

An 12

Beskrivning till kartan

Grundvattenförekomster i Nynäshamns kommun

Carl-Fredrik Müllern



SGU

Sveriges geologiska undersökning

2007

Beskrivning till kartan

**Grundvattenförekomster i
Nynäshamns kommun**

Carl-Fredrik Müllern

ISSN 1402-4195
ISBN 978-91-7158-626-1

För mer detaljerad information om jordarter och berggrund hänvisas till SGUs 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: Gorran, den stora källan i Sorunda, har ett ständigt flöde av drygt 2 miljoner liter per dygn. Foto: Carl-Fredrik Müllern.

© Sveriges geologiska undersökning 2007

Layout: Kerstin Finn, SGU

FÖRORD

Kartan över grundvattenförekomster i Nynäshamns kommun är den tolfte i en serie kommuninriktade grundvattenkartor, serie An, som framställs av Sveriges geologiska undersökning, SGU. Kartan är framtagen i nära samarbete med kommunens Miljö- och hälsoskyddskontor, och är avsedd att i första hand komma till användning i den kommunala verksamheten. Den kan givetvis komma till användning även i andra, grundvattenrelaterade sammanhang.

Kartan är speciellt anpassad för att utgöra ett av de nödvändiga beslutsunderlag som krävs i samband med kommunal planering enligt miljöbalken, PBL och Agenda 21 för t.ex. markanvändning, vattenförsörjning, grundvattenskydd samt grundvattenrelaterade tillstånds- och tillsynsfrågor.

Den föreliggande kartan över grundvattenförekomster i Nynäshamns kommun är digitalt framställd. Informationen är inlagrad i en databas med en noggrannhet som huvudsakligen är avsedd att passa en framställning 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 kartskalan.

Bedömningarna av grundvattentillgångarna i de kvartära avlagringarna, i första hand sand- och grusavlagringarna, har grundats på de hydrogeologiska fältarbeten som utförts inom ramen för SGUs grundvattenundersökningar i Nynäshamns kommun. Dessa har innefattat geofysiska mätningar med georadar, seismik och geoelektrik samt sonderingsborrningar med drivning av observationsrör. Utgångspunkt för arbetena har varit den hydrogeologiska översiktskartan över Stockholms län i skala 1:250 000, SGU serie Ah nr 6, vilken är en syntes av äldre grundvattenundersökningar och utredningar.

De undersökningar som utförts för kartläggningen av grundvattentillgångarna i Nynäshamns kommun har givetvis lett till nya insikter om grundvattenförhållandena, varför kommunkartan i flera avseenden skiljer sig från länskartan. Det gäller t.ex. grundvattnets strömningsriktningar, torra åsavsnitt, källor m.m. Arbetena med den nya kartan har även inneburit en avsevärt säkrare kvantifiering av grundvattentillgångarna och grundvattenmagasinen genom bl.a. de geofysiska mätningarna och borrningarna, varvid grundvattenmagasinens faktiska storlek uppmätts.

Textbidrag har lämnats av Bo Thunholm: grundvattennivåer och grundvattnets kemi i allmänhet; Bo Wällberg: metodbeskrivningar – georadar och seismik; Leif Eriksson: metodbeskrivning – elektriska motståndsmätningar; Magnus Åsman: metodbeskrivningar – kriging och variogramanalys samt kartorna över kemiska parametrar. Beskrivningen har sammanställts av Magdalena Thorsbrink och Åsa Gierup. Det digitala arbetet har letts av Magnus Åsman.

Kartläggningen genomfördes 1997–1998. De geofysiska arbetena har letts av Bo Wällberg och borrningarna av Roger Smedberg. I fältarbetena medverkade Barbro Aastrup, Eva Elsmark, Leif Eriksson, Jonas Gierup, Sven-Eric Gradstock, Göran Risberg, Sune Rurling och Leif Särnblad.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD	5
SAMMANFATTNING	8
Utförda arbeten	8
Resultat och slutsatser	9
FOTOGRAFIER FRÅN UNDERSÖKNINGARNA	12
GRUNDVATTENTILLGÅNGAR	23
Allmänna förutsättningar	23
Naturresursen grundvatten	23
Vattnets kretslopp	24
Grundvattnet i och intill en grusås	25
Grundvattenbildning	26
Tidsmässiga variationer i grundvattennivå	26
Årstidsvariationer	27
Dricksvatten	29
Inducerad infiltration	29
Konstgjort grundvatten	31
Översiktlig beskrivning av grundvattentillgångarna i Nynäshamns kommun	32
Grundvatten i jordlagren	32
Grundvatten i berggrunden	33
Större sprickzoner	35
Georadar- och seismiska profiler tolkade med avseende på grundvattenförhållanden	38
Grundvattentillgångar vid Fullbromalm	39
Översikt	39
Grundvattenmagasinet vid Snickartorp	39
Grundvattenmagasinet vid Söderängstorp	42
Grundvattenmagasinet vid Frölunda	42
Grundvattentillgångar i Tullingestråket	45
Översikt	45
Grundvattendelaren nordöst om Grindsjön	47
Grundvattendelaren norr om Fagersjön	49
Grundvattenförhållanden vid Fagersjön	51
Grundvattenförhållanden vid Sorunda	53
Grundvattentillgångar vid Muskan, Älby och Berga	54
Grundvattentillgångar vid Ören och Järflotta	58
GRUNDVATTNETS KEMI	61
Grundvattnets kemi i allmänhet	61
Grundvattnets kemi i Nynäshamnstrakten	61
Klorid	64
Kemiska analyser på grundvattnet i källor och i observationsrör	64
SALT GRUNDVATTEN OCH MOTÅTGÄRDER	65
Förekomsten av salt grundvatten	65
Salt grundvatten i Nynäshamns kommun	67
Åtgärder mot salt grundvatten	72

GRUNDVATTNETS SÅRBARHET	74
Allmänt om grundvattnets sårbarhet	74
Grundvattenpåverkan	74
Konsekvens- och riskanalys	74
Skydd av grundvattnet	75
Grundvattnets strömningsriktning	75
Utsläpp av miljöfarliga ämnen	76
 METODBESKRIVNINGAR	 77
Georadar	77
Geologiska förutsättningar	77
Tillämpningsområden	77
Seismik	77
Grundläggande principer	77
Mätförfarande	78
Geologiska förutsättningar	78
Tillämpningsområden	79
Elektriska motståndsmätningar	80
Kriging och variogramanalys	82
 DOKUMENTATION AV GEOFYSISKA MÄTNINGAR, BORRNINGAR, KÄLLOR OCH KEMISKA ANALYSER	 84
Geofysiska mätningar	84
Utförda borrhningar (serierna SGU 97 och 98) samt inventerade borrningar med uppgifter på lagerföljd	85
Äldre sonderingsborrningar utförda i samband med SGUs jordartskartering	90
Inventerade och avvägda brunnar och observationsrör	91
Kemiska analyser av grundvatten från källor och observationsrör	92
 DATABASSTRUKTUR	 93
 LITTERATUR OCH GRUNDVATTENKARTOR	 94
Litteratur	94
Ej tryckta utredningar	97
SGUs Rapporter och meddelanden, valda exempel	99
Grundvattenkartor	99
SGU serie Ag, grundvattenkartor i skala 1:50 000	99
SGU serie Ah, grundvattenkartor, län, i skala 1:250 000	100
SGU serie An	100
SGU serie K	101

SAMMANFATTNING

Utförda arbeten

De arbeten som genomförts i samband med kartläggningen av grundvattentillgångarna i Nynäshamns kommun har utförts med delfinansiering av, och i samråd med kommunen.

Figur 1 visar en principbild av hur det kan se ut på djupet i en sand- och grusavlagring. De arbeten som genomförts i detta sammanhang har huvudsakligen syftat till att utreda frågor om grundvattenmagasinens storlek och grundvattnets strömningsriktningar. För att utreda sådana frågor är det av största vikt att ta reda på hur berggrundsytan ser ut under sand- och grusmaterialet. Höga berglägen innebär små eller inga grundvattenmagasin. Höga berglägen kan också innebära grundvattendelare. Låga berglägen medger stora grundvattenmagasin och så vidare.

I områden med höga berglägen kan vissa grundvattenytor representera helt isolerade, mer eller mindre obetydliga hållkar. Nivån på sådana grundvattenytor faller ofta helt utanför ramen för vad som är rimliga gradienter för sammanhängande grundvattenytor i sand- och gruslager.

Arbetet har haft sin utgångspunkt i SGUs jordarts- och berggrundskartor samt grundvattenkartan över Stockholms län och har sedan, sammanfattningsvis, bestått av följande moment:

- Genomgång av äldre utredningar och arkivmaterial.
- Inventering av 88 brunnar och äldre observationsrör, varav 50 har avvägts.
- Inventering av kända källor samt uppletande av ytterligare källor.
- Georadarmätningar i 29 profiler med en sammanlagd längd av 8 010 m.
- Seismiska mätningar i 12 profiler med en sammanlagd längd av 3 530 m.
- Avvägning av georadar- och seismiska profiler.
- Sonderingsborrningar och drivning av observationsrör på 16 platser med en sammanlagd längd av 430,3 m.
- Provtagning av grundvattnet i 1 observationsrör och i 3 källor för kemisk analys.
- Inlagring i databaser av:
 - brunnsdata
 - georadar- och seismiska data, även äldre
 - borrhingsdata, även äldre grundvattennivådata
 - grundvattenkemiska data
- Upprättande av kartdatabaser över:
 - grundvattentillgångar i berggrunden
 - grundvattentillgångar i jordlagren
 - större sprickzoner i berggrunden
 - strykings- och stupningsvärden på berggrundsstrukturer
 - grundvattnets strömningsriktningar
 - källor
- Sammanställning av dessa databaser med LMVs digitala topografiska karta (T5) till en karta över grundvattenförekomster i Nynäshamns kommun och en saltriskskarta.
- Sammanställning av föreliggande beskrivning.

Brunns- och källinventeringar har utförts i anslutning till de två större åsarna, Uppsalaåsen och Tullingestråket, samt längs stråket med isälvsavlagringar mellan Muskan och Nynäshamn. De geofysiska mätningarna, sonderingsborrningarna och observationsrördrivningarna har i regel genomförts på ställen som varit viktiga för att utreda grundvattnets strömningsmönster och lägen för grundvattendelare etc.

Grundvattenprover har tagits, och analyserats kemiskt, i sådana delar av sand- och grusavlagringarna som i dag inte utnyttjas, men som med avseende på deras potential skulle kunna utnyttjas i framtiden.

Grundvattennivåerna som anges på kartan över grundvattenförekomster i Nynäshamns kommun och i beskrivningen är uppmätta vid ett gemensamt tillfälle, kring månadsskiftet maj–juni 1998.

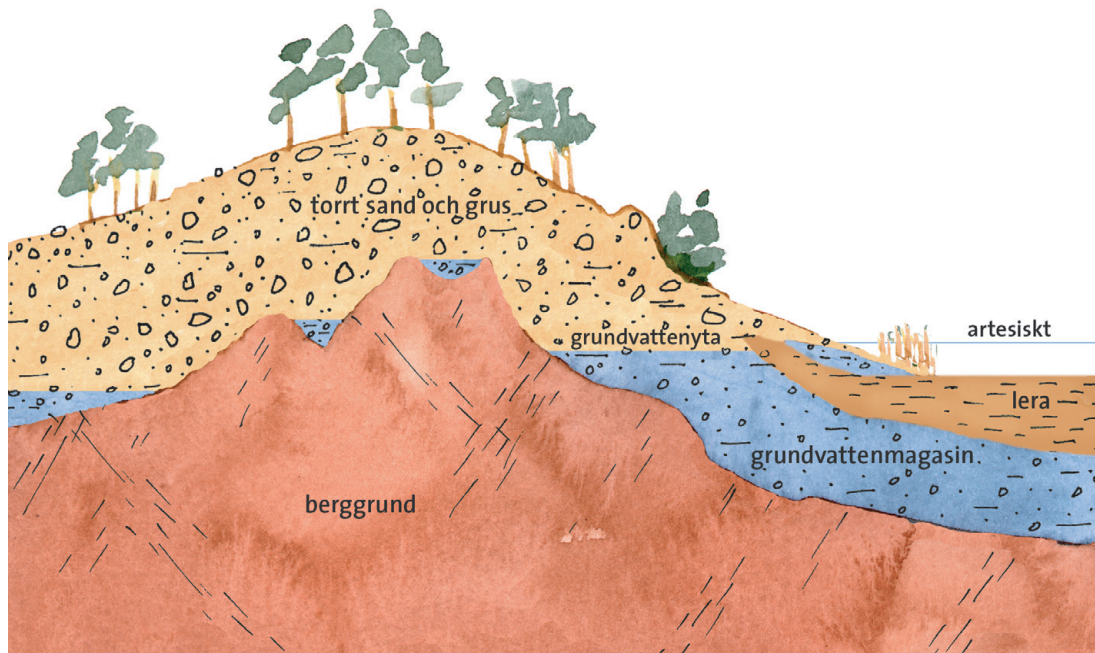


Fig. 1. Principbild av höga och låga berglägen – stora och små grundvattenmagasin i en grusavlagring. Lägga märke till hållkaren, de små grundvattensamlingarna, där bergläget är som högst.

Nivåerna är angivna i höjdsystemet RH 00 och tillhör med få undantag det primära åsmaterialets grundvattenmagasin. Angivna nivåkurvor och strömningsriktningar tillhör alltid det primära åsmaterialets grundvattenmagasin.

Resultat och slutsatser

De hydrogeologiska och geofysiska undersökningar som utförts inom ramen för SGUs grundvattenkartering har i första hand inriktats på de grundvattenförekomster som bedömts vara störst och som inte redan nu utnyttjas.

Kartan, figur 2, visar lägen för de största grundvattentillgångarna i Nynäshamns kommun. Inom ramen för denna grundvattenkartläggning har i första hand Fullbromalm och isälvsavlagringen mellan Sorunda och Grindsjön undersökts närmare, huvudsakligen med geofysiska mätningar och borrhinar.

Det kan i detta sammanhang nämnas att en grundvattentillgång kan utnyttjas på andra sätt än genom förbrukning och bortledning av vattnet. Större grundvattenförekomster i genomsläppliga sand- och gruslager kan t.ex. utnyttjas för kylning sommartid och uppvärmning vintertid. Detta åstadkoms då med en kombination av uttagsbrunnar och infiltrationsbrunnar, så att inget nettouttag av grundvatten sker, och därmed inte heller några stora grundvattensänkningar.

Som slutsats beträffande grundvattentillgångarna kan sägas att:

- Grundvattenförekomsten vid Gorran framstår som den största. Källan på platsen flödar med ca 25 liter per sekund och för närvarande uttas omkring fem liter per sekund ur en brunn för Sorundas vattenförsörjning; sammanlagt således ca 30 l/s. Här har också provpumpningar genomförts tidigare, vilka pekar mot en total potential på grundvattentillgångarna som är ytterligare något tiotal liter per sekund större. Som alternativ vattentäkt för Nynäshamns vattenförsörjning är detta kanske inte tillräckligt, men man kan bedöma att förutsättningarna är goda att avsevärt förstärka grundvattentillgången med konstgjord grundvattenbildning, sannolikt till mer än 100 l/s.

- Vid Grödbby torde grundvattentillgången vara mellan 5 och 8 l/s. Den bild av grundvattnets strömning som nu framkommit visar att om allt detta skulle tas ut vid Grödbby så skulle en del – kanske hälften – undandras från tillflödet till Gorran.
- Vid Grindsjön är grundvattentillgången av storleksordningen 10 l/s. Här föreligger vissa möjligheter till inducerad grundvattenbildning från Grindsjön. Sjöns tillrinningsområde är emellertid inte så stort, men kanske skulle det totala grundvattenuttaget kunna bli av storleksordningen 25 l/s.
- Området vid Fullbromalm har visat sig vara förhållandevis komplicerat, med flera grundvattendelare och en grundvattenavrinning åt tre håll: norrut med uppskattningsvis drygt 15 l/s, västerut med 12 l/s och söderut med ca 10 l/s. Totalt mellan 35 och 40 l/s. Vid större grundvattenuttag i den norra och i den västra delen föreligger viss risk att dra in salt vatten från Kaggfjärden respektive Mörkarfjärden.

Förutsättningarna för konstgjord grundvattenbildning torde i första hand begränsas av tillgången till användbart ytvatten.

- Grundvattenförekomsterna i norra änden av Muskan är av storleksordningen 25 l/s. Ett så stort uttag på detta ställe skulle då innebära att kanske huvuddelen av denna mängd utgörs av från sjön inducerat vatten.
- Viss inducering av sjövattnet förekommer även vid grundvattenuttag i södra änden av Muskan, men försök har visat att det inte sker i någon större omfattning. Härtill är jordlagren i sjökanten inte tillräckligt genomsläppliga. På detta ställe kan mellan 5 och 10 l/s tas ut.
- Den naturliga, kontinuerligt uttagbara grundvattentillgången i Älby–Bergaområdet torde totalt vara något mindre än 20 l/s.
- I norra delarna av Nynäshamns tätort förekommer förhållandevis mäktiga gruslager under lera. Nybildningen av grundvatten till dessa torde endast vara några få liter per sekund. Uttagsmöjligheterna är därför ganska begränsade. Dessutom skulle naturligtvis risken för sättningsskador vara mycket stor vid större grundvattenuttag. Grundvattenmagasinet är dock förhållandevis stort, vilket t.ex. skulle kunna medge vissa möjligheter till anläggningar för kylning och uppvärmning i system med uttags- och infiltrationsbrunnar utan bortledande av grundvatten.
- Grundvattenbildningen genom infiltration av nederbördsvattnet till grundvattenmagasinet vid Ören är förhållandevis stor – närmare 15 l/s, men det genomsläppliga grusmaterialet och kontakten med saltsjön gör att endast en bråkdel av grundvattenbildningen kan utnyttjas med konventionella metoder. Nybildat grundvatten rinner snabbt ut i havet. Sannolikt är förhållandena liknande på Järflotta, men där har grundvattenförekomsterna inte undersökts.

Beträffande risken för salt grundvatten har denna undersökning visat att risken primärt är större i låglänta områden än i höglänta. Den är av naturliga skäl stor nära stranden till saltsjön (inom ett avstånd av något hundratal meter). Risken för salt grundvatten är också påtagligt större vid stora grundvattenuttag än vid små. I många fall torde även brunnar intill en väg som saltas riskera förhöjd salthalt.

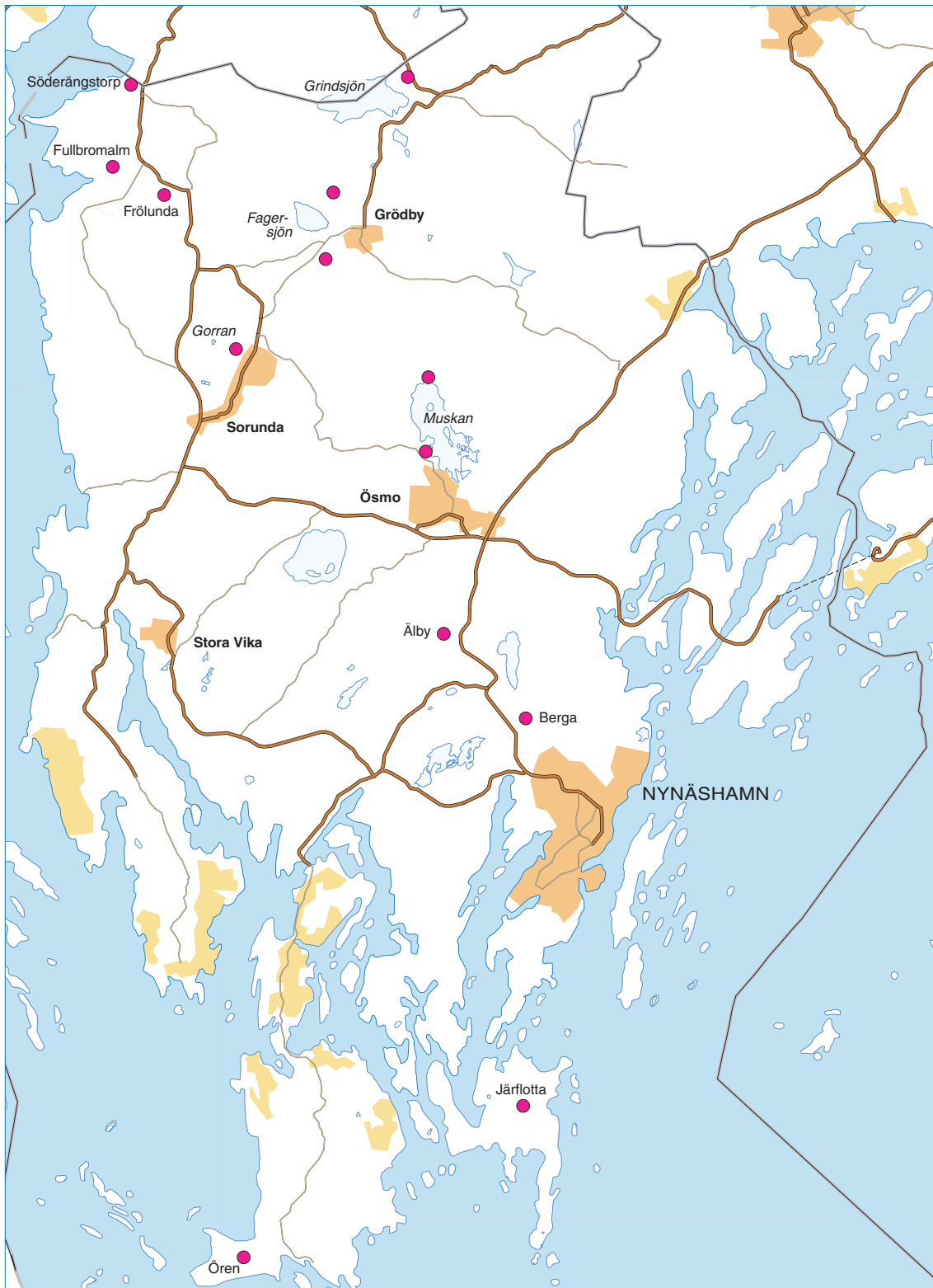


Fig. 2. Större grundvattentillgångar i Nynäshamns kommun.

FOTOGRAFIER FRÅN UNDERSÖKNINGARNA



Fig. 3. Georadarmätningar ger information om lagerstrukturer och grundvattenytor. A och B är antenner för sändning och mottagning, C är styrenhet för datainsamling och D är dator med bildskärm. Jämför med figur 7. Foto: Carl-Fredrik Müllern.



Fig. 4. Vid seismiska mätningar detoneras en mindre dynamitladdning och ljudvågorna som fortplantar sig i marken registreras av geofoner vid A, B och C. D är seismograf som ritar upp och lagrar kurvor för ljudvågornas utbredning. E är GPS-mottagare för positionering. Från undersökningarna vid Vinarträsket, avsnitt 100–200 m i profil S3-98, figur 49. Foto: Carl-Fredrik Müllern.



Fig. 5. Geofysiska profiler avvägs för att erhålla exakta mått på marktytor, jordartsgränser, grundvattenytor och bergtytor. Foto: Carl-Fredrik Müllern.



Fig. 6. När de geofysiska mätningarna avvägts och utvärderats genomförs borrhningar på de mest optimala platserna. Därvid undersöks och provtas sammansättningen på såväl jordlagren som på grundvattnet allt eftersom borrhningen drivs djupare nedåt. Foto: Carl-Fredrik Müllern.

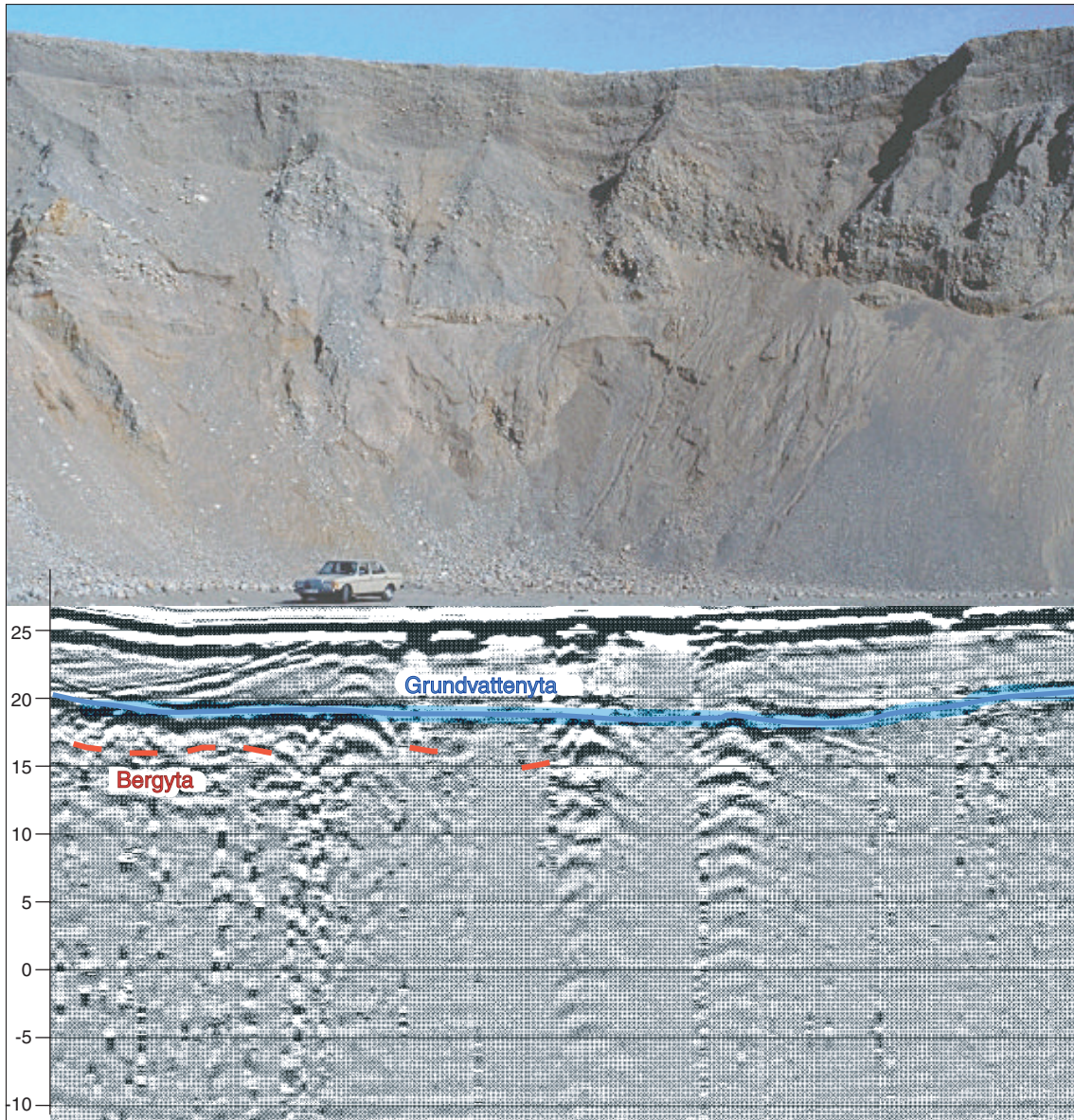


Fig. 7. Sand- och grusavlagringarna vid Sorunda är mycket mäktiga. Från bilen och nedåt finns ytterligare 7 m torrt sand och grus, därunder 10 m vattenmättat sand och grus ovanpå bergytan. Den inmonterade georadar-bilden från mätningarna på platsen visar en mycket tydlig grundvattenyta. Foto: Carl-Fredrik Müllern.



Fig. 8. Vid grustaget i Sorunda förekommer denna vackra växellagring mellan sandiga och grusiga skikt. Alla med mycket hög genomsläpplighet. Foto: Carl-Fredrik Müllern.



Fig. 9. Vissa av lagren i Sorunda grustag är mycket grovkorniga med välrundade rullstenar. Isälven som spolat med sig detta material var tidvis kolossalt strid. En stor del av materialet har transporterats flera hundra kilometer. Fynd av porfyr från Älvdalen i Dalarna är inte ovanliga. Det rödbruna skiktet har färgats av järn, som fällts ut från grundvattnet. Foto: Carl-Fredrik Müllern.

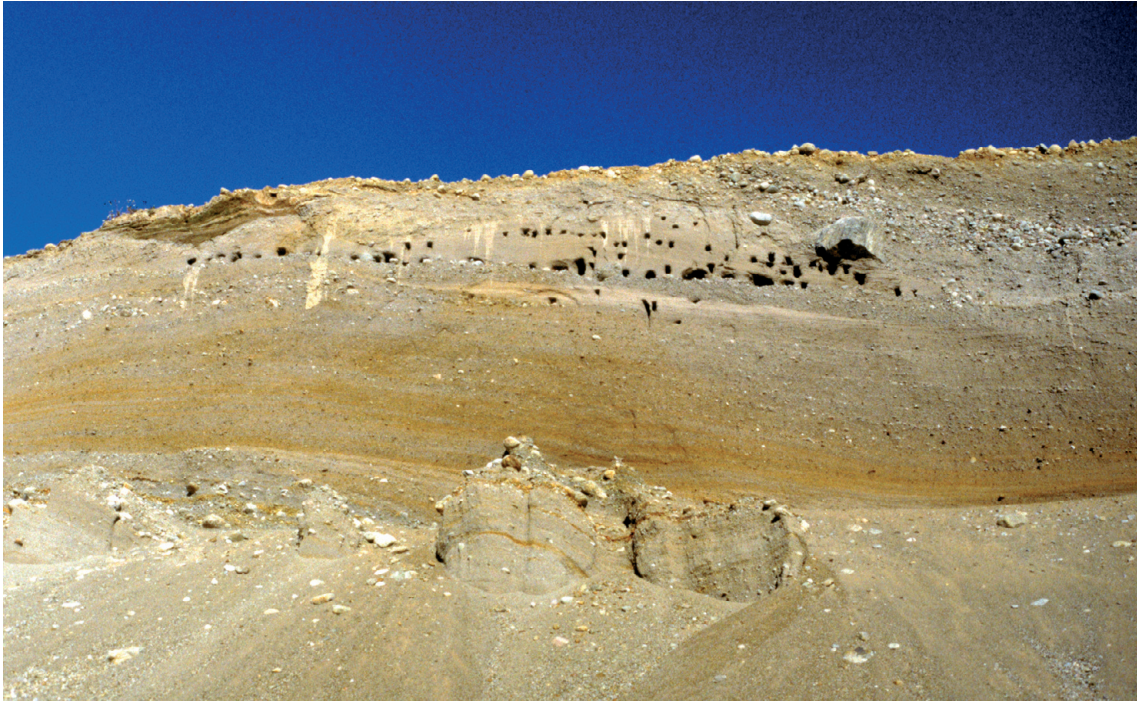


Fig. 10. Vid Trollsta grustag är många lager mycket mäktiga och välsorterade. Vissa har precis den sammansättning som passar för backsvälorna att bygga bo i (sandiga–moiga skikt). Foto: Carl-Fredrik Müllern.



Fig. 11. Gorran, den stora källan i Sorunda, har ett ständigt flöde av drygt 2 miljoner liter per dygn. Foto: Carl-Fredrik Müllern.



Fig. 12. Sammanflödet mellan Gorrans rena, klara källvatten, inkommande från vänster, med Dyåns humusrika, orena vatten inkommande uppifrån i bild. Foto: Carl-Fredrik Müllern.



Fig. 13. Källan vid gården Lilla Ström flödar med ca 6 liter per sekund. Norra delen av Fullbromalm avvattnas dels via denna källa, dels via diffusa källflöden i strandkanten vid Anderstorp. Foto: Carl-Fredrik Müllern.



Fig. 14. Sydvästra delen av Fullbromalmsområdet avvattnas via ett stort antal källor mellan Snickartorp och Moraviken. I den nedre (västra) delen av källområdet förekommer omfattande järnutfällning. Foto: Carl-Fredrik Müllern.



Fig. 15. I den övre (östra) delen av källområdet vid Snickartorp är järnhalten i källvattnet låg. Här förekommer ingen järnutfällning. Vattnet från alla källor samlas till en bäck, vars flöde på den korta vägen ner till saltsjön snabbt växer till totalt drygt 12 liter per sekund. Foto: Carl-Fredrik Müllern.



Fig. 16. Borrbandvagnen tar sig över ett dike intill Vinarträsket. Foto: Carl-Fredrik Müllern.



Fig. 17. Vissa lager vid Enbymalmen och vid grundvattendelaren mellan Fagersjön och Grindsjön var mycket hårt packade och svårborrade. För att underlätta borrhningen användes vattenspolning. Samtidigt som borkronan roteras och slås nedåt spolas vatten ut, vilket löser upp de hårdpackade jordlagren. Foto: Carl-Fredrik Müllern.



