

K 93

Beskrivning till kartan

Grundvattenförekomster i Salems kommun

Torbjörn Persson



SGU

Sveriges geologiska undersökning

2008

**Beskrivning till kartan över
Grundvattenförekomster i
Salems kommun**

Torbjörn Persson

ISSN 1652-8336
ISBN 978-91-7158-810-4

För mer detaljerad information om jordarter och berggrund hänvisas till SGUs speciella jordartskartor och berggrundskartor.

Närmare upplysningar erhålls genom

Sveriges geologiska undersökning
Box 670
751 28 Uppsala
Tel: 018-17 90 00
Fax: 018-17 92 10
E-post: kundservice@sgu.se
Webbplats: www.sgu.se

Omslagsbild: S:t Botvids källa. Foto: Torbjörn Persson.

FÖRORD

Kartan över grundvattenförekomster i Salems kommun ingår i en serie kommuninriktade grundvattenkartor, serie An och K, som framställs av Sveriges geologiska undersökning, SGU. Kartan är framtagen med hjälp av befintlig hydrogeologisk information från kommun, länsstyrelse och privat näringsliv. Utöver detta material har SGU kompletterat med egna fältinsatser. Kartan är avsedd att i första hand komma till användning i den kommunala verksamheten men kan givetvis även användas i andra, grundvattenrelaterade sammanhang.

Kartan är speciellt anpassad för att utgöra ett av de nödvändiga beslutsunderlag som krävs i samband med kommunal planering för t.ex. markanvändning, vattenförsörjning, grundvattenskydd samt grundvattenrelaterade tillstånds- och tillsynsfrågor. Kartunderlaget utgör även en kunskapsbas vid arbete med miljömålsverksamhet och vattendirektiv.

Kartinformationen är inlagrad i en kartdatabas med en noggrannhet som huvudsakligen är avsedd att passa en återgivning i skala 1:50 000. Framställningar av analoga kartor över hela eller delar av kommunen från kartdatabasen kan göras i såväl större som mindre skala, vilket emellertid kräver insikt i att noggrannheten inte alltid överensstämmer med den förändrade kartskalen.

Salems kommuns större grundvattenmagasin sträcker sig till delar även in i Botkyrka kommun. För helhetssynens och åskådlighetens skull täcker denna beskrivning dessa grundvattenmagasin i sin helhet.

Bedömningarna av grundvattentillgångarna i de kvartära bildningarna, i första hand sand- och grusavlagringarna, har grundats på de hydrogeologiska fältarbeten som utförts inom ramen för SGUs grundvattenundersökningar i Salems och Botkyrka kommuner och på den ovan nämnda befintliga informationen. SGUs egna undersökningar har innefattat geofysiska mätningar med georadar och seismik samt sonderingsborrningar med drivning av observationsrör. Utgångspunkt för arbetena har varit den hydrogeologiska översiktskartan över Stockholms län i skala 1:250 000 (Engqvist & Fogdestam 1984a, Engqvist & Fogdestam 1984b), vilken är en syntes av äldre grundvattenundersökningar och utredningar.

De undersökningar som utförts för kartläggningen av grundvattentillgångarna i området har delvis lett till nya insikter om grundvattenförhållandena, varför kommunkartan i flera avseenden kan skilja sig från länskartan. Arbetena med den nya kartan har även inneburit en säkrare kvantifiering av grundvattentillgångarna bl.a. genom de geofysiska mätningarna och borrningarna, varvid grundvattenmagasinens storlek kunnat uppmätas med tämligen god noggrannhet. De digitala basdata som denna beskrivning bygger på finns tillgängliga i SGUs databaser och är lagrade i RT90 2,5 gon V. Övriga data med anknytning till kartan över grundvattenförekomster finns tillgängliga på SGU och utgörs bland annat av bilder på seismiska profiler och georadargram.

Digital bearbetning av grundvattenkartan, som ligger till grund för denna beskrivning, har utförts av Magnus Åsman, Jonas Gierup och Per Larsson.

Textbidrag har lämnats av Bo Thunholm rörande grundvattennivåer och grundvattnets kemi i allmänhet. Allmänna beskrivningar gällande grundvattentillgångar och salt grundvatten är hämtade ur beskrivning till karta över grundvattentillgångar i Norrköpings kommun (Müllern 2005). Dessa textdelar har bearbetats och anpassats till det aktuella området.

Kvalitetsgranskning och bearbetning av beskrivningen har utförts av Linda Ahlström och Jan Pousette. Bild- och layoutbearbetning har gjorts av Kerstin Carlstedt och Kerstin Finn.

Kartläggningen genomfördes 2002–2005. De geofysiska arbetena leddes av Bo Wällberg och borrningarna av Roger Smedberg. I fältarbetena medverkade Barbro Aastrup, Eva Elsmark, Sven-Eric Gradstock, Emil Gunnarsson, Lena Maxe, Elin Mellqvist, Sune Rurling, Leif Särnblad, Lars Stenberg och Magdalena Thorsbrink.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING	8
Utförda arbeten	8
Resultat och slutsatser	9
FOTOGRAFIER FRÅN UNDERSÖKNINGARNA	11
GRUNDTVATTENTILLGÅNGAR	13
Allmänna förutsättningar	13
Naturresursen grundvatten	13
Vattnets kretslopp	15
Grundvatten i och intill en grusås	16
Grundvattenbildning	16
Tidsmässiga variationer i grundvattennivå	17
Årstidsvariationer	18
Dricksvatten	19
Inducerad infiltration	20
Konstgjort grundvatten	21
Översiktlig beskrivning av grundvattentillgångarna i Salems kommun	23
Grundvatten i jordlagren	23
Grundvatten i berggrunden	23
Förkastningar och sprickzoner	25
Teckenförklaring till kartutsnitt och seismiska profiler	26
Grundvattentillgångar i Uppsalaåsen i och i anslutning till Salems kommun	27
Bornsjöns norra grundvattenmagasin	27
Bornsjöns södra grundvattenmagasin	28
Segersjö	30
GRUNDTVATNETS KEMI	32
Grundvattnets kemi i allmänhet	32
Kemiska analyser av grundvattnet	33
SALT GRUNDTVATTEN	34
Förekomsten av salt grundvatten	34
Åtgärder mot salt grundvatten	36
DOKUMENTATION AV BORRNINGAR OCH KEMISKA ANALYSER	38

REFERENSER, LITTERATUR OCH GRUNDVATTENKARTOR	40
Referenser	40
Konsultutredningar	40
Allmän litteratur	41
SGUs Rapporter och meddelanden, valda exempel	43
Grundvattenkartor	43
SGU serie Ag, grundvattenkartor i skala 1:50 000	43
SGU serie Ah, grundvattenkartor, län, i skala 1:250 000	44
SGU serie An	44
SGU serie K	44

SAMMANFATTNING

Utförda arbeten

Uttagsmöjligheterna av grundvatten i berg har kunnat beskrivas genom statistisk bearbetning av data från SGUs brunnarsarkiv. Tillgångarna i jord har i ett inledningsskede bedömts utifrån tidigare hydrogeologiska undersökningar i kommunen. Dessa data har därefter kompletterats med SGUs hydrogeologiska fältarbeten under åren 2003–2005. Arbetet har haft sin utgångspunkt i SGUs jordarts- och berggrundskartor samt grundvattenkartan över Stockholms län (Engqvist & Fogdestam 1984).

De arbeten SGU har genomfört har huvudsakligen syftat till att klarlägga storleken av grundvattenmagasinen i jordlagren och grundvattnets strömningsriktningar. För att utreda sådana frågor är det av största vikt att ta reda på jordlagrens beskaffenhet vad gäller genomsläpplighet för vatten och hur berggrundsytan ser ut. Sand och grus är i hög grad genomsläppliga. Med en stor grundvattenbildning kan man ur dessa jordarter utvinna stora mängder grundvatten. Höga bergslägen medför små eller inga grundvattenmagasin och kan också innebära förekomst av grundvattendelare. Låga bergslägen kan medge stora grundvattenmagasin. Figur 1 är en principbild av hur det kan se ut på djupet i en sand- och grusavlagring.

Arbetet har sammanfattningsvis bestått av följande moment:

- Genomgång av äldre utredningar och arkivmaterial.
- Inventering av brunnar och äldre observationsrör.
- Inventering av ett urval kända källor samt identifiering av ytterligare källor.
- Georadarmätningar i åsområden.
- Seismiska mätningar.
- Sonderingsborrningar och drivning av observationsrör.
- Provtagning och kemisk analys av grundvattnet i ett urval av etablerade observationsrör.
- Provtagning av jord för kornstorleksanalys och permeabilitetsbestämning
- Inlagring i databaser av:
 - brunnarsdata
 - georadar- och seismiska data
 - borrhingsdata, även vissa äldre
 - grundvattennivådata
- Upprättande av eller uppdatering av kartdatabaser över:
 - uttagsmöjligheter för grundvatten i berggrunden
 - grundvattentillgångar i jordlagren
 - större sprickzoner i berggrunden
 - strykning- och stupningsvärden på berggrundsstrukturer
 - grundvattnets strömningsriktningar
 - källor
- Sammanställning av dessa databaser med Lantmäteriverkets digitala topografiska karta (T5) till en karta över grundvattentillgångarna i Salems kommun.
- Sammanställning av föreliggande beskrivning.

Brunns- och källinventeringar har utförts i anslutning till större åsområden. De geofysiska mätningarna, sonderingsborrningarna och observationsrörsdrivningarna har i regel genomförts på ställen som bedömts vara intressanta för utvinning av större grundvattenmängder och där undersökningar inte tidigare utförts.

Grundvattenprover för kemisk analys har tagits i sådana delar av sand- och grusavlagringarna som idag inte utnyttjas för grundvattenutvinning, men som med avseende på deras potential skulle kunna vara intressanta i framtiden.

Nivåmätningar har skett i höjdsystemet RH 70. Nivåangivelser för seismiska profiler är, där inget

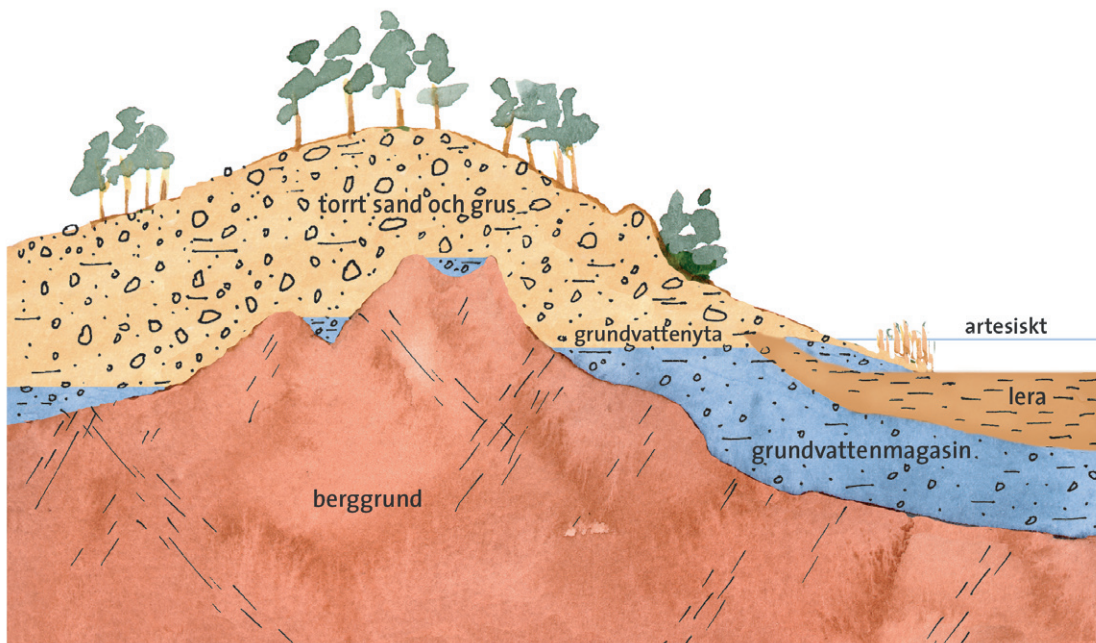


Fig. 1. Principbild av höga och låga berglägen – stora och små grundvattenmagasin i en grusavlagring. Lägg märke till hållkaren, de små grundvattensamlingarna, där bergläget är som högst. Illustration: Anna Jonson, ArtAnna.

annat angivits, tagna ur Lantmäteriverkets höjddatabas. Höjdangivelserna bedöms ha en noggrannhet av ± 3 m. Vanligen är noggrannheten bättre då linjerna kan relateras till kända nivåer som till exempel nivåbestämda sjöytor. Noggrannare nivåangivelser av seismiska profiler har i vissa fall kunnat göras genom avvägning.

Resultat och slutsatser

Figur 2 utgör en översiktskarta som visar vissa platser som omnämns i detta arbete. I kartan ses även lägen för kommunens större grundvattenmagasin och benämningarna av dessa. I figur 22 återfinns ytterligare namn och andra benämningar som återfinns i texten.

Berggrunden, som visserligen kan anses ge mer vatten än brunnar i morän, ger i Salems kommun oftast en mindre mängd vatten än vad som är vanligt i det svenska urberget. Med undantag för lokala variationer ger en bergbördad brunn i Salems kommun vanligtvis i storleksordningen 200–600 l/h. I sprickzoner kan väsentligt större kapaciteter påräknas.

De stora grundvattenförekomsterna i kommunen påträffas i sand och grusavlagringar. Sand- och grusförekomsterna i Salems kommun finns huvudsakligen i Uppsalaåsens förlängning med en sträckning från norr till söder genom kommunens östra delar.

I anslutning till Uppsalaåsen återfinns tre större grundvattenmagasin som till delar ligger i Salems kommun. Ett nordligt och ett sydligt magasin är belägna i anslutning till Bornsjön. Det norra ligger endast till marginell del i Salems kommun men det faktum att det står i kontakt med Bornsjön motiverar en redovisning i denna beskrivning. Därutöver ligger ett grundvattenmagasin i Segersjöområdet till delar i Salems kommun.

Vid Bornsjöns nordöstra del återfinns ett grundvattenmagasin benämnt Bornsjöns norra magasin. Här bedöms möjligheterna för inducerad infiltration vara goda. Uttag i detta magasin är därför beroende av Bornsjöns tillrinning. Tidigare undersökningar visar att Bornsjöns ytvatten har kontakt med åsakviferen men att denna är skild från sjön Aspens ytvattensystem.

Vid Bornsjöns sydöstra del återfinns Bornsjöns södra grundvattenmagasin. Detta ligger till stora delar i Salems kommun. Borrningar har visat att det i sin norra del är mycket mäktigt. Uttagkapaciteten begränsas av den naturliga grundvattenbildningen. Kapaciteten skulle kunna ökas väsentligt med

hjälp av konstgjord grundvattenbildning i magasinets södra del. Relikt saltvatten har inte påträffats. En eventuell förorening som når grundvattenmagasinet kommer förr eller senare att nå Bornsjön, med största sannolikhet via Botvids källa. Det är därför av största vikt att upprätthålla ett gott grundvat-
tenskydd i området.

Segersjö grundvattenmagasin är ett mäktigt magasin med sin dominerande del inom Botkyrka kommun och det har tidigare utnyttjats för kommunal vattenförsörjning. Segersjö grundvattentäkt fungerar idag som reservvattentäkt. Inget relik saltvatten har identifierats. Ökade kloridhalter som observerats vid Segersjö vattentäkt bedöms ha sin orsak i mänsklig påverkan i området.

