2018062001

Typ: Rödrivning

Koordinater: N 6 679 667, E 686 734

0–2,3 m grusig sand

2,3–6,5 m lerig silt

6,5–8,5 m finsandig silt

8,5–9,4 m något grusig sand

Avslut mot block eller berg.

Kommenatar: Grundvattennivå 1975-04-15: 16,24 m ö.h. (RH00).

Namn: H1

Utförare: Allmänna Ingenjörbyrå (AIB)

Databas-id: CKA2018062701

Typ: Rödrivning

Koordinater: N 6 674 056, E 689 615

0–4,2 m sand

4,2–8,2 m sandigt grus

8,2–10,3 m sandigt grus med lerskikt

Avslut: Ospec.

Namn: BMW189080

Utförare: SGU

Databas-id: BMW189080

Typ: Skruvborrning

Koordinater: N 6 681 291, E 685 548

0–0,5 m	sand
0,5–1,0 m	lerblandad sand
1,0–4,0 m	något siltig sand
4,0–5,0 m	något grusig sand
5,0–7,0 m	dåligt sorterad grusig sand
7,0–8,0 m	ej bedömd

Avslut mot block eller berg.

Namn: BMW189081

Utförare: SGU

Databas-id: BMW189091

Typ: Skruvborrning

Koordinater: N 6 680 472, E 686 553

0–1,0 m	grusig sand
1,0–2,3 m	grusig morän

Avslut mot block eller berg.

Namn: BMW189083

Utförare: SGU

Databas-id: BMW189083

Typ: Skruvborrning

Koordinater: N 6 678 639, E 687 293

0–1 m	grusig sand
1–4 m	sandig diamikton/ isälvssediment

Avslut mot block eller berg.

Namn: BMW189084

Utförare: SGU

Databas-id: BMW189084

Typ: Skruvborrning

Koordinater: N 6 678 503, E 687 187

0–2,5 m	grusig sand
2,5–5,7 m	diamikton ospec./ isälvssediment

Avslut mot block eller berg.

Namn: BMW189085

Utförare: SGU

Databas-id: BMW189085

Typ: Skruvborrning

Koordinater: N 6 672 349, E 689 725

0–1,0 m	stenigt grus
1,0–2,2 m	sand
2,2–3,0 m	lera
3,0–4,2 m	finsandig grovsilt

Avslut: Block eller berg.

Namn: BMW189086

Utförare: SGU

Databas-id: BMW189086

Typ: Skruvborrning

Koordinater: N 6 673 614, E 689 783

0–2 m	diamikton ospec./ isälvssediment
-------	-------------------------------------

Avslut mot block eller berg.

Namn: BMW189087

Utförare: SGU

Databas-id: BMW189087

Typ: Skruvborrning

Koordinater: N 6 674 838, E 689 385

0–0,2 m	mull
0,2–1,0 m	sand
1,0–2,0 m	finsand
2,0–3,0 m	siltig sand
3,0–5,5 m	morän

Avslut mot block eller berg.

Namn: Brunn Söderharg

Databas-id: CKA2018080906

Typ: Grävd brunn

Koordinater: N 6 675 243, E 689 100

Totaldjup: 2,3 m

Kommentar: Grundvattennivå 2018-10-19
15,39 m ö.h. (RH2000).

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 grundvattenkemiska provpunkter och analyser

Grundläggande information avseende aktuella grundvattenkemiska provpunkter, samtliga i jordlager.

Provpunkts-ID	Provtagningsplats	Översiktlig hydrogeologi	Mark-användning	Djup (m u.m.y.)	Omättad zon (m)
CKA2018081705	Källa	Isälvsmaterial, öppna förhållanden	Betesmark och skog	0	0
CKA2018062601	Observationsrör (stål)	Isälvsmaterial, öppna förhållanden	Skog	6,40	0–1,7
CKA2018081702	Källa	Isälvsmaterial, öppna förhållanden	Jordbruk	0	0
4493	Kommunal vattentäkt	Isälvsmaterial, öppna förhållanden	Skog och väg	-	ca 2

Grundläggande information avseende tillgängliga analyser per provpunkt.

Provpunkts-ID	Antal prov	Tidpunkt	Referens/databas	Anmärkning
CKA2018081705	1	2018-11-22	SGUs interna databaser	Basparametrar inklusive metaller
CKA2018062601	1	2018-11-22	SGUs interna databaser	Basparametrar inklusive metaller
CKA2018081702	1	2018-11-22	SGUs interna databaser	Basparametrar inklusive metaller
4493	97	1998-2016	SGUs interna databaser	Varierande parameteruppsättning

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 Mälarenregionen) kan höga sulfathalter kopplas till dränering av gyttjeleror.

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.