Fig. 18. Fotomontage som ger en bild av hur man med borrhinar söker höga och låga berglägen – grundvattendelare och grundvattenmagasin. På sådana ställen under isälvsavlagringens sand och grus, där bergytan ligger högre än grundvattenytan kan man inte ta ut vattnet i brunnar. Vattnet rinner av på bergytan och ner i intilliggande grundvattenmagasin. Foton: Carl-Fredrik Müllern.



Fig. 19. Nynäshamns kommun karaktäriseras av kuperad terräng med djupa vikar som skär långt in i landet och som betingas av stora sprickzoner i berggrunden. Här visas en av de största, Fällnäs viken. Foto: Carl-Fredrik Müllern.



Fig. 20. Ådergnejsomvandlad bergart av sedimentärt ursprung. Detta är den dominerande bergarten i Nynäshamns kommun. Den karaktäriseras av oregelbunden veckning och täta växlingar mellan skikt med olika egenskaper. I sådan berggrund är sprickorna vanligtvis svagt utbildade och med förhållandevis liten vattenföring. Foto: Carl-Fredrik Müllern.



Fig. 21. Hällarna i Nynäshamns kommun är på många ställen rostfärgade av de lättvittrade mineralen svavelkis och magnetkis, vilka också är elektriskt ledande. Foto: Carl-Fredrik Müllern.



Fig. 22. Den kanske största sprickzonen i Nynäshamns kommun ger sig till känna i form av förkastningsbranterna längs Himmerfjärden. Sprickzonens centrala delar ligger ute i vattnet en bit från stranden. Fotografiet är taget från Vårdberget mot Ragnarök. Foto: Carl-Fredrik Müllern.

GRUNDVATTENTILLGÅNGAR

Allmänna förutsättningar

Naturresursen 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. Ytvattenmagasinen – sjöar, floder och mindre vattendrag – innehåller bara en obetydlig del av jordens sötvattenförråd, mindre än en promille. Att det ändå finns stora sötvattensjöar och floder beror på att omsättningstiden i dessa magasin är kort. Stora vattenmängder kan alltså passera genom magasinerna under kort tid.

När nederbördsvatten 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 perkolations. 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 allt ifrån 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 magasinerna. Från vattendelarna strömmar grundvattnet åt motsatta håll. Akviferer och magasin kan också finnas ovanpå varandra, skilda åt av täta eller svåröträngliga 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 tillrinnande 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 isälvsavlagringarna – 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 drygt en miljon människor i vårt land. 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
- 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 ytvatten är källflöden och långsam utströmning av grundvatten på bred front det som bestämmer vattentillgång-en 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 23.

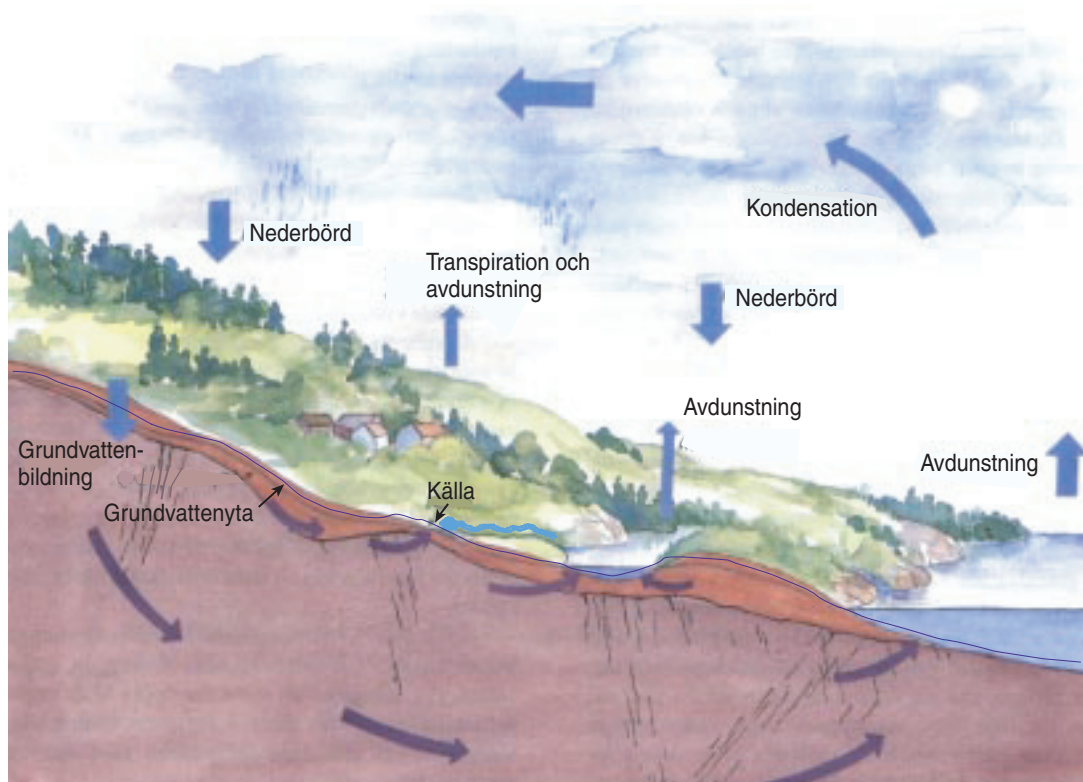


Fig. 23. Vattnets kretslopp. Grundvattnet rinner ut huvudsakligen i botten av bäckar, åar och sjöar samt i källor. Illustration: Elisabet Carlson.

Grundvattnet i och intill en grusås

Figur 24 visar en dalgång med en isälvavlagring – 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 Nynäshamns kommun. 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 självrinnande, artesiska. I andra delar av isälvavlagringen och dess närmaste omgivning kan tryckytan ligga lägre, och då strömmar vatten in mot åsen, den dränerar sin omgivning. Vattentransporten sker sedan vidare i åsens längdriktning.

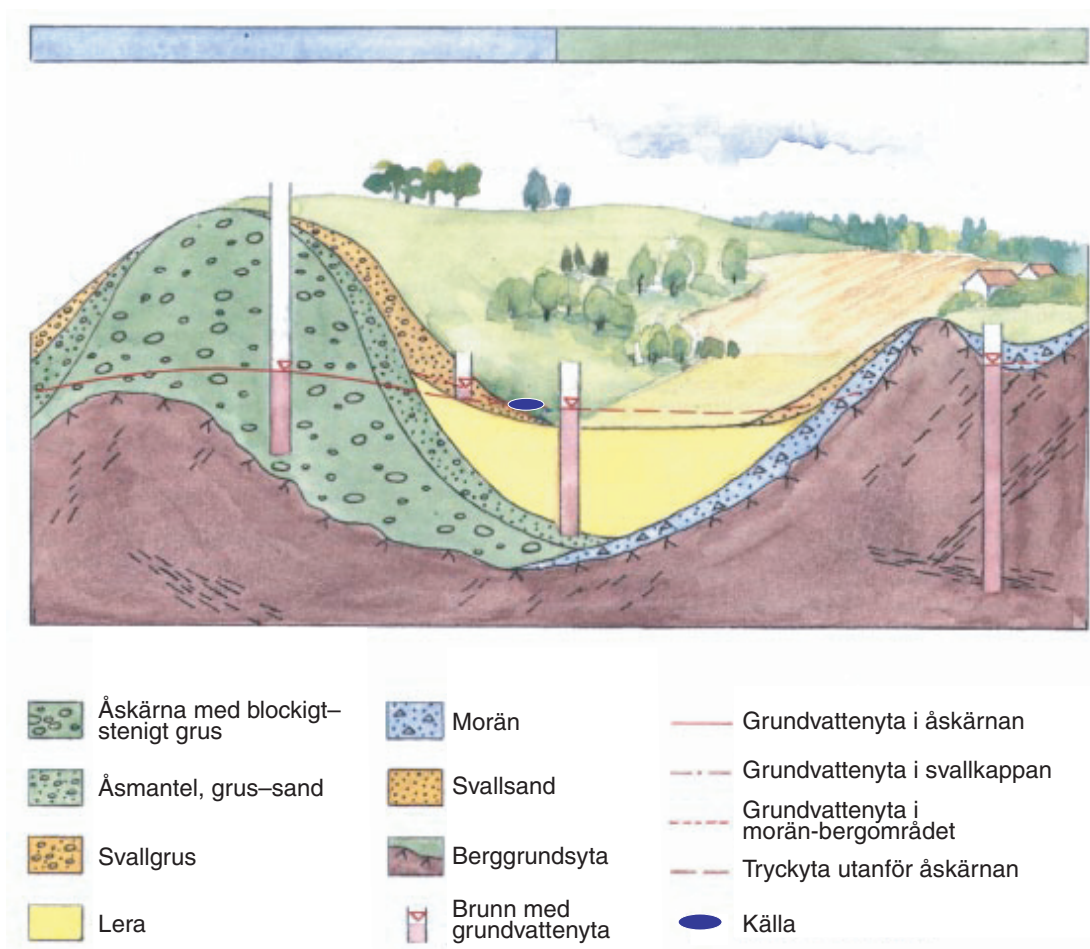


Fig. 24. Principbild på hur grundvattnet uppträder i och intill en grusås. Illustration: Elisabet Carlson.

Grundvattenbildning

För att nytt grundvatten skall 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 månaderna på året. Grundvattennivåerna sjunker och ytavrinning 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 25–28 redovisas information från en av stationerna i SGUs grundvattennät (Haninge, station 56:4) samt beräknad effektiv nederbörd (nederbörd minus avdunstning) enligt SMHI för området som motsvarar kartbladet 101 SO. Stationen är belägen vid Berga och visar grundvattnets nivåvariationer i ett moränlager under lera.

De översta figurerna visar månadsmedelvärden för effektiv nederbörd för perioden 1961–1990 samt grundvattennivåns månadsvisa min-, medel- och maxvärden för perioden 1970–1999. Grundvattennivån är normalt lägst under augusti–september som ett resultat av den relativt låga grundvattenbildningen under sommaren. Stor effektiv nederbörd under mars–april återspeglas i årets högsta medelnivå under april–maj.

I figurerna 27 och 28 redovisas uppmätt grundvattennivå respektive grundvattennivåns avvikelse från månadsmedelvärdet. Mycket låga nivåer uppmättes under 1970–1971, 1989 och 1996. Förutom under 1989 förelåg grundvattenöverskott under större delen av 80-talet.

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. 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.

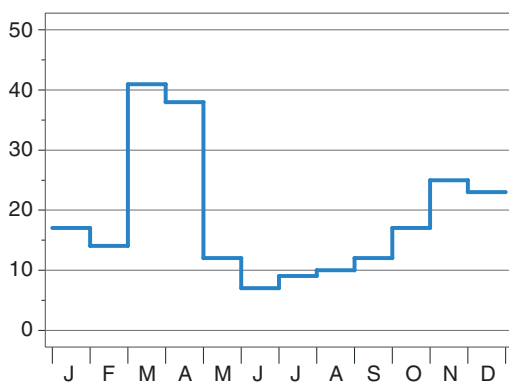


Fig. 25. Effektiv nederbörd (mm/mån.), 30-års medelvärde.

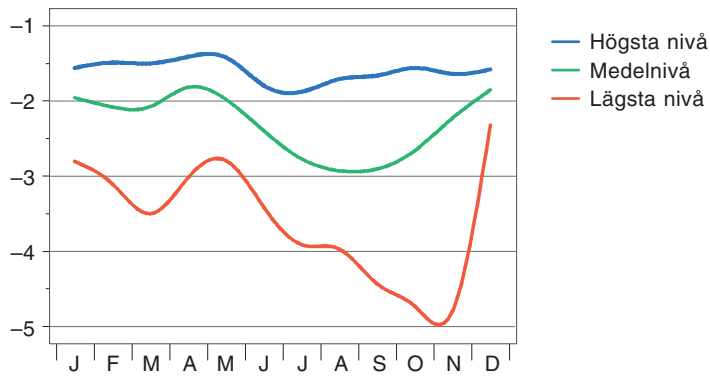


Fig. 26. Grundvattennivåns månadsmedelvärden, meter under markytan.

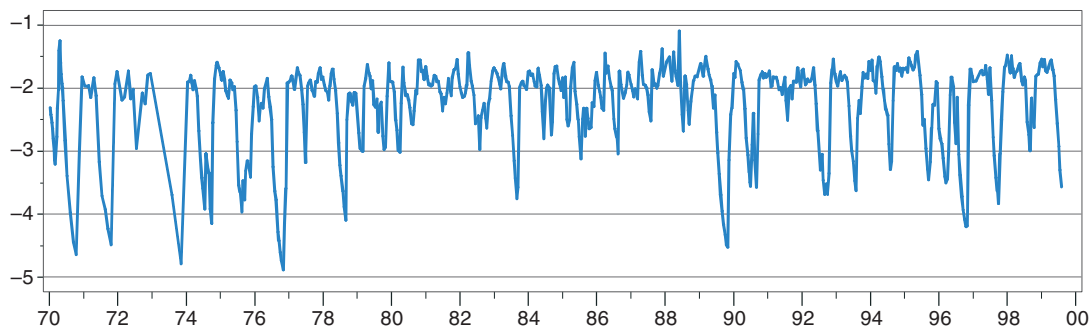


Fig. 27. Grundvattnets nivåvariation 1970–1999.

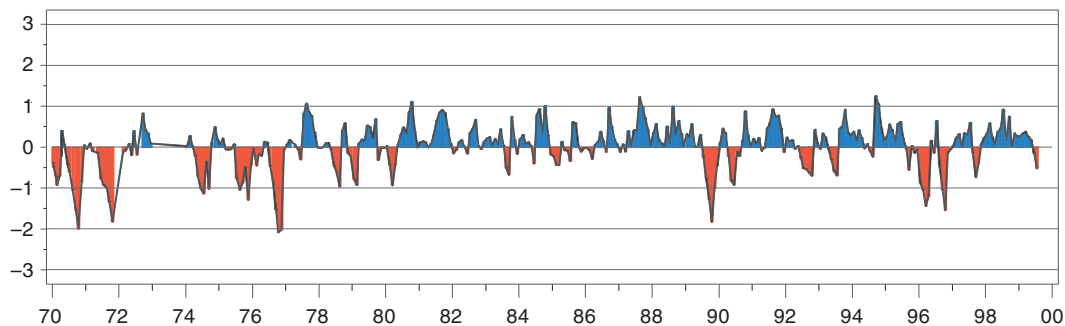
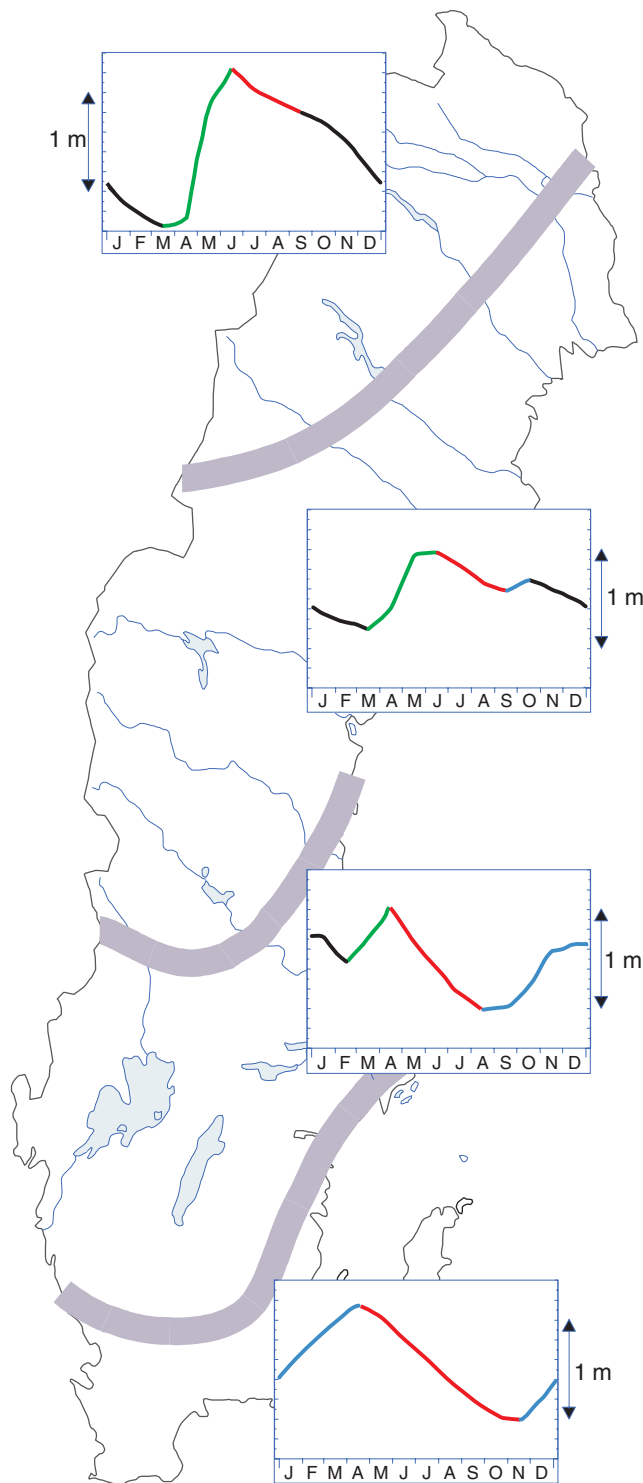


Fig. 28. Grundvattennivåernas avvikelser från månadsmedelvärde i meter, 1970–1999.

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 29 har fyra av SGUs mätstationer valts ut som exempel på de fyra huvudmönster som finns i Sverige. Höjdskalorna är ungefärliga och visar endast storleksordningen på variationerna.



- Vinter, normalt ingen grundvattenbildning
- Snösmältning, grundvattenbildning
- All nederbörd avdunstar normalt
- Nederbörden överstiger avdunstningen

Fig. 29. Grundvattenregimer i Sverige.

Arjeplog

Den huvudsakliga grundvattenbildningen i norra Sveriges inland sker i samband med snösmältningen på senvåren. Grundvattennivåerna stiger snabbt och når sitt maximum på försommaren. Sedan kommer vanligen inget tillskott till grundvattnet, som i stället tappas av. 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 senvintern.

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.

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.

Ett bra dricksvatten skall 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 (2001) som tillämpas från och med 25/12 2003. 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 30.

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.

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 6–7 grader, om inte uttagsmängden är för stor i förhållande till avståndet till sjön så att temperaturen inte hinner stabiliseras.

I Nynäshamns kommun föreligger förutsättningar för inducerad infiltration sannolikt bara vid Grindsjön, där isälvsavlagringen har god kontakt med sjön. Möjligen kan vissa förutsättningar föreligga även vid Fagersjön, vid Grödbby.

Vid Söderängstorp samt på Ören och Järflotta är förhållandena liknande de i figur 30. På dessa ställen är det emellertid saltvatten som kan tränga in från havet, vilket visas med orange markering längs stränderna på grundvattenkartorna.

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/l Pt	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)
Kvicksilver	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

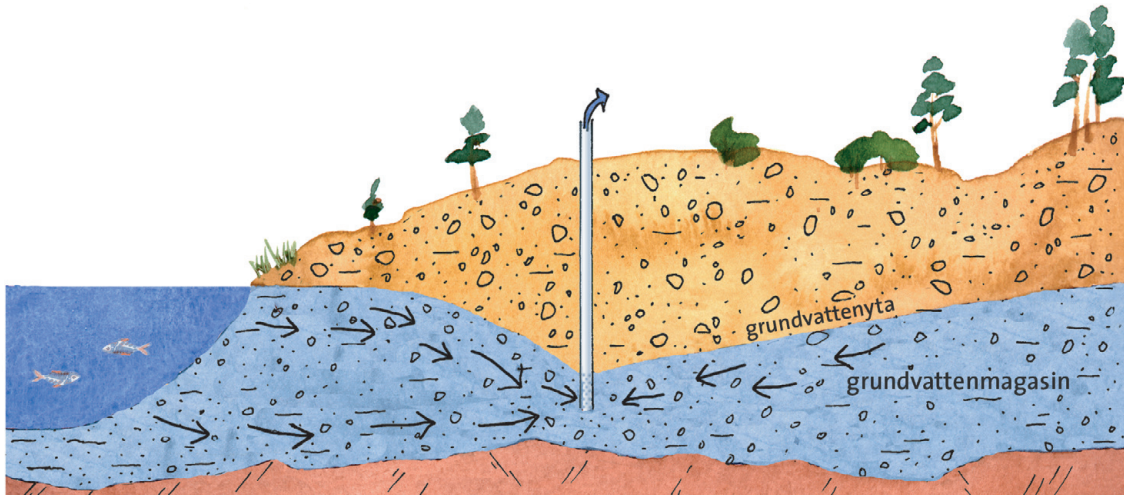


Fig. 30. Principbild på inducerad infiltration. Genom pumpning i brunnan sänks grundvattenytan under sjöns nivå. Därigenom kan sjövattnet infiltrera genom sjöbotten. Vid passagen genom sand- och gruslagren renas sjövattnet.

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. Under vissa förutsättningar kan det då vara möjligt att skapa konstgjord grundvattenbildning.

Vattentillgången i en sand- eller grusavlagring kan 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 m² och dygn.
- Den omättade zonen 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 skall vara så entydig att huvuddelen av det infiltrerade vattnet kan utvinnas.
- För att säkerställa jämn och god grundvattenkvalitet måste grundvattnets uppehållstid i marken vara tillräckligt lång, vilket medför att uttagsbrunnarna måste placeras på ett tillräckligt stort avstånd från infiltrationsläget, minst 14 dygn eller 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 31 visar, med den skillnaden att råvattnet kommer från en grundvattenbrunn i stället för från en sjö.

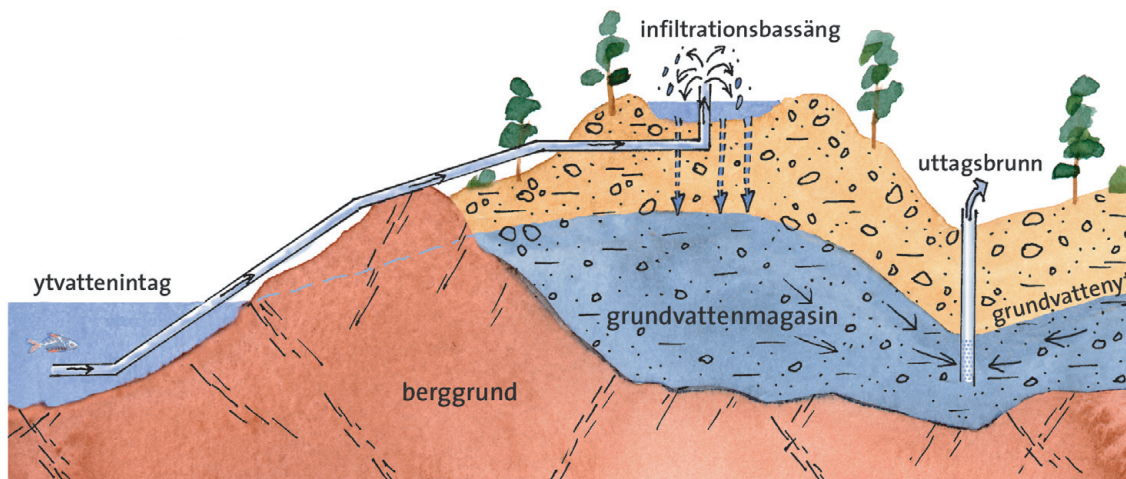


Fig. 31. Principbild på konstgjord grundvattenbildning. Sjövattnen leds till infiltrationsbassänger i en sand- och grusavlagring där den naturliga grundvattenbildningen inte är tillräcklig. Vid passage genom den omättade zonen renas vattnet.

Ett annat användningsätt 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.

De bästa förutsättningarna för konstgjord grundvattenbildning i Nynäshamns kommun torde föreligga i isälvsavlagringen vid Sorunda.

Översiktlig beskrivning av grundvattentillgångarna i Nynäshamns kommun

Grundvatten i jordlagren

I Mellansverige finns de största grundvattentillgångarna i de stora isälvsavlagringarna – rullstensåsar. Inom Nynäshamns kommun finns två större isälvsavlagringar. Den vid Fullbromalm och den som sträcker sig från Sorunda i söder till området norr om Grindsjön och vidare norrut. Här finns också kommunens största grundvattentillgångar.

Utöver dessa två stora bildningar förekommer sand- och grusavlagringar som spridda, mindre förekomster av dåligt sammanhängande isälvsavlagringar, vilka dels uppträder i stråk, vanligen utan utpräglad rygghöjd, dels som s.k. läsidesavlagringar. De senare är små, helt isolerade bildningar som påträffas söder eller sydöst om uppstickande hållpartier. Grundvattentillgången i dessa torde sällan överstiga 1 l/s.

I de allra sydligaste delarna av kommunen, vid Ören och Järflotta, förekommer sand- och grusavlagringar som ingår i den s.k. Mellansvenska israndzonen. I denna zon gjorde avsmältningen av inlandsisen under en period av ca 800 år ett mer eller mindre sammanhängande uppehåll. Därvid rörde sig isfronten tidvis mycket lite och tidvis såväl söderut som norrut. Detta har på flera håll i denna zon resulterat i förhållandevis komplexa lagerföljder. Vid Ören har jordlagren en mäktighet av upp emot 120 m, sannolikt en växellagring mellan sand, grus och morän.

Den normala jordlagerföljden är annars sådan att om isälvsavlagringarnas sand och grus är överlagrade av någon annan jordart, så är det av lera där de är lågt belägna – i berggrundens svackor.

Lägen för följande angivna platser framgår av figur 2.

1. Isälvsavlagringen vid Fullbromalm. Detta är egentligen startpunkten för den stora Uppsalaåsen, som har en fortsättning norrut till nordligaste Uppland, där den går ut i Gävlebukten. Det är till

och med möjligt att det är denna ås, som efter en avböjning mot nordväst, åter kommer upp på land vid Sandarne söder om Söderhamn. Åsen kallas här Ljusnanåsen och fortsätter ända upp till fjällen, i trakten av Vemdalen. I så fall skulle åsen vara nästan 500 km lång. Grundvattentillgångarna vid Fullbromalm torde sammanlagt vara av storleksordningen 35–40 l/s.

2. Isälvsavlagringen mellan Sorunda och Grindsjön. Detta är också en mycket stor avlagring, men kort. Den har sin startpunkt i Sorunda och fortsätter norrut via Pålamalm och Tullinge, men inte längre än till Malmvik på södra Lovön, där den inte längre kan följas. Denna mestadels både mäktiga och breda avlagring benämns Tullingestråket. Den sammanlagda grundvattentillgången mellan Sorunda och Grindsjön torde uppgå till mellan 50 och 70 l/s, med vissa förutsättningar för större uttag genom inducerad grundvattenbildning vid Grindsjön och goda möjligheter genom konstgjord grundvattenbildning vid Sorunda.

3. Isälvsavlagringarna vid Muskan, Älby och Berga. Dessa kan knappast betraktas som tillhörande en och samma isälvsavlagring. Vid Muskan föreligger de bästa uttagsmöjligheterna i den norra änden av sjön, där det med hjälp av inducerad infiltration skulle kunna gå att ta ut ca 25 l/s. I den södra änden av sjön är uttagsmöjligheterna begränsade till mellan 5 och 10 l/s. Det är inte känt om isälvsavlagringen är sammanhängande under sjön. Mellan Älby och Berga föreligger emellertid en hydraulisk förbindelse via sand- och gruslager under leran väster om sjön Älviken. Den egentliga grundvattentillgången torde uppgå till knappt 20 l/s.

4. Vid Ören, i sydligaste delen av kommunen, förekommer en sand- och grusavlagring med stor utbredning. Grundvattenbildningen är förhållandevis stor, men uttagsmöjligheterna är mycket begränsade. De kan uppskattas vara av storleksordningen <1 l/s ur enstaka brunnar, vilket beror på att risken för salt grundvatten är mycket stor. Liknande förhållanden torde föreligga på Järflotta.

5. Övriga grundvattentillgångar i isälvsavlagringar utgörs huvudsakligen av grundvattenförande sand- och gruslager under lera. Sådana finns på flera håll, t.ex. i norra delen av Nynäshamns tätort, mellan Ösmo och Älviken, väster om sjön Västra Styran och på flera andra platser, vilka framgår av grundvattenkartan.

Grundvatten i berggrunden

Berggrunden inom Nynäshamns kommun utgörs av kristallint urberg. Den domineras av äldre, omvandlade bergarter av sedimentärt ursprung. Se figurerna 20 och 21. Dessutom utgörs berggrunden av förskiffrade urgraniter, mest i kommunens norra och västra delar. Basiska bergarter förekommer mest i kommunens södra delar, på Torö och Öja, samt vid V. Styran. Större stråk av kristallin kalksten förekommer vid Malhuvud, St. Vika samt vid Jursta–Marielund, intill väg 73.

Vad beträffar möjligheterna att få vatten vid brunnsborrning i berg, kan man rent allmänt säga att berggrunden i Nynäshamns kommun i genomsnitt ger mindre vattenmängder än vad som är vanligt i svenskt urberg. Den genomsnittliga (median-) kapaciteten i bergborrade brunnar i kommunen är endast 240 l/tim, och genomsnittsbrunnen är 74 m djup.

Kartbilden (huvudkartans bild) över variationerna i möjligheter till uttag av grundvatten i berggrunden är framtagen med data ur brunnsarkivet med hjälp av statistiska bearbetningar med s.k. variogramanalys och kriging. Dessa metoder beskrivs i kapitlet "Metodbeskrivningar". De brunnar i brunnsarkivet som utgjort underlag för kartbilden presenteras i figur 32.

Bergarterna intar generellt en nordnordöst–sydsydvästlig strykning, dvs. strukturen – förskiffringsplanen – i berggrunden och bergartsgränserna är företrädesvis orienterade i denna riktning. 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, t.ex. i trakten av Segersäng och vid Djursnäs, sydöst om St. Vika.

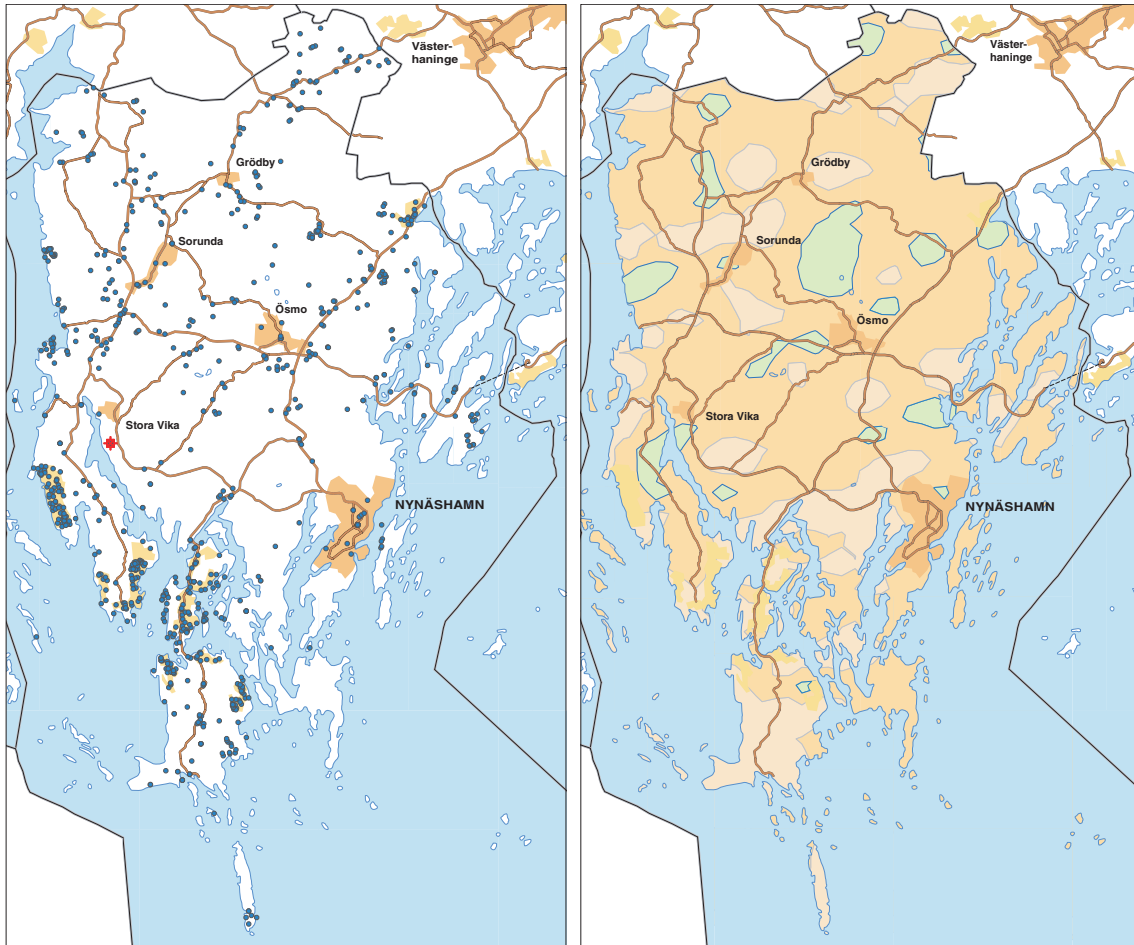


Fig. 32. Kartan t.v. visar 852 brunnar registrerade i SGUs brunnarsarkiv. Kapaciteten i dessa har utgjort underlag för kartbilden över grundvattentillgångarna i berggrunden, vilka framgår av kartan t.h. Genomsnittskapacitet (median), grönt 600–2 000, brunt 200–600, och ljusbrunt <200 l/tim.