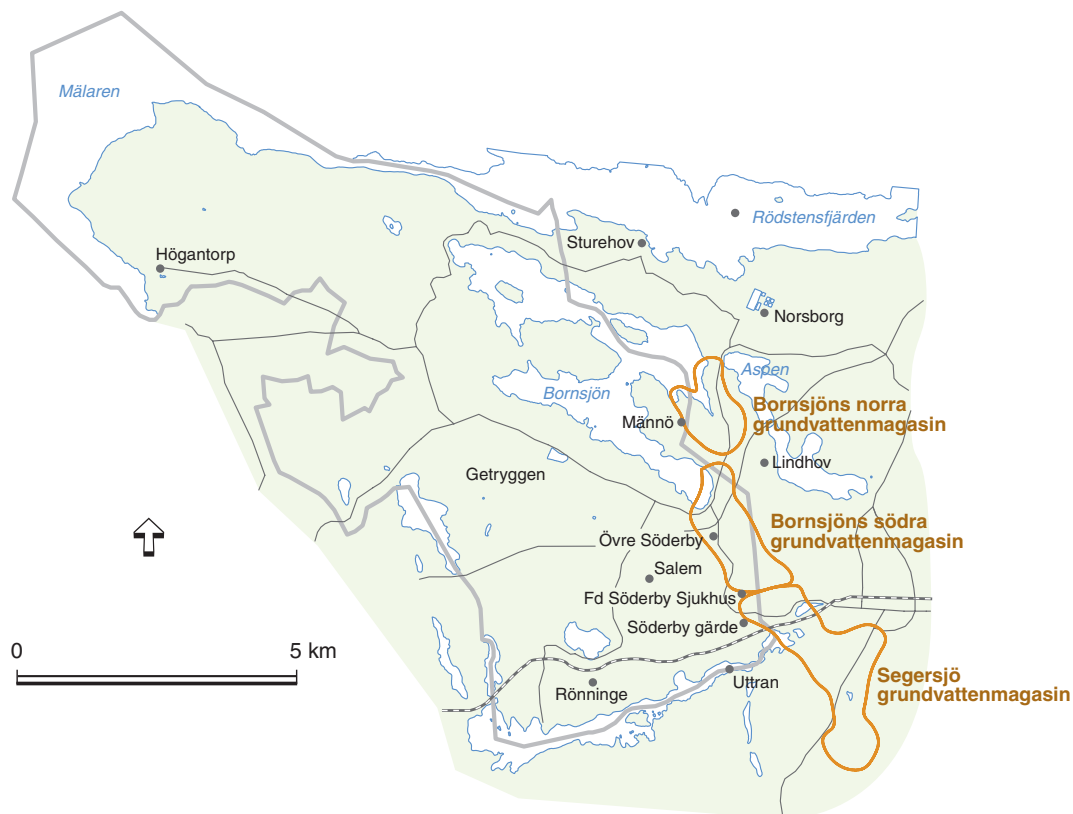


Fig. 2. Översiktskarta över Salems kommun jämte delar av Botkyrka kommun. För lokalisering av Ortsnamn och platser nämnda i denna beskrivning hänvisas till denna karta. De större grundvattenmagasinen i jord, här inringade i orange, återfinns i anslutning till Uppsalaåsens förlängning utmed Bornsjöns östra strand och vidare söderut ner i Botkyrka kommun.

FOTOGRAFIER FRÅN UNDERSÖKNINGARNA

I figurerna 3–8 visas fotografier från undersökningarna.



Fig. 3. Mätning med georadar är en del av de geofysiska metoder som använts. Apparaturen sitter monterad på en sulk. Georadmätningar ger information om lagerstruktur och grundvattennivå. Foto: Sune Rurling.



Fig. 4. Efter utvärdering av de geofysiska undersökningarna utförs borrhning på ett urval platser. I samband med sättning av grundvattenrör kan jord- och vattenprover tas för analys från intressanta delar av lagerföljden. På bilden etableras ett grundvattenrör strax väster om sjön Axaren. Foto: Torbjörn Persson.



Fig. 5. För att kunna jämföra grundvattennivåer i olika grundvattenrör avvägs ett urval brunnar och grundvattenrör med hjälp av GPS. Bilden är tagen i Hamra grustäkt, Botkyrka kommun. Foto: Torbjörn Persson.



Fig. 6. S:t Botvids källa. Lägg märke till den röda fällningen av järnoxider som fälls ut då grundvattnets innehåll av löst järn utsätts för luftens syre. Foto: Torbjörn Persson.



Fig. 7. Borrning och sättning av grundvattenrör i Uttrans grustag. Ingen förhöjd kloridhalt kunde noteras.
Foto: Torbjörn Persson.



Fig. 8. Uttrans grustag. Skärningen visar en mycket mäktig omättad zon. Foto: Torbjörn Persson.

GRUNDVATTENTILLGÅNGAR

Allmänna förutsättningar

Naturrensursen grundvatten

Av allt vatten på jorden är bara några få procent sötvatten. Resten finns i haven. Större delen av sötvattnet är lagrat som grundvatten och nästan hela återstoden är bundet i form av is och snö, mestadels i polartrakterna. Ytvattenförekomsterna – sjöar, floder och mindre vattendrag – innehåller bara en obetydlig del av jordens sötvattenförråd, mindre än en promille.

När nederbördsvattnet infiltrerat i markytan passerar det först genom den luftade eller omättade zonen. I den finns både luft och vatten i markens por- och sprickutrymmen, och flödet kallas för perkolation. Djupare ner i marken, i den mättade zonen, fyller enbart vatten porerna och sprickorna. Det är det vattnet som kallas grundvatten.

Strömningen ned till grundvattenytan kan ta alltifrån mindre än en timme till flera år. I sand och grus och i stora sprickor i berg sker transporten snabbare än i finkorniga jordarter och småsprickigt berg.

En geologisk bildning som är så genomsläpplig att grundvatten kan utvinnas ur den i användbara mängder kallas för en akvifer. I den kan finnas ett eller flera grundvattenmagasin. Magasinen är skilda åt i sidled genom grundvattendelare, som kan vara rörliga, dvs. de ändrar läge om vatten förs till eller tas bort från magasinen. Från vattendelarna strömmar grundvattnet åt motsatta håll. Akviferer och magasin kan också finnas ovanpå varandra, skilda åt av täta eller svårgenomträngliga lager.

I den mättade zonen (grundvattenzonen) sker vattenströmningen betydligt långsammare än i den omättade. Det beror på att lutningen hos grundvattnets tryckyta vanligen är liten. Ytligt grundvatten kan nå markytan och bilda ytvatten efter någon dag, medan djupare strömning kan ta många år.

Vanligen har grundvattnet en låg, jämn temperatur, är fritt från organiska föroreningar och innehåller ämnen som lösts ut ur marken och som är nyttiga för människor, djur och växter. Från borrade eller grävda brunnar kan vattnet vanligen användas helt utan rening. Eftersom nästan allt ytvatten är bildat av grundvatten beror vattenbeskaffenheten i sjöar och vattendrag till stora delar på det tillrinande grundvattnets kvalitet.

En grundvattentillgång kan ökas på konstgjord väg genom att man infiltrerar ytvatten i sand- och grusavlagringar.

Grundvattnet har över lag god beskaffenhet. Kvaliteten kan variera något under året och från år till år, liksom grundvattennivåerna eller trycknivåerna. Förändringar i trycknivåerna beror främst på variationer i nederbörd och temperatur.

De största vattentillgångarna förekommer i de stora isälsavlagringarna – sand- och grusavlagringar – som bildades under avsmältningen av den senaste inlandsisen.

Enskilda hushåll, som använder vatten från egna grävda eller borrade brunnar för sin vattenförsörjning, omfattar ca 1,2 miljoner människor i vårt land, ungefär lika många utnyttjar grundvatten för sitt fritidsboende.

Grundvatten har många användningsområden. Några sådana är:

- för vattenförsörjning, både kommunal och enskild,
- som avlopp, där vattnet fungerar som transportmedel och lösnings- och spädningsmedel,
- i jordbruket för djurhållning och konstbevattning,
- som processvatten i vissa industrier,
- för trädgårdsbevattning,
- som energikälla genom värmeutvinning och
- för kylning i t.ex. industriprocesser.

Vattnets kretslopp

Grundvattnet ingår i vattnets kretslopp och är därför en förnybar naturresurs. Det som driver kretsloppet är solens värmeenergi, tyngdkraften och jordrotationen. Av den nederbörd som faller avdunstar ungefär hälften och återförs direkt till atmosfären genom inverkan av solenergin. Nästan hela återstoden infiltrerar i marken. Det gäller också nederbörd som tillfälligt eller under längre perioder lagras som snö eller is. Bara en liten del rinner av från markytan som ytvatten till sjöar och vattendrag. Det kan t.ex. vara regn eller snö som faller på hårdgjorda ytor såsom gator, vägar och hustak. Under den varma årstiden används mycket av det vatten som sipprar ned i marken av växtligheten, som återlämnar en del till atmosfären genom transpiration.

När de övre marklagren har nått en viss vattenmättnad kan överskottet sjunka vidare ned i marken och bilda grundvatten. Genom tyngdkraftens inverkan rör sig grundvattnet från högre terrängavsnitt mot lägre. Vilka vägar det tar och hur fort transporten går beror på grundvattenytans lutning och marklagrens genomsläpplighet.

Där grundvattnets trycknivå når upp till eller ligger högre än markytans nivå kan ett utströmningsområde bildas. Om jordlagren (i vissa fall berglagren) är genomsläppliga flödar grundvatten ut. Det uppstår källor och våtmarker. Grundvatten kan också strömma ut i botten av sjöar och vattendrag. Eftersom det bara är en liten del av den nederbörd som faller över land som rinner direkt ut i ytvattnen är källflöden och långsam utströmning av grundvatten på bred front det som bestämmer vattentillgången i vattendrag och sjöar.

Från vattenytorna i sjöar och hav avdunstar vatten som tillsammans med vattenångan från markavdunstning och växternas transpiration bildar moln. Ur molnen faller nederbörd, och på så sätt fullbordas vattnets kretslopp, se figur 9.

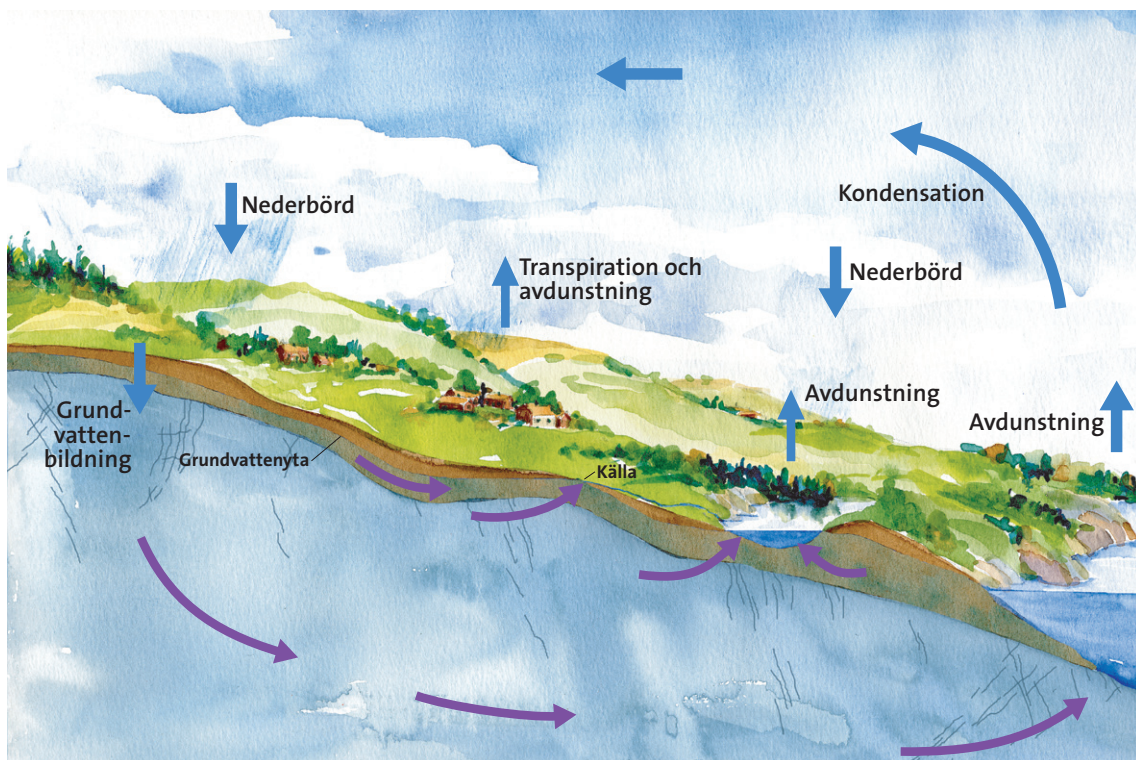


Fig. 9. Vattnets kretslopp. Grundvattnet rinner ut huvudsakligen i botten av bäckar, åar och sjöar samt i källor. Illustration: Anna Jonson, ArtAnna.

Grundvatten i och intill en grusås

Figur 10 visar en dalgång med en isälsavlagring – rullstensås – med sand, grus och block. Det är i åsarna som de största grundvattentillgångarna finns. Till höger i bilden finns också ett berg- och moränområde. Utanför åsarna finns de viktigaste grundvattentillgångarna i allmänhet i berggrunden. Terrängen i bilden ligger under högsta kustlinjen, dvs. landet har någon gång efter den senaste nedisningen varit täckt av hav, så som fallet är för större delen av kommunen. Den landskapstypen är ganska vanlig i Sverige. På bilden ligger grundvattnets tryckyta i åsen högre än i dalgången. Det gör att vatten kan läcka ut vid åsfoten och att brunnar i lerområdet kan vara själv rinnande, artesiska. I andra delar av isälsavlagringen kan tryckytan ligga lägre än omgivningen, och då strömmar vatten in mot åsen som dränerar sin omgivning. Vattentransporten sker sedan vidare i åsens längdriktning.

Grundvattenbildning

För att nytt grundvatten ska kunna bildas, fordras att de övre marklagren är så fuktiga att ett vattentillskott får vatten att rinna vidare nedåt och fylla på grundvattenmagasinet. Hur det fungerar kan man se när man vattnar en krukväxt. Först fylls markfuktigheten på, och efter en stund börjar vatten rinna ut ur hålet i blomkrukans botten.

Hög markfuktighet råder under den kyliga delen av året, då avdunstningen är liten och växterna vilar. I samband med regn och snösmältning under denna period sker också den mesta grundvattenbildningen. Omvänt är markfuktigheten ofta låg på sommaren, och därför bildas det inget eller bara litet grundvatten, trots tämligen riklig nederbörd. Juli och augusti är vanligen de regnräkaste måna-

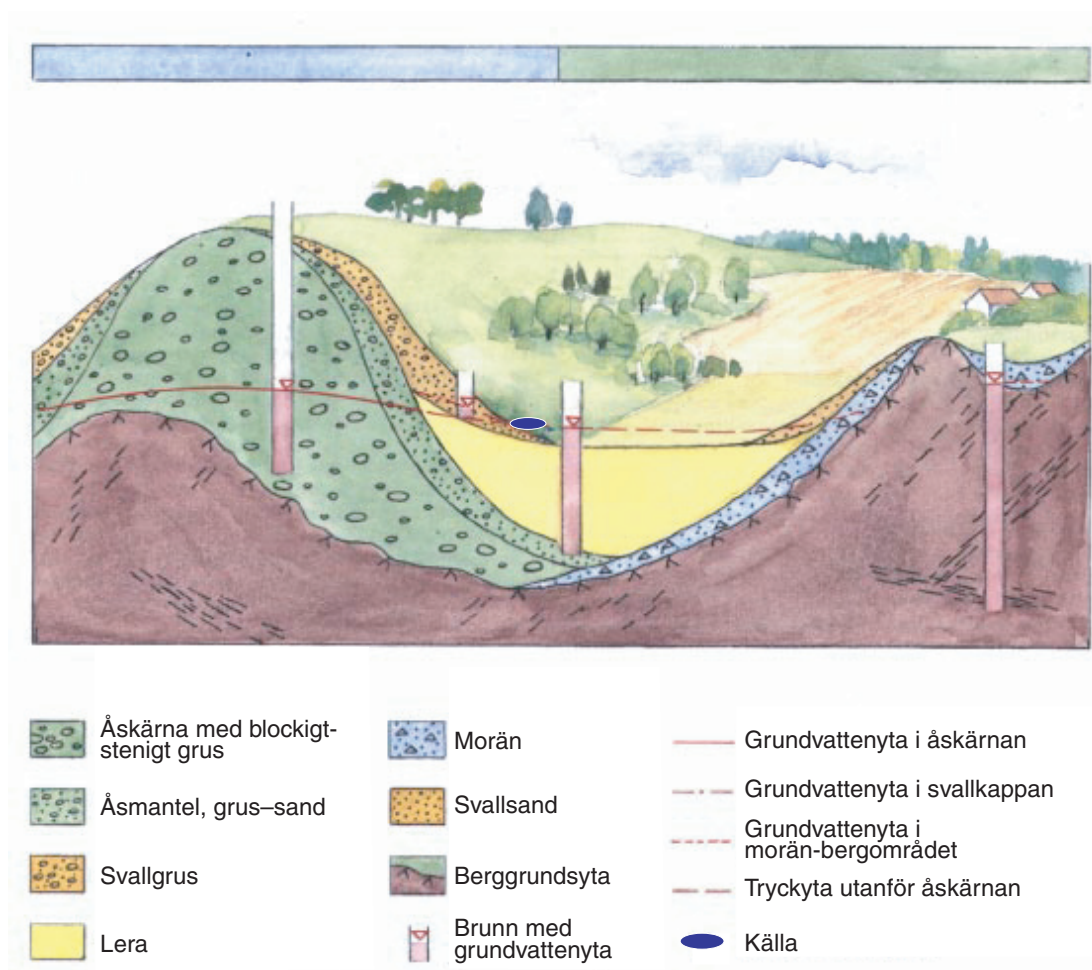


Fig. 10. Principbild av hur grundvattnet uppträder i och intill en grusås. Illustration: Elisabet Carlson.

derna på året. Grundvattennivåerna sjunker och ytvavrinning i vattendragen av utläckande grundvatten minskar, men upphör vanligen inte helt.