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 i dessa. 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 skall 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. Sådana borrningar som avsiktligt avviker från vertikallplanet brukar kallas gradade borrningar. Hur möjligheterna att få vatten ökar vid gradade borrningar åskådliggörs i figur 33.

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. Detta kan vara viktigt att ta hänsyn till i områden med små grundvattentillgångar, t.ex. där tillgängligt markområde inte inrymmer några egentliga sprickzoner – dvs. de flesta villa- och sommarstugetomter. Rekommenderad borrhörningsriktning framgår med en särskild beteckning på grundvattenkartan.

Vill man söka mer vatten genom borrning i berg än vad genomsnittsvärdena anger – de gröna och ljusbruna bottenfärgerna på grundvattenkartan – är det i allmänhet nödvändigt att borra på en större, vattenförande sprickzon. De större sprickzonernas lägen framgår av grundvattenkartan. Sprickzonernas mer exakta lägen i naturen bör då lokaliseras i förväg med särskilda geofysiska metoder.

Relativ chansökning vid s.k. gradade brunnsborrningar

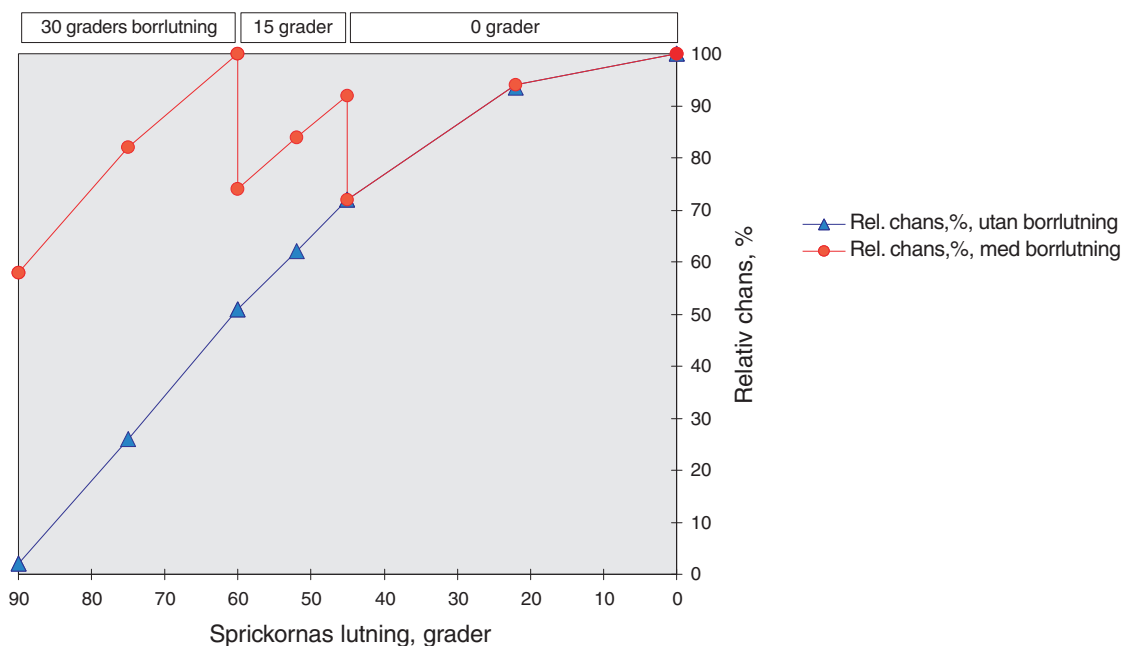


Fig. 33. Bilden visar hur den relativa chansen ökar om man vid brunnsborrning tar hänsyn till vilken riktning sprickorna har (strykning och stupning) och därvid riktar borringen åt rätt håll. (Diagrammet förutsätter att man alltid borrar till ett visst djup.) På "Kartan över Grundvattenförekomster i Nynäshamns kommun" har rekommenderade borriktningar markerats.

För närmare information om förhållandena i berggrunden hänvisas till berggrundskartorna SGU serie Af nr 125 och 138 i skala 1:50 000 samt SGU serie Ba 24 i skala 1:100 000.

Större sprickzoner

Nynäshamns kommun berörs av ett flertal större sprickzoner. De största framträder i form av långa dalgångar och djupt inskärande vikar. Dessa sprickzoner framgår mycket tydligt på höjdreliëfkartan över Nynäshamnstrakten, figur 34. Denna karta har tagits fram med hjälp av Lantmäteriets höjddatabas, där uppgift finns på markytans höjd för var femtionde meter.

Grundvattentillgången i förkastningarna och sprickzonerna är vanligen betydligt större än i omgivande berggrund. Under gynnsamma omständigheter kan vattenmängder kring 20 000–30 000 l/tim eller t.o.m. mer erhållas.

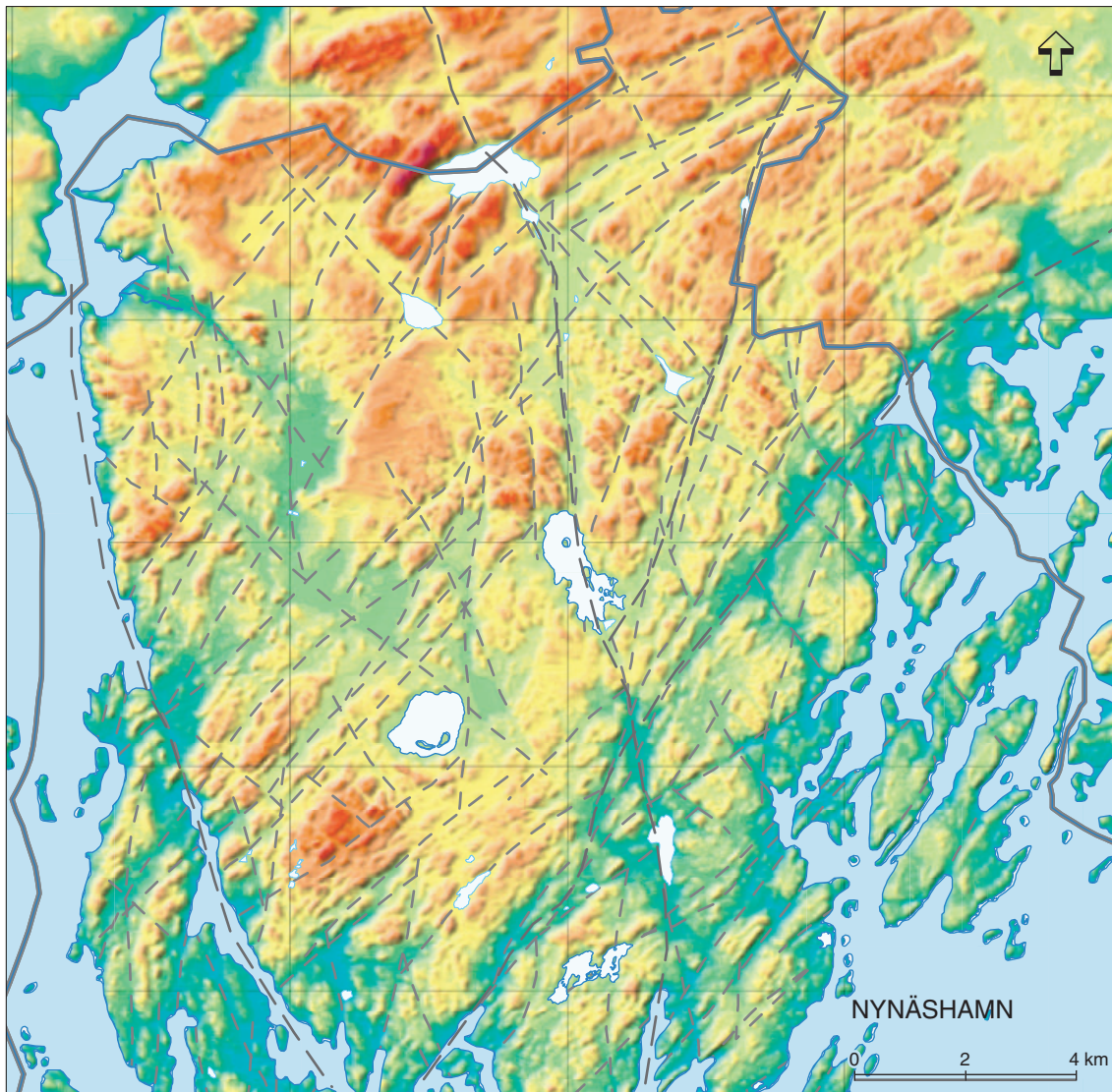


Fig. 34. Större sprickzoner i Nynäshamns kommun. För att inte överbelasta kartbilden har inte alla sprickzoner markerats. Några av de största har markerats särskilt kraftigt. En höjdreliëfkarta framtagen med Lantmäteriets höjddatabas bildar underlag.

BEDÖMDA GRUNDVATTENFÖRHÅLLANDEN I JORDLAGREN

Sand och grus huvudsakligen isälvslageringar



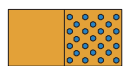
Mycket stor grundvattentillgång, med utmärkta eller ovanligt goda uttagsmöjligheter, storleksordningen 25–125 l/s (ca 2000–10000 m³/d)



Stor grundvattentillgång, med mycket goda eller utmärkta uttagsmöjligheter, storleksordningen 5–25 l/s (ca 400–2000 m³/d)



Måttlig grundvattentillgång, med goda eller mycket goda uttagsmöjligheter, storleksordningen 1–5 l/s (ca 80–400 m³/d)

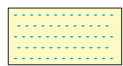


Liten eller ingen grundvattentillgång, storleksordningen <1 l/s (<ca 80 m³/d), t.v., viktigt infiltrationsområde, t.h.

Sand- och gruslager under lera



Grundvattentillgång i sand och gruslager eller i lucker morän under jordlager som är täta eller har dålig genomsläpplighet, främst lera. Grundvattentillgång och uttagsmöjligheter enligt färgskalan ovan. Sättningar kan uppstå i leran vid avsänkning av grundvattennivån



Sammanhängande område med mäktig lera. Vattenförande sand- och gruslager kan förekomma i och under leran. Brunnar i jord kan vara ett alternativ till brunnar i berg. Sättningar kan uppstå i leran vid avsänkning av grundvattennivån

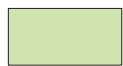
ÖVRIGT



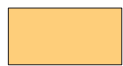
Mosse, kärr, gytta. Utgör oftast utströmningsområden

BEDÖMDA MÖJLIGHETER TILL UTTAG AV GRUNDVATTEN I BERGGRUNDEN

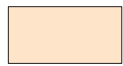
Områdena är framtagna genom interpolering av brunnskapacitetsdata ur SGUs brunnsarkiv



Tämligen goda uttagsmöjligheter. Mediankapacitet 600–2000 l/h (ca 5–15 m³/d)



Mindre goda uttagsmöjligheter. Mediankapacitet 200–600 l/h (ca 5–15 m³/d)



Liten uttagsmöjlighet. Mediankapacitet >200 l/h (ca 5 m³/d)

ÖVRIGA BETECKNINGAR



Grundvattendelare



Grundvattnets huvudrörelseriktning



Grundvattenfall



+ 25

Grundvattnets trycknivå, m ö.h



Källa med flödesriktning, vanligen med ett flöde av >0,5 l/s



Slukhål



Observationsrör eller rörbrunn för mätning av grundvattennivå



Sonderingsborrning



Större sprickzon, indikation, troligen med bättre möjlighet till grundvattenuttag än omgivande berggrund



Saltrisk



Strandlinje där uttagsmöjligheterna i angränsande grundvattenmagasin kan vara större pga inducering



Radarprofil



Seismikprofil

Rekommenderade borriktningar i förhållande till sprickor i förskiffringens riktning



Borrningen lutas ca 30 grader från vertikalplanet och riktas åt det hållet som pilen visar. Förskiffring 61-90 grader



Borrningen lutas ca 15 grader från vertikalplanet och riktas åt det hållet som pilen visar. Förskiffring 45-60 grader



Borrningen bör ej lutas. Förskiffring 0-45 grader, eller okänd

Fig. 35. Teckenförklaring till kartorna.

Georadar- och seismiska profiler tolkade med avseende på grundvattenförhållanden

I georadarprofilerna markerar:

Blå streck – grundvattenyta

Röda streck – bergyta

Gula streck – lerskikt

I övrigt framgår på många ställen hur sand- och gruslagren är skiktade, hur de lutar etc.

I de seismiska profilerna har färgsättningen följande betydelse:

Blå färg – huvudsakligen sand och grus under grundvattenytan (vattenmättat) dvs. grundvattenmagasinet. Tunnare skikt av lera eller silt kan förekomma i lagerserien. Grundvatten i användbara mängder kan påträffas även i underliggande berggrund. De största grundvattentillgångarna torde emellertid föreligga i de blåmarkerade avsnitten.

Ljusbrun färg – huvudsakligen sand och grus ovanför grundvattenytan (torrt). Tunnare skikt av lera eller silt kan förekomma i lagerserien.

Gul färg – lera och silt. Tunnare skikt av sand eller grus kan förekomma i lagerserien.

Utan färg – urberg, underst i lagerserien.

Siffrorna inne i färgfälten syftar på den uppmätta hastighet som ljudet har (i m/s) i respektive skikt, och som ligger till grund för tolkningarna.

Se kapitlet ”Metodbeskrivningar”, i första hand figur 79, för tolkningen av de seismiska mätningarna.

I de seismiska profilerna har lägen för borrhningar markerats, t.ex. R9801 som är ett observationsrör.

Grundvattentillgångar vid Fullbromalm

Översikt

De högre delarna av isälvsavlagringen Fullbromalm ligger 70–75 m över havsnivån och på flera ställen uppträder berghällar. Detta innebär att förutsättningarna för större grundvattenmagasin inte är goda.

Inom ramen för denna undersökning har ett flertal georadarmätningar utförts, men endast i undantagsfall har någon grundvattenyta kunnat ses i radargrammen, därför att avståndet ner till grundvattenytan varit alltför stort. Av de seismiska mätningar som utförts har flera uppvisat stora mäktigheter av torrt sand och grus där inte berggrundsytan legat högt.

Bilden över grundvattnets strömningsriktningar och grundvattendelarnas lägen har kunnat tas fram dels med egna geofysiska mätningar och borrhningar, dels med stöd av ett stort antal seismiska mätresultat, vilka ställts till förfogande av Jehanders Grus AB.

Undersökningarna har visat att Fullbromalmsområdet är uppdelat i tre olika grundvattenmagasin åtskilda av grundvattendelare, se figur 36. I stora partier av isälvsavlagringen ligger bergytan ovanför grundvattenytan, varför grundvattenmagasinen är betydligt mindre än vad sand- och gruslagrens utbredning i markytan antyder. Detta förhållande har ingen negativ inverkan på grundvattenbildningen. Infiltrerat nederbördsvatten rinner av på de höga bergytorna och ner i intilliggande grundvattenmagasin, se fotomontage figur 18. De ”torra” partierna markeras av brun färg med blå prickar, vilket symboliserar ”inget grundvattenmagasin men stor grundvattenbildning”.

Fullbromalmsområdet avvattnas via tre källområden: ett källområde i norr vid gården Lilla Ström samt i strandkanten sydväst om gården, ett annat källområde i sydväst vid Snickartorpet och ett tredje källområde i sydöst vid Frölunda.

Uppe längs krönet av isälvsavlagringen löper den förhållandevis hårt trafikerade länsväg 225. Här finns inga särskilda skyddsanordningar så som tätade diken och dylikt. Vid ett eventuellt kemikaliespill skulle en förorening relativt snabbt infiltrera i de genomsläppliga sand- och grusmassorna. Eftersom det på de flesta avsnitten längs vägen är 30–40 m ner till grundvattenytan skulle det bli mycket svårt att sanera ett större utsläpp.

Skyddande lerskikt förekommer inte uppe på åsen. Däremot finns lera längs sidorna. Sand och grus har svallats ner från åsens högre partier och avlagrats på leran närmast åsen. På vissa ställen har det ansamlats grundvatten i svallmaterialet. Detta vatten hålls uppe av den nedåt tätande leran, och på så sätt finns det på vissa ställen två grundvattenvåningar. Nivåskillnaden mellan svallgrusets grundvattenyta och det underliggande, primära åsmaterialets grundvattenyta är på flera ställen ca 15 m.

Grundvattenmagasinet vid Snickartorp

I anslutning till våtmarken väster om Snickartorp förekommer ett stort antal källor, varav de flesta är förhållandevis små. Man skulle kunna betrakta större delen av våtmarken som ett källområde med upptryckande grundvatten. Detta ger sig till känna genom att marken har mycket dålig bärighet. Det är lätt att trampa ner – ungefär som i kvicksand. I den västra delen av våtmarken sker en mycket kraftig järnutfällning, men i den östra, närmare Snickartorp förekommer ingen järnutfällning. Se figurerna 14 och 15. Det sammanlagda källflödet är drygt 12 liter per sekund, dvs. ungefär 1 miljon liter per dygn. Vattnet rinner via en kort bäck ut i Moraviken, se figur 37.

I slutet av 1960-talet genomförde Hagconsult, på uppdrag av Stockholms Bomullsspinneri och Väfveri, omfattande seismiska mätningar i detta område. Sammanlagt mättes 2 600 m i sju profiler. Rapporten över dessa arbeten har ställts till förfogande av Jehanders Grus AB.

Resultaten från Hagconsults mätningar, tillsammans med kompletterande seismik, georadarmätningar samt borrhningar med rördrivningar, ligger till grund för den komplicerade bild av grundvattenmagasinen och grundvattnets strömningsriktningar som nu kan ses. Källflödena är givetvis också en viktig bit i detta pussel.

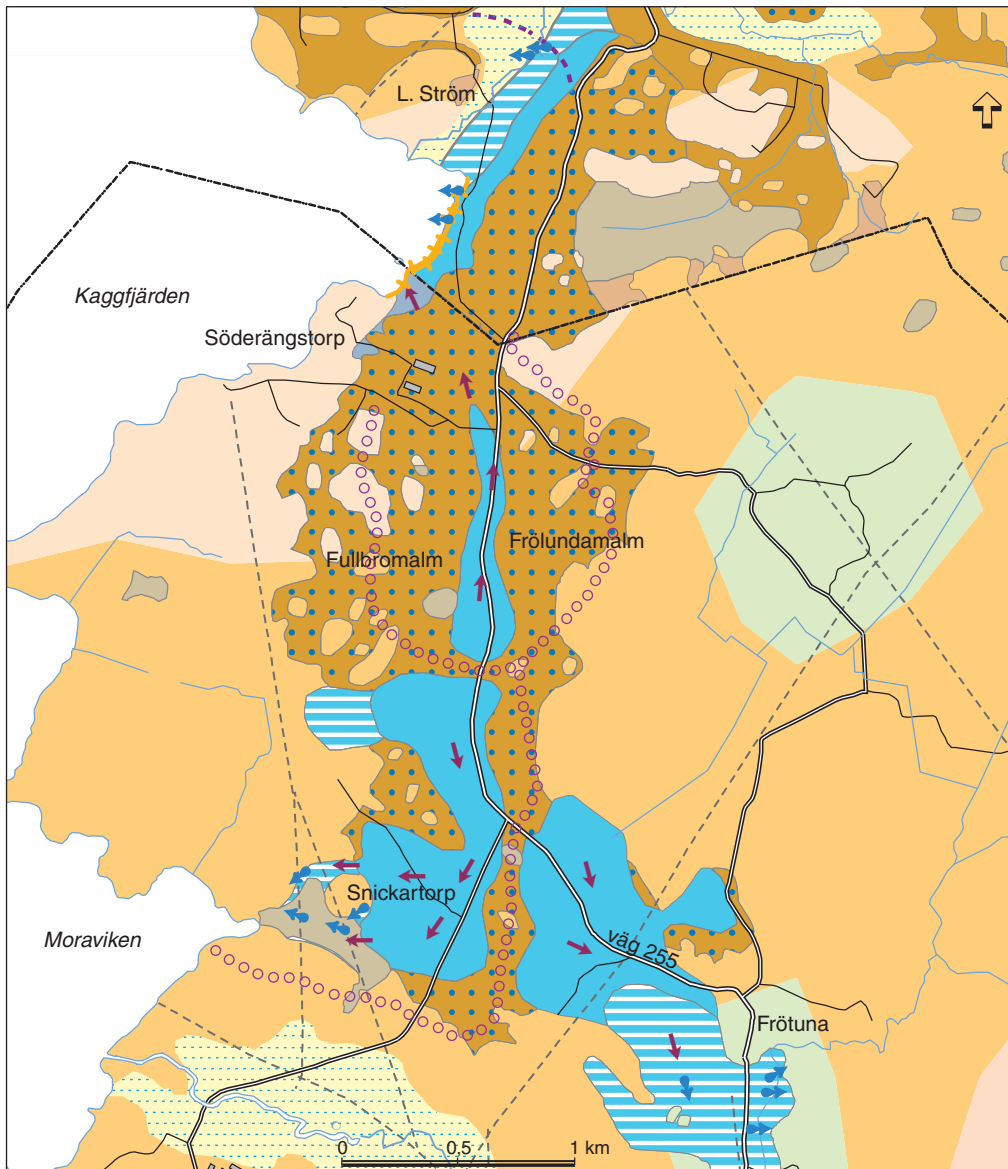


Fig. 36. Översikt över grundvattenförhållandena vid Fullbromalm. Teckenförklaring, se figur 35. Fullbromalm är uppdelat i tre skilda grundvattenmagasin.

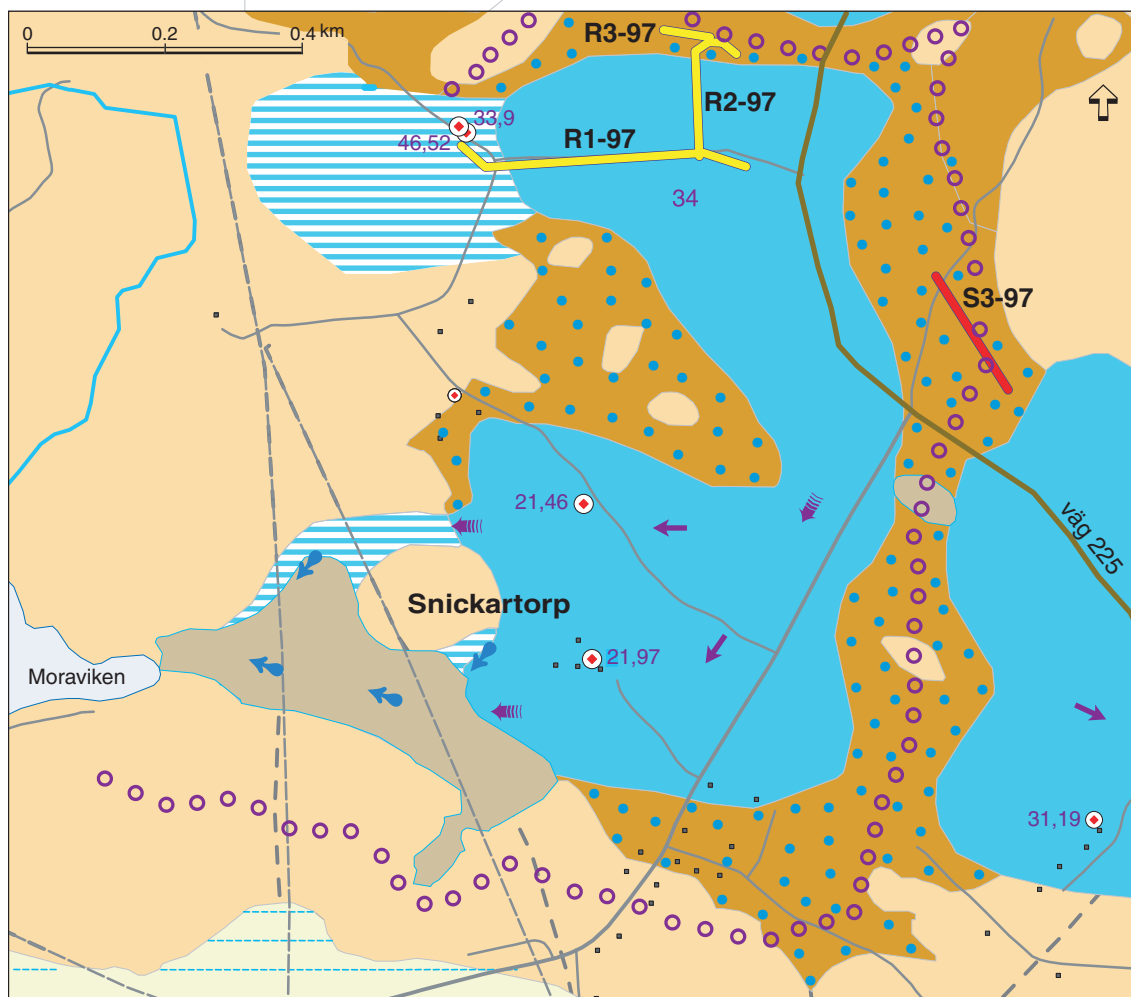


Fig. 37. Grundvattenmagasinet vid Snickartorp avvattnas till Moraviken via ett stort antal källor inom samma område, varav endast de större markerats här.

I nordvästra delen av Snickartorpsmagasinet finns två punkter för observation av grundvattennivåer. Den ena är en grävd brunn med cementringar och den andra är ett tvåtums observationsrör. Brunnen med cementringar är grävd i det översta jordlagret, svallsanden, som ligger ovanpå leran, vilken i sin tur ligger ovanpå det primära åsmaterialet av sand och grus. I den brunnen ligger grundvattenytan ungefär en meter under markytan eller 46,52 m ö.h. I observationsröret ligger grundvattenytan betydligt lägre, ca 14 m under markytan eller 33,90 m ö.h. (maj 1998). Här finns alltså två grundvattenvåningar, men det är bara den undre, som tillhör isälvsavlagringens egentliga och stora grundvattenmagasin, som är av intresse i detta sammanhang. Grundvattenytan i det undre magasinet framgår i georadarbilden i figur 38.

Vid Snickartorpet är grundvattennivån uppmätt till 21,46 och 21,97 m ö.h. De grova siffrorna på kartutsnittet anger den ungefärliga grundvattennivån i respektive område. I norra delen av Snickartorpsmagasinet är nivån 34 m ö.h. och i den södra 22 m. Detta är en alltför stor nivåskillnad för att det skall kunna representera en jämn gradient (lutning på grundvattenytan) i ett genomsläppligt sand- och grusmaterial. Man måste därför anta att grundvattnet strömmar via ett eller flera grundvattenfall mot Snickartorpet. Med stöd av de seismiskt uppmätta bergnivåerna har grundvattenfallet beräknats ligga där den streckade grundvattenpilen anger.

Vid källorna ligger sedan grundvattennivån på ca 10 m ö.h. Detta betyder ytterligare grundvattenfall så som pilarna på kartan anger.

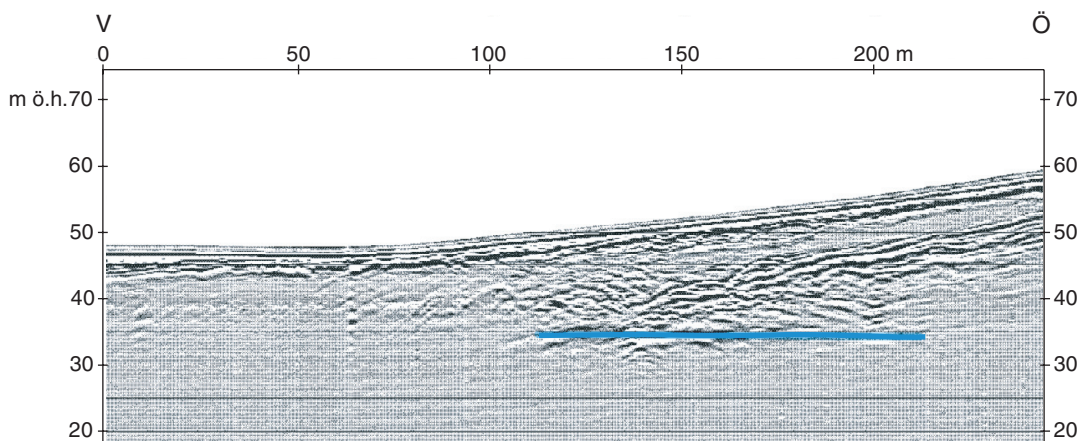


Fig. 38. Georadarbild från nordvästra delen av Snickartorpsmagasinet (R1-97). Grundvattenytan är markerad med blått. I vänstra delen skärmar ett lerskikt nära markytan av information från djupare delar. I den högra delen blir jordmättigheten för stor för att grundvattenytan skall kunna ses.

Grundvattenmagasinet vid Söderängstorp

Grundvattenmagasinet vid Söderängstorp, se figur 39, avvattnas dels via källor på bred front i strandkanten, vilkas flöden inte på något enkelt sätt går att mäta, dels via en källa vid gården Lilla Ström. Vattnet från denna källa mynnar i den sydöstra åkanten genom ett rör. Källans egentliga läge, drygt 100 m öster om ån, är numera övertäckt bl.a. av jordmassor. Denna källa flödar med 6 liter per sekund. Det totala källflödet från detta grundvattenmagasin kan bedömas vara omkring 15 l/s.

Den öst–västliga seismiska linjen är uppmätt intill den s.k. Rishopen vid väg 225, där åsens krön ligger, och där man tidigare antagit att en grundvattendelare skulle vara belägen.

Resultaten av mätningarna framgår av figur 40. Här uppträder mycket stora nivåvariationer i berggrundsytan. Vid Rishopen är bergytan inte högt belägen, vilket man skulle kunna tro, utan tvärtom mycket djupt nedskuren. Detta är förmodligen betingat av en kraftig, nord–sydlig sprickzon.

De seismiska mätningarna har visat att det inte föreligger förutsättningar för en grundvattendelare vid Rishopen. Grundvattnet flödar här i stället norrut i en kanal, som är nedskuren nästan till havsnivå.

På grund av de mäktiga sand- och gruslagren i detta område har det varit svårt att fastställa grundvattennivåer. I områdets södra del har grundvattennivån efter tre borrhörsök kunnat uppmätas till 32,29 m ö.h. Närmaste ställe norrut där grundvattennivån kunnat fastställas är drygt en kilometer norrut, vid Söderängstorp. Där ligger grundvattenytan på nivå endast 2,11 m ö.h., en nivåskillnad på 30 m. Detta visar att det även i det här avsnittet måste förekomma ett eller flera grundvattenfall. Grundvattenfallet har på allmänna geologiska och hydrogeologiska grunder bedömts ligga i anslutning till den smala kanalen.

Grundvattenmagasinet vid Frölunda

Grundvattendelaren mellan Snickartorpsmagasinet och Frölundamagasinet har fastställts dels med stöd av den seismiska profillinjen (röd linje) som framgår av kartutsnittet i figur 41, dels med stöd av uppmätta grundvattennivåer. Resultaten av den seismiska mätningen framgår av figur 42.

Att det inte endast är där den seismiska profilen uppmätts som grundvattendelaren föreligger framgår av grundvattennivåerna i detta område. Grundvattennivån vid Snickartorp är ca 22 m ö.h., dvs. ca 9 m lägre än i Frölundamagasinet samtidigt som grundvattnet enligt uppmätta nivåer rör sig mot

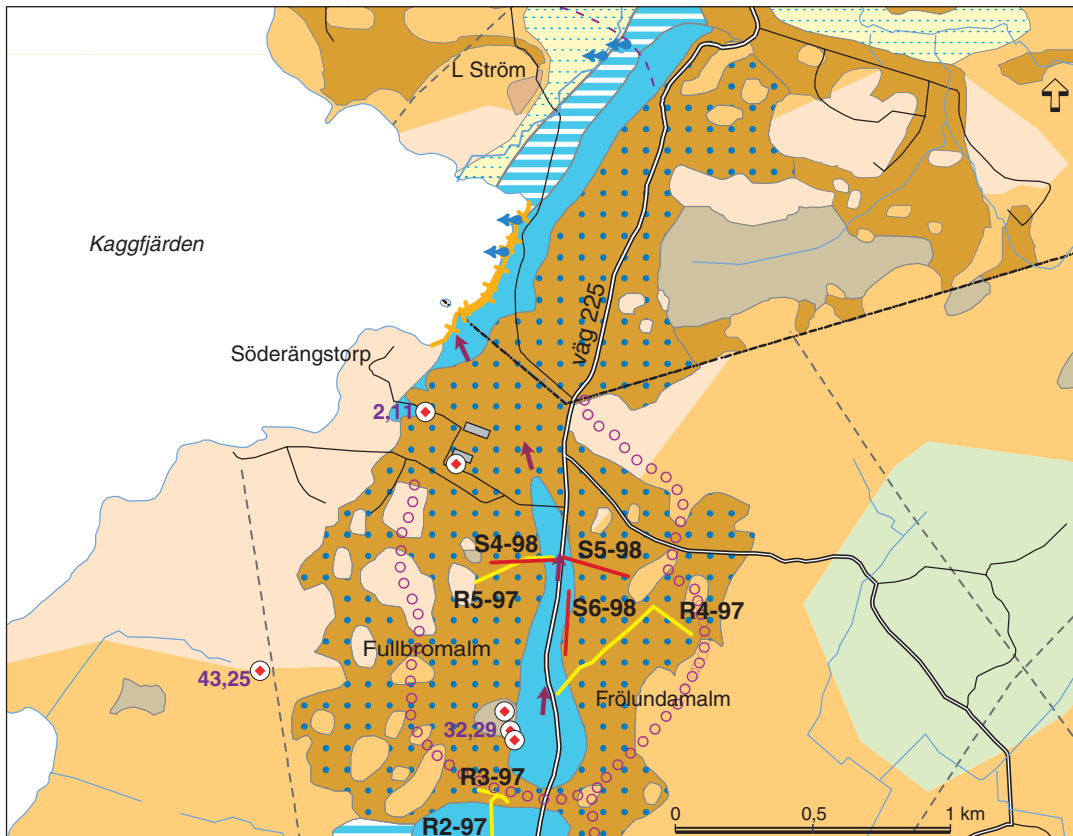


Fig. 39. Grundvattenmagasinet vid Söderängstorp (områden med blå färg) är betydligt mindre än vad isälvsavlagringens utbredning antyder (områden med mörkbrun färg med blå prickar).

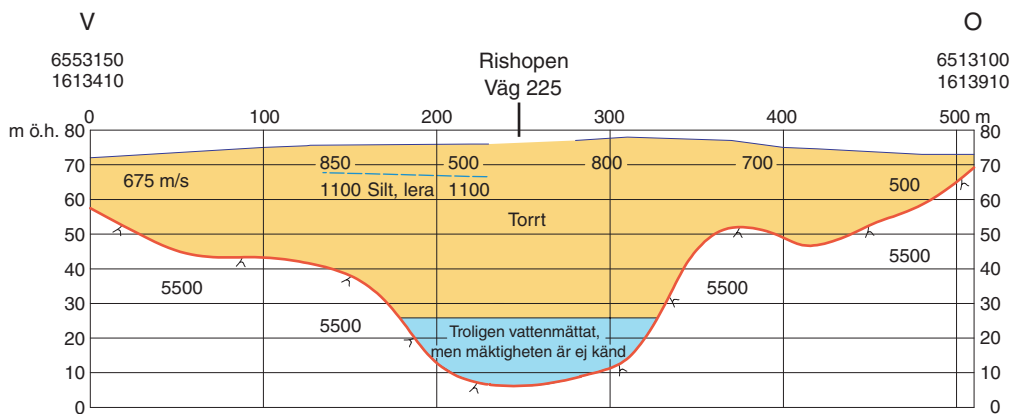


Fig. 40. Öst–västlig seismisk profil (S4, S5-98) över Fullbromalm vid Rishopen. Förekommande grundvattenmagasin är så litet i förhållande till överlagrande, mäktiga sand- och gruslager att det inte kan påvisas med seismiska mätningar. Grundvattennivån är påvisad i intilliggande observationsrör.

sydöst i Frölundamagasinet. Detta visar att en effektiv hydraulisk barriär föreligger mellan de två magasinerna.

Nivån 46,86 m ö.h. är uppmätt i en grund brunn i svallsand norr om gården Frölunda och härrör från ett övre grundvattenmagasin. I detta magasin ligger grundvattennivån således nästan 17 m högre än grundvattennivån i åsens egentliga grundvattenmagasin.

I en ca 20 m djup åsgrop intill väg 225 västnordväst om gården Frölunda har en georadarprofil uppmätts, se figur 43. Den uppvisar en tydlig bild av grundvattenytan. Intill profilens startpunkt

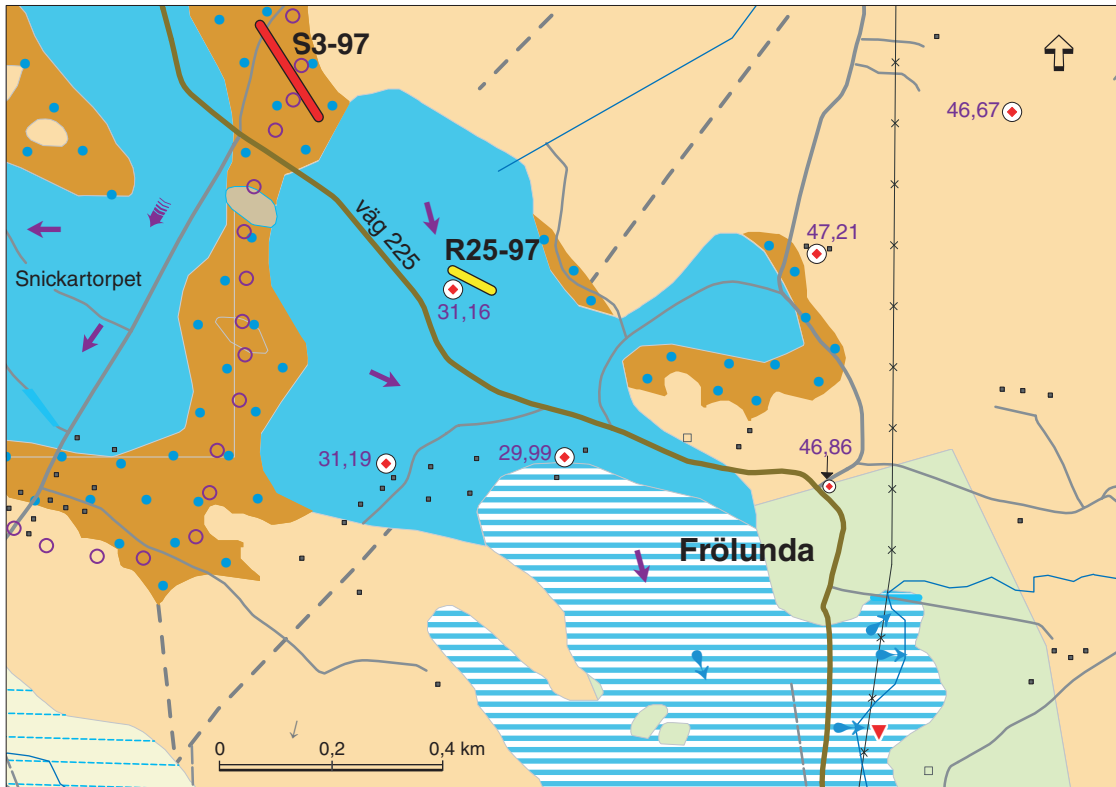


Fig. 41. Grundvattenmagasinet vid Frölunda avvattnas via ett flertal källor, de flesta i anslutning till Källstaån sydöst om gården Frölunda.

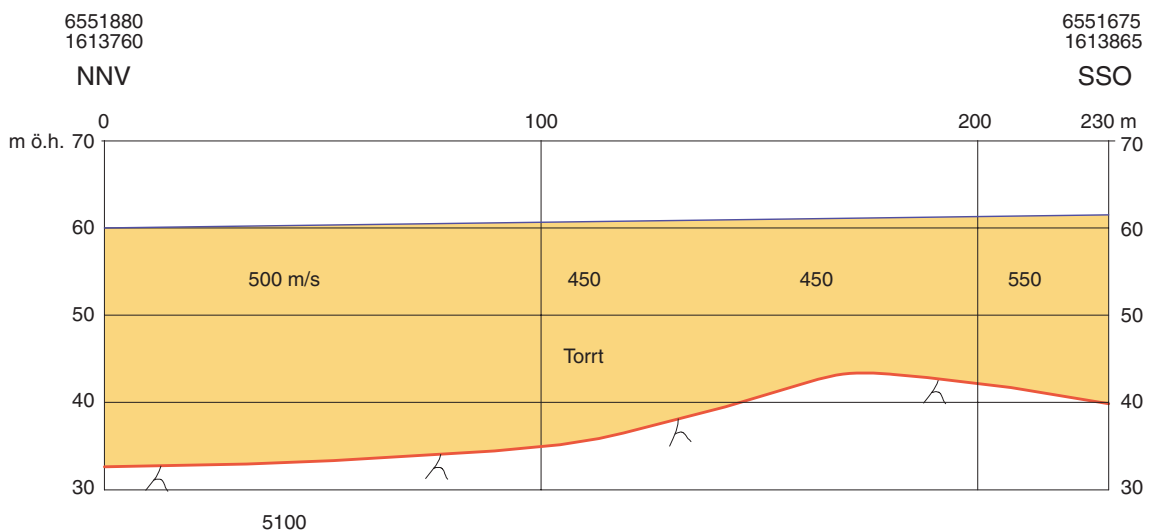


Fig. 42. Seismisk profil (S3-97) över grundvattendelaren mellan Snickartorps- och Frölundamagasinen. Bergytan ligger här överallt ovanför grundvattennivån i intilliggande grundvattenmagasin.

har ett observationsrör drivits ner. Grundvattenmagasinets mäktighet har där uppmätts till 8 m och grundvattennivån till 31,16 m ö.h.

I en brunn ca 400 m sydöst om åsgropen har grundvattennivån uppmätts till 29,99 m ö.h., vilket visar på en grundvattenström i denna riktning. Efter ytterligare drygt 600 m i samma riktning avtappas sedan grundvattenmagasinet via ett flertal källor ut i Källstaån. Det samlade flödet från dessa källor är ca 10 liter per sekund.

Vattnet transporteras vidare till Kvarnån (Fitunaån), som mynnar i Mörkarfjärden vid Fituna.

Grundvattentillgångar i Tullingestråket

Översikt

Det s.k. Tullingestråket är den stora isälvsavlagring som har sin början vid Sorunda och som sträcker sig via Fagersjön, Grindsjön, Pålalm, Tullinge och Vårby till Malmvik på södra Lovön, där den inte kan följas vidare norrut.

Isälvsavlagringar är ju, som namnet anger, avlagrade av isälvar. Avlagringen av sand och grus har skett vid kanten av landisen där isälven mynnade ut. Allt eftersom isen smälte och iskanten drog sig norrut blev isälvsavlagringen till ett stråk av sand och grus, som börjat avlagras i söder och slutat avlagras i norr. Man skulle kunna säga att både Tullingestråket och Uppsalaåsen från början uppstod i Nynäshamns kommun, i Sorunda respektive Frölunda.

De brunnsinventeringar, geofysiska mätningar och borrhningar samt genomgångar av äldre utredningar som genomförts inom ramen för SGUs kartläggning av grundvattentillgångarna i Nynäshamns kommun har i grova drag lett fram till den bild som visas i figur 44.

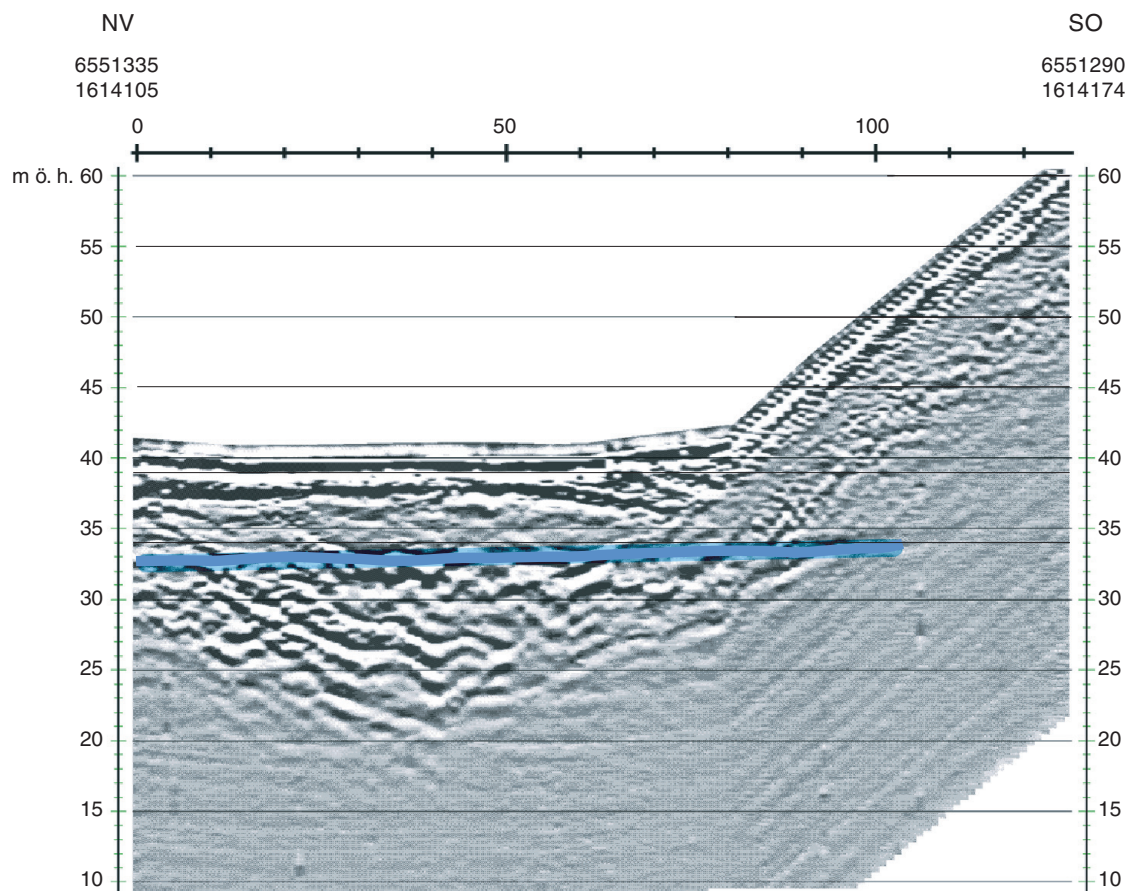


Fig. 43. Georadarprofil (R25-97) i mycket djup åsgrop med branta sidor, vid väg 225 västnordväst om gården Frölunda. Grundvattenytan ligger ca 8 m under åsgropens botten.

Beträffande Tullingestråket har en grundvattendelare identifierats 700 m nordöst om Fagersjön och en annan 400 m nordöst om Grindsjön. Den senare är en fast grundvattendelare betingad av höga berglägen, se figur 45. Den förra är sannolikt också fast, men detta är inte helt säkert. Tidigare rådde uppfattningen att det fanns en grundvattendelare i södra delen av Enbymalmen och att grundvattendelaren vid Fagersjön låg ytterligare drygt 300 m mot nordöst.

Den nuvarande bilden visar således att grundvattnet rör sig ända från 700 m nordöst om Fagersjön till källan Gorran där det rinner ut till Dyån och Kvarnån. En viss del läcker dock ut i Fagersjön, som avvattnas mot väster, och vars vatten så småningom också når Kvarnån.

Grundvattnet mellan grundvattendelarna på ömse sidor om Grindsjön rinner dels ut i Grindsjön, dels ut i källor sydost om Grindsjön. Detta vatten fortsätter sedan via Lövsjön till Muskan.

Grundvattnet norr om grundvattendelaren på nordöstra sidan av Grindsjön rör sig vidare ca 1,5 km norrut där det rinner ut i en källa. Vattnet transporteras vidare i bäcksystemet västerut, och rinner ut i Kaggfjärden vid gården L. Ström.

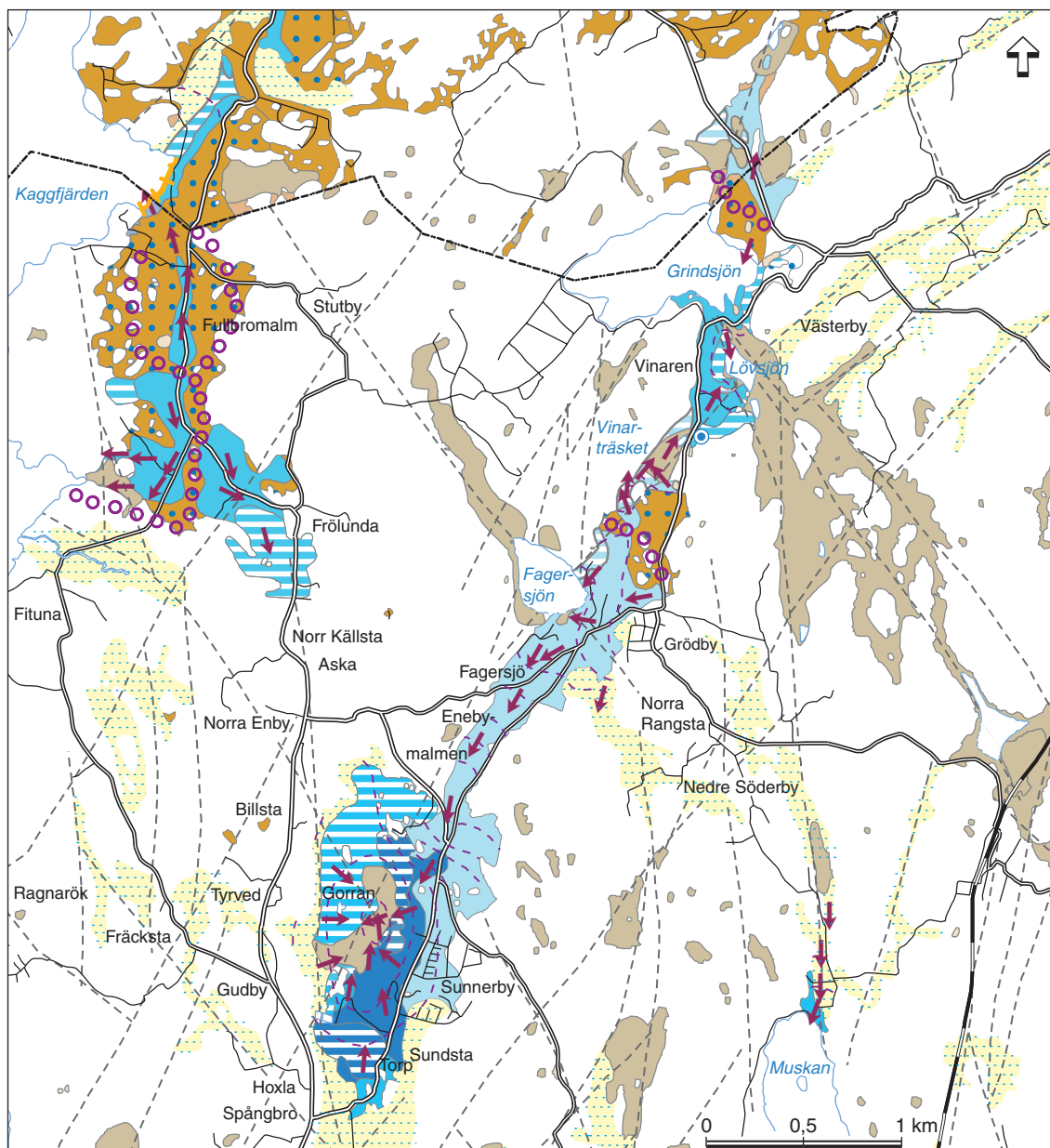


Fig. 44. Översikt över grundvattentillgångarna i Uppsalaåsen (t.v.) och Tullingestråket (t.h.).

Grundvattendelaren nordöst om Grindsjön

Endast ca 400 m nordöst om Grindsjön ligger en grundvattendelare, se figur 46. Detta framgår dels av skillnaden i grundvattennivå mellan de två nordligaste observationsrören, vilken är drygt 2 m, och som visar på en nordlig strömningsriktning, dels av att grundvattennivån vid Grindsjön ligger ytterligare ca 15 m lägre.

Med hjälp av georadarmätningarna och den seismiska mätningen har läget för grundvattendelaren kunnat fastställas. Georadarprofilen från siffran 48,6 och norrut visas i figur 47.

Grundvattenmagasinet är som mäktigast i området kring siffran 48,6. Här är sand- och gruslagren 15–20 m mäktiga. Vid siffran 46,17 är mäktigheten ca 10 m. På båda ställena förekommer mycket grovt och genomsläppligt material.

Här kan man under kortare tid antagligen ta ut ganska stora grundvattenmängder, men grundvattenbildningen till magasinet tillåter knappast mer än ungefär 5 l/s.

Den seismiska profilen (röd linje på kartan) i figur 48 påvisar ett högt bergläge mellan vägen och sjön. Detta dämmer grundvattenmagasinet mot söder och skapar en fast grundvattendelare.

Källan i områdets nordligaste del flödar med ca 3 l/s. Grundvattnet har något hög järnhalt, vilket visar sig i järnutfällning i källan.

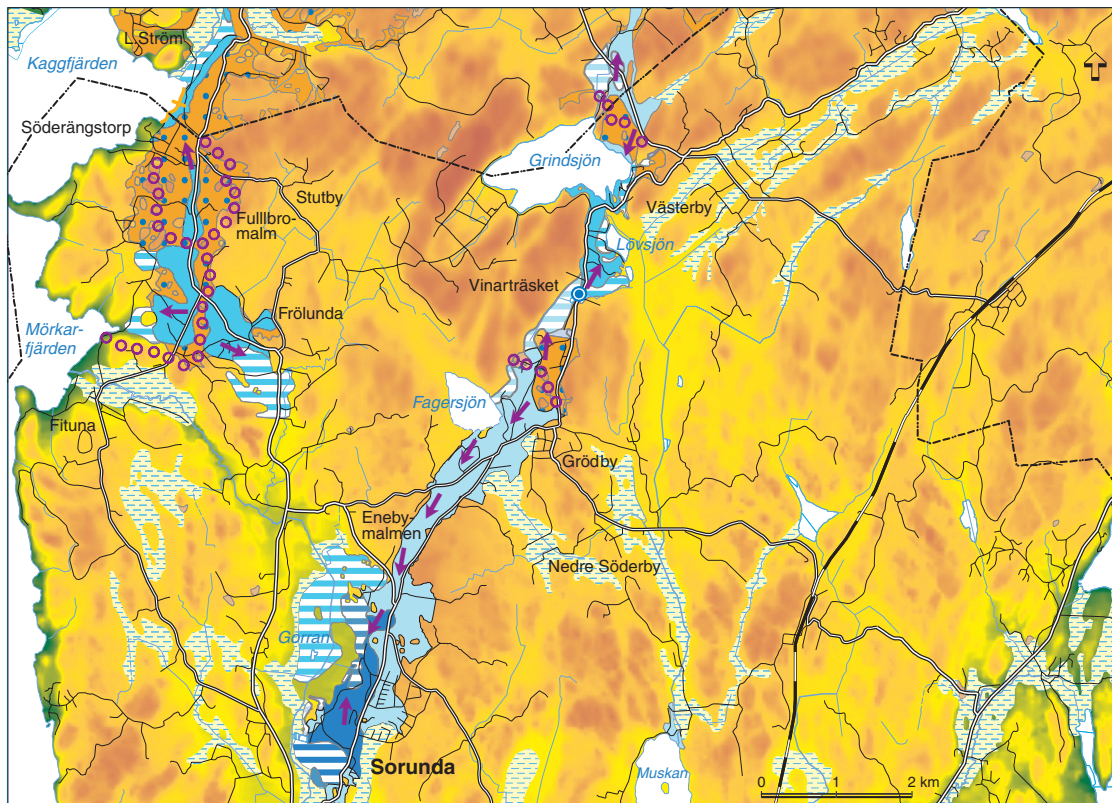


Fig. 45. Isälvsavlagringarnas grundvattenmagasin, grundvattendelare och strömningsriktningar sammanställda med ytvattenflöden, mot bakgrund av en höjdreliëfkarta framtagen med Lantmäteriets höjddatabas som underlag.

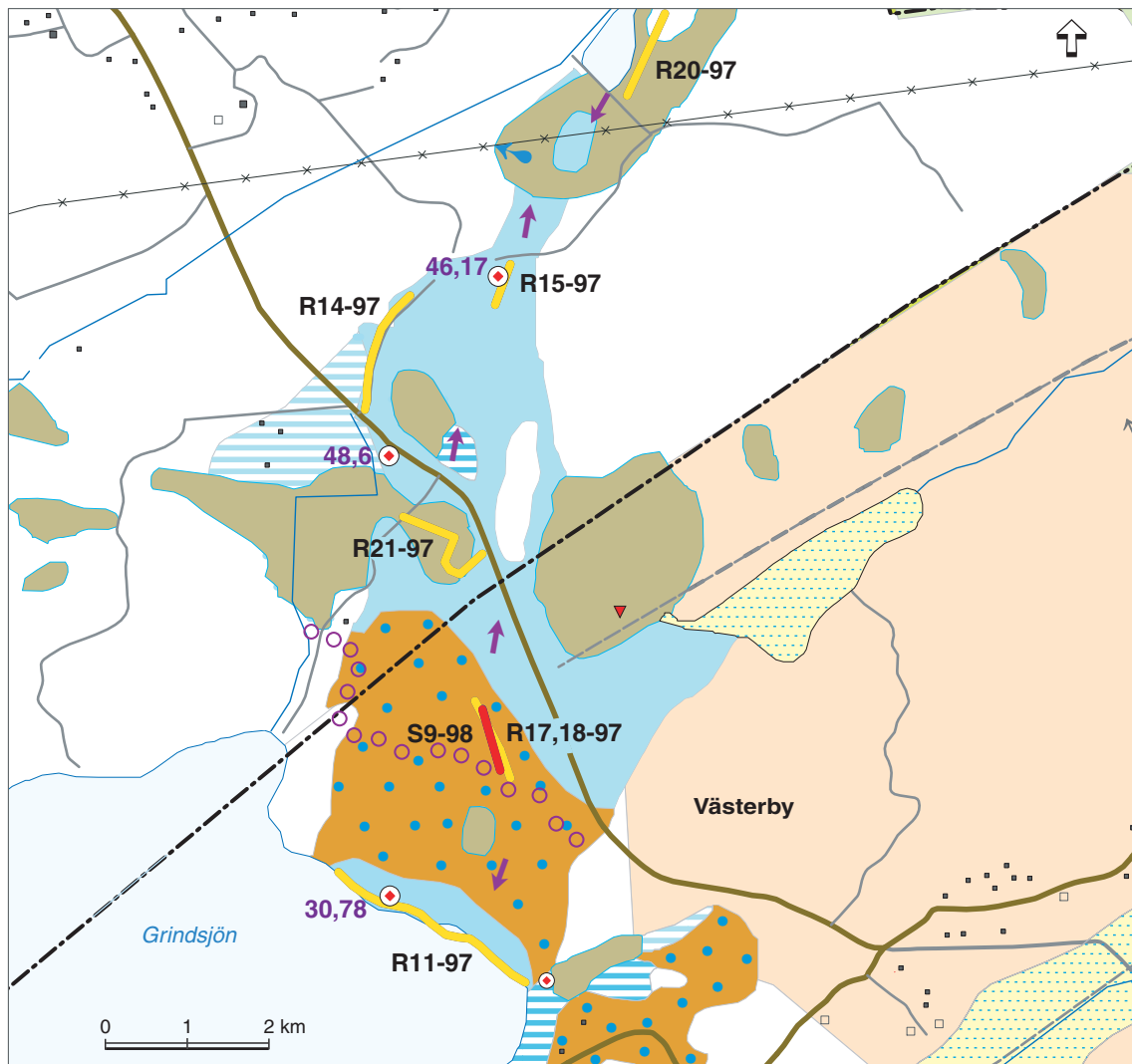


Fig 46. Strax nordöst om Grindsjön ligger en grundvattendelare. Den är betingad av höga berglägen. Grundvattnet rinner dels ut i Grindsjön, dels ut i en källa 1,5 km längre norrut.

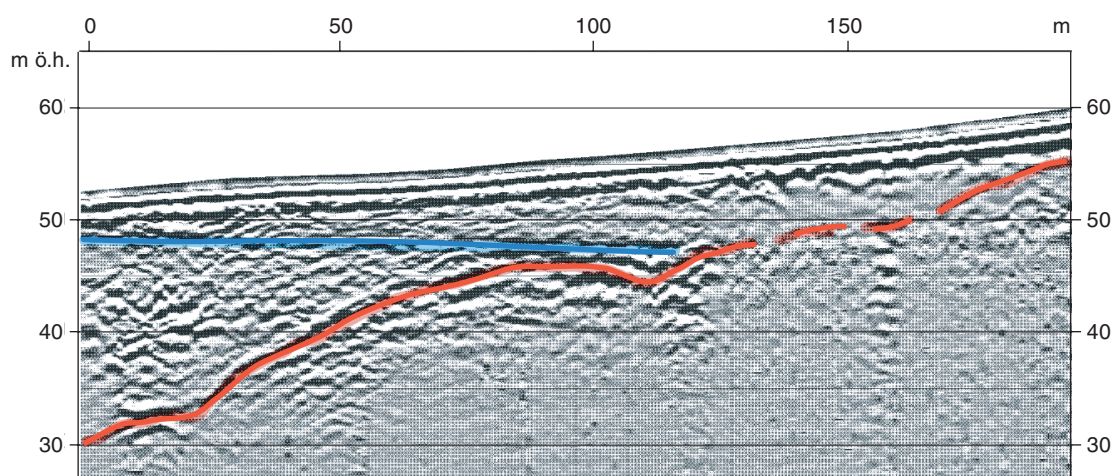


Fig. 47. Georadarbild (R14-97) från området närmast norr om vägen. Grundvattenmagasinet är 15–20 m mäktigt, men förhållandevis litet. Grundvattenytan visas i blått, bergytan i rött.

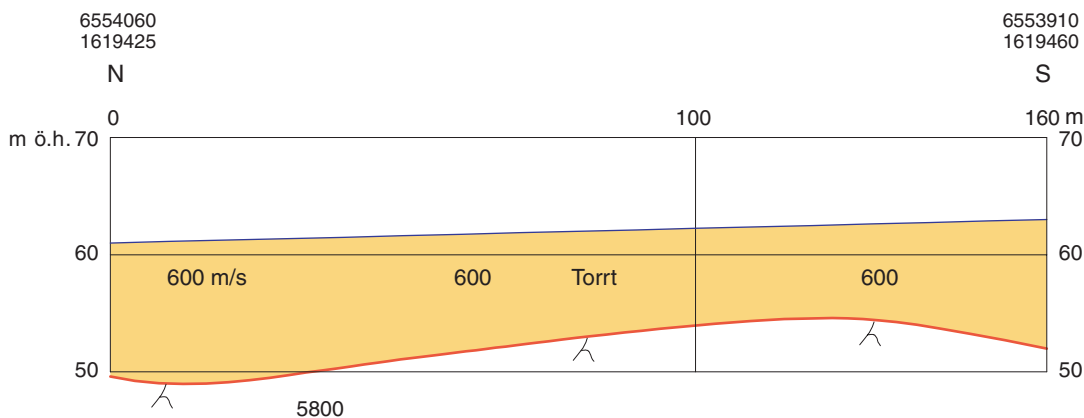


Fig. 48. Seismisk profil (S9-98) från området närmast söder om vägen. Det höga berggläget skapar en grundvattendelare.

Grundvattendelaren norr om Fagersjön

Grundvattenförhållandena norr om Fagersjön är relativt komplicerade. Det förekommer två grundvattenvåningar, och tidigare var endast den övre uppmärksammas, se figur 49. Det är stora nivåvariationer i berggrundsytan och jordlagren är mäktiga och ställvis mycket svårborrade.

Tidigare antogs att en grundvattendelare var belägen där grundvattennivålinjen 36 (m ö.h.) är belägen. Det är i och för sig viktigt att veta var grundvattendelare finns, men i det här fallet är det extra viktigt därför att det vid 36 m-linjen ligger en gammal soptipp. Grundvattendelare har givetvis stor betydelse för åt vilket håll eventuella föroreningar kan röra sig. Om soptippen skulle ligga på en grundvattendelare skulle föroreningar kunna spridas åt två olika håll. Det har, som framgår av kartan, nu visat sig att eventuella föroreningar från soptippen endast kan röra sig norrut. Frågan är emellertid mer komplicerad, vilket skall belysas längre fram.