Vattentillskotten består av regn och smältvatten. Underskottet i markfuktighet beror på avdunstning och växternas transpiration. Efter upptag av fuktighet i marken kvarstår den effektiva nederbörden, dvs. den som bidrar till grundvattenbildningen.

Tidsmässiga variationer i grundvattennivå

I figurerna nedan redovisas information från en av stationerna i SGUs grundvattennät (Södertälje, station 57:1) samt beräknad effektiv nederbörd (nederbörd minus avdunstning) enligt SMHI för området som motsvarar kartbladet 10I SV. Stationen är belägen vid Högantorp i Salems kommun och visar grundvattnets nivåvariationer i morän under lera.

Figurerna 11 och 12 visar månadsmedelvärden för effektiv nederbörd samt grundvattennivåns månadsvisa mininimi-, medel- och maximivärden för perioden 1961–1990. Grundvattennivån är normalt lägst under september–november som ett resultat av den relativt låga grundvattenbildningen un-

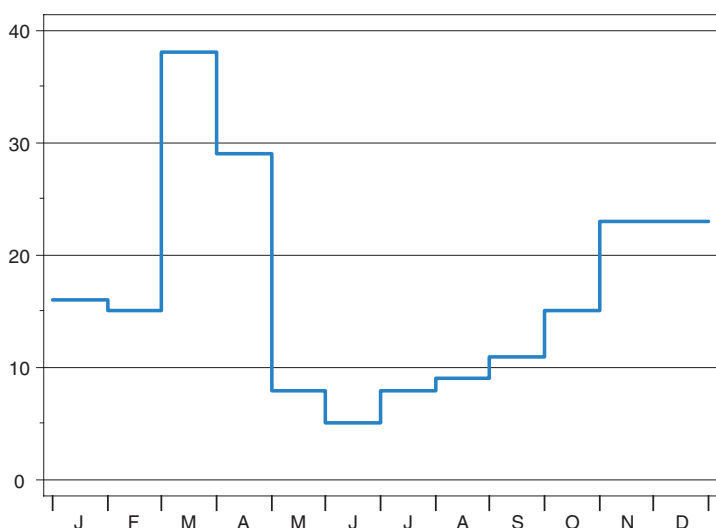


Fig. 11. Effektiv nederbörd (mm/månad) för topografiska kartbladet 10I SV, 30 års medelvärden enligt SMHI.

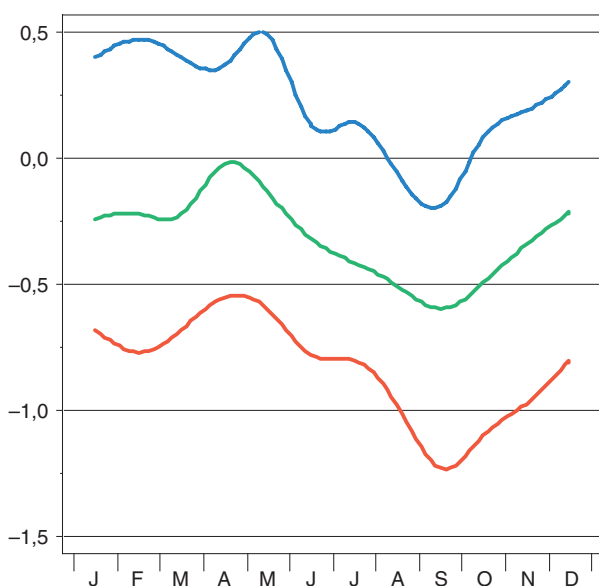


Fig. 12. Grundvattennivåns månadsvärden (meter i förhållande till markytan) för station 57:1, Södertälje i SGUs grundvattennät.

der sommaren. Stor effektiv nederbörd under mars–april återspeglas i årets högsta medelnivå under april–maj.

I figurerna 13 och 14 redovisas uppmätt grundvattennivå respektive grundvattennivåns avvikelse från månadsmedelvärdet under perioden 1970–2006.

Hur stora skillnaderna är mellan högsta och lägsta grundvattennivå under ett år beror, förutom på tillförda vattenmängder, på jordlagrens och berggrundens porositet och sprickvolym. I ett litet grundvattenmagasin i morän eller urberg kan variationerna vara stora och snabba, eftersom por- eller sprickvolymen är liten, 0,01–5 %. De flesta av de privata brunnarna i Sverige är nedförda i sådana magasin. Ett stort magasin, t.ex. i en isälvsavlagring med sand och grus och därmed med stor porvolym, 5–25 %, reagerar långsamt och med små nivåförändringar, även om förhållandevis stora vattenvolymer tillförs eller avlägsnas.

Årstidsvariationer

Grundvattenmagasin i t.ex. morän och urberg reagerar med liten tidsförskjutning på förändringar i vattentillskott. I sådana följer nybildningen av grundvatten mönster, eller regimer, som är olika i olika delar av Sverige. Det beror på skillnader i nederbörd och avdunstning. I stora akviferer, som t.ex. grusåsarna, är årstidsvariationerna utjämnade och något mönster syns vanligen inte.

Regimerna kan utläsas i kurvor över grundvattennivån i olika landsändar. I figur 15 har fyra av SGUs mätstationer (Nordberg & Persson 1974) valts ut som exempel på de fyra huvudmönster som finns i Sverige. Höjdskalorna är ungefärliga och visar endast storleksordningen på variationerna.

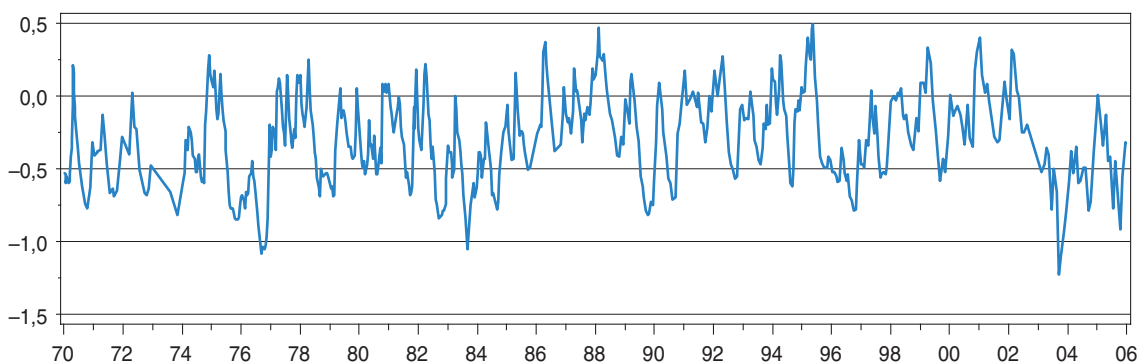


Fig. 13. Grundvattennivåer (meter i förhållande till markytan) för station 57:1, Södertälje i SGUs grundvattennät.

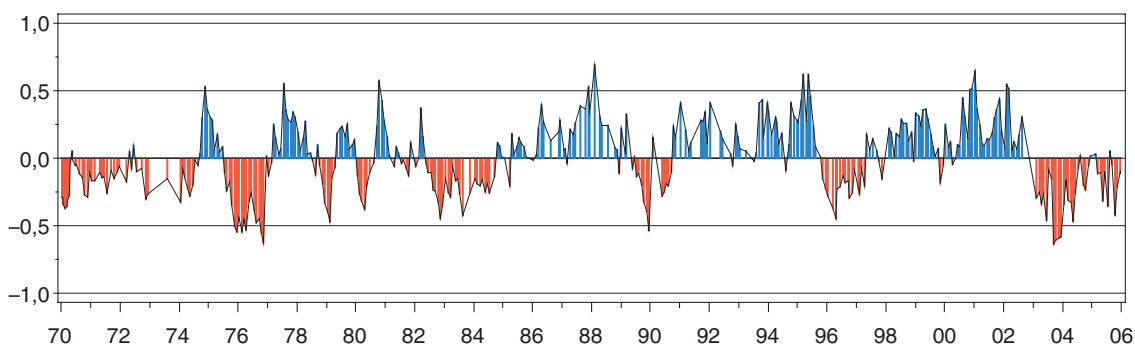
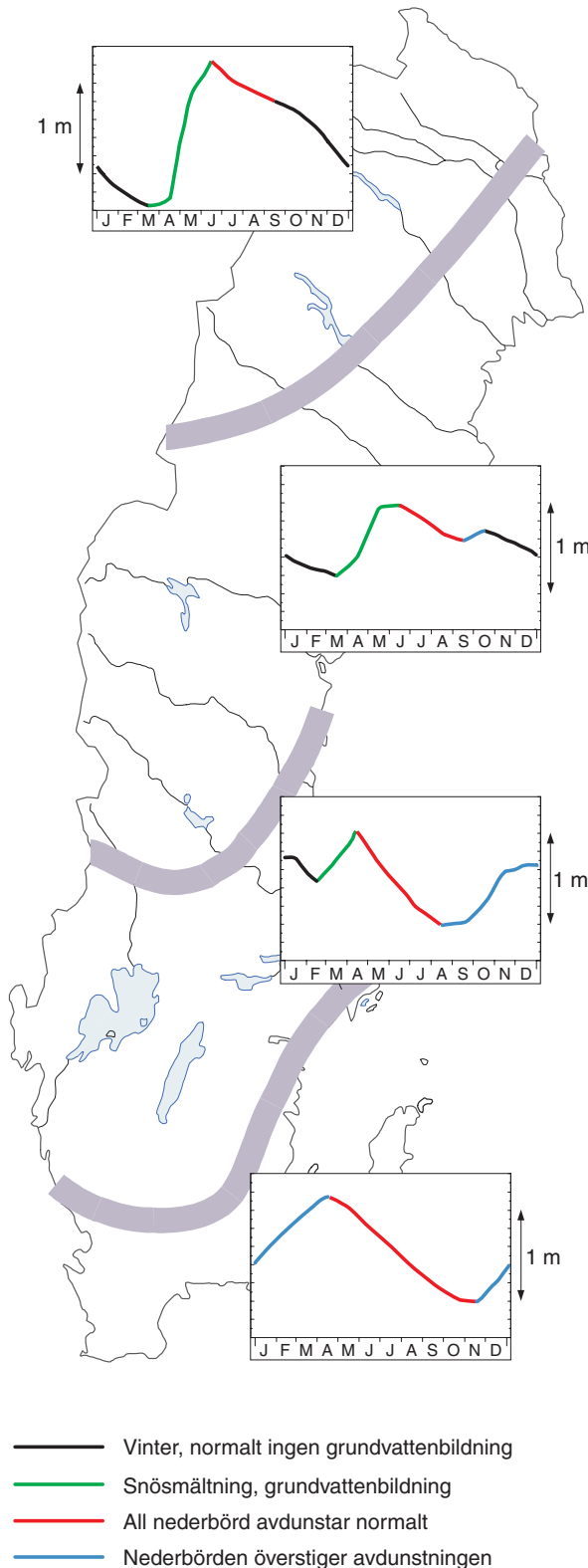


Fig. 14. Grundvattennivåer, avvikelse från månadsmedelvärde (meter) för station 57:1, Södertälje i SGUs grundvattennät.

Dricksvatten

Det vatten som pumpas upp ur en vattentäkt kallas för råvatten. Dricksvatten är det vatten (yt- eller grundvatten) som efter eventuell beredning är avsett för dryck, matlagning eller beredning av livsmedel samt vatten som används vid livsmedelsproducerande företag. Grundvattnet i Sverige är på många håll så bra att det kan användas utan beredning.



Arjeplog

Den huvudsakliga grundvattenbildningen i norra Sveriges inland sker i samband med snösmältningen på sensvåren. Grundvattennivåerna stiger snabbt och når sitt maximum på försommaren. Sedan kommer vanligen inget tillskott till grundvattenmagasinet. En snabb övergång från sommar till vinter gör att nivåerna sjunker kontinuerligt, och de når sitt minimum strax före snösmältningen.

Sveg

I ett område som omfattar större delen av Norrlands kustland, södra Norrlands inland och fjälltrakter och norra Svealand sker nybildning av grundvatten förutom vid snösmältningen också under en kort period på hösten. Då är avdunstningen låg och nederbörden faller som regn på otjälad mark. Det gör att nivåkurvan får två maxima och två minima. De högsta grundvattennivåerna finns på våren och de lägsta under sensvintern.

Sigtuna

I södra Sveriges inland och upp mot Gävlebukten förekommer de lägsta grundvattennivåerna på sensommaren. Under hösten börjar nybildningen av grundvatten, och efter ett kort uppehåll med sjunkande nivåer när nederbörden mest faller som snö fortsätter stigningen vid snösmältningen. När den är avslutad står grundvattnet som högst.

Vellinge

I Svealands och Götalands kustområden och i det inre av sydligaste Sverige är snöperioden så kort, om den ens förekommer, att den inte nämnvärt påverkar grundvattenbildningen. Från en lägsta grundvattennivå tidigt på hösten sker därför en kontinuerlig stigning, och nivån är som högst på våren.

Fig. 15. Grundvattenregimer i Sverige.

Ett bra dricksvatten ska vara fritt från mikroorganismer, ha en temperatur på 12 grader eller lägre, vara klart och färglöst samt vara lukt- och smakfritt. Grundvattenkvalitetsproblem i Sverige beror ofta på låga pH-värden, hög hårdhet eller höga järn- och manganhalter, vilket kan medföra smakproblem, korrosion eller utfällningar på ledningar och installationer. Lågt pH kan även medföra ökade metallhalter i vattnet.

Livsmedelsverket är den myndighet som lämnar föreskrifter om dricksvatten. Den nu gällande föreskriften är SLVFS 2001:30 (Livsmedelsverket 2001). För att främja en enhetlig tillämpning av föreskrifterna i denna författning har Livsmedelsverket även tagit fram en vägledning som regelbundet förnyas. Föreskrifterna och vägledningen återfinns på Livsmedelsverkets webbplats. De nya föreskrifterna gäller hanteringen av och kvaliteten på dricksvatten, oavsett om denna ingår i yrkesmässig verksamhet eller inte. Livsmedelsverkets föreskrifter gäller dricksvatten från vattenverk som i genomsnitt tillhandahåller mer än 10 m³ dricksvatten per dygn eller försörjer fler än 50 personer, samt för vatten som tillhandahålls eller används som en del av en kommersiell eller offentlig verksamhet.

För vattenverk och enskilda brunnar som tillhandahåller mindre än 10 m³ dricksvatten per dygn eller försörjer färre än 50 personer har Socialstyrelsen tagit fram allmänna råd, SOSFS 2003:17 (2003). Den som har egen brunn har möjlighet att mot avgift få vattenkvaliteten undersökt. Hur ofta detta bör ske och vilka parametrar och riktvärden som gäller framgår i Socialstyrelsens allmänna råd som hittas på Socialstyrelsens webbplats.

I tabell 1 ingår några av de ämnen som brukar undersökas vid vattenanalys och de gräns- och riktvärden för dricksvatten som gäller enligt Livsmedelsverkets föreskrifter och Socialstyrelsens allmänna råd.

Inducerad infiltration

En brunn som anläggs i en sand- och grusavlagring, t.ex. en grusås intill en sjö (eller annat ytvatten), kan tillgodogöra sig ett ofta mycket betydande vattentillskott från sjön. Inducerad infiltration uppstår genom att pumpningen i brunnen sänker av grundvattenytan intill sjön så att sjövattnet infiltrerar genom sjöbotten och in i åsen (om inte sjöbotten utgörs av tätande lera). Infiltrationen kan ske på större eller mindre avstånd från stranden och på flera olika ställen, se figur 16.

Vid passagen genom sand- och gruslagren kan sjövattnet renas och övergå till ett grundvatten med mycket god kvalitet från såväl kemisk som bakteriologisk och temperaturmässig synpunkt.

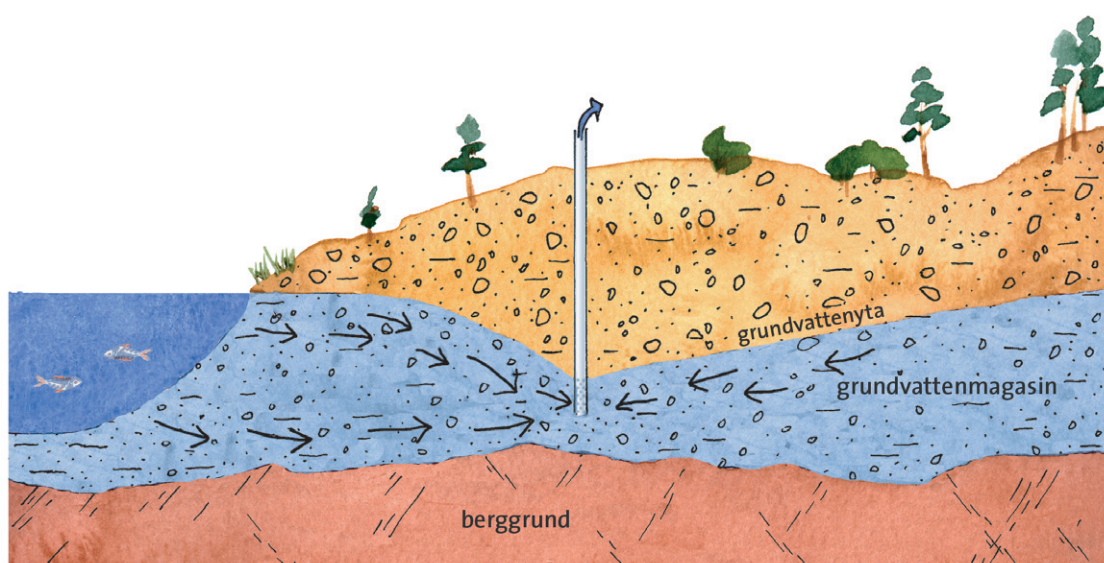


Fig. 16. Principbild på inducerad infiltration. Genom pumpning i brunnen sänks grundvattenytan under sjöns nivå. Därigenom kan sjövattnet infiltrera genom sjöbotten och in i åsen. Illustration: Anna Jonson, ArtAnna.