I figur 50 visas ett utsnitt av den georadarprofil som i figur 49 är markerad med gul linje från nivålinje 38 till grundvattendelaren.

Georadarprofilen ger en ganska bra bild av grundvattenytorna, men den ger ingen information om berggrundsytans läge. Som tidigare framgått är kunskapen om berggrundsytans läge mycket viktig för att man skall kunna veta något om grundvattenmagasinens storlek och lägen för grundvattendelare.

I ungefär samma linjesträckning (röd linje på kartan) genomfördes därför även en seismisk mätning. Resultatet framgår av figur 51.

Även om ett lägre berggläde alldeles intill denna profillinje inte helt kan uteslutas, så måste grundvattendelaren betraktas som betingad av högt berggläde och således vara en fast grundvattendelare. (Se avsnittet "Grundvattnets strömningsriktning" beträffande skillnaden mellan fast och rörlig grundvattendelare.)

Vid den nedlagda soptippen kan endast en "rännil" av grundvatten spåras. Se figur 52. Detta hänger ihop med att det på detta ställe förekommer ett grundvattenfall. Grundvattenmagasinet är här smalt, men strömningshastigheten bör vara hög.

Av allt att döma skyddas grundvattnet av lerlagret mot förorening från soptippen på detta ställe. Eventuella föroreningar kan däremot följa med bäckvattnet till Vinarträsket.

Vid studier av grundvattennivåerna i området framstod den (i förhållande till omgivande nivåer) höga nivån i observationsröret öster om vägen vid Vinarträsket som svårförklarlig. Av kartbilden framgår följande nivåer från söder: 32,81 (här finns två grundvattenvåningar), 32,54 (Vinarträskets vattennivå är 44,75) och nivån i observationsröret öster om vägen 33,55, vilket är drygt 1 meter för högt!

Vid närmare undersökning av Vinarträskets utlopp vid vägen framkom emellertid följande. In i vägtrumman, på västra sidan, strömmade vatten från sjön med ett flöde av ca 3 l/s. Ut ur vägtrumman, på östra sidan, kom inget vatten alls.



Fig. 49. I området norr om Fagersjön har ett förhållandevis omfattande arbete lagts ner för att fastställa grundvattendelarens läge. Lägga märke till de två grundvattenvåningarna med nivåer på 51,09 och 38,35 m ö.h. på samma plats.

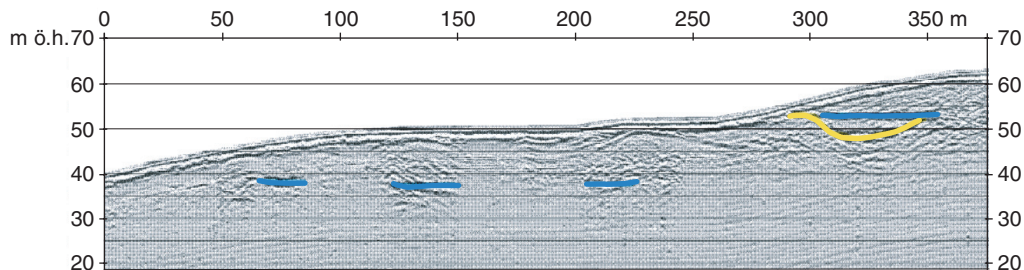


Fig. 50. Georadarprofil (R1-98) mellan Fagersjön och grundvattendelaren. Reflexer från isälsavlagringens egentliga grundvattenmagasin kan ses i några "fönster". Till höger i bilden syns en tydlig reflex av det övre grundvattenmagasinet. Man ser även det tunna lerlager som bär upp denna höga grundvattenvåning (gul markering).

Vattnet från Vinarträsket infiltrerar ner i isälsavlagringens grus under vägen, i ett s.k. slukhål (blått "öga" på kartan). Detta förklarar den förhöjda grundvattennivån i det intilliggande observationsröret. Vid pumpning av en brunn uppstår en sänkrätt i grundvattenytan runt brunnen. Detta är det motsatta förhållandet. Det nedrinnande vattnet skapar en infiltrationskon med förhöjd grundvattenyta. Förhöjningen sjunker emellertid undan och nästa iaktagna grundvattennivå 140 m åt nedströmshållet är åter normal (32,42 m ö.h.).

Detta iaktogs i juni 1998. Under perioder med mer nederbörd är det mycket troligt att slukhålet inte har kapacitet att "svälja" allt vatten, så mycket kan passera och komma ut på östra sidan vägen.

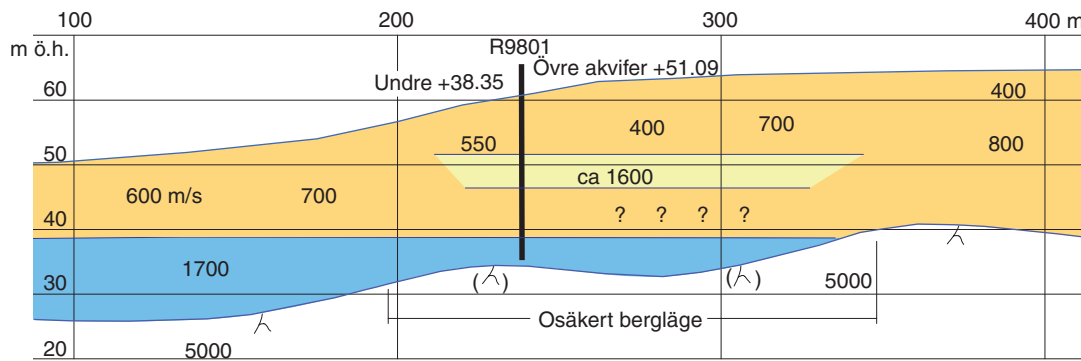


Fig. 51. Seismisk profil (S1-98) över grundvattendelaren norr om Fagersjön.

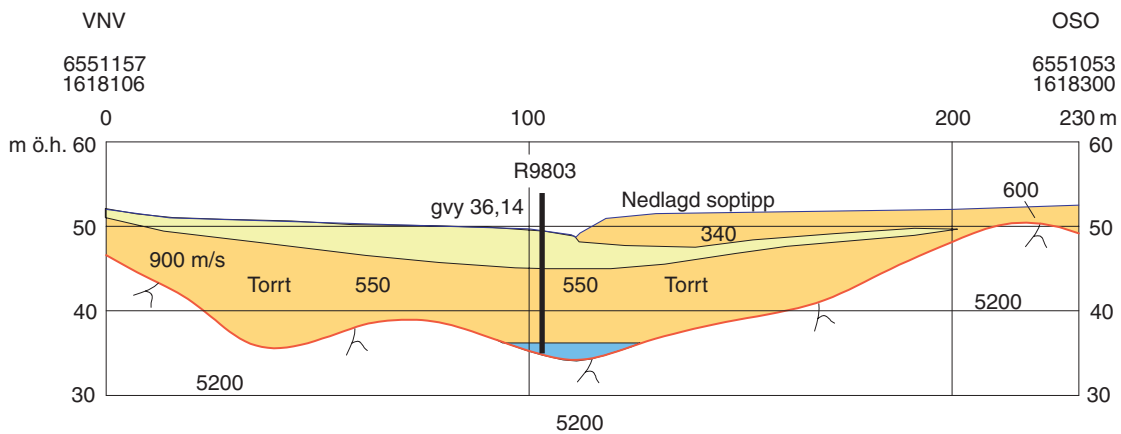


Fig. 52. Seismisk profil (S8-98) mellan grundvattendelaren och Vinarträsket, intill nivålinje 36 (m ö.h.). Leran (gul) och grundvattnet i botten är påvisade genom borrhningen. Lerans mäktighet vid sidan av borrhålet är antagen.

Grundvattenförhållanden vid Fagersjön

Fagersjön tycks ha en viss utjämnande inverkan på grundvattennivån i isälvsavlagringen. Sjön utgör emellertid inte någon påtaglig lågpunkt i grundvattensystemet, varför inga större grundvattenmängder torde läcka ut här. Huvuddelen av grundvattenströmmen fortsätter förbi sjön och vidare söderut mot Gorran.

Läget för 38-metersnivån har markerats på tre olika ställen, se figur 53. Detta för att antyda att även små fluktuationer i grundvattennivån kan innebära stora förändringar i 38-meterskurvas läge. Som alternativ hade dessa nivålinjer kunnat betecknas 38,25; 38,20 och 38,00, men detta hade antytt en noggrannhet som inte gäller.

Vid Trollsta grustag, strax norr om namnet Grödbby på kartan, har en georadarprofil uppmäts. Se figur 54. Profilen uppvisar en tydlig reflex av grundvattenytan, vilket antyder ett mycket genomsläppligt material. Bergytan ligger emellertid förhållandevis högt, varför grundvattenmagasinet är relativt grunt på detta ställe. Trots att sand- och gruslagren är mycket genomsläppliga är möjligheterna till större grundvattenuttag därför mycket begränsade. Se även figur 10.

Även vid Grödbby förekommer på sina ställen två grundvattenvåningar. Här är nivåskillnaden drygt 8 m.

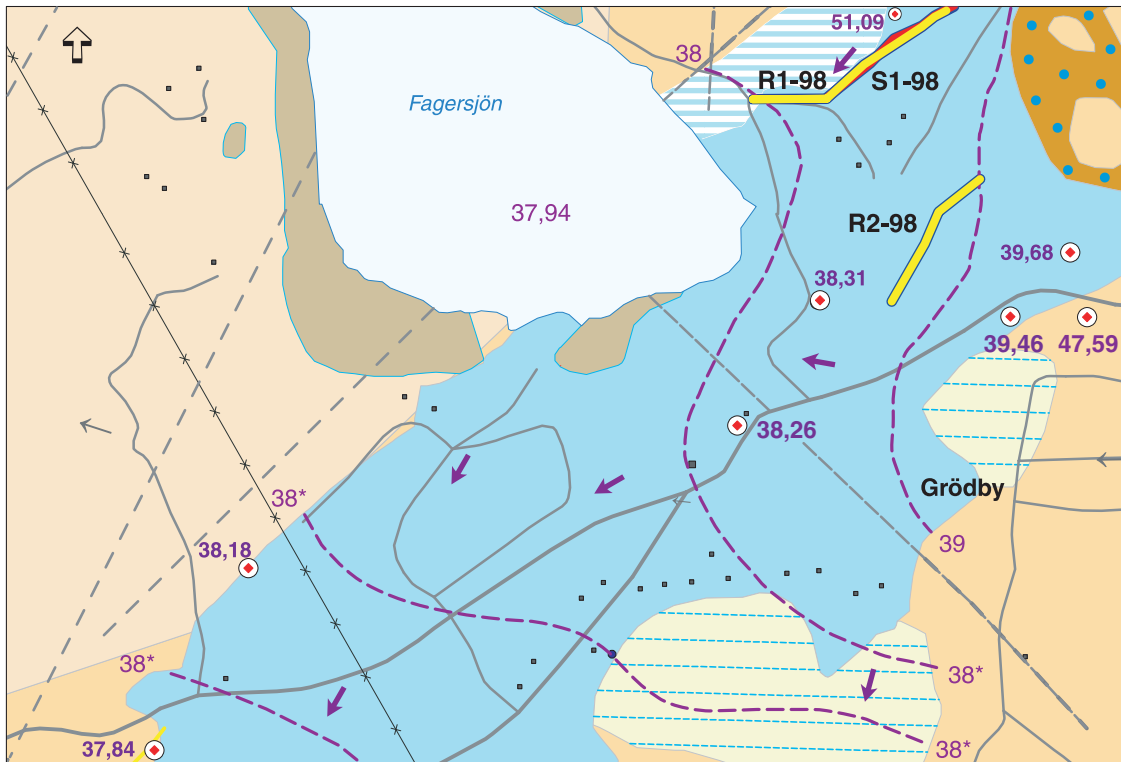


Fig. 53. Grundvattenytan intill Fagersjön är förhållandevis flack. Läget för 38-metersnivån kan sannolikt variera en hel del beroende på årstidsvariationer och variationer i nederbörd. De olika 38-meterskurvorna skall i första hand ses som exempel på hur stor denna variation kan vara.

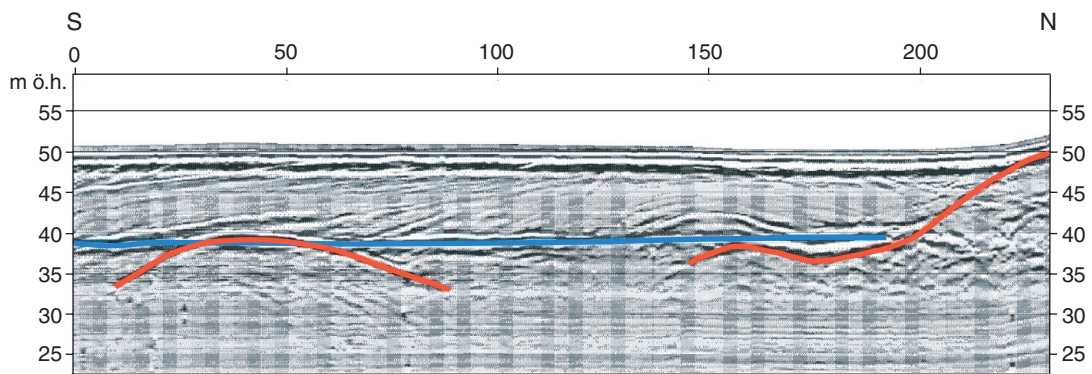


Fig. 54. Georadarprofilen R2-98 som uppmäts i Trollsta grustag uppvisar en tydlig grundvattenyta (i blått). Bergytan, markerad med rött, ligger högt i förhållande till grundvattenytan vilket betyder att grundvattenmagasinet är grunt.

Grundvattenförhållanden vid Sorunda

Gorran, Södertörns största källa, är slutstation för grundvattnet i Tullingestråket, åtminstone för grundvattnet från grundvattendelaren norr om Fagersjön och söderut. Som framgår av figur 55 är det inte bara grundvattnet i åsen norrifrån, utan grundvatten från alla håll som töms ut i Gorran. Se även figur 12.

Strax öster om Gorran ligger Sorundas kommunala vattentäkt, som består av två brunnar intill varandra. Från vattentäkten tas i genomsnitt 5 l/s och från källan flödar samtidigt ca 25 l/s. En av de två brunnarna har också provpumpats med 30 l/s.

Förutsättningarna att förstärka de naturliga grundvattentillgångarna vid Gorran kan bedömas som mycket goda. Detta kan göras med konstgjord grundvattenbildning, se figur 31. Genom ett sådant förfarande skulle mängden uttaget grundvatten kunna mångfaldigas. Sannolikt skulle man kunna ta ut 100–300 l/s, om det finns tillgång till lämpligt ytvatten att infiltrera.

I källflödet kan man se en påtaglig järnutfällning i form av ett rödgult slam, se figur 12. Analyser på källvattnet har visat ett järninnehåll på 1,5 mg/l. Intressant är att järnhalten i det provpumpade vattnet var så lågt som <0,05 mg/l. Det vatten som pumpades ur brunnen mindre än 200 m bort var ju rimligtvis samma vatten som annars skulle ha runnit ut ur källan. Det är känt att järnhalten i vattnet

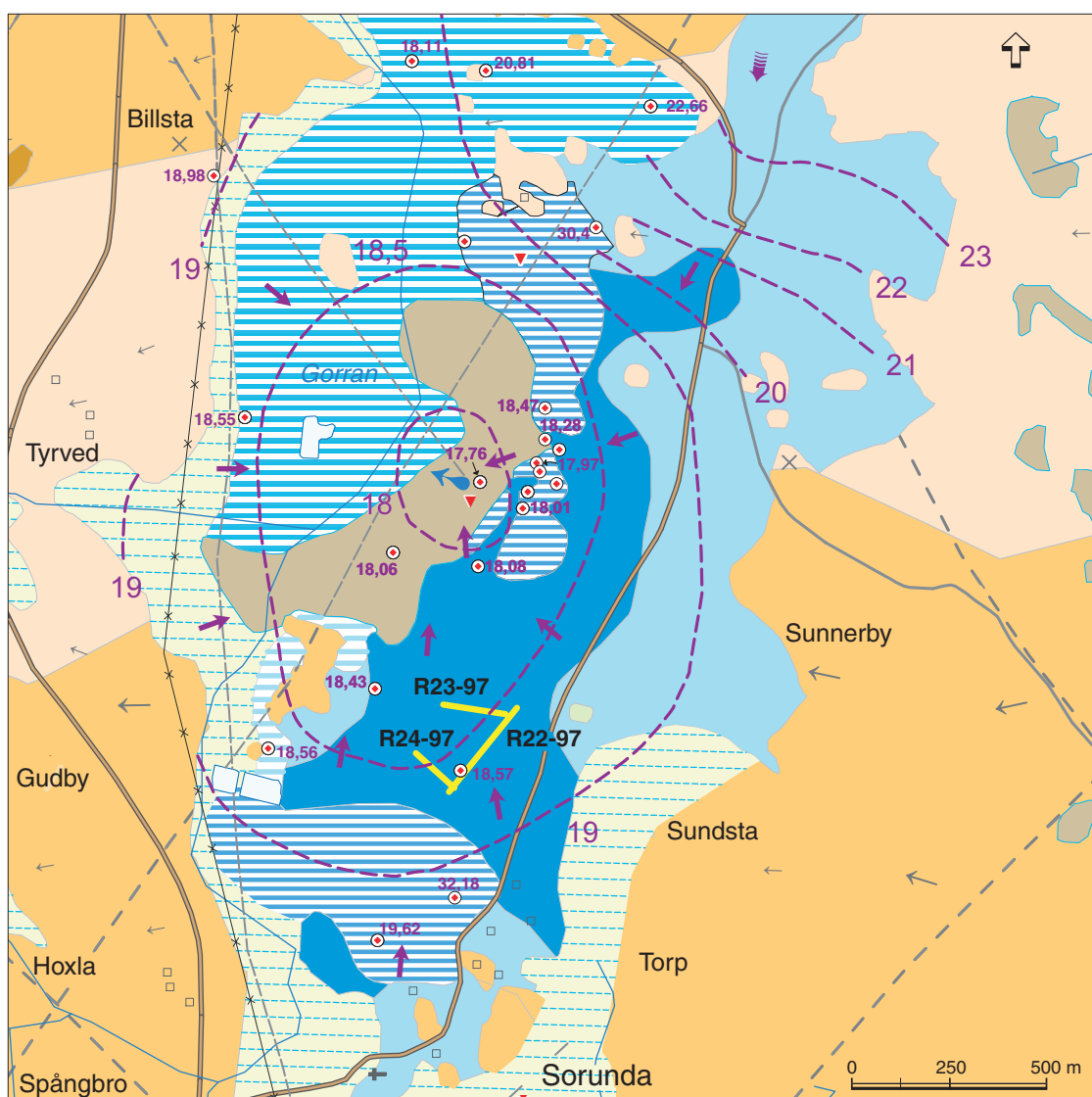


Fig. 55. Gorran, den största källan på Södertörn, avvattnar isälvsvlagringen från Sorunda till grundvattendelaren norr om Fagersjön. Källflödet är ca 25 l/s, dvs. mer än 2 miljoner liter per dygn.

i grundvattenmagasin kan variera mycket, även inom så små avstånd som några få meter. Detta fall visar att järnhalten i en och samma vattenvolym kan växla genom naturlig utfällning eller upptagning vid passage genom olika sand- och grusskikt. Jämför även figur 9.

Grundvattentillgångar vid Muskan, Älby och Berga

Isälvsavlagringarna mellan sjön Muskan vid Ösmo och Berga, i norra utkanten av Nynäshamns tätort, är i stor utsträckning dolda av lera. Möjligen kan en förbindelse finnas mellan avlagringarna vid norra och södra delarna av Muskan, se figur 56. Vid Ösmo samhälle är förbindelsen söderut sannolikt bruten, men från trakten av korsningen mellan vägarna 225 och 73 föreligger sannolikt en förbindelse via Älby och Berga ända in till norra delarna av Nynäshamns tätort.

Vid södra änden av Muskan ligger den kommunala tälkten för Ösmos vattenförsörjning. Kapaciteten är mellan 5 och 10 l/s. Vid större grundvattenuttag är nivåskillnaden mellan sjöytan och grundvattenytan så pass stor som ca 8 m. Detta visar att inläckage av sjövattnet till grundvattenmagasinet (inducerad infiltration) inte förekommer i någon större omfattning.

Vid Sjötäppan, i norra änden av Muskan, har provpumpningar tidigare genomförts med 13 l/s och med mycket liten avsänkning. Konsultfirman VIAK har beräknat att det skulle vara möjligt att ta ut 25 l/s på detta ställe, innefattande en förhållandevis stor andel inducerat sjövattnet.

Som tidigare nämnts genomfördes de grundvattennivåmätningar som redovisas på grundvattenkartan med punktinformation, nivålinjer och strömningspilar i månadsskiftet maj–juni 1998. Vid den tiden var den kommunala grundvattentälkten vid Älby inte i drift. I denna situation uppvisar faktiskt just Älbyområdet den högsta grundvattennivån i det här grundvattenmagasinet. Detta innebär att den kommunala grundvattentälkten vid Älby ligger i det närmaste mitt på grundvattendelaren, varifrån grundvattnet strömmar dels norrut förbi Älby industriområde, dels söderut mot Berga.

Dessa båda grundvattenströmmar rör sig helt eller delvis även mot sjön Älviken. Det är emellertid osäkert om grundvattenströmmarna har någon direkt kontakt med sjön eller om tätande lerlager på sjöbotten förhindrar detta.

Den strömningsbild som framgår av figur 57 visar att det mesta, kanske allt grundvattnet i detta magasin, rör sig mot de kommunala grundvattentälkterna vid Berga där grundvattnet pumpas upp med ca 10 l/s och där grundvattennivåerna är som lägst.

I sådana situationer, när grundvattentälkten vid Älby är i drift, är uttaget också där ca 10 l/s. Då uppstår en s.k. sänktratt i grundvattenytan och grundvattenströmmarna vänds in mot brunnarna. Hur långt mot söder och mot norr sänktratten i sådana lägen når ut är inte känt, men grundvatten från t.ex. Älby industriområde (vid 12-meters-kurvan norr om Älby) och även från större avstånd torde kunna nå denna vattentäkt.

De sammanlagda uttagen vid Älby och vid Berga kan således uppgå till ca 20 l/s. Detta är förhållandevis mycket i relation till de ganska små ytor som står till buds för nybildning av grundvatten till detta magasin. Den sammanlagda ytan av grundvattenmagasinets sand och grus, som når upp genom lerlagren, och där direkt nybildning av grundvatten kan ske, är av storleksordningen 30 ha, se figur 58. Genom denna yta kan knappast mer än ca 5 l/s infiltrera och bilda grundvatten. Resten måste i så fall komma nerifrån och från sidorna via större sprickor i berggrunden. Det är även tänkbart att det finns hydraulisk kontakt mellan grundvattenmagasinet och Älviken så att sjövattnet kan induceras. I så fall är lerlagren på sjöbotten inte täta.

Skillnaderna i marknivå vid detta grundvattenmagasin är förhållandevis små. Grundvattenytans högsta punkt, vid Älby, är 12,25 m ö.h. Grundvattenmagasinet vid Älby är samtidigt mycket mäktigt. De understa partierna ligger på en nivå som är drygt 20 m under havsnivån. Det ovanliga med denna situation är att när brunnen vid Älby inte används utgör platsen en grundvattendelare och när brunnen används kan platsen uppvisa magasinets lägsta grundvattennivå. Grundvattnets strömningsbild i området blir således helt annorlunda när brunnen är i drift.

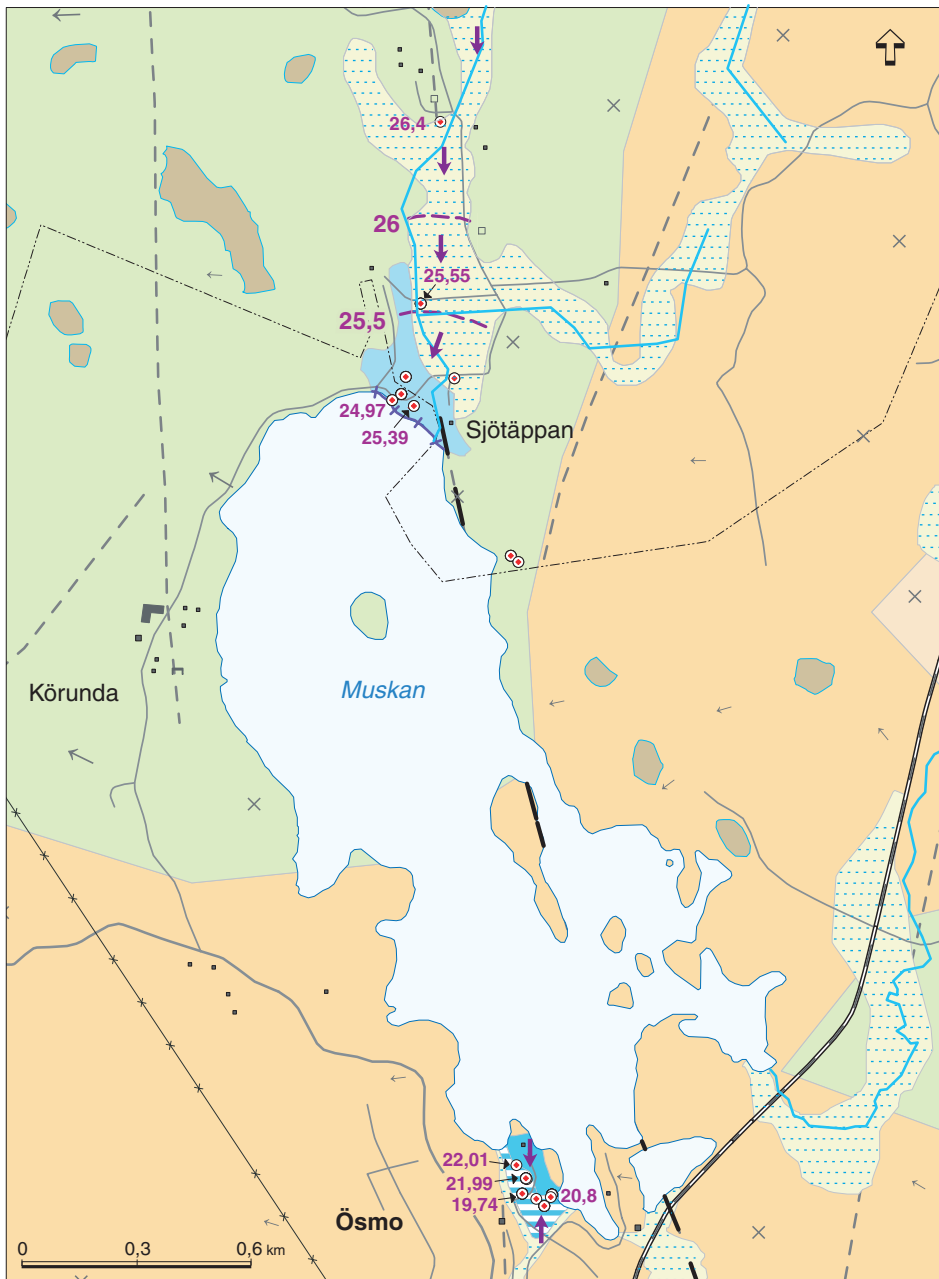


Fig. 56. Isälvsavlagringar förekommer vid södra och norra änden av Muskan. Det är f.n. okänt om det finns någon sammanhängande förbindelse mellan dessa på botten av sjön.

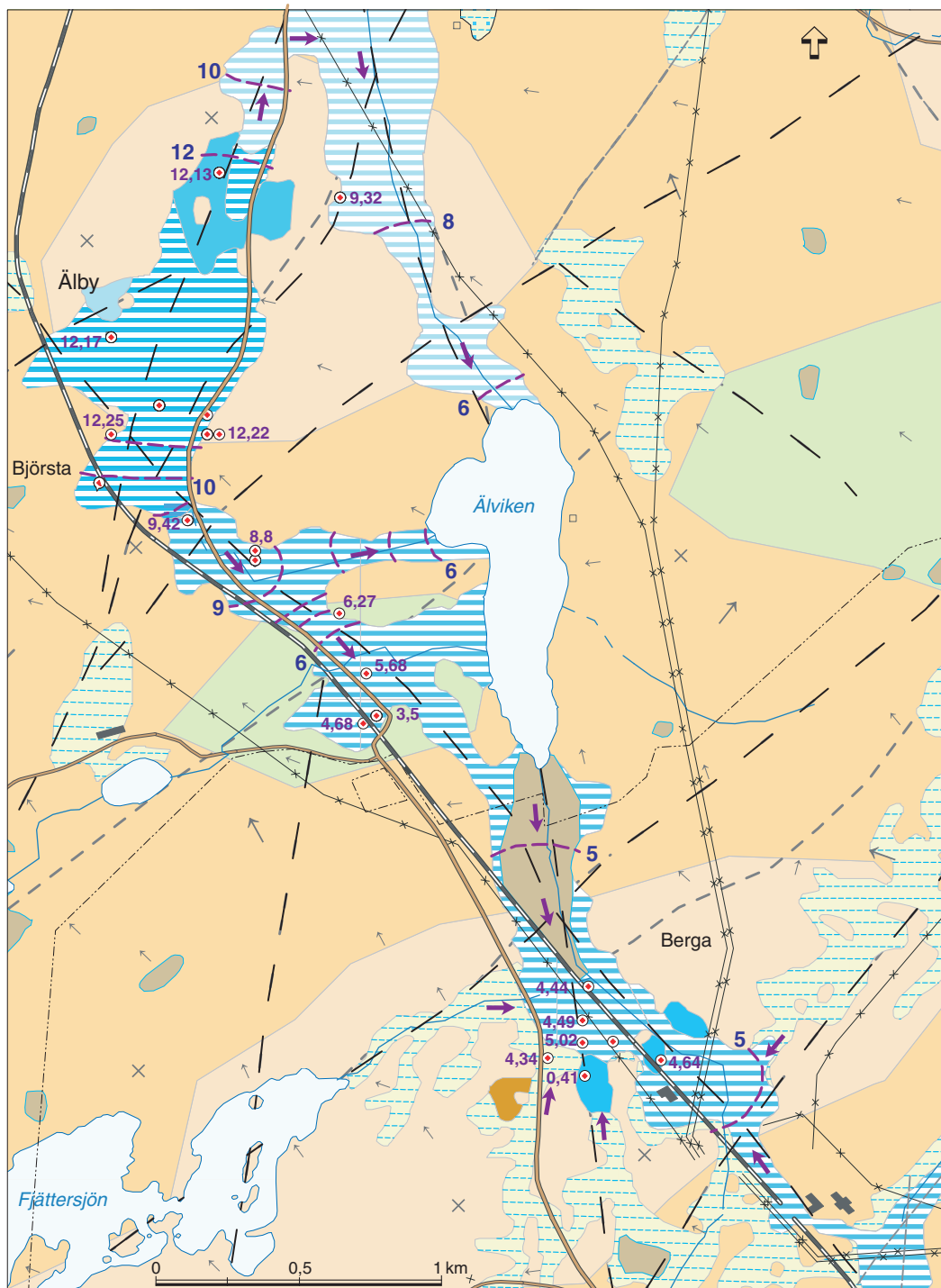


Fig. 57. Grundvattennivåmätningarna indikerar hydrauliskt sammanhängande sand- och grusavlagringar under leran från Ösmokorset (strax norr om kartutsnittet) och in mot de norra delarna av Nynäshamns tätort.

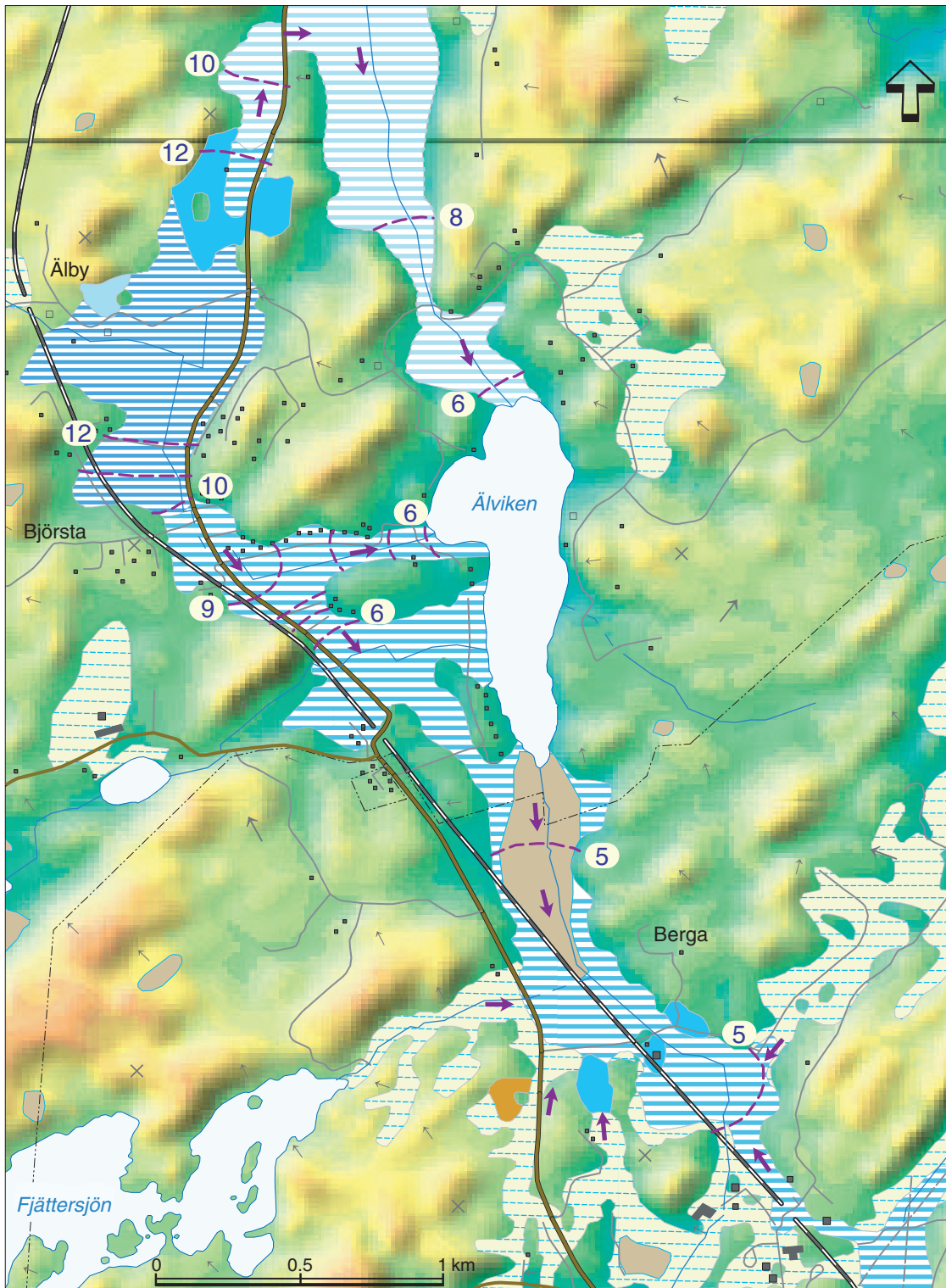


Fig. 58. Grundvattenbildningen till Älby–Bergamagasinet sker huvudsakligen i sand- och grusområdena (blå), men kan även ske via berggrundens större sprickzoner. Möjligen också genom inducerad infiltration av sjövattnet i Älviken. Höjdreliëfkarta baserad på Lantmäteriets höjddatabas bildar bakgrund.

Grundvattentillgångar vid Ören och Järflotta

Sand- och grusavlagringarna på Ören och Järflotta tillhör en grupp bildningar som går under benämningen den mellansvenska israndzonen. Denna zon sträcker sig från Norge genom Dalsland, Västergötland, Östergötland och Sörmland till Finland. I Norge kallas den för Raerna och i Finland för Salpausselkä. Större, mer kända bildningar i denna zon är Dals Ed, Ödskölts moar, Hjortens och Hindens uddar i Vänern, Mjölbyterrassen, Malmslätt, Larslundsmalmen vid Nyköping, Nättarö och Sandhamn.

I denna zon gjorde avsmältningen av inlandsisen under en period av ca 800 år ett mer eller mindre sammanhängande uppehåll. Därvid rörde sig isfronten tidvis mycket lite och tidvis såväl söderut som norrut. Detta har på flera håll i denna zon resulterat i förhållandevis komplexa lagerföljder. Vid Ören har jordlagren en mäktighet av upp emot 120 m, sannolikt en växellagring mellan sand, grus, lera och morän.

Vid en borrning för en försöksbrunn på Ören (rörbrunnen öster om namnet Ören i figur 59) påträffades överst 7 m sand och grus, därunder 5 m lera, sedan 14 m sand och grus. Grundvattenytan stod i princip i havsnivå, vilket visar att sand- och gruslagren är mycket genomsläppliga. Man kan säga att det grundvatten som nybildas av nederbörden mycket snabbt släpps ut i saltsjön. Detta betyder att det inte kan byggas upp något större (tjockare) magasin av sött grundvatten. Djupet till underliggande, salt grundvatten var vid den nämnda brunnen endast drygt 10 m under grundvattenytan. Sannolikt ligger gränsen till salt grundvatten ingenstans på Ören djupare än några få tiotal meter, se figur 60.

Grundvattenbildningen i området är dock förhållandevis stor, överslagsmässigt av storleksordningen 15 l/s. Teoretiskt skulle det vara möjligt att ur ett flertal mycket grunda brunnar eller ur grunt liggande horisontella brunnskonstruktioner så att säga skumma av det söta grundvattnet. Praktiskt skulle detta emellertid kunna visa sig vara ganska svårt.

I samband med arbetena för jordartskartan (SGU Ae 31) utfördes flera seismiska profilmätningar på Ören. Resultaten från en av dessa, den röda linjen i figur 59, visas i figur 60. Här framgår att jordlagren är närmare 120 m mäktiga. Den understa delen har en seismisk hastighet mellan 1800 och 1900 m/s.

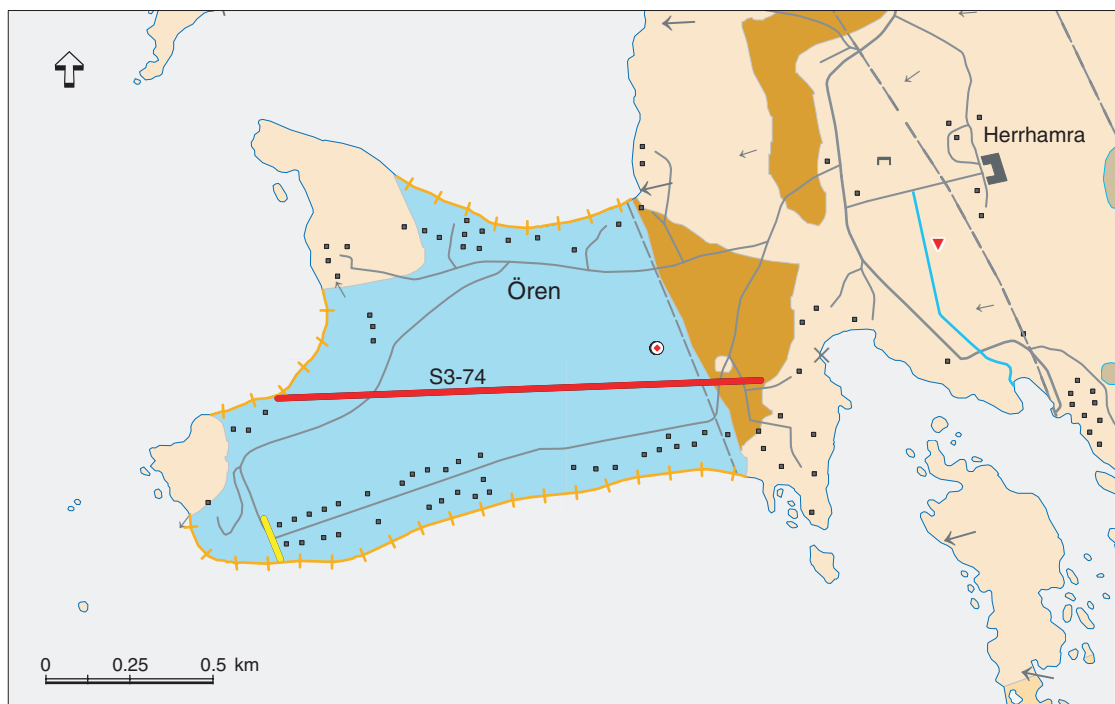


Fig. 59. Vid Ören är grundvattenbildningen förhållandevis stor, men p.g.a. sand- och gruslagrens höga genomsläpplighet sker utbytet av vatten till och från saltsjön så snabbt och lätt att något större magasin med sött grundvatten inte kan byggas upp.

Det är osäkert vad detta egentligen är för material. Det mesta tyder på att det huvudsakligen är sand och grus, men större eller mindre delar skulle även kunna vara morän.

Förekomsten av lera under det översta partiet av sand och grus är också något oroande. Om utbredningen av lera är omfattande, vilket lagret med 1400–1600 m/s i den seismiska profilen i figur 60 antyder, kan detta betyda att grundvattenbildningen till de undre sand- och gruslagren är betydligt mindre än 15 l/s. Sand- och gruslagren ovanför leran har en seismisk hastighet av 300–800 m/s. De är alltså torra och kan inte hålla kvar något vatten. Kanske rinner det mesta av den nederbörd som infiltrerar snabbt av ovanpå leran och ut i havet.

Det användbara magasinet med sött grundvatten begränsas huvudsakligen till skiktet mellan lerlagrets (1400–1600 m/s) underkant och gränssytan till salt grundvatten.

Kvartärgeologiska institutionen vid Stockholms universitet har utfört seismiska mätningar strax väster om Sandstugan på Järflotta. Därvid har jordlager med en seismisk hastighet av 1600–1700 m/s påvisats, vilket tyder på att de utgörs av grundvattenmättat sand och grus, se figur 61. Dessa lagres mäktighet varierade mellan 15 och 30 m i de uppmätta profilerna. Platsen är emellertid inte kontrollerad med några borrhningar.

Sannolikt förekommer denna typ av bildningar i två nord–sydliga stråk. Det ena mellan Valsviken och Sandviken och det andra mellan Sägsviken och Södra Örvad. Den norra, undersökta delen av det förre stråket är markerat på grundvattenkartan på vanligt sätt. Den södra delen samt det senare stråket är markerade endast med frågetecken, eftersom de inte undersökts.

Man måste naturligtvis förmoda att risken för salt grundvatten på Järflotta är av samma karaktär som på Ören, men något mindre i de centrala delarna beroende på större avstånd till havet.

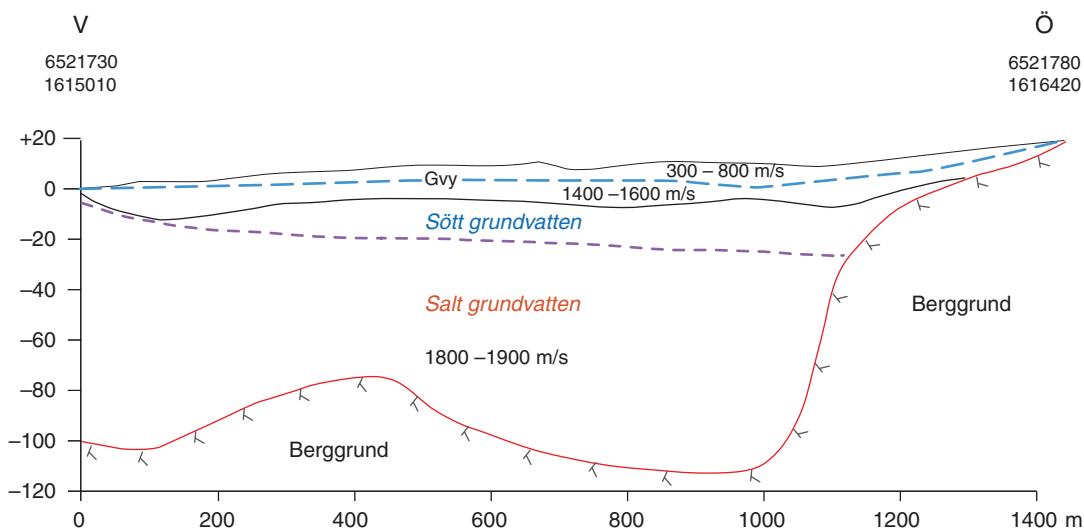


Fig. 60. Seismisk profil (S3-74, röd linje i figur 59) uppmätt vid SGUs jordartskartering. Gränsen mellan sött och salt grundvatten (streckad violett linje) är bedömt läge. Det ca 100 m mäktiga lagret med seismisk hastighet 1800–1900 m/s torde huvudsakligen bestå av sand och grus, men kan även innehålla en hel del morän.

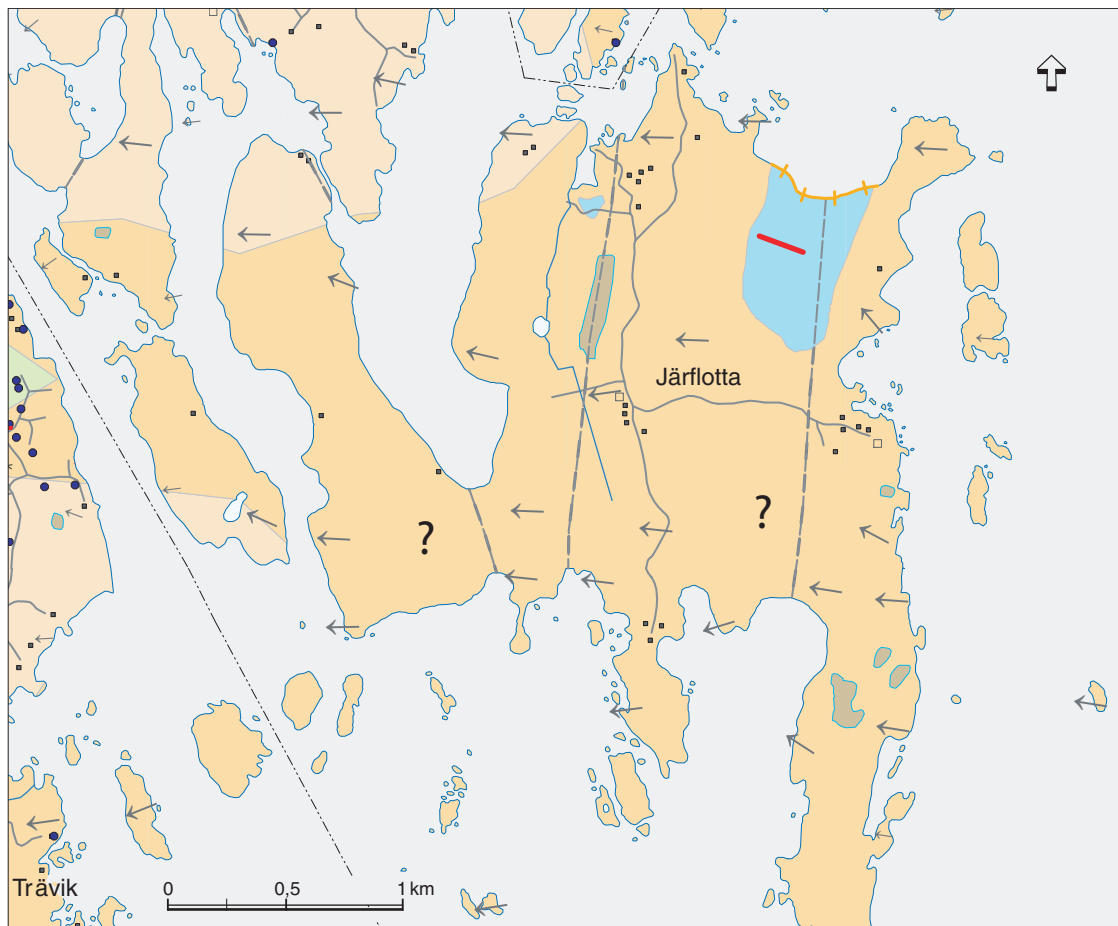


Fig. 61. På Järflotta har mellan 15 och 30 m vattenförande sand- och gruslager indikerats med seismiska mätningar vid den röda linjen. Vid de två frågetecknen kan förhållandena bedömas vara likartade, men områdena har inte undersökts.

GRUNDTVATNETS 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. Vittringens intensitet 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 vilket 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 försurning, utgörs inom de normala pH-intervallen av *vätekarbonat*.

Grundvattnets surhet, *vätejonkoncentrationen*, anges som pH. Låga pH-värden kan bero på effekter av den sura nederbörden, men kan också ha naturliga orsaker. Ett yligt 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. Vattnet från grävda brunnar har i allmänhet lägre pH-värde (är surare) än vatten från borrade brunnar.

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 såväl berggrund som i jordlager.

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, marknivå och avstånd till havsstrand. 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 kapitlet ”Salt grundvatten och motåtgärder” som berör frågan om salt grundvatten 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.

Grundvattnets kemi i Nynäshamnstrakten

Kartorna över olika kemiska parametrar, som visas i figurerna 62–67, är utsnitt ur SGUs och SNVs Rapport 4415, ”Grundvattnets kemi i Sverige”. Brunnarna som ingår i sammanställningen får sitt vatten från berggrunden. Det totala antalet kemiska analyser som kartutsnittet grundar sig på är endast 273, vilket måste betraktas som ett litet antal i förhållande till det stora området. Därför måste kemikartorna betraktas som mycket översiktliga. På olika analysföretag finns resultat från betydligt

fler analyser, men dessa är på grund av rådande bestämmelser tyvärr inte tillgängliga.

Kartorna är framställda med hjälp av linjär interpolation. Detta medför att man kan se om speciellt höga eller låga värden är koncentrerade till ett visst område. Interpoleringsmetoden tar inte hänsyn till om data är riktighetsberoende. I områden där brunnar saknas eller där det endast finns enstaka brunnar är kartbilderna naturligtvis mycket osäkra.

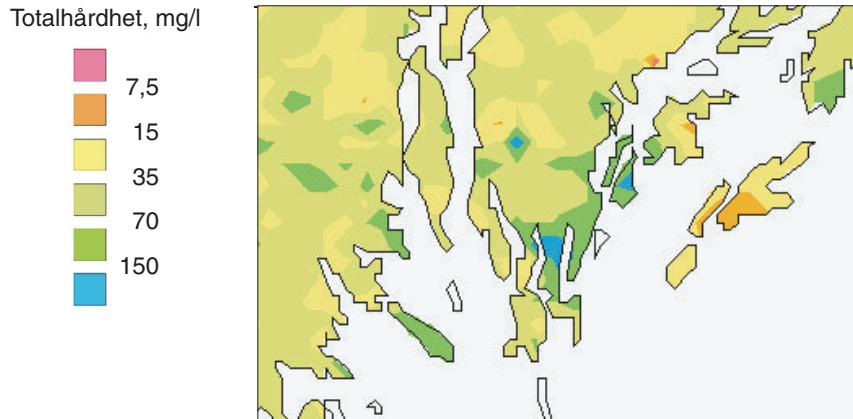


Fig. 62. Totalhårdhet, Ca + Mg angivet som mg Ca/l. Grundvatten med "normal" totalhårdhet är vanligt i merparten av området. Inflytandet av kalksten och andra förhållandevis kalkrika bergarter, bidrar till att totalhårdheten kan vara relativt hög i vissa områden.

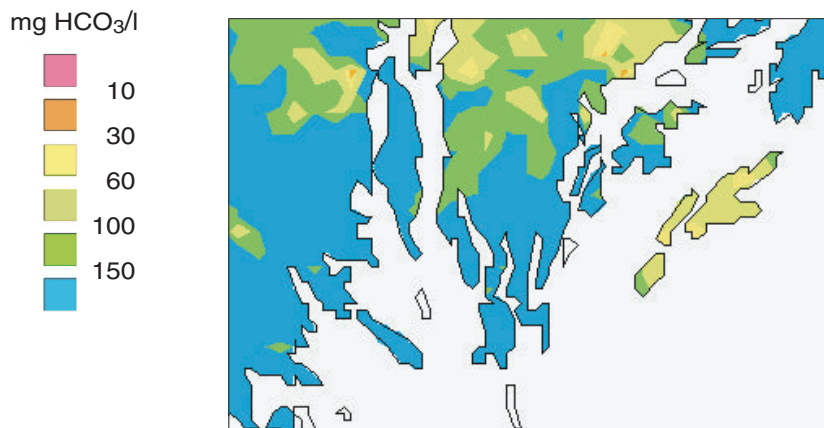


Fig. 63. Alkalinitet. Alkaliniteten i berggrundens vatten är jämförelsevis hög. Den samvarierar ofta med totalhårdheten vilket framgår på flera håll i kommunen.



Fig. 64. Surhet. pH-värdena i bergbrunnarnas vatten är i allmänhet något högre än i de flesta områden i Sverige. Det beror sannolikt på förekomsten av vittringsbenägna bergarter (kalkrika). Några omfattande problem med surt brunnsvatten torde inte förekomma.

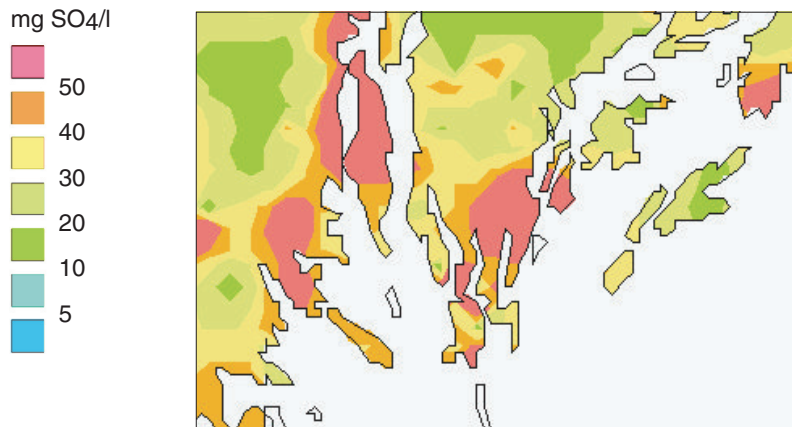


Fig. 65. Sulfat. De varierande halterna är betingade av de geologiska och hydrogeologiska förutsättningarna. Områden med höga halter är sannolikt beroende på inflytandet av sulfidhaltiga mineral. Sådana svavelhaltiga mineral som svavelkis (FeS_2) och magnetkis (FeS) är relativt vanliga i berggrunden i Nynäshamnsområdet. Se figur 21.

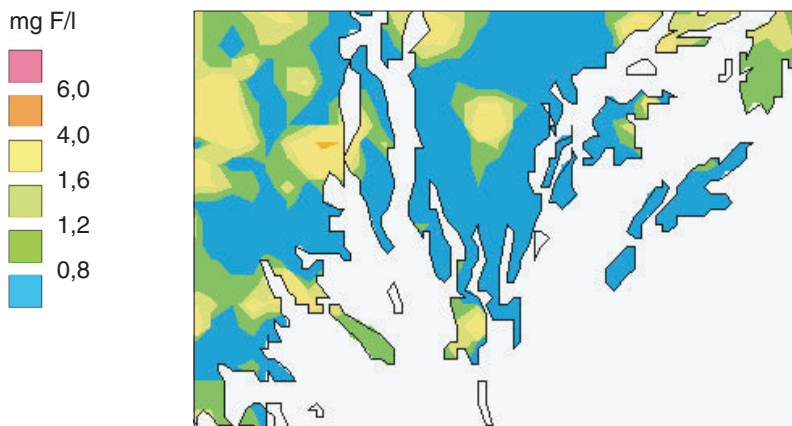


Fig. 66. Fluorid. Höga fluoridhalter i bergbrunnar orsakas vanligen av fluorhaltiga mineral i yngre graniter och pegmatiter. Berggrunden i området med högre fluoridhalt i trakten norr om Muskan är starkt ådergnejs- och migmatitomvandlad. Sannolikt finns här en koppling mellan högre fluoridhalt och förekomsten av större och mindre kvartsfältspatgångar och -ådror.



Fig. 67. Nitrat. Det djupa grundvattnet i berggrunden är oftast mindre sårbart och vattnet i bergbrunnar har vanligen lägre halter än vattnet i jordbrunnar. Höga halter brukar sammanfalla med områden som utgör jordbruksmark som gödglas, men så tycks inte fallet vara här. Höga halter kan emellertid orsakas av påverkan från avlopp och liknande.

Klorid

En särskild undersökning av förekomsten av salt grundvatten har genomförts i Nynäshamns kommun. Resultaten av denna undersökning redovisas i kapitlet "Salt grundvatten och motåtgärder" på sidan 63.

Kemiska analyser på grundvattnet i källor och i observationsrör

Resultaten av de kemiska analyserna på grundvattnet i vissa källor och observationsrör redovisas i tabeller i avsnittet "Kemiska analyser av grundvatten från källor och observationsrör". Proverna är tagna i de undersökta områdena vid Fullbromalm och norr om Fagersjön. Livsmedelsverkets gränsvärden för dricksvatten visas i avsnittet "Dricksvatten". Nedan följer vissa kommentarer till analysresultaten.

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 fälls 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, se figur 9.

Analysen på prov från rör 9801R är från området norr om Fagersjön. Provet är taget på mellan 16 och 17 meters djup, i ett material som består av sandig grovmo. Vattnet är mycket mjukt, vattenkvaliteten är bra med högt pH-värde, men alkaliniteten är låg.

Vattenprovet från en av källorna vid Frölunda visar ett något förhöjt värde på ammonium-kväve. Möjligen kan det antyda en viss påverkan från jordbruket. Klorid visar en svag förhöjning. I övrigt visar analysen ett mycket mjukt vatten av bra kvalitet.

Vattenprovet från Snickartorpet är taget ur bäcken där vattnet från källorna samlats. Detta vatten är också mycket mjukt. Vattnet är i alla avseenden bra. Klorid visar en viss förhöjning, men ligger långt under gränsvärdet.

Analysen av vattnet från källan vid Lilla Ström visar även den ett mycket mjukt vatten. Förutom en något hög järnhalt är vattnet av bra kvalitet.

SALT GRUNDVATTEN OCH MOTÅTGÄRDER

Förekomsten av salt grundvatten

Risken att få salt grundvatten på grund av direkt inträngning av havsvatten vid anläggande av bergborrade brunnar är av naturliga skäl större ju närmare en havsstrand man borrar. Redan på ett avstånd av en halv till en kilometer från stranden torde dock den risken vara mycket liten. Det salta grundvatten som påträffas i brunnar på större avstånd från havet härrör från mer eller mindre stora djup under brunnsområdet. I vissa fall kan det emellertid röra sig om mänsklig påverkan – vägsalt, soptippar m.m. – vid markytan.

Beträffande möjligheterna att bedöma risken för salt grundvatten i områden långt från havet, pekar nuvarande kunskaper på att salt grundvatten förekommer överallt, 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 av storleksordningen 100 000 mg/l. Motsvarande saltlake har nu påträffats även i Oskarshamnsområdet och på ”endast” ca 1 000 m djup. 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. 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. Se metodbeskrivningen, avsnittet ”Elektriska motståndsmätningar” på sidan 78. Försök med sådana mätningar har gjorts i Nynäshamns kommun, men det har visat sig att berggrunden innehåller alltför mycket elektriskt ledande mineral för att det skall gå att skilja ut det elektriskt ledande salta grundvattnet.

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 borrhjup utan som relativa mått på risken att erhålla ett salt grundvatten. Detta beror på att en brunn inte måste nå ända ner till saltvattnegränsen för att den skall 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 68 och 69.

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 saltvattnegränsen, om man genom pumpning dränerar ut sötvattnet i sprickorna, se figur 70. I de flesta fall får man emellertid inte ett ”rent” saltvatten utan tillförsel av ytterligare vatten från en mycket oregelbunden sprickighet 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.

Trots att hela kommunen varit täckt av havsvatten efter den senaste istiden är risken för kvarvarande salt grundvatten således mycket olika i olika delar av kommunen.

När landytorna var täckta av havsvatten var allt grundvatten salt. När sedan landet höjt sig ur havet har det salta grundvattnet successivt tvättats ut av infiltrerande regnvatten. Denna process har pågått dels under längre tid, dels med större och därmed effektivare hydraulisk gradient i höjdområden än i lågområden.

Man kan i stora drag likna det söta grundvattnet vid ett isberg som flyter ovanpå det salta grundvattnet. Ju mer det sticker upp, desto djupare ner ligger dess undersida. Eftersom grundvattenytan i dessa trakter vanligtvis ligger några få meter under markytan, ligger gränsen till salt grundvatten generellt sett djupare i höjdområden än i lågområden. De provtagningsplatser som utgjort underlag för saltriskkartan, figur 72, framgår av figur 71.

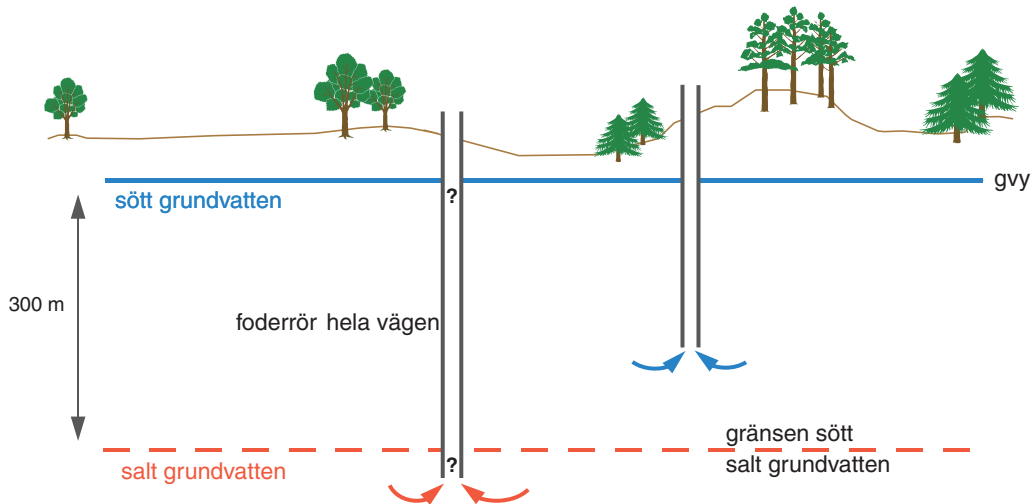


Fig. 68. Båda brunnarna utgörs av stålrör, där vattnet kommer in endast underifrån. Den högra brunnen får in sött vatten – vattennivån i brunnen blir densamma som omgivande grundvattennivå. In i den vänstra brunnen kommer bara salt grundvatten från drygt 300 m djup.

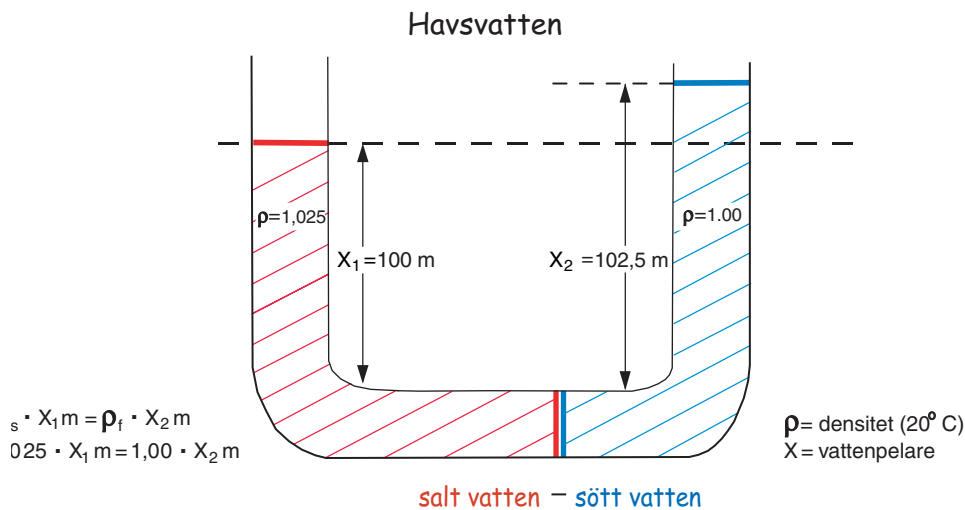


Fig. 69. Enligt principen om kommunicerande kärl balanseras en 102,5 m pelare med sött vatten av en 100 m pelare med salt vatten (3,5 %).

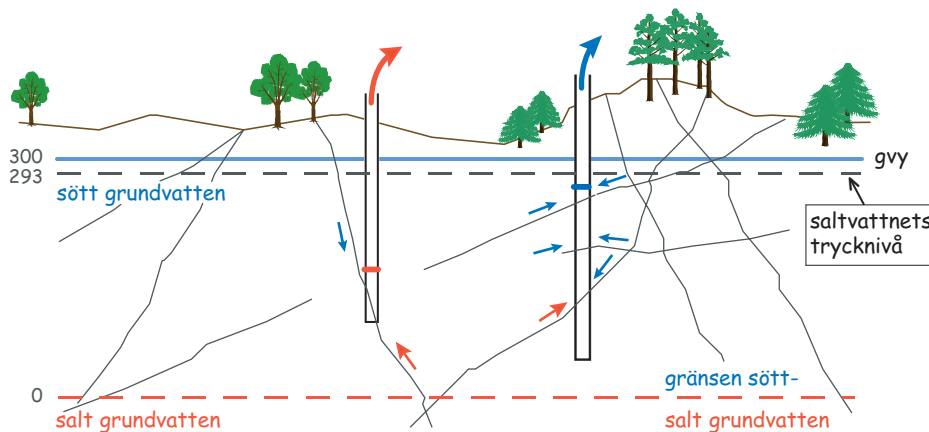


Fig. 70. Brunnen till vänster får vatten från i huvudsak en, dåligt vattenförande, spricka. Den övre delen av sprickan töms efter en tid på sitt söta vatten. Via den undre delen av sprickan trycks det salta vattnet upp utan att sina. Brunnen ger vatten med hög salthalt. Brunnen till höger får vatten 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.