Tabell 1. Gräns- och riktvärden för dricksvatten enligt Livsmedelsverket (2001) och Socialstyrelsen (2003). Listan omfattar ett antal ämnen som är vanligt förekommande vid analys av dricksvatten.

Parameter	Enhet	Livsmedelsverket (2001): Gränsvärde Tjänligt med anmärkning	Livsmedelsverket (2001): Gränsvärde Otjänligt	Socialstyrelsen (2003): Riktvärde Tjänligt med anmärkning	Socialstyrelsen (2003): Riktvärde Otjänligt
Aluminium	mg/l Al	0,100**		0,5	
Ammonium	mg/l NH ₄	0,50		0,5 (t) 1,5 (h, t)	
Arsenik	µg/l As		10		10 (h)
Bekämpningsmedel enskilda	µg/l		0,10		0,1
Bekämpningsmedel totalhalt	µg/l		0,50		0,50
Bly	µg/l Pb		10		10 (h)
Cyanid	µg/l CN		50		50 (h)
Fluorid	mg/l F		1,5	1,3 (h)	6,0 (h)
Färg	mg platina/l	15/30*		30 (e)	
Järn	mg/l Fe	0,100/0,200*		0,50 (e, t)	
Kadmium	µg/l Cd		5,0	1,0 (h)	5,0 (h)
Kalcium	mg/l Ca	100		100 (t)	
Klorid	mg/l Cl	100		100 (t) 300 (e, t)	
Konduktivitet	mS/m	250		-	
Koppar	mg/l Cu	0,20	2,0	0,20 (e, t)	2,0 (h, e, t)
Krom	µg/l Cr		50		50 (h)
Kvikksilver	µg/l Hg		1,0		1,0 (h)
Lukt		Svag	Tydlig eller mycket stark	Tydlig (e)	Tydlig (h) Mycket stark (e)
Magnesium	mg/l Mg	30		30 (e)	
Mangan	mg/l Mn	0,050**		0,30 (e, t)	
Natrium	mg/l Na	100		100 (t) 200 (e, t)	
Nickel	µg/l Ni		20		20 (h)
Nitrat	mg/l NO ₃	20	50	20 (t)	50 (h, t)
Nitrit	mg/l NO ₂	0,10**	0,50	0,1 (t)	0,5 (h)
Oxiderbarhet (permanganatindex)	mg/l O ₂	4,0			
pH (vätejonkoncentrationen)		<7,5 >9,0	10,5	<6,5	10,5 (h)
Polycykliska aromatiska kolväten (PAH)	µg/l		0,10		0,1 (h)
Smak		Svag	Tydlig eller mycket stark	Tydlig (e)	Tydlig (h) Mycket stark (e)
Sulfat	mg/l SO ₄	100		100 (t)	250 (h, e, t)
Turbiditet	FNU, NTU	0,5/1,5*		3	

Enligt Livsmedelsverket (2001): Gränsvärden gäller för prov från dricksvatten hos användaren och förpackat dricksvatten om inget annat anges. * = utgående dricksvatten resp. dricksvatten hos användaren och förpackat dricksvatten, ** = utgående dricksvatten

Enligt Socialstyrelsen (2003): (h) = hälsomässig grund för anmärkning, (e) = estetisk grund för anmärkning, (t) = teknisk grund för anmärkning

Sjövattnets temperatur kan variera mer än 20 grader under året, men när det har infiltrerat i grundvattenmagasinet blir temperaturvariationerna mycket små. Temperaturen på vattnet i brunnen håller sig kring 7–9 grader, om inte uttagsmängden är för stor i förhållande till avståndet till sjön så att temperaturen inte hinner stabiliseras.

Konstgjort grundvatten

Det är inte ovanligt att den naturliga nybildningen av grundvatten i ett område är mindre än den vattenmängd man vill ta ut för t.ex. kommunal vattenförsörjning.

Vattentillgången i en sand- eller grusavlagring kan då, under vissa förutsättningar, förstärkas genom konstgjord grundvattenbildning. Det tillgår vanligen så att man leder ytvatten till bassänger eller gropar i avlagringen, där det får infiltrera. Ibland byggs särskilda infiltrationsbrunnar.

På liknande sätt som vid inducerad infiltration renas sjövattnet vid passage genom sand- och gruslagren. Det vatten som erhålls i uttagsbrunnarna har övergått till ett vatten med grundvattenkaraktär, med hög och jämn kvalitet.

Vid planering för och användande av en grundvattentäkt med konstgjord grundvattenbildning i naturliga jordlager måste förhållandevis omfattande och detaljerade hydrogeologiska undersökningar genomföras. De hydrogeologiska förutsättningar som krävs kan kortfattat beskrivas enligt följande:

- Vid infiltrationsläget bör sand- och gruslagren ha en relativt homogen sammansättning och vara tillräckligt genomsläppliga för att tillåta en infiltration av mellan 2 och 5 m³ per kvadratmeter och dygn.
- Den omättade zons mäktighet under naturliga förhållanden bör vara minst 3–5 m.
- Grundvattenmagasinets mäktighet måste vara så stor vid läget för uttagsbrunnarna att tillräckliga avsänkningsmöjligheter föreligger med hänsyn till de önskade uttagsmängderna.
- God hydraulisk kommunikation måste föreligga mellan infiltrationsläget och uttagsbrunnarna.
- Strömningsriktningen från infiltrationsläget ska vara så entydigt att huvuddelen av det infiltrerade vattnet kan utvinnas.
- För att säkerställa jämn och god grundvattenkvalitet måste grundvattnets uppehållstid i marken vara tillräckligt lång, minst 14 dygn, vilket medför att uttagsbrunnarna måste placeras på ett tillräckligt stort avstånd från infiltrationsläget, cirka 200–300 m.
- En fördel är om grundvattenmagasinet har en så stor magasinering förmåga att uttag kan ske under längre tid – flera veckor – utan infiltration.

Naturligt grundvatten med ursprungligen höga halter av järn, mangan eller humus kan ofta förbättras genom att det luftas i vattenkaskaden i infiltrationsbassängen. En sådan anläggning kan se ut som figur 17 visar, med den skillnaden att råvattnet kommer från en grundvattenbrunn i stället för från en sjö.

Ett annat användningssätt för metoden är att återcirkulera kylvatten för luftkonditioneringsanläggningar. Infiltrationstekniken kan också användas när man vill upprätthålla grundvattentrycket i tätorter som är belägna på grundvattenförande avlagringar. Sjunker trycket genom dränering via kabelgravar, schakt för vatten- och avloppsledningar och tunnlar etc. kan sättningsskador uppstå på byggnader, gator och vägar.

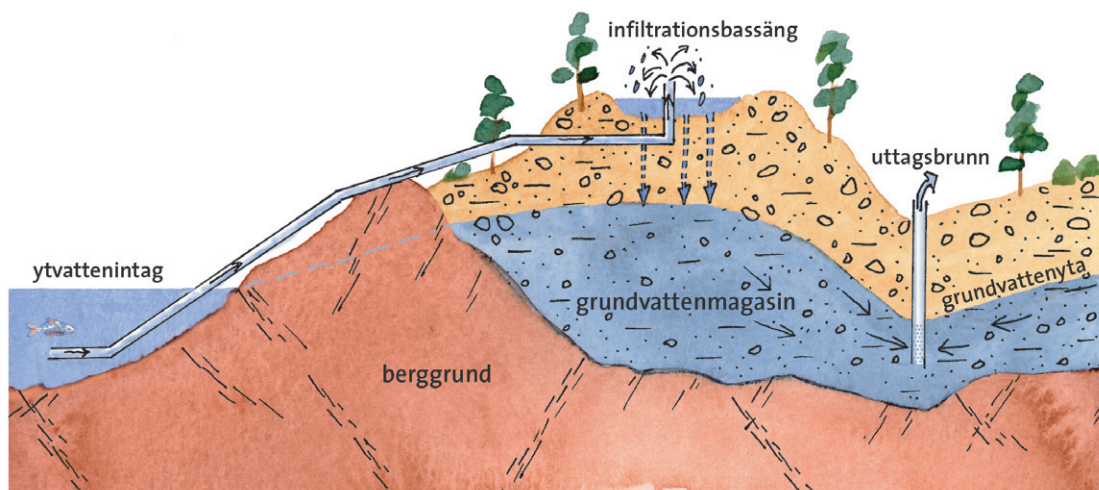


Fig. 17. Principbild på konstgjord grundvattenbildning. Sjövattnet leds till infiltrationsbassängar i en sand- och grusavlagring där den naturliga grundvattenbildningen inte är tillräcklig. Vid passage genom den omättade zonen renas vattnet. Illustration: Anna Jonson, ArtAnna.

Översiktlig beskrivning av grundvattentillgångarna i Salems kommun

Grundvatten i jordlagren

I Mellansverige finns de största grundvattentillgångarna i de stora isälsavlagringarna – rullstensåsarna. Grundvattenförekomster i jord i Salems kommun koncentreras i huvudsak till Uppsalaåsens sträckning i anslutning till Borsjöns östra strand och vidare i sydsydöstlig riktning in i Botkyrka kommun.

Isälsavlagringarna uppträder bland annat i form av åsryggar och deltabildningar. Ibland ligger avlagringarna i terrängens lågpartier och kan täckas av silt och lera, vilket är fallet i ett avsnitt mellan Uttran och Borsjön och i anslutning till S:t Botvids källa samt i ett område väster om Uttrans grustag. Vid Uttran är stora delar av isälvssedimenten utbrutna ovanför grundvattenytan. Höga berglägen, som utgör en fast grundvattendelare mellan Segersjö och Borsjöns södra grundvattenmagasin, har konstaterats strax norr om Uttrans grustag. I Borsjöns södra magasins norra del märks ett stort inslag av silt medan det i magasinets centralare delar finns ett väl genomsläppligt sediment.

Borsjöns norra grundvattenmagasin står i hydraulisk kontakt med Borsjön medan sjön Aspens ytvattensystem bedöms vara skilt från magasinet beroende på förekomst av lågpermeabla sediment. Inget reliktsaltvatten har påträffats i de aktuella grundvattenmagasinen. Se vidare avsnitten rörande respektive magasin.

I kommunens nordvästra delar förekommer sandavlagringar där uttagskapaciteten bedöms vara liten eller obefintlig (bruna ytor i grundvattenkartan).

Den relativt täta berggrunden i kommunen har i allmänhet uttagsmöjligheter som är av storleksordningen 200–600 l/h men lokala variationer förekommer.

Grundvatten i berggrunden

Berggrunden inom Salems kommun utgörs i norr huvudsakligen av graniter medan det i söder främst förekommer olika typer av gnejser samt ett mindre inslag av basiska bergarter. De senare kan utgöra skivformade inlagringar i sprickstrukturer.

Stora delar av de i kommunen förekommande gnejserna är av sedimentärt ursprung och de har genomgått en omkristallisation (Möller & Stålhös 1969b). Sedimentgnejsen och gnejsgniten är i allmänhet mindre vattenförande (<600 l/h). För mer detaljerad information om berggrunden hänvisas till SGUs berggrundskartor Ba 24 (Stålhös 1968a, Stålhös 1968b) och Ba 60 (Persson 2001).

Bergarterna intar generellt en nordväst–sydöstlig till öst–västlig strykningsriktning, dvs. strukturen – förskiffringsplanen – i berggrunden och bergartsgränserna är företrädesvis orienterade i dessa riktningar. Lokalt kan stora variationer förekomma.

Förskiffringsplanens stupningsvinkel, deras lutning från horisontalplanet, varierar från område till område. Stupningen är på många håll mycket brant, nära 90 grader. I vissa områden är stupningen emellertid flackare, 50 grader eller mindre.

Förskiffringsplanens stupningsvinkel kan ha ganska stor betydelse för grundvattentillgången vid brunnborrning i berg. Detta beror på att det i berggrunden uppstår avlossningar – sprickbildning som ofta är vattenförande – längs många förskiffringsplan därför att bergets hållfasthet är sämre där. Bergarten är lätt klyvbar längs förskiffringsplan, men inte lika lätt i andra riktningar. (Jämför med ådringen i trä!) Då de flesta brunnar borrar vertikalt är chanserna små att man ska träffa vattenförande avlossningssprickor i områden med vertikalt eller brant stupande förskiffringsplan. I områden med flackt stupande förskiffring är chanserna naturligtvis betydligt större att få vatten. Möjligheterna är proportionella mot stupningsvinkeln. Störst möjlighet har man om man borrar med så rät vinkel som möjligt mot förskiffringsplanen, dvs. lutar borrhningen åt rätt håll i förhållande till förskiffringsplanen. Sådana borrhningar som avsiktligt avviker från vertikalplanet brukar kallas gradade borrhningar. Hur möjligheterna att få vatten ökar vid gradade borrhningar åskådliggörs i figur 18.

Det kan vara mycket viktigt att ta hänsyn till hur sprickorna är riktade, särskilt i områden med små grundvattentillgångar, t.ex. där tillgängligt markområde inte inrymmer några egentliga sprickzoner.

Sprickorna längs förskiffringsplanen är förutsägbara medan de flesta andra sprickor inte är det, särskilt i områden där berggrunden är jordtäckt och sprickförekomsten inte kan studeras.

Förskiffringsplanen har tidigare uppmätts på ett stort antal platser av SGU i samband med berggrundskarteringen i området. Dessa s.k. strykning- och stupningsdata har delats in i tre intervall: 0–45, 46–60 och 61–90 graders stupning. Detta har sedan använts för att på föreliggande grundvattenkarta visa hur brunnborrning i berggrunden kan utföras för att optimera grundvattentillgångarna. Detta visas med olika långa pilar. Pilens riktning anger åt vilket håll borrningen ska riktas: lång pil anger att borrningen bör lutas så mycket som möjligt, men ca 30 graders avvikelse från vertikalplanet är vad som oftast är rimligt. Kort pil anger att ca 15 graders avvikelse från vertikalplanet kan vara tillräckligt medan ett kryss anger att det inte är nödvändigt att luta borrningen.

Vad beträffar möjligheterna att få vatten vid brunnborrning i berg, kan man rent allmänt säga att berggrunden i Salems kommun i genomsnitt ger mindre vattenmängder än vad som är vanligt i svenskt urberg. Den genomsnittliga (median-) kapaciteten i bergborrade brunnar i kommunen är 300 l/tim, och genomsnittsbrunnen är 81 m djup.

Huvudkartans bild över variationerna i möjligheter till uttag av grundvatten i berggrunden är framtagen med hjälp av data ur SGUs brunnarsarkiv som bearbetats med hjälp av statistiska metoder, s.k. variogramanalys och kriging.

Av den sammanställning som visas i beskrivningen till kartan över grundvattnet i Stockholms län (Ah 6) framgår att gnejsgraniter och sedimentgnejsjer ger i storleksordningen ungefär lika mycket grundvatten. Regionalt är gnejsgraniten något mer genomsläpplig än sedimentgnejserna.

Vill man söka mer vatten genom borrning i berg än vad genomsnittsvärdena anger är det i allmänhet nödvändigt att borra på en större, vattenförande sprickzon. Zonernas mer exakta lägen i naturen bör lokaliseras med särskilda geofysiska metoder. Det bör i sammanhanget påpekas att sprickstrukturer på grund av mineraliseringsprocesser ibland kan vara relativt täta och därmed mindre genomsläppliga.