Salt grundvatten i Nynäshamns kommun

I samband med kartläggningen av grundvattentillgångarna i Nynäshamns kommun utfördes en särskild studie av förekomsten av salt grundvatten. Detta skedde i nära samarbete med kommunen, som för att öka det statistiska underlaget för framtagningen av en saltriskkarta, figur 72, genomförde en kompletterande insamling av vattenprov från brunnar för kemisk analys.

Risken för salt grundvatten är, som tidigare nämnts, stor nära havsstranden, men minskar på bara några hundra meters avstånd. Det handlar då i första hand om direkt inträngning av havsvatten till en brunn. Det har emellertid i många fall visat sig att salt grundvatten kan påträffas på platser så långt från havet att en direkt inträngning från, eller förbindelse till havet kan uteslutas.

Vid statistiska bearbetningar av kloridanalyser av brunnsvatten från hela landet har det visat sig att det föreligger ett visst samband mellan kloridhalt och markytans nivå i meter över havet. Det har visat sig att ju lägre marknivån är, desto högre är risken för salt grundvatten. Detta visas i figur 73.

Det förefaller således så att det generellt sett inte har någon egentlig betydelse om ett visst område tidigare har varit täckt av havsvatten. Däremot framgår det klart att det föreligger ett samband mellan låg marknivå och hög salthalt.

Vid ett närmare studium av förhållandena i Nynäshamns kommun kan man se att saltpåverkade brunnar i huvudsak förekommer i tre olika sammanhang. Av figur 74 framgår att de höga kloridhalterna är förknippade med närheten till Saltsjön. Figur 75 visar att brunnar med höga kloridhalter huvudsakligen förekommer i samband med låga marknivåer. I figur 76 kan man se att höga kloridhalter också kan förekomma i anslutning till en större väg.

I det första fallet kan det röra sig om direktinträngning av havsvatten, i det andra om uppträngande av ett underliggande salt grundvatten (se figur 70) och i det tredje fallet är det med stor sannolikhet vägsalt som har nått brunnen.

Vad beträffar risken för salt grundvatten i närheten av en strand eller i ett låglänt område är det dessutom så att risken ökar med ökande grundvattenuttag. Detta kan tyckas helt naturligt och beror ju i första hand på att mängden salt vatten som kan nå en brunn i sådana lägen är större än mängden sött vatten, se figur 70.

Figur 77 visar ett exempel på hur risken för salt grundvatten kan kvantifieras beroende på hur låg marknivån är. Den statistiska bearbetningen grundar sig på kemianalyser i SGUs databaser.

Sammanfattningsvis kan man säga att kartan i figur 72 visar var man i dag har saltpåverkade brunnar, dvs. i vilka områden som saltvattenrisken redan nu har givit sig till känna. Man skulle kunna säga att med hänsyn till naturgivna förutsättningar är dessa områden redan överexploaterade.

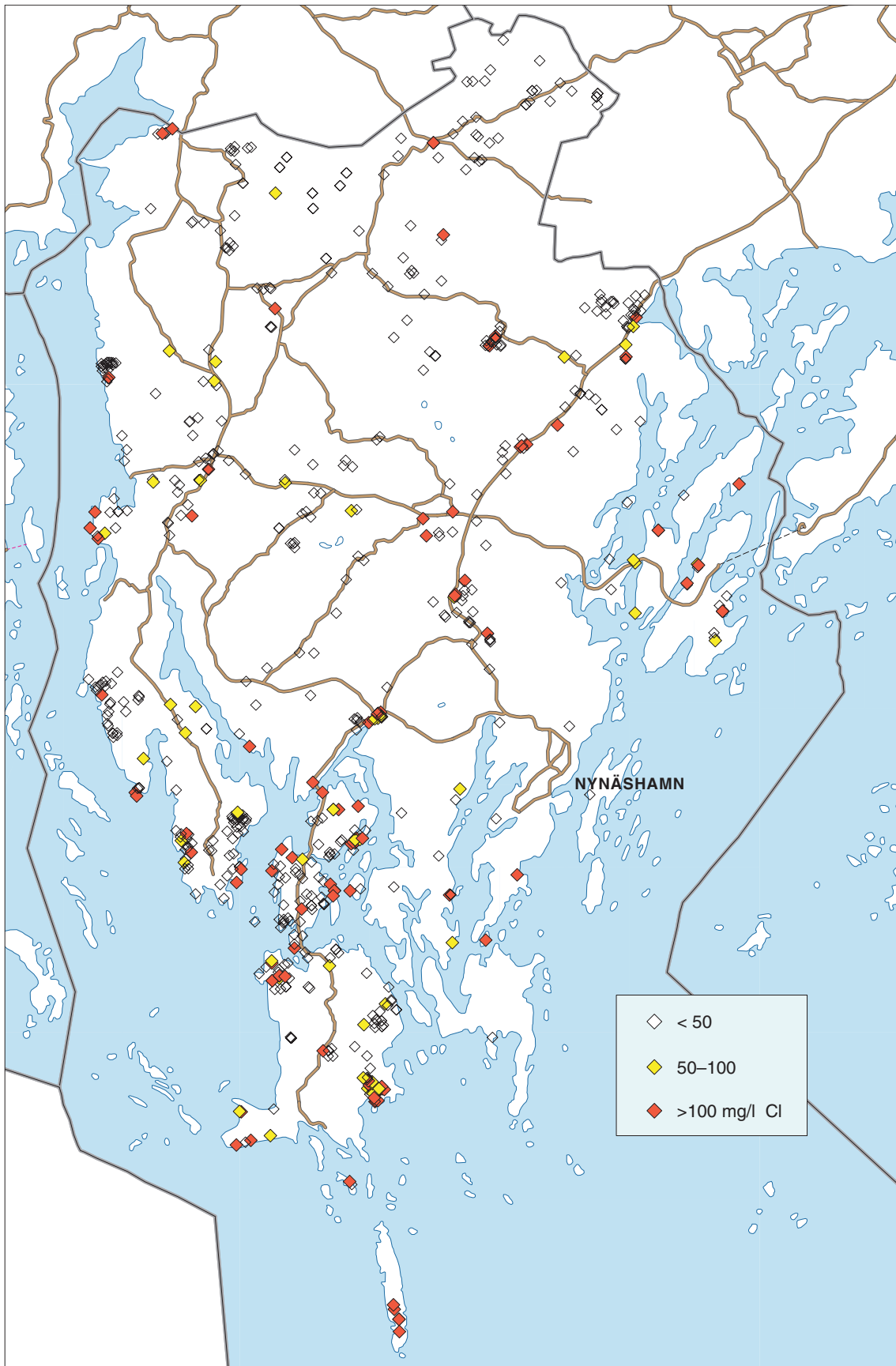


Fig. 71. Provtagningsplatser och analysresultat som utgör underlag för kartan till höger, figur 72.

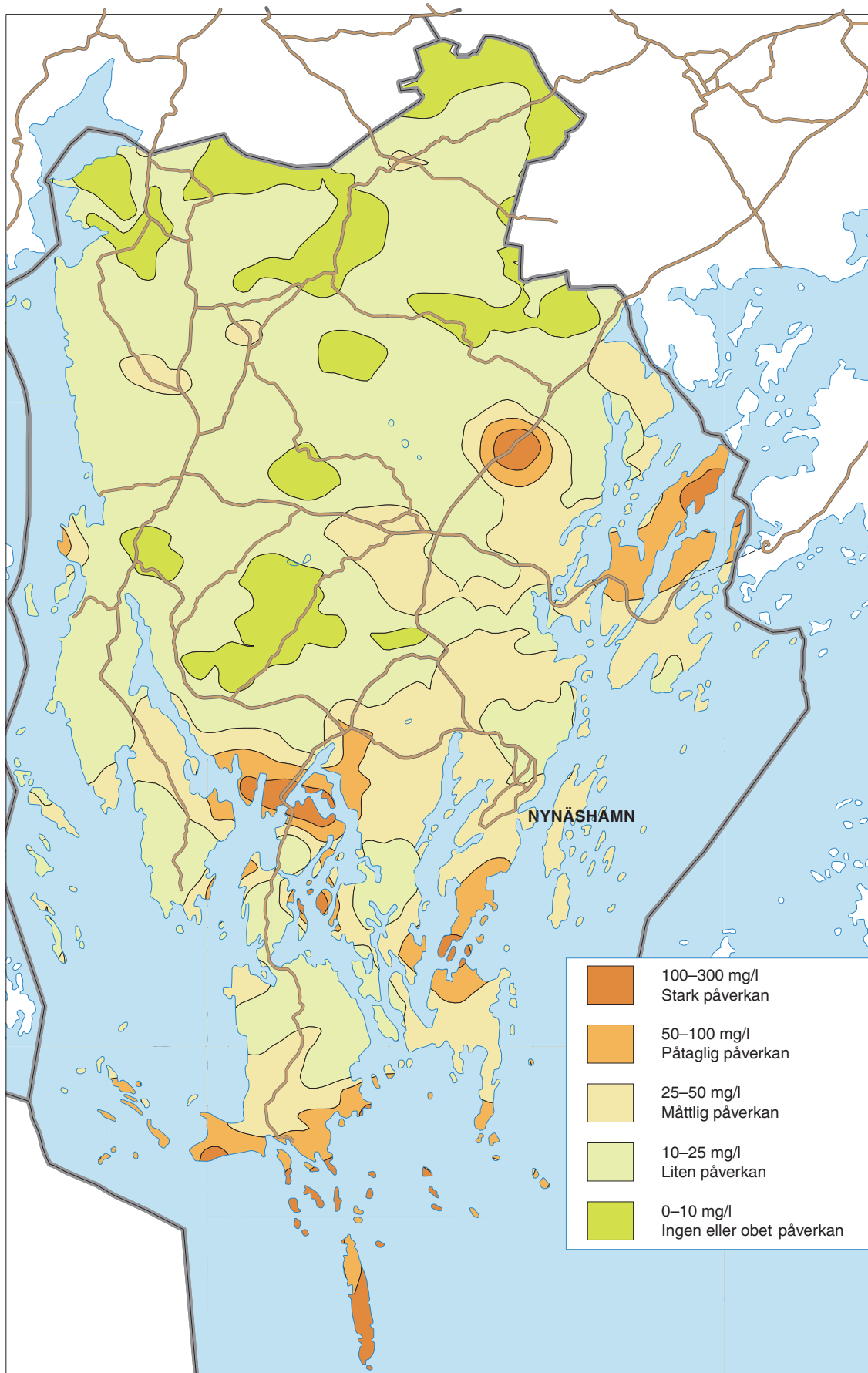


Fig. 72. Karta över påverkan av salt i brunnar, "saltriskkarta".

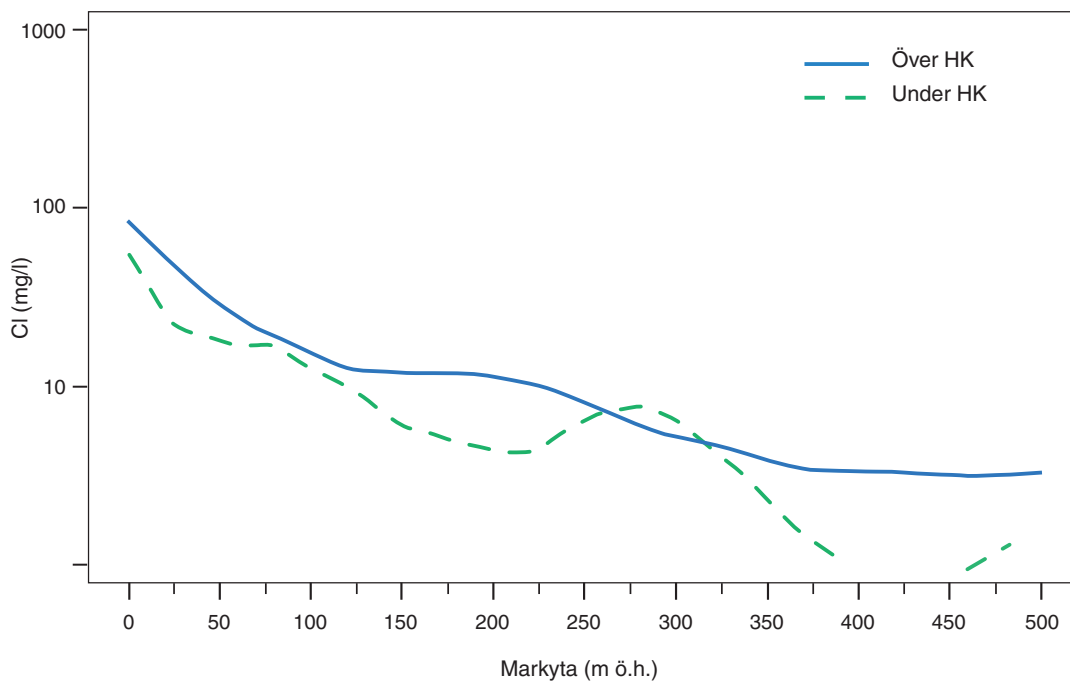


Fig. 73. Bilden visar hur kloridhalten i brunnar är beroende av markytans höjd över havet. Sammanställningen är baserad på analyser från ca 10 000 bergborrade brunnar från hela landet. Över HK – brunnar över högsta kustlinjen (dvs. brunnar från områden som inte har varit täckta av hav efter senaste istiden); under HK – brunnar under högsta kustlinjen (brunnar från områden som har varit täckta av hav efter senaste istiden).

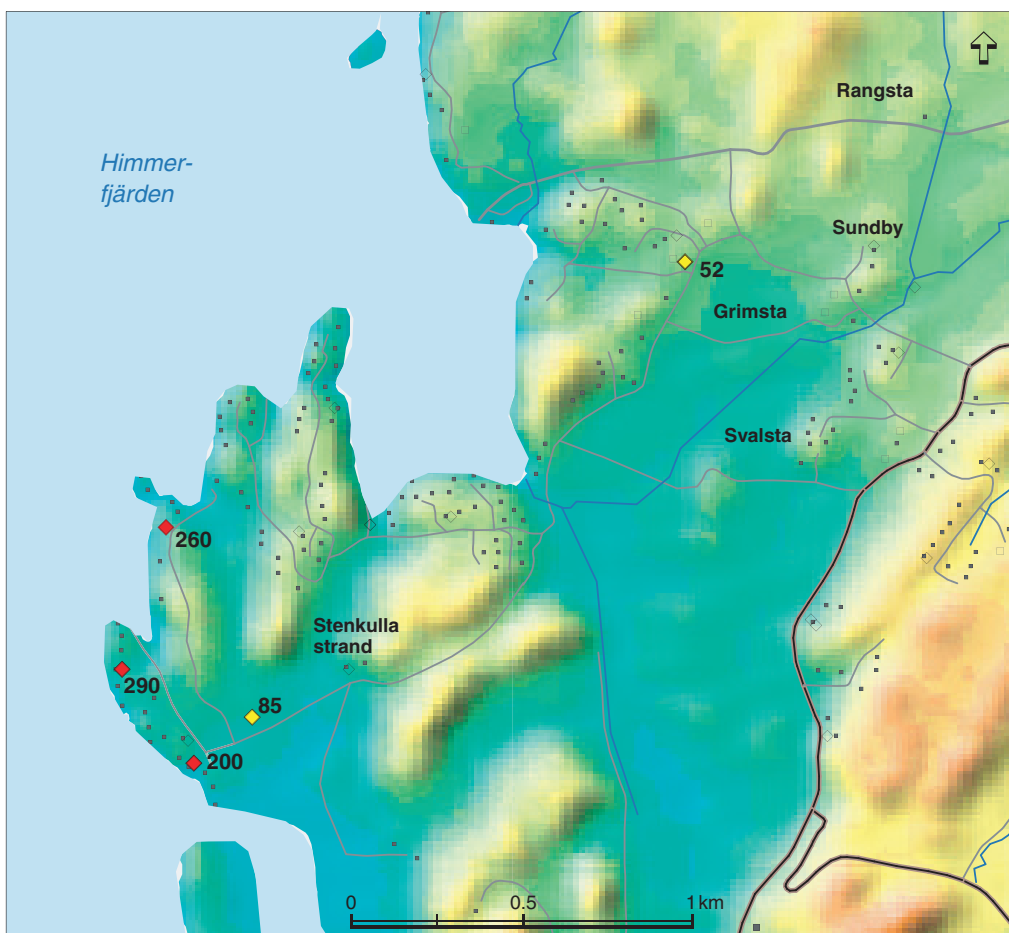


Fig. 74. Exempel på område där hög salthalt i brunnar (röda markeringar) sannolikt orsakats av direkt inträngning av havsvatten.

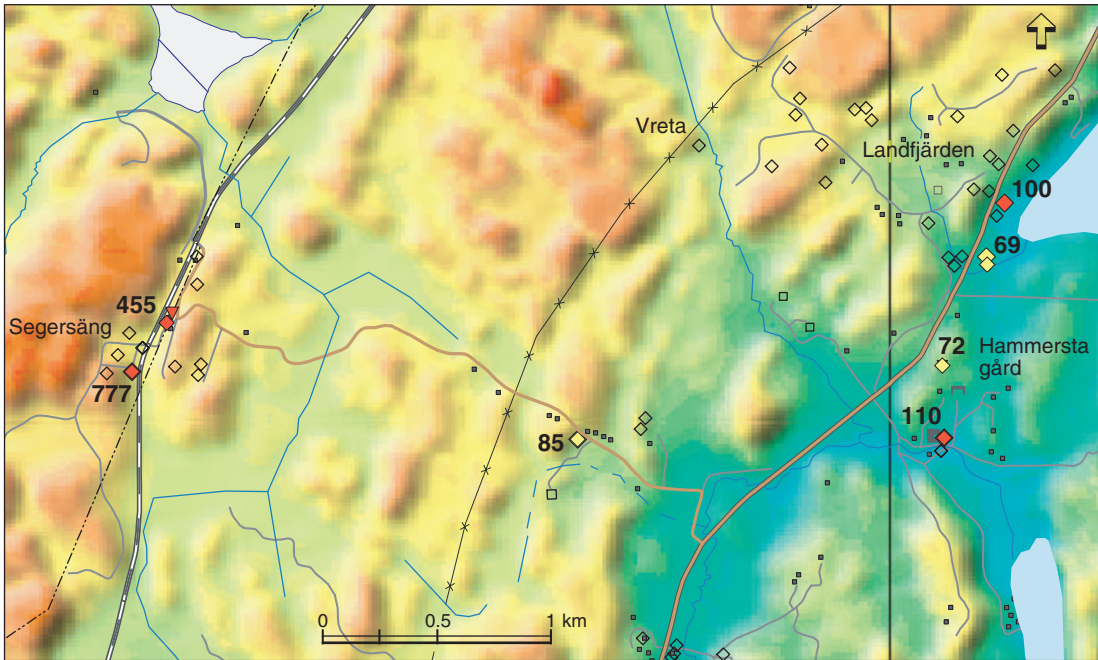


Fig. 75. Vid Segersång och Hammersta gård torde de höga salthalterna bero på relativt låg marknivå, vilket i sig innebär att avståndet till ett underliggande salt grundvatten är förhållandevis litet. Vid Landfjärden kan den höga salthalten bero på antingen direktinträning, låg marknivå, vägsalt eller någon kombination av dessa. De flesta brunnar med låg salthalt (ofärgade markeringar) ligger högt.

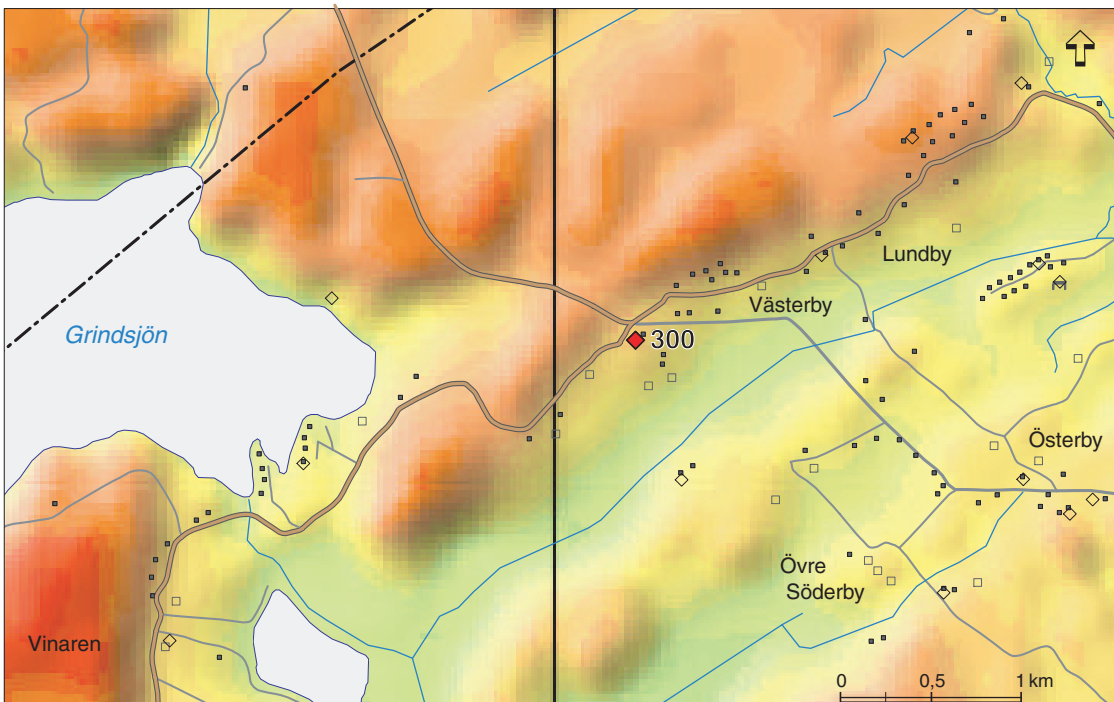


Fig. 76. Exempel på brunn med hög kloridhalt (300 mg/l Cl) som sannolikt är påverkad av vägsalt.

X (rikets nät):
6 500 000–6 800 000

Höjdiintervall för
markyta med 50 %
risk för saltvatten-
påverkan: 3–5 m ö.h.

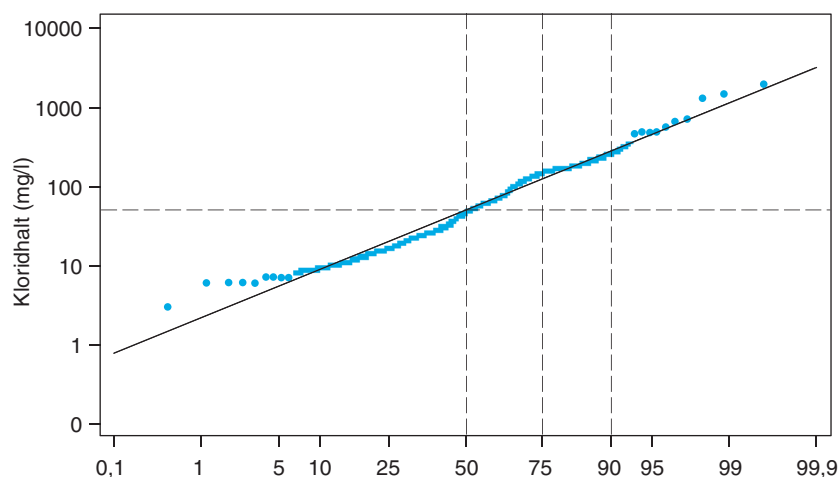


Fig. 77. Kumulativ frekvensfördelning av salthalt i brunnar som ligger i områden med en marknivå på mellan 3 och 5 m ö.h. Bilden visar att risken för att salthalten skall överstiga 50 mg/l Cl i sådana områden är 50 %. Data från brunnar mellan Norrköpings och Söderhamns breddgrader.

Med ledning av vad som ovan framförts kan man förutse vilka övriga områden som generellt sett är riskområden. Slutsatsen förefaller enkel:

- lågområden och strandnära områden är de främsta riskområdena
- risken avtar med ökad höjd över havet
- risken ökar också med ökade grundvattenuttag.

Man kan göra teoretiska beräkningar av hur mycket dricksvatten som går att ta ut i ett visst område. (Sådana beräkningar har också genomförts i ett flertal fritidsområden i kommunen.) I det enskilda fallet (t.ex. nyetablering i ett område, förtätning av bebyggelse, övergång från fritids- till permanentboende etc.) kan förändringar som medför ökade grundvattenuttag även medföra försaltning av grundvattnet. Frågan om en sådan försaltning verkligen kommer att ske kan med säkerhet avgöras endast genom propumpning och kontroll av brunnens salthalt.

En propumpning för att klarlägga dessa förhållanden bör genomföras under tillräckligt lång tid (flera månader). Propumpningen bör också genomföras under den från grundvattensynpunkt mest kritiska säsongen dvs. vanligtvis fr.o.m. juni t.o.m. oktober, se figur 26. Därvid är det viktigt att kontinuerligt kontrollera variationer i salthalt inte bara i den propumpade brunnen utan även i kringliggande brunnar. Stigande tendenser är alltid alarmerande även om inte gränsvärden har överskridits. Helst skulle en sådan propumpning genomföras vid ett torrår, men det kravet kan naturligtvis av praktiska skäl vara omöjligt att uppfylla. Se figur 28. Man får heller inte bortse från att andra förändringar av grundvattnets kvalitet kan uppstå och att grundvattennivån kan sänkas så att någon annan brunn sinar.

Åtgärder mot salt grundvatten

För att minska risken för salt grundvatten vid brunnsborrning bör man borra så grunt som möjligt. 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. Se avsnittet ”Grundvatten i berggrunden”.

Det är ofta bättre att borra ”gradade” borrhål dvs. med en avvikelse av 15–20 grader från vertikallinjen 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 spolats 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 dels för att undvika onödiga borkostnader, dels för att undvika att hydraulisk förbindelse uppstår mellan salt vatten på djupet och andra närliggande brunnar – egna nya brunnsborrningsförsök och 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 gjutas 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 i hop 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 grundvattensytan nere i brunnen. Från pumpstart kan man följa hur mycket vattnet sjunker i brunnen allt eftersom pumpningen fortgår.

Vid pumpning av en bergbördad 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 skall 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 skall 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.

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

GRUNDTVATTNETS SÅRBARHET

Allmänt om grundvattnets sårbarhet

Grundvattenpåverkan

Påverkan på grundvattnet kan vara av kvantitativ art, t.ex. i form av dränering och bortledning av vatten, vilket medför en avsänkning av områdets grundvattennivåer, eller av kvalitativ art, dvs. i form av infiltration och spridning av föroreningar med grundvattnet. Följande huvudtyper av föroreningskällor kan sägas utgöra en risk för påverkan på grundvattnet:

- Diffusa läckage av t.ex. dagvatten från vägar och samhällen, infiltrationsanläggningar, avfallsdeponier och via luftdeposition.
- Tillfälliga utsläpp vid en olyckshändelse där förorenande ämnen kan spridas med och kontaminera yt- och grundvattnet.
- Byggnations- och grundläggningskedan medför en ökad risk för förorenings-spridning till grundvattnet.

Vid utsläpp av miljöfarliga ämnen är risken för allvarliga skador på grundvattnet störst i de områden som markerats med blå färg på grundvattenkartan. Här kan det vara nödvändigt att agera mycket snabbt för att förhindra omfattande och kostsamma skador.

Konsekvens- och riskanalys

Konsekvensen för grundvattnet vid ett föroreningsutsläpp till marklagren kan beskrivas som en sammanvägning av grundvattnets värde och sårbarhet. Grundvattnets värde beror bl.a. på grundvattenmagasinets storlek och hydrauliska egenskaper, grundvattnets kvalitet samt betydelsen för naturmiljö och vattenförsörjning. Sårbarheten beror i huvudsak på jordlagrens genomsläpplighet, förekomsten av skyddande skikt, avståndet till grundvattenytan, grundvattnets strömningsriktning och hastighet samt närheten till privata och kommunala vattentäcker.

På samma sätt kan risken för att grundvattnet förorenas beskrivas som en sammanvägning av sannolikheten att en olyckshändelse verkligen inträffar och den konsekvens händelsen får, se figur 78.

Med utgångspunkt från grundvattenkartan över Nynäshamns kommun och dess databaser har en särskild Underlagskarta för grundvattenskydd (sårbarhetskarta) tagits fram och levererats till kommunen. Denna karta (och databaser) kan användas som underlag för risk- och konsekvensanalyser vid t.ex. förebyggande planering i händelse av olyckor, lokalisering av miljöfarliga verksamheter eller framtagandet av miljökonsekvensbeskrivningar (MKB).

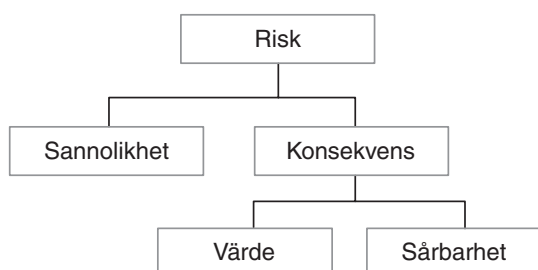


Fig. 78. Risk- och konsekvensanalys.

Skydd av grundvattnet

Grundvattnet måste skyddas, inte bara med tanke på vattenförsörjningen för människor och djur, utan också därför att grundvatten väsentligen är ursprunget för ytvattnet med dess växt- och djursamhällen.

Skyddsåtgärderna går i princip ut på att förhindra att föroreningar når vattentäkter eller ytvatten. Skulle en skada inträffa i grundvattnets tillrinningsområde måste tiden för föroreningstransporten i marken vara så lång att skyddsmekanismerna i jord och berg eller motåtgärder som sätts in hinner verka innan grundvattnet når brunnar eller sjöar och vattendrag.

Det naturliga skyddet består i att föroreningar på kemisk eller mekanisk väg läggs fast i marken eller bryts ned till ofarliga beståndsdelar. När stora föroreningsmängder på kort tid sprids över en begränsad markyta, t.ex. vid olyckor i samband med transport av hälsofarliga vätskor eller vid ovarsam hantering av skadliga ämnen, måste marken saneras. Man försöker då samla upp föroreningarna genom att t.ex. gräva bort skadad jord och pumpa upp förorenat vatten. Motverkande kemikalier används också i viss utsträckning för att neutralisera skadorna. På senare tid har bakterier börjat användas för att påskynda den naturliga nedbrytningen av oljeprodukter som infiltrerat i marken.

För att förebygga skador på grundvatten som används för kommunal vattenförsörjning fastställs skyddsområden. Ett vattenskyddsområde kan delas in i zoner med föreskrifter som är anpassade efter skyddsbehovet i respektive zon. Föreskrifterna i skyddszonerna utfärdas av länsstyrelserna eller kommunen. Ett vattenskyddsområde kan delas in i vattentäktzon, primär respektive sekundär skyddszon och vid behov även tertiär skyddszon. Indelningen av vattenskyddsområdet i skyddszoner görs med olika utgångspunkter. För vattentäktzonen är syftet att säkra ett effektivt närskydd för en vattentäkt. Principen ska vara att området ska vara otillgängligt för andra än verksamhetsutövaren. För primär skyddszon är syftet att skapa rådrum i händelse av en akut förorening. Syftet med sekundär skyddszon är att kunna bibehålla eller förbättra kvaliteten på grundvattnet. Om en tertiär skyddszon används ska mark- och vattenutnyttjande som kan påverka grundvattenförekomsten i ett långtidsperspektiv ingå.

Den primära skyddszonen avgränsas så att transporttiden mellan grundvatten bildat i den sekundära skyddszonen och vattentäktzonen beräknas vara minst 100 dygn. Transporttiden från den sekundära skyddszonens borte gräns till vattentäktzonen bör vara minst ett år. Hur stora områdena blir när det gäller brunnar i jord beror huvudsakligen på grundvattenmagasinens och jordlagrens sammansättning och utbredning samt avstånd till grundvattendelare. För bergborrade brunnar måste hänsyn tas till t.ex. berggrundens spricksystem och täckande jordlager när gränserna för zonerna i vattenskyddsområdet bestäms.