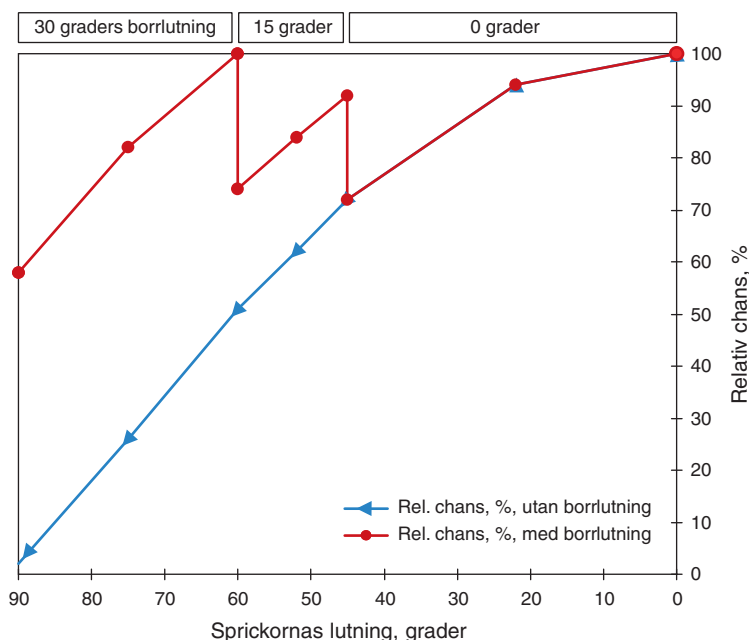


Fig. 18. Bilden visar hur den relativa chansen ökar om man vid brunnborrning tar hänsyn till vilken riktning sprickorna har (strykning och stupning) och därvid riktar borrningen åt rätt håll. (Diagrammet förutsätter att man alltid borrar till ett visst djup och att sprickavståndet inte överstiger detta.)

Förkastningar och sprickzoner

Salems kommun berörs av ett antal större förkastningar och sprickzoner. De mest framträdande spricklinjerna uppträder i form av markerade dalstråk, t.ex. utmed Mälaren och Bornsjöns större vikar eller långsträckta fjärdar och sjöar. Förkastningarnas och sprickzonernas riktningar är i huvudsak nordvästlig–sydöstliga.

Större förkastningslinjer framgår i allmänhet tydligt av landskapets morfologi. Fler sprickzoner avslöjas med hjälp av höjdreliëfkartan (figur 19), där dessa zoner framträder som mer eller mindre raka fåror i bilden. Jämför med ett urval sprickzoner utmärkta i huvudkartan.

Förutsatt att sprickorna inte fyllts ut av gångbergarter eller annan mineralisering är grundvattenkapaciteten i förkastningarna och sprickzonerna vanligen betydligt större än i omgivande berggrund. Under gynnsamma omständigheter kan vattenmängder kring 20 000–30 000 l/tim eller till och med mer erhållas. Det är emellertid inte ovanligt att tektoniska zoner i den aktuella berggrunden är relativt täta (Engqvist & Fogdestam 1984).

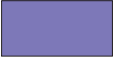
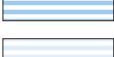
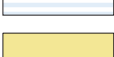
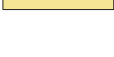


Fig. 19. Reliefbild över delar av östra Mälardalen. I bilden framstår sprickzoner som mer eller mindre långsträckta dalgångar. Sjöar utgör helt släta ytor.

Teckenförklaring till kartutsnitt och seismiska profiler

BEDÖMDA GRUNDVATTENFÖRHÅLLANDEN I JORDLAGREN

Sand och grus, huvudsakligen isälvsavlagringar

	Ovanligt stor grundvattentillgång, storleksordningen >125 l/s
	Mycket stor grundvattentillgång, storleksordningen 25–125 l/s
	Stor grundvattentillgång, storleksordningen 5–25 l/s
	Måttlig grundvattentillgång, storleksordningen 1–5 l/s
	Liten eller ingen grundvattentillgång, storleksordningen <1 l/s
	Liten eller ingen grundvattentillgång, storleksordningen <1 l/s, viktigt infiltrationsområde
	Ovanligt stor grundvattentillgång under täta jordlager, storleksordningen 5–25 l/s
	Mycket stor grundvattentillgång under täta jordlager, storleksordningen 1–5 l/s
	Stor grundvattentillgång under täta jordlager, storleksordningen 5–25 l/s
	Måttlig grundvattentillgång under täta jordlager, storleksordningen 1–5 l/s
	Sammanhängande område med mäktig lera, vattenförande sand- och gruslager kan förekomma i och under leran

ORGANISKA JORDARTER

	Mosse, kärr, gytta, utgör ofta utströmningsområde för grundvatten
---	---

BEDÖMDA GRUNDVATTENFÖRHÅLLANDEN I BERGGRUNDEN

	Mindre goda uttagsmöjligheter, mediankapacitet 200–600 l/h
	Dåliga uttagsmöjligheter, mediankapacitet <200 l/h

ÖVRIGA BETECKNINGAR

	Fast grundvattendelare
	Grundvattnets trycknivå i jordlager
	Strandlinjer med förutsättningar för inducerad infiltration
	Grundvattnets huvudrörelseriktning i jordlager
	Georadarprofil
	Seismisk profil
	Spricka eller sprickzon
	Borrpunkt

Fig. 20. Teckenförklaring till kartutsnittet figur 22.

I de seismiska profilerna har färgsättningen följande betydelse.

- Blå färg: Huvudsakligen sand och grus under grundvattenytan (vattenmättat), dvs. grundvattenmagasinet i jord. Tunnare skikt av lera eller silt kan förekomma i lagerserien.
- Ljusbrun färg: Huvudsakligen sand och grus ovanför grundvattenytan (torrt). Tunnare skikt av lera eller silt kan förekomma i lagerserien.
- Gul och gulbrun färg: Lera eller silt. Tunnare skikt av sand och grus kan förekomma.
- Färglöst: Urberg. Sprickzoner är vanligen betydligt mer vattenförande än den omgivande berggrunden. Sprickzon i urberget anges med ett rutnät.

I de seismiska profilerna har lägena för borrhningar och sonderingar lagts in med en pilmarkering och aktuell benämning, t.ex. Ro4055 eller So4055. "R" anger att ett observationsrör installerats medan ett "S" anger sonderingsborrning.

Siffror inne i färgfälten som t.ex. 500, 1 650 och 5 000 (m/s) syftar på den uppmätta våghastigheten som gäller för aktuellt lager och som ligger till grund för tolkningarna. Se figur 21 för en översikt av vilka våghastigheter som karaktäriserar olika typer av geologi.

Grundvattentillgångar i Uppsalaåsen i och i anslutning till Salems kommun

Bornsjöns norra grundvattenmagasin

Bornsjöns norra grundvattenmagasin med anslutande infiltrationsområden sträcker sig från en fast grundvattendelare i norr som bildar gräns mot grundvattenmagasinet Norsborg, vidare längs Uppsalaåsen utmed Bornsjöns strand till en fast grundvattendelare i höjd med Gettryggen i söder (figur 22). I norr och söder ligger höga bergnivåer som innebär en obefintlig eller en högst begränsad akvifermäktighet. Vid borrhning SGU Ro4042 kunde inslag av finkorniga jordarter konstateras, se tabell 2. En mindre del av magasinet ligger under mäktiga lager av täta finmaterial som också karaktäriserar åsens östra flank (Viak 1985) och jordlagren i anslutning till sjön Aspen. Ytvattensystemet Aspen bedöms vara skilt från åsakviferen som i sin tur står i förbindelse med Bornsjön. Grundvattenytan ligger i nivå med Bornsjöns yta. Uppmätta trycktor för vatten i friktionsjord under lera visar på en svag gradient från åsen ut mot Bornsjön (Bosander & Hellzenius 1972). Borrhning Rb 9502 nära Bornsjön i grund-

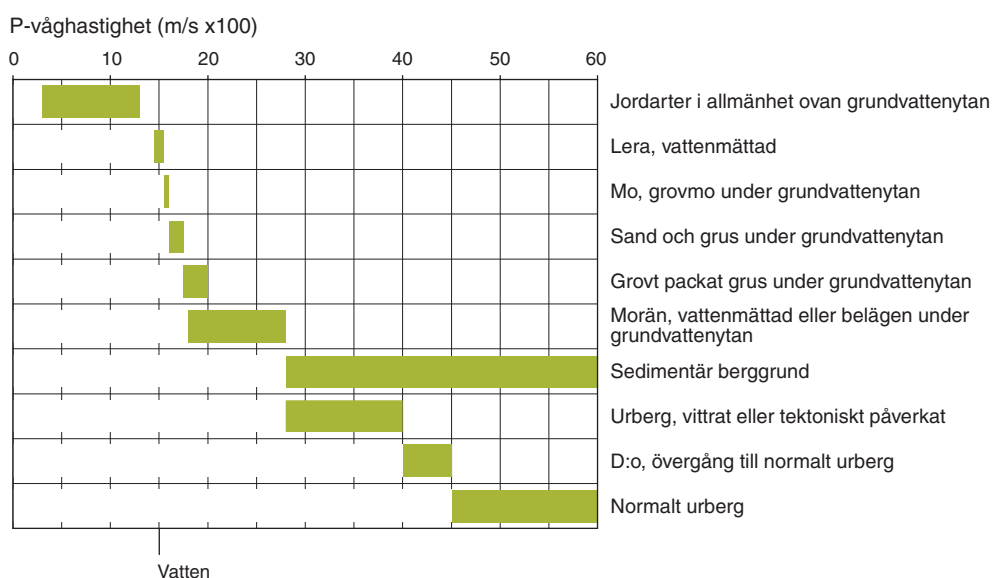


Fig. 21. Seismiska hastigheter i olika jord- och bergarter. Begreppet tektoniskt påverkat urberg avser i första hand sprickzoner, vilka vanligen är mer vattenförande än omgivande berggrund.

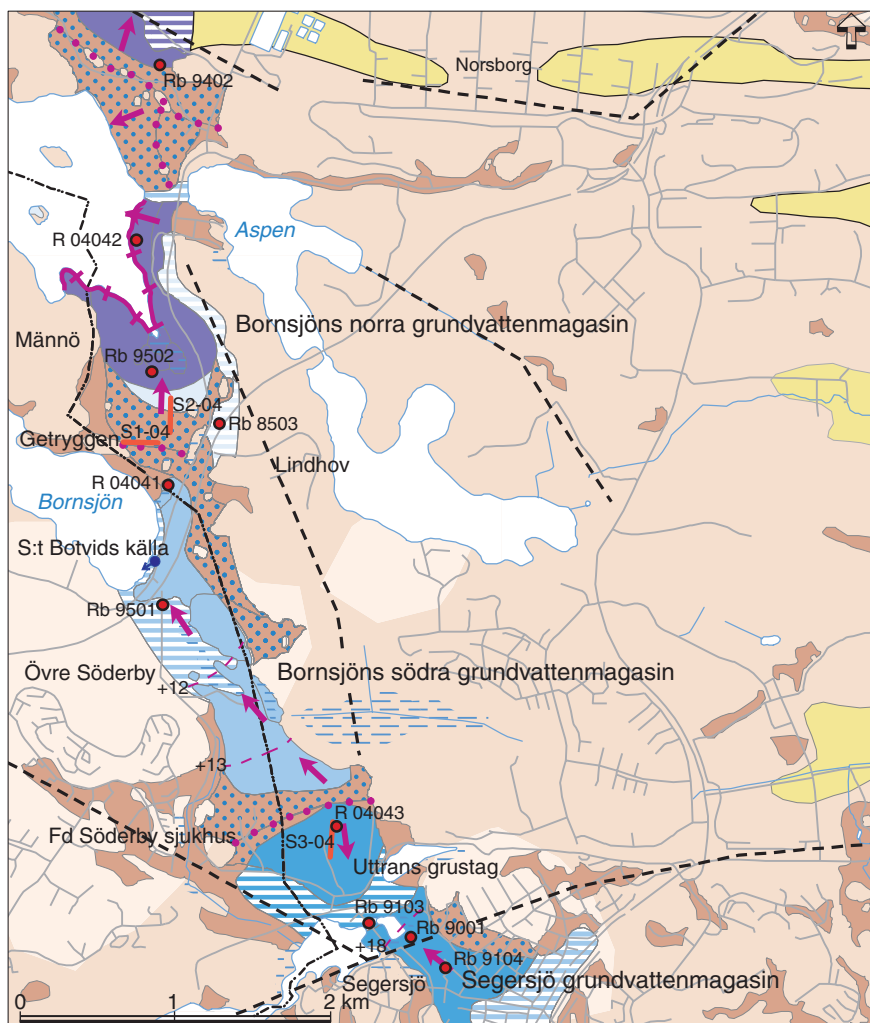


Fig. 22. Kartutsnitt med Bornsjöns norra och södra grundvattenmagasin.

vattenmagasinets södra del visar på 13 m vattenmättad sandigt grus (Stockholm Vatten m.fl. 1996). Den naturliga grundvattenbildningen är liten i förhållande till bedömda förutsättningar för inducerad infiltration, som i området betraktas som goda. Uttagskapaciteten bedöms uppgå till mer än 125 l/s och begränsas av tillrinningen till Bornsjön.

Seismiska undersökningar (SGU S1-04, S2-04) på Gettryggen indikerar en omättad zon på berg, se figur 23. Utifrån de geofysiska undersökningarna bedöms jordmaterialet till delar bestå av finare fraktioner som finsand och silt. För att bedöma möjligheterna till konstgjord grundvattenbildning bör därför åsområdets infiltrationskapacitet i anslutning till Gettryggen och Männö ytterligare undersökas. De yttre förutsättningarna för förstärkt grundvattenbildning är i övrigt ovanligt gynnsamma.

Bornsjöns södra grundvattenmagasin

I norr gränsar Bornsjöns södra grundvattenmagasin till den ovan beskrivna fasta grundvattendelaren vid Gettryggen. I anslutning till vattendelaren ligger en högt belägen bergrygg i ungefär öst–västlig riktning (figur 22). Det genomsläppliga åsmaterialet ligger i anslutning till Bornsjön, men lera i sjöstrandens närhet tvingar upp grundvattenflödet vid S:t Botvids källa som mynnar ut i Bornsjön. Grundvattenmagasinet följer först åsen under finmaterial för att mot söder utgöra ett öppet magasin i den 40–50 m höga och 1 km breda platån vid Uttran. I söder begränsas grundvattenmagasinet av en

1612816
6568829

1612821
6569060

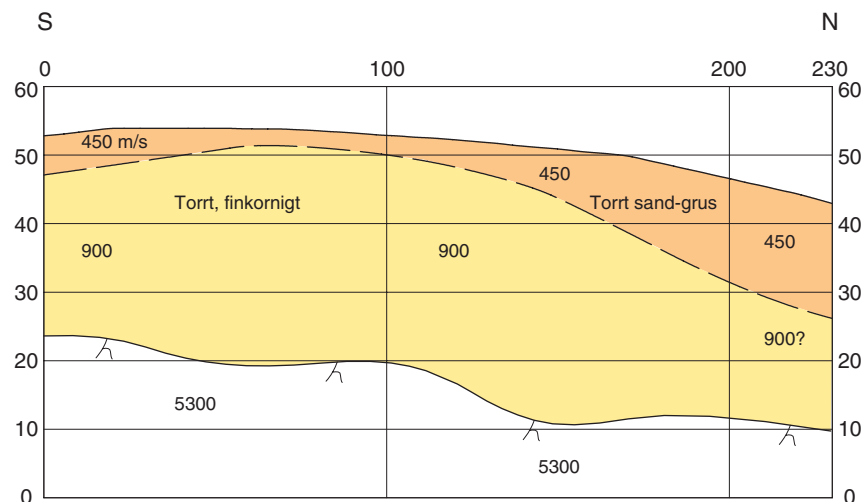


Fig. 23. Seismiklinje SGU S2-04 vid Männö öster om Bornsjön. Ytliga jordlager består av sand och grus. På djupet förekommer sannolikt mer finkornig jordart på berg över Bornsjöns nivå. Ca 400 m norr om linjen ligger Bornsjön på ca 11 m ö.h.

bergrygg belägen strax norr om Uttrans grustag. Vid rör Rb 9501, i höjd med motorvägen, förekommer 31 m vattenmättad jord med god genomsläpplighet (Stockholm Vatten m.fl. 1996). Inslag av tunna lerlager förekommer i åsmaterialet. En mycket mäktig omättad zon i söder avtar i omfattning och upphör helt i riktning mot Bornsjön.

Tillrinningsområdet utgörs till övervägande del av genomsläppliga jordar. Det parti som täcks av lera minskar emellertid infiltrationen till magasinet. Grundvattenbildningen bedöms uppgå till 10–15 l/s. Detta vatten strömmar med en liten gradient från den fasta grundvattendelaren vid Uttran i riktning mot Bornsjön och dräneras huvudsakligen via S:t Botvids källa. Flödet ur källan uppgick 2005-06-15 till 5–10 l/s. Det högsta kända flödet uppgår till 14 l/s (Stockholm Vatten m.fl. 1996). Segersjö grundvattenmagasin, söder om grundvattendelaren vid Uttran, har en tryckyta ca 4,5 m över det aktuella magasinets. Det kan inte uteslutas att det åtminstone tidvis kan förekomma en dränering av grundvatten via sänkor i berggrunden vid grundvattendelaren norr om Uttrans grustag. SGUs undersökningar har dock inte kunnat verifiera förekomsten av ett s.k. stalp. Ett omfattande flöde över en bergtröskel vid Uttran skulle sannolikt medföra ett större flöde ur S:t Botvids källa. Enligt SGUs bedömning utgör de höga bergnivåerna vid Uttran en fast grundvattendelare och någon grundvattentillrinning från Segersjö grundvattenmagasin förekommer inte eller är av mindre omfattning. Detta eventuella flöde beror också av sjön Utterkalvens nivå och ett eventuellt grundvattenuttag ur Segersjö vattentäkt.

Söderby sjukhus gamla vattentäkt i området har tidigare varit i bruk men idag sker inget större grundvattenuttag ur Bornsjöns södra magasin.

Väg E4 passerar över akviferen, och där har åtgärder vidtagits för att förhindra ett eventuellt läckage från vägområdet till Bornsjön och grundvattnet i området.

Uttagskapaciteten ligger i klassen 5–25 l/s. Eftersom jordar med dålig genomsläpplighet finns vid Bornsjöns strand kan man inte räkna med något tillskott av grundvatten via inducerad infiltration. Uttagbar mängd begränsas därför av den naturliga grundvattenbildningen som idag till stor del dräneras via S:t Botvids källa.

För att öka uttagsmöjligheterna krävs konstgjord grundvattenbildning. Förutsättningarna för bassänginfiltration synes vara mycket goda. Infiltration skulle kunna ske på den norra sidan av platån vid Uttran och med ett uttag på lämpligt avstånd i nordlig riktning. En kloridhalt på 14–22 mg/l tyder på att grundvattenskyddet längs E4:an förhindrat infiltration av vägsalt.

Segersjö

Grundvattenmagasinet Segersjö ligger endast till en liten del i Salems kommun (figur 22). Det kan delas in i området Uttrans grustag, Segersjöområdet med en tidigare nyttjad kommunal vattentäkt, lertäkta områden norr om Kassmyrasjön samt det f.d. grustaget Kassmyra. Akviferen avgränsas mot söder av högt liggande berg. Seismiska undersökningar visar att akviferen leds via en smal passage som fortsätter ut mot och under Kassmyrasjön, vars tryckyta är skild från magasinets grundvattennivå. Sjön bedöms därför inte ha hydraulisk kontakt med åsen (Baresel 1999). I området kring Kassmyra grustag varierar jorddjupen mellan 10 och 30 m varav ca 10 m är vattenmättat (Rudqvist 1997). Norr om Kassmyrasjön, längs med dalstråket söder om Tumba och vidare i nordvästlig riktning ner mot Segersjö, råder slutna förhållanden. Mot Segersjö går de grova isälvssedimenten åter i dagen och akviferen är öppen. Sprickdalen mot nordöst i riktning mot Segersjö är ställvis mycket djup med upp till 50–75 m mäktigt jordlager (Baresel 1999). Borrningar och provpumpningar i Segersjöområdet visar på mäktiga lager av väl genomsläppligt friktionsmaterial. Vid anläggning av en första rörbrunn vid Segersjö vattentäkt nåddes berg på 53 m djup. Jordlagren bestod under den omättade zonen av 43 m vattenmättade isälvssediment, mestadels grus (AIB 1992). I höjd med Kvarnsjön–Utterkalven har lerlager påträffats varför förutsättningar för inducerad infiltration anses vara begränsade. I området förekommer även torvavlagringar, vilka kan påverka vattenkvaliteten i samband med ett grundvattenuttag. I Uttrans grustag råder öppna förhållanden fram till helt nära vattendraget mellan de nämnda sjöarna. I norra delen av Uttrans grustag visar seismiska undersökningar (SGU S3-04) på en akvifermäktighet uppgående till 15–20 m, se figur 24. I sydlig riktning tilltar magasinet i mäktighet.

I en stor del av området norr om Utterkalven har den mycket mäktiga omättade zonen schaktats bort. Grustäktsbotten ligger ca 5 m över grundvattennivån. Provtagning vid grundvattenröret SGU Ro4043 visar på väl genomsläpplig jord. Permeabiliteten är $1,09 \times 10^{-3}$ m/s (beräknad enligt Gustafsson 1983) och porositeten är 18,4 %.

Grundvattennivåmätningar i friktionsjord under lera vid Söderby gårde indikerar en dränering mot grusåsen i nordöst (Viak 1991). Då Segersjö vattentäkt nyttjas utbildas en avsänkningstratt mot brunnsområdet. Vid SGUs undersökning var denna vattentäkt ur bruk. Grundvattnets tryckyta stod då ca 35 cm över ytvattennivån vid bron över vattendraget mot Utterkalven. Sannolikt dränerades vid undersökningstillfället grundvatten ut i ytvattensystemet. Den avvägda grundvattennivån med ringa gradient anger en långsam strömning från grundvattendelaren i norr och söderut mot ytvattenssystemet.

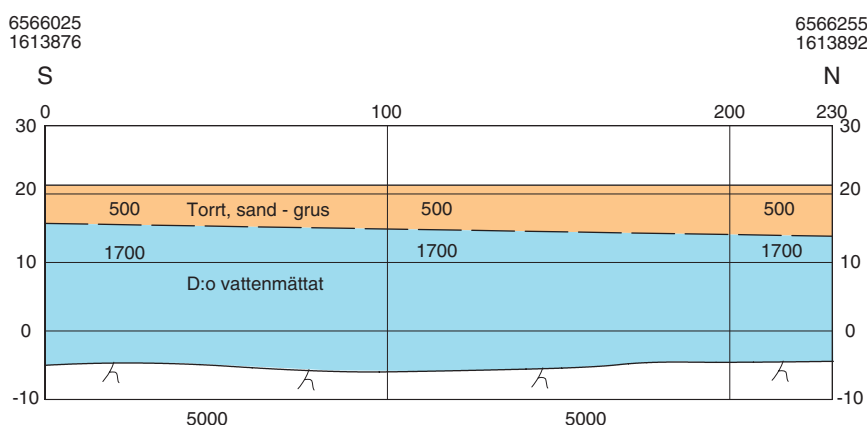


Fig. 24. Seismiklinje SGU S3-04 i Uttrans grustag. Grustagsbotten ligger ca 5 m över grundvattentytan. Akviferen är ca 20 m mäktig. Indikationen på en svag grundvattengradient mot norr i figuren verifieras inte av en kontrollavvägning av grundvatten- och ytvattennivåer i området. Denna påvisade istället en svag gradient mot söder. Sannolikt beror avvikelserna i figuren på osäkerhetsnivån vid bedömning av marknivåer i samband med den seismiska undersökningen.

met Kvarnsjön–Utterkalven. Vid höga grundvattennivåer går det emellertid inte att utesluta att ett mindre grundvattenflöde kan ta sig fram via lokala sprickdalar norrut mot Bornsjöns södra magasin.

Grundvattenbildningen i magasinets tillrinningsområde bedöms uppgå till ca 25 l/s. Vid en av VBB utförd provpumpning vid Segersjö vattentäkt år 1954–55 med 25 l/s noterades endast en ringa avsänkning och en grundvattennivå som ej sänktes under nivån för Utterkalvens utlopp (AIB 1990). Då provpumpning utfördes med 50 l/s sjönk grundvattennivån under Uttrans ytvattensystem. Förutsättningarna för inducerad infiltration bedöms som begränsad på grund av finmaterial inlagrade i lagerföljden i anslutning till Utterkalven och därtill hörande ytvattensystem (Baresel 1999).

Uttagskapaciteten kan enligt SGUs bedömning hänföras till den lägre delen av klassintervallet 25–125 l/s. En eventuellt underskattad förutsättning för inducerad infiltration innebär att det möjliga uttaget kan vara större.

Tidigare har Segersjö vattentäkt, med en vattendom på 2000 m³/d (23 l/s) bidragit till den kommunala vattenförsörjningen. Uttaget har från 1954 till i slutet av 1980-talet uppgått till ca 20 l/s. Problem med antropogent orsakade kloridhalter anses till största delen bero på den salthantering som förekommit i Kassmyraområdet (Rudqvist 1997). Idag fungerar vattentäkten som reservvattentäkt.

Det är främst i Uttrans grustäkt som en konstgjord grundvattenbildning skulle kunna ske. På grund av uttag av grus är den omättade zonen numera av relativt liten mäktighet.

GRUNDVATTNETS KEMI

Grundvattnets kemi i allmänhet

Grundvattnets kemiska sammansättning är ett resultat av de kemiska egenskaperna hos nederbörden och de processer som vattnet utsätts för på sin väg genom marken ner till grundvattnet. Jonkoncentrationen ökar genom avdunstningen i de övre marklagren. Förändringar i jonsammansättningen sker genom att joner i det nedsipprande vattnet byts ut mot joner som är bundna till markpartiklar, jonbyte, och genom sönderdelning av mineral, vittring. Jonbytesprocessen är speciellt intensiv när vattnet är i kontakt med organiskt material och lerpartiklar som har stor kontaktyta. Intensiteten av vittringen är beroende av mineralens vittringsbenägenhet och kontaktytan mellan vatten och mineral. I grova jordar som grus, sand och grovkorniga moräner är vittringsintensiteten låg, medan den är hög i finkorniga jordar, som t.ex. lera och lerig morän. Vittringen ”drivs” under naturliga förutsättningar av humussyror och kolsyra som bildas genom nedbrytning av växtrester. Genom förbränningen av fossila bränslen har nederbörden tillförts svavelsyra, som bidrar till ökad sulfathalt och tillskott av vätejoner som bidrar till ökad vittring.

Kalcit är det mest lättvittrade mineralet, och kalkhaltiga jord- och bergarter har mycket stor betydelse för grundvattnets kemiska sammansättning. Lättvittrade mineral, som i allmänhet innehåller stor andel kalcium och magnesium, i kombination med finkorniga jordarter och lång uppehållstid ger 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 (totalhårdhet) som vätekarbonat, medan det vid vittring med en stark syra som t.ex. svavelsyra bildas förhållandevis mer kalcium och magnesium än vätekarbonat. Alkaliniteten, som är ett mått på grundvattnets förmåga att motstå förurning, 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. Vätejoner förbrukas vid vittringen varvid pH ökar.

Sulfatjoner som tillförs grundvatten från nederbörden har både mänskligt och marint ursprung. Riktigt höga halter i grundvatten har dock i allmänhet geologiskt ursprung och bildas genom oxidation av sulfider. I Mälarregionen ger dränering av gyttejeler höga sulfathalter i grundvattnet.

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 på det geografiska läget. Nederbörden bidrar med högre kloridmängder i Sydvästsverige än på andra håll i landet p.g.a. det marina inflytandet. I delar av Sverige som tidigare har varit täckta av hav kan saltvatten finnas kvar och ge höga kloridhalter. Även andra orsaker till förhöjda kloridhalter i grundvattnet förekommer. Se vidare sidan 32 och framåt, där frågan om salt grundvatten berörs närmare.

Höga nitrathalter beror praktiskt taget enbart på mänsklig påverkan. Problem med höga halter i grundvatten förekommer i jordbruksområden med genomsläppliga jordar, särskilt i jordgrundvatten.

Variationerna i järn- och manganhalter kan vara stora, även mellan mycket närbelägna platser (så nära som några tiotal meter och mindre). Järnhalten kan även variera med djupet i ett och samma borrhål. Detta beror på redoxpotential och syreförhållanden, vilka kan variera på detta sätt. Järn och mangan går i lösning eller faller ut. Detta kan man se tydligt t.ex. i många grustag där vissa mycket väl avgränsade lager kan vara starkt rostfärgade av järn eller svartfärgade av mangan. Av denna anledning bör analysresultat gällande dessa parametrar tolkas med särskild försiktighet.

Kemiska analyser av grundvattnet

Resultatet av en grundvattenanalys i ett observationsrör i Uttrans grustag redovisas i tabell 3 på s. 38. Provtagning har skett i samband med SGUs etablering av grundvattenrör i området.

Provet på grundvattnet är uttaget efter en omsättning av 200–500 liter i samband med borrning för etablering av grundvattenrör i jord. Livsmedelsverkets gränsvärden för dricksvatten visas i tabell 1 på s. 19. Nedan följer vissa kommentarer grundade på SGUs analysresultat samt några analyser hämtade från tidigare utförda konsultarbeten i kommunen.

Norra Bornsjöns åsakvifer präglas av ett medelhårt grundvatten med låga kloridhalter och höga järnhalter (Stockholm Vatten m.fl. 1996). Vidare har vattnet hög halt av aggressiv kolsyra och liknar ur kemiskt hänseende det vatten som finns i Bornsjön till skillnad från en något annorlunda vattenkvalitet som går att finna i sjön Aspen (Bosander & Hellzenius 1972).

Grundvattnets kemiska beskaffenhet i Bornsjöns södra magasin karaktäriseras av ett neutralt pH. Det är ett väl buffrat och medelhårt vatten. Höga järnhalter förekommer. Vid Botvids källa, där en del av akviferens vatten mynnar ut i Bornsjön, är analysvärdena likartade (Stockholm Vatten m.fl. 1996). Vid källan kan man iaktta en kraftig järnutfällning, vilket tyder på att stora delar av järninnehållet kan fällas ut i samband med luftning. Någon påverkan av relik saltvatten bedöms inte föreligga i denna del av Uppsalaåsen.

Värderingen av grundvattenkvaliteten i Bornsjöns södra magasin baseras på vattenkvaliteten i Botvids källa och analyser från 20–35 m under markytan i borrning Rb 9501 (Stockholm Vatten m.fl. 1996) vid Nedre Söderby nära Bornsjön.

SGUs provtagning i grundvattenmagasinet vid grustaget vid Uttran visar en något hög sulfathalt (90,1 mg/l) nära gränsen för teknisk anmärkning. Vattnet kan beskrivas som medelhårt och det har en låg kloridhalt (11 mg/l). Även järnhalten var låg vid provtagningstillfället, se tabell 3.

Segersjö, som tillhör samma magasin, har en naturligt låg kloridhalt men har besvärats av förhöjda klorid- och järnhalter. Under åren 1979–1987 noterades en variation i råvattnets järninnehåll från <0,1 mg/l till 3,1 mg/l. Ibland har råvattnet haft en svag lukt av svavelväte. Vattnet bedöms vidare som medelhårt till hårt (AIB 1990). De höga järnhalterna har åtgärdats i en s.k. vyredoxanläggning. Kloridhalten anses förorsakad av mänsklig påverkan då det i samband med tidigare provpumpning och djupa borrningar ner till 50 m djup inte funnits några förhöjda kloridhalter. Sedan provpumpningen på 1950-talet har sulfathalt och hårdhet ökat något. Alkaliniteten har varit stabil på en nivå runt 60 mg/l (Rudqvist 1997).

SALT GRUNDVATTEN

Förekomsten av salt grundvatten

Salt grundvatten kan ha olika ursprung. Inträngning från hav eller kvarvarande relik saltvatten är vanliga orsaker till höga kloridhalter. I vissa fall kan det emellertid röra sig om mänsklig påverkan – vägsalt, soptippar m.m. – vid markytan.

Mälaren var en salt havsvik som sent i den geologiska historien övergick till våra dagars sötvattenssjö. I åsakviferer i låg terräng i anslutning till Mälaren kan mycket höga salthalter påträffas. Smakgränsen ligger på 300 mg/l Cl. Det relikta saltet utgör ett hinder för att ta ut stora grundvattenvolymer av godtagbar dricksvattenkvalitet. Med konstgjord grundvattenbildning underlättas ett större råvattenuttag av god kvalitet.

Beträffande möjligheterna att bedöma risken för salt grundvatten i områden långt från havet pekar nuvarande kunskaper på att salt grundvatten förekommer över allt, inte bara nära kusten och inte heller endast i områden som efter den senaste istiden varit täckta av salta hav.

I samband med djupborrningen vid Gravberg i Siljansområdet påträffades salt grundvatten på ca 4 000 m djup och på ca 6 000 m djup påträffades saltlake med en salthalt på ca 100 000 mg/l (Vattenfall 1991). Motsvarande saltlake har nu påträffats även i Oskarshamnsområdet och på ”endast” ca 1 000 m djup (Laaksoharju m.fl. 1995). Denna typ av mycket salt grundvatten har närmast regelmässigt påträffats vid borrningar till djup av några tusen meter även i andra delar av världen, inte minst i Finland (Nurmi m.fl. 1998). Sannolikt har denna saltlake inget direkt med forntida havsvatten att göra. Den har antagligen sitt ursprung i kemiskt utbyte mellan heta, mineraliserade vattenlösningar och berggrunden på mycket stora djup nere i jordskorpan.

Det salta grundvattnet förekommer således på mycket olika djup och mätningar med geoelektrisk sondering tyder nu på att man kan kvantifiera risken för salt grundvatten genom att mäta hur långt ner det är till gränsen mellan sött och salt grundvatten.

Som exempel på djup till salt grundvatten som beräknats med geoelektriska sonderingar kan följande anges:

Harstena	50 m
Smådalarö i Stockholms skärgård	150 m
Utö i Stockholms skärgård	200 m
Östra delen av Aspö i Mälaren	250 m
Skogshöjdområdet söder om Mariefred	1 500 m

Dessa värden får inte ses som största tillåtna borrdjup utan som relativa mått på risken att erhålla ett salt grundvatten. Detta beror på att en brunn inte måste nå ända ner till saltvattengränsen för att den ska kunna bli påverkad av det salta grundvattnet. Orsaken är att även om gränsen mellan sött och salt grundvatten ligger djupt ner, så har det salta vattnet en trycknivå som ligger avsevärt mycket högre. Detta förhållande illustreras i figurerna 25 och 26.

Om gränsen till det salta grundvattnet ligger 300 m under grundvattennivån (den söta) och salthalten motsvarar havens salthalt, så innebär de hydrauliska tryckförhållandena att det salta vattnets trycknivå inte ligger på 300 m djup utan endast ca 7 m lägre än grundvattennivån. Detta medför att salt grundvatten i många fall kan trycka upp i en brunn som endast via sprickor når ner till saltvattengränsen, om man genom pumpning dränerar ut sötvattnet i sprickorna, se figur 27. I de flesta fall får man emellertid inte ett ”rent” saltvatten utan tillförsel av ytterligare vatten från en mycket oregelbunden sprickighet som kan ge vilka blandningsförhållanden som helst. Det är ju inte heller så att det salta grundvatten man får upp vid pumpning i brunnar alltid har en viss bestämd salthalt.

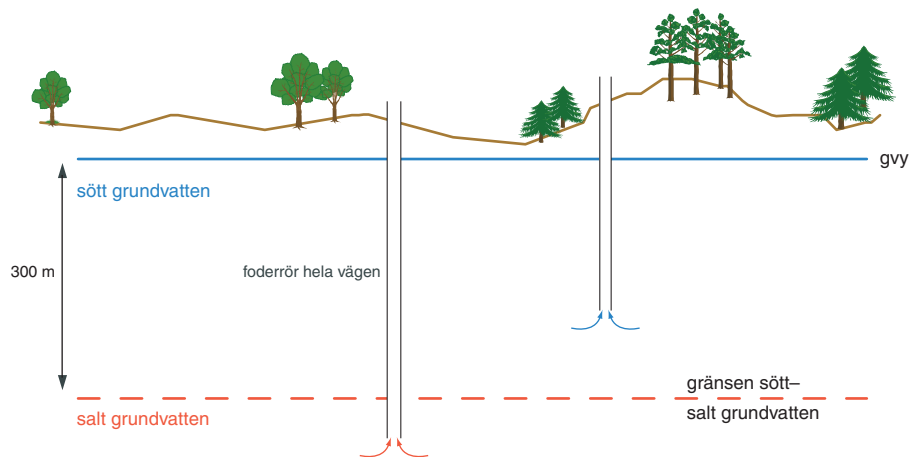


Fig. 25. Båda brunnarna utgörs av stålrör, där vattnet kommer in endast underifrån. Den högra brunnen får in sött vatten – vattennivån i brunnen blir densamma som omgivande grundvattennivå. In i den vänstra brunnen kommer bara salt grundvatten från drygt 300 m djup. I den senare kommer nivån att bli lägre. Se även figur 26.

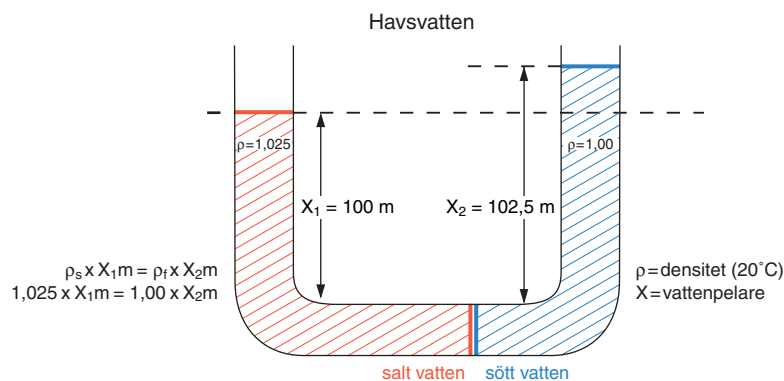


Fig. 26. Enligt principen om kommunicerande kärl balanseras en 102,5 m pelare med sött vatten av en 100 m pelare med salt vatten (3,5 %).

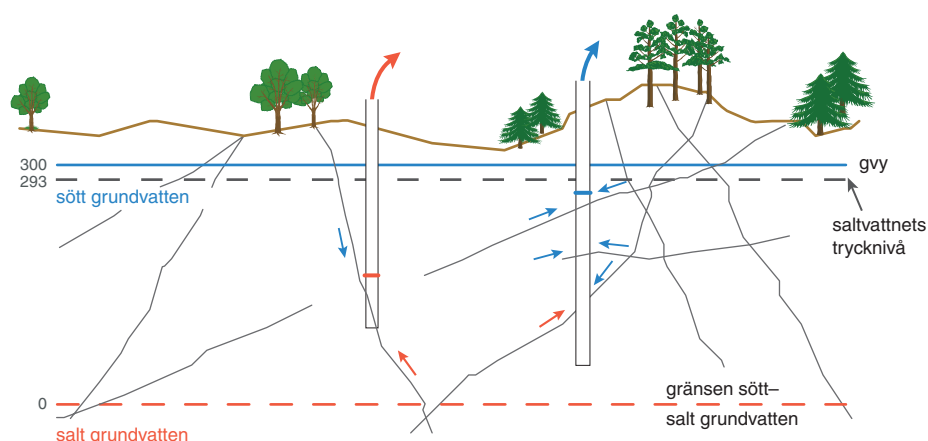


Fig. 27. Brunnen till vänster får vatten från i huvudsak en, dåligt vattenförande, spricka. Den övre delen av sprickan töms efter en tid på sitt söta vatten. Via den undre delen av sprickan trycks det salta vattnet upp utan att sina. Brunnen ger vatten med hög salthalt. Brunnen till höger får vatten från flera rikligt givande sprickor med sött vatten och det förhållandevis lilla bidraget av salt vatten från djupet medför att brunnen ger vatten med låg salthalt.

Åtgärder mot salt grundvatten

För att minska risken för salt grundvatten vid brunnsborrning bör man anlägga en så grund brunn som möjligt oavsett om den anläggs i jord eller berg. Vad det gäller större anläggningar kan konstgjord grundvattenbildning minska risken för att dra på sig salt grundvatten. Nedan behandlas i första hand försiktighetsåtgärder i samband med anläggandet av brunn i berg.

I riskområden kan man försöka öka möjligheterna att påträffa vattenförande sprickor på litet djup. Detta kan man göra genom att ta hänsyn till sprickornas lutning i förhållande till borrhålets lutning. Man bör borra med så rät vinkel som möjligt mot sprickorna i berggrunden. Om man inte direkt kan avgöra hur sprickorna är orienterade bör man borra på motsvarande sätt i förhållande till förskiffringsplanen.

Det är ofta bättre att borra ”gradade” borrhål, dvs. med en avvikelse av 15–30 grader från vertikalplanet, och att inte borra djupare än högst 40–50 m, än att borra vertikala och djupa brunnar. Har man inte fått tillräckligt med vatten på detta djup är det i allmänhet bättre att avbryta borrningen och genomföra en hydraulisk tryckbehandling av borrhålet än att borra djupare. Tryckbehandlingen innebär att vatten pressas ner i borrhålet med så högt tryck att befintliga små sprickor kan vidgas och spolas rena och t.o.m. att nya sprickor kan bildas.

Vid all borrning i områden med risk för salt grundvatten bör salthalten i vattnet kontinuerligt övervakas under pågående borrning allt eftersom borrhålet fördjupas. Detta gör man dels för att undvika onödiga borkostnader, dels för att undvika att hydraulisk förbindelse uppstår mellan salt vatten på djupet och andra närliggande brunnar – antingen egna nya brunnsborrningsförsök eller grannars befintliga brunnar.

Har mycket salt grundvatten påträffats och risken kan bedömas vara stor att närliggande brunnar skadas kan det bli nödvändigt att med cement gjuta igen det salta borrhålet. Detta måste då ske på ett särskilt sätt. Borrhålet måste med hjälp av bl.a. en tillräckligt lång slang gutas igen från botten och uppåt så att det blir helt tätt. Eventuellt kan man först försöka att gjuta igen de undre delarna av brunnen och tryckbehandla de övre, i hopp om att få kontakt med närliggande sprickor med sött grundvatten.

Förutom att stor försiktighet måste iakttas vid borrning av en brunn i ett område med risk för salt grundvatten, måste man vara mycket försiktig även när man pumpar vatten ur brunnen. Ju mer man pumpar desto större blir risken för att man får in salt grundvatten i brunnen. Risken hänger i första hand ihop med hur mycket grundvattennivån sänks i brunnen. Detta kan man mäta med ett s.k. kabelljuslod, vilket fungerar så att en lampa tänds när lodet kommer i kontakt med grundvattenytan nere i brunnen. Från pumpstart kan man följa hur mycket vattnet sjunker i brunnen allt eftersom pumpningen fortgår.

Vid pumpning av en bergborrad brunn får en långvarig avsänkning av vattennivån i brunnen med ca 10 m eller mer anses vara en indikation på att brunnen ansträngs för mycket och att risken för att vattnet ska bli salt är stor.

Vid nyborrning av en brunn bör man inte anstränga brunnen genom en alltför stor och långvarig avsänkning av grundvattennivån bara för att få reda på hur mycket den under lång tid maximalt kan ge. Det är bättre att pumpa med den vattenmängd som man absolut behöver. Är behovet stort och provpumpningen ska vara långvarig, måste salthalten i vattnet övervakas mer eller mindre kontinuerligt. Stiger salthalten upp mot angivna gränsvärden (>100 mg/l Cl innebär korrosionsrisk och >300 mg/l ger saltsmak) måste pumpningen radikalt minskas eller helt avbrytas.

Brunnar som fått in salt grundvatten förblir oftast salta, men det finns flera exempel på att vattnet i en brunn som blivit salt åter kan bli sött om man minskar vattenuttaget tillräckligt mycket. Brunnen bör då stå orörd en längre tid (kanske ett par månader), så att den ursprungliga skiktningen av sött och salt grundvatten kan återställas, innan den börjar pumpas igen men då med ett betydligt mindre vattenuttag.

Risken ökar, som ovan framgått, med ökande brunnsdjup. Detta innebär bl.a. att risken för salt grundvatten är mycket liten i grävda brunnar. Har man råkat ut för salt vatten vid brunnsborrning,

trots att åtgärderna ovan vidtagits, bör man undersöka möjligheterna att anlägga en brunn i jordlagren. Föreligger risk för reliktsaltvatten i jordlagren gäller även här att göra en grund brunn och vara försiktig med uttagsmängden.

Numera finns även avsaltningsanläggningar lämpliga för enskilda hushåll. Mängden vatten som dessa producerar är emellertid relativt begränsad.

DOKUMENTATION AV BORRNINGAR OCH KEMISKA ANALYSER

Nedan redogörs för ett urval lagerföljder, permeabilitetsbestämningar samt kemiska analyser väsentliga för denna beskrivning. För fullständig digital dokumentation av SGUs hydrogeologiska undersökningar i kommunen hänvisas till SGUs databaser.

Tabell 2. Lagerföljdsuppgifter från grundvattenmagasin belägna i Salems och Botkyrka kommuner. SGU id = unik identitet i SGUs databaser. Orig. id = SGUs beteckning i fält eller beteckning vid tidigare undersökning.

SGU id	Orig.id	x	y	Plats	Obs.typ	från m	till m	jordart
Norra och Södra Bornsjömagasinen								
EEK2003051616	Rb 9501	6567685	1612763	Nedre Söderby	spets	0	3	stenig grusig sand
						3	4,5	lera
						4,5	6	sand
						6	22,5	grusig sand
						22,5	29	sandigt grus
						29	38	grusig sand
RSG2004122002	R 04042	6570098	1612590	Bornsjön	spets	38	40	grusig morän
						0	3	sand
						3	9	lerig silt
						9	16,5	grusig sand
LAM2005082908	Rb 8503	6568880	1613140	Lindhov	spets	16,5	21,4	stenig grusig sand
						0	0,3	matjord
						0,3	2	torrskorpelera
						2	4	lera
						4	12	lerig silt
						12	15	sandig silt
RSG2004122001	R 04041	6568476	1612801	Bornsjön	spets	15	16,3	siltig finsand
						16,3	17,3	grusig sand
						0	1	sand
						1	7,5	silt
						7,5	11	grusig stenig sand
						11	14,6	silt
RSG2004122003	R 04043	6566218	1613915	Uttran	spets	14,6	20	sand
						20	22	grusig stenig sand
						22	33	sand
						33	41,2	grusig stenig sand
						0	7	grusig sand
						7	11	sandigt fingrus
LAM2005090102	Rb 9704	6563750	1615200	Segersjö	spets	11	15	grovsand-mellansand
						15	17	grovsand
						17	21	grusig grovsand
						21	25	grusig stenig sand
						25	26,7	morän
TPN2003082709	Rb9104	6565281	1614634	Segersjö	spets	0	7,7	sandigt grus
						0	3	siltig sand
						3	9	grusig sand
						9	12	sandigt grus
						12	15	sandigt grus
						15	18	sandigt grus
TPN2004051204	9705	6564721	1615116	Segersjö	spets	18	21	lerinslag
						0	6	lera
						6	12	grovsiltig finsand
						12	14,3	grusig siltig morän

SGU id	Orig.id	x	y	Plats	Obs.typ	från m	till m	jordart
LAM2005072001	Rb 9001	6565487	1614406	Segersjö	spets	0	15	grusig sand
						15	22	grovsandigt fingrus
						22	32	sandigt grus
TPN2003082707	Rb 9103	6565580	1614126	Segersjö	spets	0	3	okänd
						3	9	siltig grusig sand
						9	15	lera
						15	18	finsandig silt
						18	21	finsand, något grovt
TPN2004051203	9702	6564351	1615142	Kassmy- rasjön	spets	21	35	sandigt grus
						0	2	sand
						2	7	lera
						7	10	grusig sand
TPN2004051203	Rb 9702	6564351	1615142	Kassmyra	spets	10	24	sandigt grus
						0	2	sand
						2	7	lera
						7	10	grusig sand
						10	24	sandigt grus

Tabell 3. Resultat av analys av vattenprov taget i samband med etablering av grundvattenrör i Uttrans grustag.

SGU id	RSG2004122003	
x	6566218	
y	1613915	
Rör/Plats	R 04043	
Kommun	Botkyrka(Uttran)	
Provdatum	5/6/2004	
Omsättningsvolym	m3	0,4
Nivå	18–19 m.	
Färgtal	mg platina/l	<5
Turbiditet	FNU	0,18
Luktstyrka	B	
pH	7,4	
Ledningsförmåga	mS/m	33,7
KMnO ₄ -förbrukning	mg/l	<3,95
NH ₄ -N	mg/l	0,03
NO ₃ -N	mg/l	<0,02
NO ₂ -N	mg/l	<0,002
PO ₄ -P	mg/l	0,007
Alkalinitet, HCO ₃	mg/l	50
Cl	mg/l	11,7
SO ₄	mg/l	90,1
F	mg/l	0,52
Fe	mg/l	<0,02
Mn	mg/l	0,038
Ca	mg/l	28,3
Mg	mg/l	8,24
Totalhårdhet	mg/l	42,1
CO ₂ -aggressiv	mg/l	5
K	mg/l	3,32
Na	mg/l	17,2
Al	mg/l	0,040
Cu	µg/l	<7

REFERENSER, LITTERATUR OCH GRUNDEVATTENKARTOR

Referenser

- Baresel, C., 1999: *Unintentional induced infiltration of surface water in municipal wells of Stockholm*, 68 s.
- Bosander, J. & Hellzenius, U., 1972: *Hydrogeologisk undersökning i norra Botkyrka*. Examensarbete, 30 s.
- Engqvist, P. & Fogdestam, B., 1984a: Hydrogeologisk karta över Stockholms län. *Sveriges geologiska undersökning Ah 6*, 90 s.
- Engqvist, P. & Fogdestam, B., 1984b: Beskrivning till hydrogeologisk karta över Stockholms län. *Sveriges geologiska undersökning Ah 6*, 90 s.
- Gustafson, G., 1983: Brunnssystem för värmelagring och värmeutvinning i akviferer. *BFR R39:1983*, 154 s.
- Laaksoharju, M., Smellie, J., Nilsson, A.-C. & Skärman, C., 1995: Groundwater sampling and chemical characterisation of the Laxemar deep borehole KLX02. *SKB Tec. Rep. 95-05*.
- Livsmedelsverket, 2001: Livsmedelsverkets föreskrifter om dricksvatten. *Statens livsmedelsverks författningssamling, SLVFS 2001:30*, 33 s.
- Müllern, C.-F., 2005: Grundvattentillgångar i Norrköpings kommun. *Sveriges geologiska undersökning An 10*, 120 s.
- Möller, H. & Stålhös, G., 1969a: Geologiska kartbladet Stockholm SV. *Sveriges geologiska undersökning Ae 4*.
- Möller, H. & Stålhös, G., 1969b: Beskrivning till geologiska kartbladet Stockholm SV. *Sveriges geologiska undersökning Ae 4*, 125 s.
- Nordberg, L. & Persson, G., 1979: *Vårt vatten – tillgång, utnyttjande*. LTs förlag, Stockholm, 143 s.
- Nurmi, P.A., Kukkonen, I.T. & Lahermo, P.W., 1998: Geochemistry and origin of saline groundwaters in the Fennoscandian Shield. *Journal of Applied Geochemistry vol. 3*, 185–203.
- Rudqvist, D., 1997: *Hydrogeologisk studie av kloridförening i Uppsalaåsen vid Segersjövattentäkten*, Botkyrka kommun, 65 s.
- Persson, L., 2001: Berggrundskarta 10I Stockholm. *Sveriges geologiska undersökning Ba 60*.
- Socialstyrelsen, 2003: Socialstyrelsens allmänna råd om försiktighetsmått för dricksvatten. *Socialstyrelsens författningssamling, SOSFS 2003:17*, 16 s.
- Stockholm Vatten, Norrvatten, J&W, KTH, VBB Viak, 1996: Storstockholms framtida vattenförsörjning, Undersökning av möjligheterna till konstgjord grundvattenbildning, Etapp 1, 188 s.
- Stålhös, G., 1968a: Stockholmstraktens berggrund. *Sveriges geologiska undersökning Ba 24*.
- Stålhös, G., 1968b: Beskrivning till Stockholmstraktens berggrund. *Sveriges geologiska undersökning Ba 24*, 190 s.
- Vattenfall, 1991: Scientific Summary Report of the Deep Gas Drilling Project in the Siljan Ring Impact Structure. *Swedish State Power Board, U(G) 1991/14*, 257 s.

Konsultutredningar

- AIB, 1990: Utredning angående ökat vattenuttag vid Segersjö vattentäkt i Botkyrka kommun. Konsultrapport.
- AIB, 1992: Vattentillgångar i Botkyrka kommun. Konsultrapport, 35 s.
- Viak, 1985: Geohydrologisk utredning angående förhållandena mellan sjöarna Aspen och Bornsjön, 4 s.
- Viak, 1991: Salem, Söderby gärde, Grundvatten- och sättningsövervakning, 2 s.

Allmän litteratur

- Aastrup, M., Thunholm, B., Johnson, J., Bertills, U. & Berntell, A., 1995: Grundvattnets kemi i Sverige. *Statens naturvårdsverk. Rapport 4415*, 52 s.
- Agerstrand, T., 1973: Praktisk geohydrologi. I P. Brink, T. Cewé, E. Olerud, C. Ramel, H. Sjörs & M. Falkenmark (red.): *Vattenmiljön. Praktisk miljökunskap*. Natur och Kultur, Stockholm, 53–80.
- Andersson, A.C., Andersson, O. & Gustafson, G., 1984: Brunnar: undersökning – dimensionering – borrning – drift. *Byggforskningsrådet R 42: 1984*, 260 s.
- Aven, S (huvudredaktör), 1984: *Handboken bygg, Geoteknik*. Liber förlag, 603 s.
- Bergström, S., 1993: *Sveriges hydrologi – grundläggande hydrologiska förhållanden*. SMHI, Norrköping, 138 s.
- Bertills, U., von Brömssen, U. & Sarr, M., 1989: Försurningsläget i enskilda vattentäkter i Sverige. *Statens naturvårdsverk. Rapport 3567*, 157 s.
- von Brömssen, U., 1968: *Grundvattenbildning i geologiskt olika terrängavsnitt: försök till bestämning av infiltrationskoefficienter*. Särtryck ur: Teknik Metod Analys. Stockholm, 33–110.
- Carlsson, A. & Olsson, T., 1977: Hydraulic properties of Swedish crystalline rocks. *The Bulletin of the Geological Institutions of the University of Uppsala, N.S. 7*, 71–84.
- Carlsson, L., 1970: Metoder för praktisk bestämning av grundvattnets strömningshastighet. *Chalmers tekniska högskola, Inst. för vattenförsörjnings- och avloppsteknik. Serie B 70:1*. Göteborg, 113 s.
- Carlsson, L. & Carlstedt, A., 1977: Estimation of transmissivity and permeability in Swedish bedrocks. *Nordic Hydrology 8*, 103–116.
- Carlsson, L. & Gustafsson, G., 1984: Provpumpning som geohydrologisk undersökningsmetodik. *Byggforskningsrådet R 41: 1984*, 124 s.
- De Geer, J., 1970: Några hydrogeologiska synpunkter på jordtäckets akviferer främst åsarnas. I E. Eriksson, Y. Gustafsson & K. Nilsson (red.) *Grundvatten*. Norstedt & Söner förlag, Stockholm, 82–109.
- Djurberg, H., 1990: Grundvattenvärme, utvärdering Ekerö. *Byggforskningsrådet, Rapport R56:1990*, 56 s.
- Dressie, Z., 1987: Recharge and soil water studies using different models and methods. *Uppsala universitet. Naturgeografiska institutionen. Avdelningen för Hydrologi. Report Series A, Nos 2 and 39*, 93 s.
- Engqvist, P., Olsson, T. & Svensson, T., 1978: Pumping and recovery tests in wells sunk in till. *Nordic Hydrological Conference and Second Nordic IHP meeting, Hanasaari, 1978, Papers of workshops*. Helsinki, 42–51.
- Fredén, C. (red.), 2002: *Berg och jord*. Sveriges Nationalatlas. Tredje uppl., 208 s.
- Frycklund, C., Jacks, G., Johansson, P.-O. & Lekander, K., 1994: Konstgjord grundvattenbildning – Processtudier vid inducerad infiltration och bassänginfiltration. *VAV. VA-forsks rapportserie 1994–08*, 55 s.
- Granberg, G., 1934: Den kalendärt fixerade källdrickningen. *Folkminnen och folktankar 21*, 20–34, 56–75.
- Grip, H. & Rodhe, A., 1988: *Vattnets väg från regn till bäck*. Hallgren & Fallgren Studieförlag AB. Uppsala, 155 s.
- Gustafson, G., 1974: A method of calculating the hydraulic properties of esker aquifers. *Nordic Hydrologic Conference, Aalborg 1974*, 525–543.
- Gustafson, G., 1976: A method of calculating the hydraulic properties of leaky esker-aquifer systems. Nordic Hydrologic Conference, Reykjavik 1976, IV 47–64. Även i: *Nordic Hydrology 8*, 1977, 65–82.
- Gustafsson, Y., 1970: Topografins inverkan på grundvattenbildningen. I E. Eriksson, Y. Gustafsson & K. Nilsson (red.) *Grundvatten*. Norstedt & Söner förlag, Stockholm, 15–33.
- Hanson, G., 2000: Konstgjord grundvattenbildning, 100-årig teknik inom svensk dricksvattenförsörjning. *VA-forsk rapport 2000–5*, 204 s.

- Hult, A., 1991: *Källan till vattnet*. Anders Hult & Gidlunds Bokförlag, Värnamo, 197 s.
- Johansson, P.-O., 1987: Methods for estimation of direct natural groundwater recharge in humid climates – with examples from sandy till aquifers in southern Sweden. *Kungl. tekniska högskolan, Institutionen för kulturteknik, Meddelande TRITA-KUT 1045*, 19 s.
- Johansson, P.-O., 1987: Spring discharge and aquifer characteristics in a sandy till area in southeastern Sweden. *Nordic Hydrology 18*, 203–220.
- Knutsson, G. & Morfeldt, C.-O., 1993: *Grundvatten, teori och tillämpning*. AB Svensk Byggtjänst, Solna, 304 s.
- Larsson, I., 1972: Groundwater in granite rocks and tectonic models. *Nordic Hydrology 3*, 111–129.
- Larsson, I., 1977: Torra och vattenrika bergartstyper i svenskt urberg. *Vatten 33.2*, 96–101.
- Lerner, D.N., Issar, A.S. & Simmers, I., 1990: *Groundwater recharge. A guide to understanding and estimating natural recharge*. Internat. Assoc. of Hydrogeologists. Hannover, Heise, 345 s.
- Lindén, A., Melin, O. & Mellander, H., 1983: *Områden med anomal radioaktiv värmeproduktion i södra och mellersta Sverige*. Energiforskningsnämnden. Långsiktig energitillförsselforskning, 72 s.
- Lindman, E.-K. & Mattson, E., 1982: *Försurningens inverkan på korrosionen i vattenledningar av koppar*. Korrosionsinstitutet. Stockholm, 79 s.
- Lindström, M., Lundqvist, J. & Lundqvist, T., 1991: *Sveriges geologi från urtid till nutid*. Studentlitteratur Lund, 398 s.
- Maxe, L. (red.), 1995: Effects of acidification on groundwater in Sweden. *Swedish Environmental Protection Agency. Report 4388*, 166 s.
- Naturvårdsverket, 1999: Bedömningsgrunder för miljö kvalitet, Grundvatten. *Rapport 4915*, 140 s.
- Nordic Hydrological Programme, 1994: Salt groundwater in the Nordic countries. *NHP rapport 35*, 153 s.
- Pousette, J., 1994: Shallow groundwater in Sweden – a vulnerable resource. *Water Down Under '94, Preprints of Papers, Volume 2 – Part B*, 723–726. IEAust, Barton, Australia.
- Raab, B. & Vedin, H. (temaredaktörer), 1994: *Klimat, sjöar och vattendrag*. Sveriges Nationalatlas. Första uppl., 176 s.
- Rodhe, A., 1987: The origin of streamwater traced by oxygen-18. Report Series A, No 41, Division of Hydrology, Uppsala University, 260 s.
- Samuelsson, M., 1983: Ytligt grundvatten – kemi och omsättning. En studie av källor i skogsmark. *Kungliga tekniska högskolan. Institutionen för kulturteknik. Meddelande TRITA-KUT 3023*, 54 s.
- Sandberg, B., 1982: *Korrosion på markförlagda konstruktioner – påverkan av markförsurning*. Korrosionsinstitutet, Stockholm, 36 s.
- Saxena, R. & Dressie, Z., 1983: Estimation of groundwater recharge and moisture movement in sandy formations by tracing natural O-18 and injected tritium profiles in the unsaturated zone. I: *Isotope hydrology (Proceedings of Symposium in Vienna, 1983)*, IAEA, Vienna, 139–150.
- SGU, 1994: Grundvattnet i Sverige. *Sveriges geologiska undersökning A17*, 20 s.
- Statens livsmedelsverk & Sveriges geologiska undersökning, 1992: *Ditt viktigaste livsmedel, Information om brunnar och grundvatten från Sveriges geologiska undersökning och Statens livsmedelsverk*. Informationsbroschyr, 11 s.
- Statens offentliga utredningar, 1994: Reglering av vattenuttag ur enskilda brunnar. Delbetänkande av Grundvattenutredningen. *SOU 1994:97*, 130 s.
- Sundlöf, B. & Kronqvist, L., 1992: Konstgjord grundvattenbildning. *Va-forsks rapportserie 1992–13*, 53 s.
- Svenska vatten- och avloppsföreningen, 1997: Skydd av vattentäkter. *Meddelanden, VAV M98*, 57 s.
- Tekniska nomenklaturcentralen, 1970: Vattenordlista 2. *TNC 45*. Uppsala, 77 s.
- Tekniska nomenklaturcentralen, 1988: Geologisk ordlista. *TNC 86*. Stockholm, 482 s.
- UNESCO, 1983: International legend for hydrogeological maps. UNESCO, Paris, 51 s.
- Wahren, H. (Projektleddare), 1997: Riskhandbok för dricksvattenförsörjning. Livsmedelsverket 1997, 197 s.
- Winqvist, G., 1953: Groundwater in Swedish Eskers. *Kungliga tekniska högskolans handlingar 61*, 91 s.

SGUs Rapporter och meddelanden, valda exempel

Nr

8. Skånes större grundvattentillgångar. 1977.
9. Grundvattentillgångar i Sverige. 1977.
10. Vattnet och bebyggelsen. 1978.
12. Sammanställning av hydrogeologiska data från Kristianstadsslätten. (Med hydrogeologisk karta i skala 1:100 000 samt sex planscher). 1979
17. Modell för simulering av utbytesförlopp i ett sand–bentonitskikt. 1980.
21. Groundwater-level fluctuations as a measure of the effective porosity and groundwater recharge. 1980.
27. Intruded and relict groundwater of marine origin. SWIM -81. 1981.
30. Radon – geological aspects of an environmental problem. 1982.
37. Geokemisk kartering. 1984.
39. Salt grundvatten i Sverige. 1985.
42. Geokemisk kartering. Bäcktorv. 1985.
43. Grundvattennätet. Svenskt vattenarkiv. 1985.
44. Grundvattenkvalitet. Svenskt vattenarkiv. 1985.
57. Karbonat i jord. Del 4. Försurning i äldre sedimentlagerföljder med anknytning till och i jämförelse med nutid. 1990.
75. Biogeokemiska kartan 8–10, G–J och 11–12, H–J. Tungmetaller i bäckvattenväxter. 1993.
81. Markgeokemiska kartan 7–9, D–H. (Kartor med beskrivning över ett tjugotal huvudelement och spårämnen.) 1995.
86. Miljögeologi. Kartor för samhällsplanerare och miljövårdare. Exempel från Mittnordenområdet. 1996.
87. 14th Salt Water Intrusion Meeting, Malmö, SWIM -96. 1996.
99. Grundvattnets tillstånd i Sverige. Årsskrift från miljöövervakningen 1999.
114. Fördjupad utvärdering 2003, Grundvatten av god kvalitet
115. Identifiering av geologiska formationer av nationell betydelse för vattenförsörjningen.

Grundvattenkartor

SGU serie Ag, grundvattenkartor i skala 1:50 000

Nr

1. Örebro SV
2. Örebro NO
3. Örebro NV
4. Trelleborg NV/Malmö SV
5. Örebro SO
6. Trelleborg NO/Malmö SO
7. Norrköping NV
8. Eskilstuna NO
9. Linköping NO
10. Östergötlands sedimentära berggrund (skala 1:100 000)
11. Eskilstuna NV
12. Köping NO
13. Malmö NV
14. Helsingborg SV
15. Höganäs NO/Helsingborg NV

SGU serie Ah, grundvattenkartor, län, i skala 1:250 000

Nr

1. Kalmar län
2. Västmanlands län
3. Gotlands län
4. Blekinge län
5. Uppsala län
6. Stockholms län
7. Södermanlands län
8. Hallands län
9. Skaraborgs län
10. Kronobergs län
11. Jönköpings län
12. Göteborgs och Bohus län
13. Älvsborgs län
14. Östergötlands län
15. Skåne län
16. Gävleborgs län
17. Grundvattnet i Sverige (skala 1:1 miljon)
18. Dalarnas län
19. Värmlands län
20. Örebro län
21. Jämtlands län)
22. Västerbottens län
23. Västernorrlands län
24. Norrbottens län

SGU serie An

Digitala grundvattenkartor med beskrivning, kommuner, i skala 1:50 000, (finns även som databas).

- | | |
|--------|-------------------|
| Nr. 2 | Hässleholm |
| Nr. 3 | Strängnäs |
| Nr. 4 | Upplands-Bro |
| Nr. 6 | Söderhamn |
| Nr. 7 | Katrineholm |
| Nr. 8 | Karlstad |
| Nr. 9 | Laxå |
| Nr. 10 | Norrköping |
| Nr. 11 | Linköping (karta) |
| Nr. 12 | Nynäshamn |
| Nr. 13 | Bollnäs |
| Nr. 14 | Höganäs |

SGU serie K

Digitala grundvattenkartor med beskrivning, kommuner, i skala 1:50 000 (finns även som databas)

- | | |
|-----|------------------------|
| K44 | Umeå |
| K49 | Västerås-Hallstahammar |

K50	Kristinehamn
K62	Örkelljunga
K63	Mölndal
K69	Sigtuna (karta)
K 78	Ekerö
K82	Halmstad (karta)
K83	Köping
K88	Eskilstuna–Kungsör (karta)
K89	Helsingborg (karta)
K90	Båstad (karta)
K91	Heby (karta)
K92	Botkyrka
K102	Kävlinge (karta)
K104	Landskrona (karta)

Dessutom finns följande kartdatabaser tillgängliga:

Alingsås	Kumla	Staffanstorp
Burlöv	Laholm	Stockholm
Enköping	Lerum	Södertälje
Göteborg	Lomma	Uddevalla
Haninge	Lund	Vårgårda
Håbo	Malmö	Åstorp
Härryda	Norrtälje	Ängelholm
Klippan	Partille	Örebro