För enskilda brunnar finns inga regler eller bestämmelser när det gäller skyddet av vattnet. Brunnsägaren måste själv svara för att åtgärder är vidtagna så att vattnet inte skadas. Det är till stor nytta att se till att marken lutar utåt och är tät åt alla håll närmast brunnen och att ordna med något slags hägn omkring den.

Grundvattnets strömningsriktning

Uppgifterna om grundvattnets strömningsriktning grundar sig på avvägda nivåer i observationsrör och brunnar. De har angivits endast i områden med större grundvattentillgångar.

Grundvattendelare utgör de högsta grundvattennivåerna i åssystemen. De kan vara fasta eller rörliga. Fasta grundvattendelare är vanligtvis betingade av höga berglägen, bergklackar som bildar fasta barriärer mellan två grundvattenmagasin. Så är fallet vid t.ex. Grindsjön, där en grundvattenyta hålls uppe ca 15 m över sjönivån i ett grusigt material alldeles norr om sjön.

Rörliga grundvattendelare i t.ex. en ås är betingade av att nederbörden, som faller över hela åsens yta, fyller på grundvattenmagasinen varvid grundvattennivån i åsen stiger. Någonstans kommer då grundvattnet att läcka ut. Detta utläckage sker vanligtvis mer koncentrerat i källor, där grundvattennivån sänks. Vid källorna är grundvattennivån som lägst. Detta betyder att det någonstans mellan två källor finns ett ställe där grundvattennivån är högst. Detta är definitionsmässigt grundvattendelaren.

Om sanden och gruset i åsen är någorlunda jämnt fördelade utan några bergklackar eller andra barriärer kommer detta att vara en rörlig grundvattendelare.

Om man vid en av källorna skulle anlägga en brunn och pumpa ut mer vatten än vad som normalt rinner ut i källan, dvs. sänka grundvattennivån ytterligare, kommer detta att påverka grundvattendelarens läge på så sätt att den förskjuts längre bort från den källa där man anlade brunnen. Detta kan jämföras med hur ett skred i lös sand griper allt längre bort från den plats där man gräver om man gräver allt djupare.

I Nynäshamns kommun utgör förhållandena vid Älby, se avsnittet ”Grundvattentillgångar vid Muskan, Älby och Berga”, ett exempel på en rörlig grundvattendelare.

Utsläpp av miljöfarliga ämnen

Vid utsläpp av miljöfarliga ämnen är risken för allvarliga skador på grundvattnet störst i de områden som markerats med blå färg på kartan ”Grundvattentillgångar i Nynäshamn”. Här kan det vara nödvändigt att agera mycket snabbt för att förhindra omfattande och kostsamma skador.

Kartan ger nu möjlighet att identifiera de viktigaste, potentiella riskområdena och vidta eller åtminstone planera lämpliga skyddsåtgärder. Med kartan som underlag har man även stöd för planering och genomförande av miljöövervakningsprogram vid anläggningar där mer diffust läckage eller andra mer eller mindre osynliga utsläpp kan förekomma.

I ett akut läge kan man inledningsvis utgå från grundvattnets markerade strömningsriktning. I vissa fall kan det dock vara nödvändigt att känna till strömningsriktningen mer i detalj. Detta gäller t.ex. i närheten av grundvattentäkter, vilka kan påverka strömningsriktningen olika mycket beroende bl.a. på hur stora uttagen är. (Jämför med fallet vid Älby.)

Man får emellertid räkna med att grundvattnet intill en brunn alltid strömmar mot brunnen. Då detta kan sägas gälla generellt har det inte markerats på kartorna. Detta innebär naturligtvis att man i allmänhet bör stoppa grundvattenuttagen i alla brunnar intill ett utsläpp av skadliga ämnen, och som skyddsåtgärd anlägga en saneringsbrunn eller motsvarande.

METODBESKRIVNINGAR

Georadar

Georadar arbetar med elektromagnetiska vågor med frekvenser mellan 25 MHz och ca 2 GHz. Utbredningshastigheten för sådana vågor i marken är omkring 1/3 av ljusets hastighet eller ca 10 cm/ns (nanosekund). Beroende på arbetssätt kan man tala om två typer av instrument, där energi sänds ut antingen i form av pulser med ett brett frekvensspektrum, eller som vågtåg där frekvensen varierar på ett kontrollerat sätt under sändningstiden. Det instrument som använts är av den första typen dvs. puls-eko, se figur 3.

Från elektriska reflektorer, dvs. föremål eller strukturer där de elektriska egenskaperna förändras på ett markant sätt, kan en del av den utsända energin återsändas till markytan. Sändare och mottagare arbetar synkront så att man efter varje utsänd puls under en viss tid (någon miljondels sekund) registrerar reflexerna från marken. Registreringarna, som kan vara i analog eller digital form, kallas radargram. Presentation av georadardata sker i form av profiler med stackade signaler där reflexer från föremål, skiktgränser eller andra strukturer kan komma fram.

Geologiska förutsättningar

Georadar fungerar bäst på torr mark med grovkorniga, väl sorterade jordarter. Från områden med isälvsediment finns mätningar där bergytan indikerats på närmare 50 m djup. I finkorniga jordarter är radarns räckvidd starkt begränsad. På en ren lerjord eller lerig morän kan man möjligen få reflexer från 3–4 m djup. Orsak till den dåliga penetrationen i täta jordarter är bl.a. att de är fukthållande. Närvaron av vatten höjer den elektriska ledningsförmågan och dielektricitetsstalet, vilket medför ökad dämpning av signalen. Högfrekventa signaler dämpas dessutom snabbare än lågfrekventa.

Detaljupplösningen i en radarmätning beror på arbetsfrekvensen och kan i dagligt tal sägas vara en halv våglängd. Vid frekvensen 50 MHz, som är vanlig vid jorddjupsmätning, betyder detta att man kan indikera föremål som har en reflekterande yta med omkring 1/2 m sida. Den höga upplösningen är kanske radarns främsta egenskap.

Tillämpningsområden

Georadar används bl.a. för att:

- bestämma jorddjupet,
- få fram vilka strukturer som finns i jord och berg,
- lokalisera grundvattenytan i grövre sediment,
- påvisa föremål i jordtäcknet (block, rör, håligheter etc.),
- lokalisera spridning av föroreningar från vägar, deponier m.m.

Seismik

Grundläggande principer

Den metod som används vid grundvattenundersökningar kallas refraktionsseismik. Det är en geofysisk mätmetod som baseras på elastiska vågors utbredning i marken. Vågornas utbredningshastighet skiljer sig mellan olika jord- och bergarter vilket gör det möjligt att beräkna lagermaktigheter och bedöma vissa materialegenskaper. Vid en stöt eller detonation i marken alstras vågrörelser av flera typer (tryck-, skjuv- och ytvågor). Av dessa har tryckvågen eller P-vågen den högsta utbredningshastigheten och kan härigenom registreras och analyseras med relativt enkel apparatur. Tryckvågor i marken utbreder sig genom longitudinella partikelrörelser på samma sätt som ljudvågor i luften. Efter en explosion vid markytan vandrar vågfronten klotformigt i det översta lagret. När den träffar ett djupare liggande lager med annan hastighet reflekteras en del av vågens energi medan återstoden vandrar vidare i det

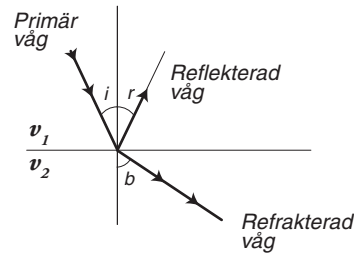
nya lagret. Vid passage av skiktgränsen sker en brytning av vågens utbredningsriktning. Tänker man sig utbredningsriktningen som en stråle i ett vertikalt snitt, kan refraktionen beskrivas med Snells lag som säger att

$$\sin(i) / \sin(b) = v_1 / v_2$$

$i = r$ infallsvinkel resp. reflektionsvinkel

b brytningsvinkel

v_1, v_2 vågens utbredningshastighet i skikt 1 resp. 2

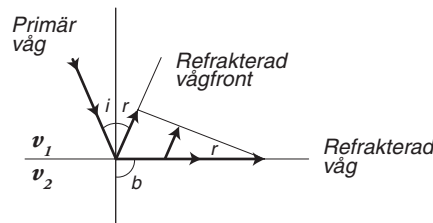


Om hastigheten ökar mot djupet, inträffar vid en viss infallsvinkel kritisk refraktion, vilket innebär att vågstrålen efter passage av skiktgränsen går parallellt med denna. Infallsvinkeln vid kritisk refraktion är

$$i = \arcsin(v_1 / v_2)$$

och

$$b = 90^\circ$$



När den kritiskt refrakterade vågen breder ut sig längs skiktgränsen, alstras i överliggande lager nya vågor som vandrar tillbaka mot markytan. Denna sekundära vågfront blir plan och lämnar skiktgränsen med en vinkel r som är lika stor som infallsvinkeln för vågen.

Genom denna mekanism bryts vågor tillbaka mot markytan där tiden för deras ankomst kan registreras. Ankomsttider för refrakterade vågor står i bestämd relation till skiktmäktigheter och hastigheter i lagerföljden. Förloppet registreras med givare i marken anslutna till en seismograf. Registreringarna, som kallas seismogram, innehåller data som beskriver rörelsen i marken mot tiden samt uppgifter om geofonernas och skottpunkternas lägen.

Mätförfarande

Mätningen utförs i praktiken längs en linje där man på jämna avstånd placerar givare – s.k. geofoner – som reagerar för vibrationer i marken. Genom att spränga på lämpliga platser i profilen genereras mätdata i den omfattning som behövs. Vid tolkningen av mätningen bestäms för varje skott tider för P-vågfrontens passage av de olika geofonerna. Tiderna plottas mot geofonernas lägen i form av väg-tiddiagram. Ur dessa s.k. gångtidskurvor kan skiktens mäktigheter och hastigheter för den aktuella lagerföljden beräknas. Bergets läge kan beräknas i såväl skottpunkter som geofonpunkter, vilket ger en relativt detaljerad kontinuerlig bild av bergytan. Hastigheten i berget ger viss information om bergets kvalitet jämte läget av mer markerade svaghetszoner. Mätresultaten redovisas i profilform där lagerföljden anges som skikt med olika hastigheter, se figur 4.

Geologiska förutsättningar

I Sverige har vi genom landisens verkningar ett jordtäckande bestående av morän och sediment. Sammansättningen är oftast enkel med god korrelation mellan hastighet och jordart. Hastigheten för P-vågor i våra jordarter varierar mellan ca 300 m/s i torr sand och ungefär 2800 m/s i vattenmättad, hårt packad morän. De sedimentära bergarterna har hastigheter från ca 3000 m/s och uppemot 6000 m/s. I urberget är hastigheten vanligen 5000–6000 m/s, men kan i basiska bergarter nå 7000 m/s (fig. 79). Dessa förhållandevis enkla fysikaliska förhållanden har medfört att refraktionsseismiken oftast ger goda undersökningsresultat.

Tillämpningsområden

Refraktionsseismik används bl.a. för att:

- bestämma jordarter,
- bestämma jorddjupet,
- bedöma grundvattenmagasins mäktighet och volym,
- lokalisera sprickzoner i berg – sprickakviferer,
- bedöma bergkvalitet i samband med anläggningsarbeten.

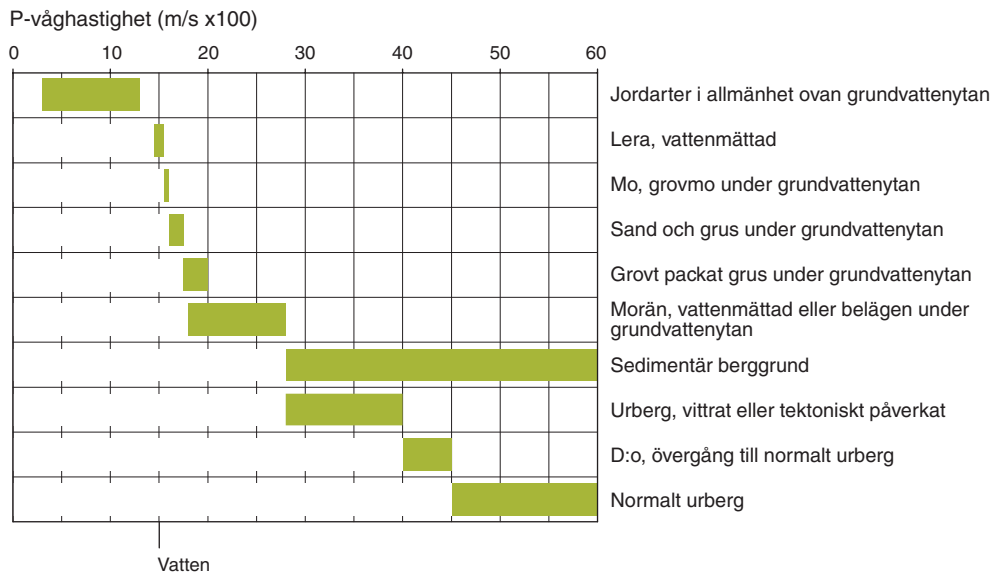


Fig. 79. Seismiska hastigheter i olika jord- och bergarter. Begreppet tektoniskt påverkat urberg avser i första hand sprickzoner, vilka vanligen är mer vattenförande än omgivande berggrund.

Elektriska motståndsmätningar

Resistiviteten hos vanliga jord- och bergarter beror huvudsakligen på deras innehåll av elektrolyt, dvs. mängden porvätska (porositeten anges i %), och på elektrolytens salthalt. Som framgår av diagrammet, figur 80, bestäms elektrolytens resistivitet av salthalt och temperatur och kan som jämförelse uppskattas för havsvattnet i Östersjön (0,5–1 % salthalt och 10 °C) till mellan 1 och 10 ohm.

Resistiviteten för jord och berg kan beräknas relativt väl med hjälp av Archies lag, om porositeten och elektrolytens resistivitet är kända, se figur 81.

Om elektrolyten utgörs av sött grundvatten blir resistiviteten betydligt högre än om elektrolyten består av salt grundvatten. Porositeten kan variera från några hundradels procent i kristallint berg utan sprickor till flera tiotal procent i sand och grus (t.o.m. i leror, som kan ha stort vatteninnehåll!) samt i vissa sedimentära bergarter.

Regnvatten, dvs. i princip destillerat vatten, tillförs hela tiden från ovan, och eftersom det är lättare (densiteten är lägre), kommer det söta vattnet att ”flyta ovanpå” eventuellt salt grundvatten som blir kvar på djupet. Vi får en mer eller mindre horisontell skiktning av sött och salt grundvatten.

Resistivitetmätningar eller motståndsmätningar kan således användas för att skilja mellan olika berg- och jordarter på grundval av deras resistivitetsegenskaper. Vanligtvis tänker man sig att även jordtäcket och berggrunden är horisontellt skiktade, med minskande porositet mot djupet.

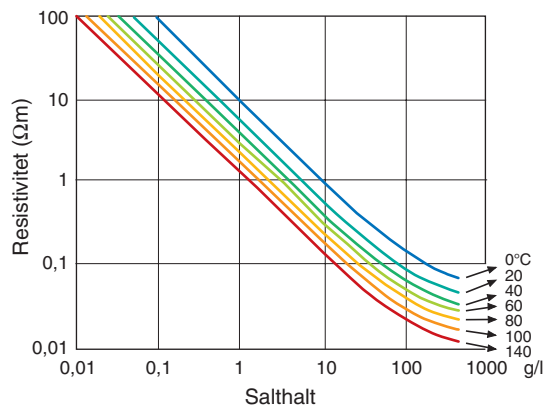


Fig. 80. Förhållandet mellan salthalt och resistivitet i vatten.

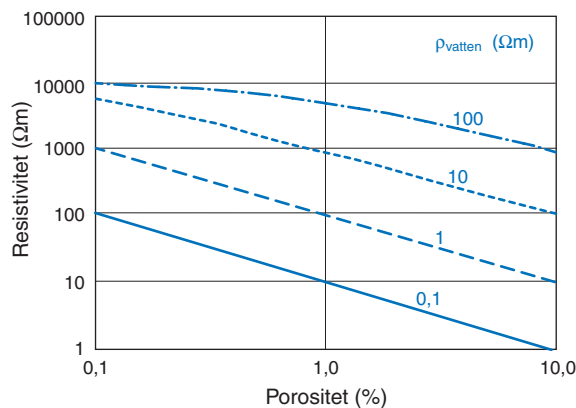


Fig. 81. Förhållandet mellan resistivitet och porositet i jord och berg.

Mätningarna utförs så att man sänder en kontrollerad ström med strömstyrkan I mellan två strömelektroder (M och N) samtidigt som potentialen (spänningen) V mellan två mätelektroder (A och B) registreras, se figurerna 82 och 83. Elektroden består av rostfri ståltråd som körs ner i jordtäcknet.

När vi nu känner ström och spänning kan den genomsnittliga eller skenbara resistiviteten beräknas för volymen i närheten av mätuppställningen. Det går att visa att 50 % av den totala strömmen aldrig når djupare än till halva avståndet mellan strömelektroden vid homogena elektriska förhållanden. Som en tumregel brukar man ange att inträngningsdjupet eller undersökningsdjupet är av storleksordningen $1/3$ till $1/4$ av avståndet mellan strömelektroden beroende på den elektriska kontrasten mellan de skikt som man vill detektera.

Om vi successivt ökar avståndet mellan strömelektroden kommer den beräknade skenbara resistiviteten att gälla en allt större volym. Eftersom centrum för mätuppställningen inte flyttas innebär detta att mätningen gradvis når allt större djup. Skall vi undersöka jordtäcknet i kontrast mot berggrunden så behöver vi mäta ut till ett avstånd av minst 40 meter mellan strömelektroden om jordtäcknet är 10 m tjockt. Skall vi upptäcka gränsen mellan sött och salt grundvatten på 1000 m djup måste vi mäta ut till avståndet 4000 m mellan strömelektroden.

Med moderna datorprogram kan man konstruera en rimlig, horisontellt skiktad modell av flera lager med lämpliga, tänkbara resistiviteter som satisfierar våra uppmätta mätvärden. Vi måste dock komma ihåg att det kan finnas många olika modeller som kan fungera lika bra, och vidare att naturen i verkligheten kan vara betydligt mer komplicerad. Den kanske i själva verket inte alls är horisontellt skiktad i vår mätupställning. Dessutom kan en ojämn fördelning av elektriskt ledande mineral förekomma i berggrunden (fig. 21).

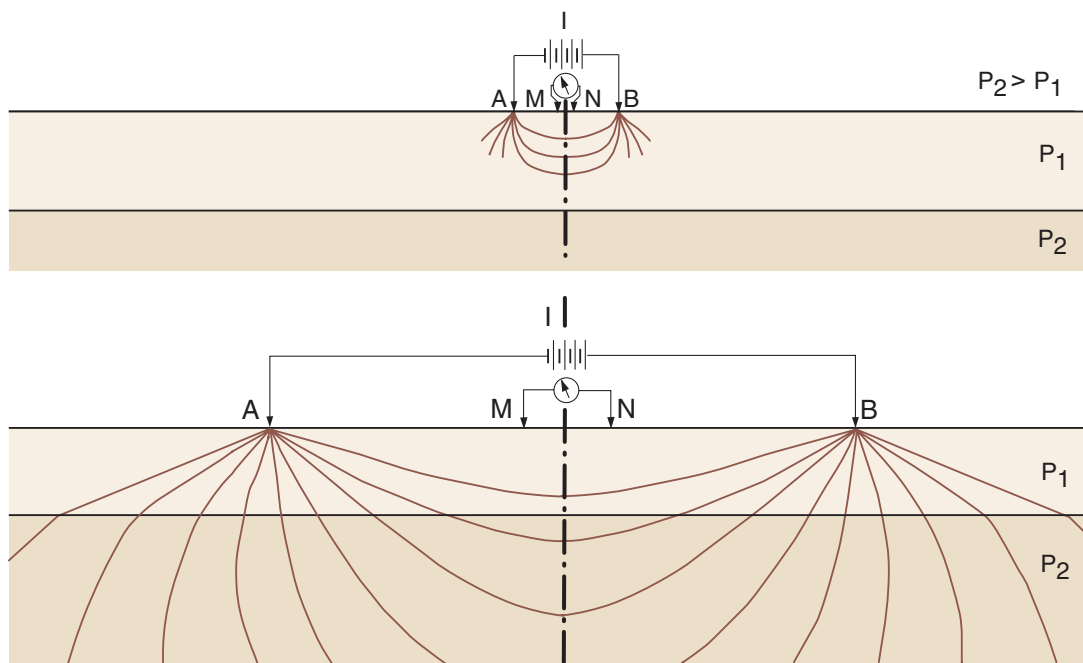


Fig. 82 och 83. Vertikala elektriska sonderingar – VES – genomförs med successivt större avstånd mellan elektroden, varvid allt djupare liggande skikt undersöks.

Kriging och variogramanalys

Kriging är en interpolationsmetod för att förutsäga rumsliga värden. Metoden är namngiven efter Kriege, en sydafrikansk gruvingenjör som på femtioalet utvecklade empiriska metoder för att bestämma malmklassfördelning från fördelningar baserade på insamlade malmklasser.

Kriging bygger på att viktning sker av data från omgivande punkter. Storleken på vikterna beror på hur variogrammet (semivariogrammet) ser ut. Vikterna standardiseras så att summorna av dem blir 1 (unbiased estimation). Den interpolerade noden får då värdet från omgivande punkter multiplicerad med respektive beräknad standardvikt:

$$Y_o = \sum w_i Y_i \quad (i = 1, \dots, n)$$

Y_o är det beräknade värdet

w_i är de beräknade standardvikterna

Y_i är värdena för omgivande punkter

Vid interpolering med kriging används inte punkter utanför det område man definierar (range). För att bestämma vilka punkter och på vilket sätt de påverkar en punkt (x_i, y_i) ansätter man ett variogram. Ett variogram är helt enkelt en funktion som beskriver variationerna. Man antar att skillnaden i värde mellan två punkter beror på avståndet mellan dem och deras relativa orientering.

Vid variogramanalys plottar man variansen mellan mätpar mot avståndet mellan mätparen. Figur 84 visar ett exempel på ett variogram där man ser att variansen ökar med avståndet. Därefter anpassar man en analytisk variogramfunktion som används för att beräkna krigingvikterna. Efter att ha kommit fram till ett variogram som passar med sina data kan man beräkna krigingvikterna.

En stor fördel med kriging är att man kan ge konfidensintervall för de uppskattade värdena. Förutsättningen för att man ska kunna göra det är att följande antaganden gäller:

1. Att de uppskattade felen följer en normalfördelning. Detta stämmer oftast när man ser på stora områden. Ser man på mindre områden, speciellt de extrema, är detta antagande inte korrekt.
2. Att krigingvariansen från den geostatistiska modellen är en korrekt uppskattning av variansen av de faktiska felen.

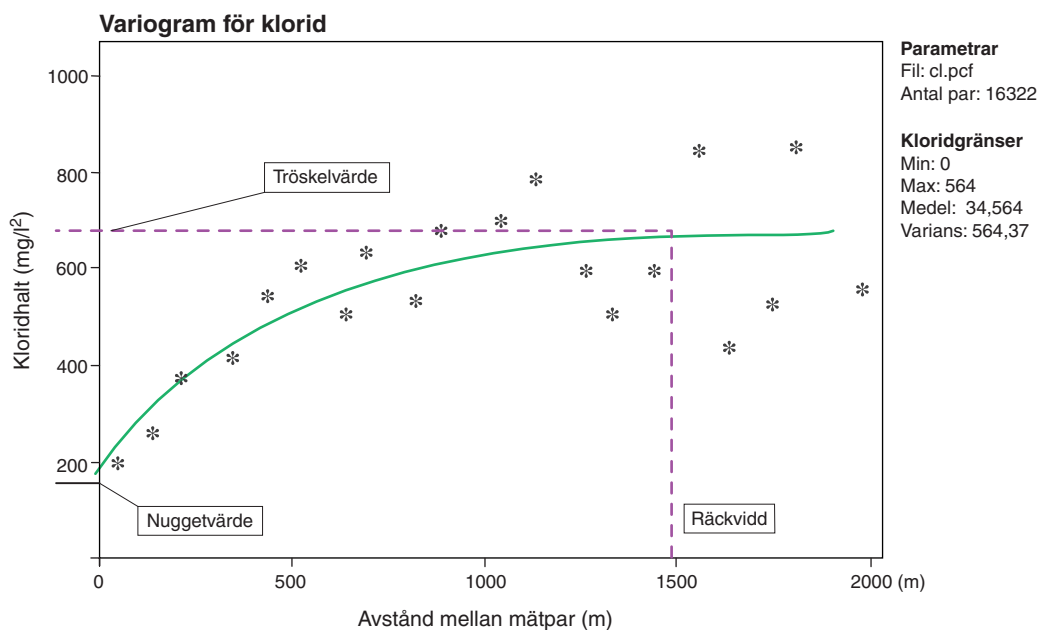


Fig. 84. Exempel på variogramanalys, här är variansen på kloridhalten plottad mot avståndet.

Särskilt viktigt är att tröskelvärden blir en bra uppskattning för variansen hos alla data. En mycket ojämn rumslig fördelning leder ofta till att man underskattar variansen.

Finessen med kriging ligger bl.a. i att man får information om den rumsliga fördelningen på mätdata. Möjlig synergieffekt mellan mätdata beror på avståndet mellan dem och på den rumsliga kontinuiteten. En mätning av grundvattenytan från två brunnar med 10 meters avstånd skiljer sig mindre än t.ex. sulfatkoncentrationen i samma brunnar. Faktumet att grundvattenytan har en högre rumslig kontinuitet kommer att påverka utseendet på variogrammet. Kriging tar därför hänsyn till två viktiga aspekter när man interpolerar, nämligen avstånd och den rumsliga fördelningen.

DOKUMENTATION AV GEOFYSISKA MÄTNINGAR, BORRNINGAR, KÄLLOR OCH KEMISKA ANALYSER

Förutom följande dokumentation finns geofysiska mätningar och borrningar fullständigt dokumenterade som databaser vid SGU.

Geofysiska mätningar

R är georadarmätningar, S är seismiska mätningar. 97 är det år mätningen utförts.

Profil	x-start	y-start	x-slut	y-slut	Plats
R1-97	6552115	1613070	6552077	1613484	Fullbro malm
R2-97	6552280	1613470	6552096	1613416	Fullbro malm
R3-97	6552310	1613431	6552323	1613364	Fullbro malm
R4-97	6552673	1613653	6552890	1614140	Frölunda malm
R5-97	6553080	1613355	6553170	1613635	Fullbro malm
R6-97	6548984	1616826	6548743	1616629	Enbymalmen
R7-97	6548734	1616629	6548540	1616800	Enbymalmen
R8-97	6549000	1617320	6549050	1617250	Enbymalmen
R9-97	6548517	1616456	6548257	1616344	Enbymalmen
R10-97	6548563	1616400	6548410	1616510	Enbymalmen
R11-97	6553660	1619140	6553390	1619510	Grindsjön
R12-97	6554630	1619325	6554200	1619090	Östra Bröta
R13-97	6554600	1619400	6554780	1619400	Östra Bröta
R14-97	6554793	1619192	6555073	1619282	Östra Bröta
R15-97	6555150	1619480	6555050	1619450	Bröthagen
R16-97	6521140	1615070	6521290	1615020	Ören
R17-97	6553960	1619460	6554080	1619410	Falkenberget
R18-97	6553960	1619460	6553890	1619480	Falkenberget
R19-97	6554678	1619222	6554597	1619270	Östra Bröta
R20-97	6555579	1619715	6555780	1619790	Bröthagen
R21-97	6554440	1619425	6554531	1619268	Östra Bröta
R22-97	6545642	1615585	6545910	1615760	Sorunda grustag
R23-97	6545890	1615730	6545920	1615570	Sorunda grustag
R24-97	6545655	1615730	6545920	1615570	Sorunda grustag
R25-97	6551335	1614105	6551290	1614175	Frölunda malm, åsgrop
R1-98	6550229	1617765	6550706	1618056	Fagersjö-Vinarträsket
R2-98	6549827	1617986	6550069	1618127	Trollsta grustag
R3-98	6550800	1617949	6550602	1618322	Fagersjö-Vinarträsket
R4-98	6550537	1618563	6550553	1618384	Fagersjö-Vinarträsket
R5-98	6550660	1618153	6551007	1618648	Fagersjö-Vinarträsket
S1-97	6548527	1616465	6548095	1616314	Enbymalmen
S2-97	6551335	1614105	6551290	1614175	Frölunda malm, åsgrop,
S3-97	6551880	1613760	6551675	1613865	Frölunda malm
S1-98	6550230	1617883	6550575	1618098	Grödbylund
S2-98	6550548	1618113	6550726	1618230	Grödbylund
S3-98	6550726	1618237	6551260	1618641	Grödbylund
S4-98	6553150	1613410	6553160	1613640	Rishopen, Fullbromalm
S5-98	6553170	1613675	6513100	1613910	Rishopen, Fullbromalm
S6-98	6552817	1613681	6553047	1613693	Fullbromalm
S7-98	6550862	1618418	6550842	1618646	Grödbylund
S8-98	6551157	1618106	6551053	1618300	Grödbylund
S9-98	6554060	1619425	6553910	1619460	Grustag, NO Grindsjön

Utförda borrningar (serierna SGU 97 och 98) samt inventerade borrningar med uppgifter på lagerföljd

Spetsar är 2-tums- eller 1-tumsrör som står kvar i marken och i vilka grundvattennivån går att mäta och där vattenprov kan tas (gäller i första hand 2-tumsrören). Sondering är borrning enbart med kontroll av jordlagerföljden och där borrhålet kollapsar efter borrningen. Grundvattennivåerna är uppmätta i juni 1998. Alla nivåer är angivna i höjdsystemet RH oo. "Ö.k." är överkant av brunns- eller borrhör.

Obs.namn	Från	Till	Jordart	Gv.nivå	Ö.k. rör	x	y	Obs.typ	Org.-utf.
S 9301	0	3	Sand			6534250	1614310	sondering	SGU
	3	5,2	Lera						
	5,2	5,6	Grus m. lerskikt						
	5,6	9	Sandigt grus						
	9	12,1	Sandigt grus, morän						
R 9701	0	3	Grovmo	31,16	41,37	6551300	1614110	Spets 2"	SGU
	3	5	Mellansand						
	5	16	Mellan-grovsand						
R 9702	0	13,5	Fin-mellansand, lös	21,46	64,77	6551470	1613240	spets 1"	SGU
	13,5	26	Fin-mellansand, hård						
	26	29,5	Silt						
R 9703	0	0,5	Torv	torrt	55,67	6552540	1613450	spets 1"	SGU
	0,5	4	Gyttjelera	(rubbat)					
	4	6	Moig sand						
	6	8	Silt						
	8	11,5	Moig mellansand						
	11,5	16	Moig mellansand						
	16	19	Grusig sand						
R 9704	0	1	Gyttjelera	43	45	6552760	1612540	spets 1"	SGU
	1	4,5	Moig sand						
	4,5	6,8	Silt						
	6,8	9,4	Sandigt grus						
S 9705	0	1	Sand	<22		6553520	1613250	sondering	SGU
	1	2	Siltig sand						
	2	4	Finsand, lös						
	4	16,3	Finsand, hård						
R 9706	0	3	Finsand	0,5	22	6553700	1613140	spets 1"	SGU
	3	21,5	Finsand, hård						
	21,5	23,2	Morän ?						
R 9707	0	4	Finsand, lös	31,6	53,21	6548470	1616450	spets 1"	SGU
	4	6	Finsand, mkt lös						
	6	9	Silt						
	9	15	Finsand						
	15	17,5	Grusig sand						
	17,5	24,5	Sandigt grus						
R 9708	0	4	Sand	37,84	56,61	6548940	1616810	spets 1"	SGU
	4	6	Finsand						
	6	8	Fin-mellansand						
	8	17	Silt, mkt hårt						
	17	21,5	Sandigt grus						
S 9709	0	5	Grusig stenig sand			6555120	1619460	sondering	SGU
	5	10,6	Grusigt, löst lagrat						
R 9709	0	5	Sandigt grus	46,17	51,94	6555120	1619460	spets 2"	SGU
	5	7	Mellansand						
	7	8	Sandigt fingrus						
S 9710	0	1,5	Mellansand			6554680	1619240	sondering	SGU
	1,5	7	Finsand						
	7	15	Grusig sand						
	15	18	Mellansand						
	18	25	Silt						
	25	31,4	Fin-mellansand						
R 9710	0	4	Finsand	48,6	53,55	6554680	1619240	spets 2"	SGU
	4	7	Fin-mellansand						
	7	8	Mellansand						
	8	9	Grovsand						
	9	11	Fingrus						
	11	12	Grus						
	12	13	Grov-mellansand						
	13	14	Mellansand						

Obs.namn	Från	Till	Jordart	Gv.nivå	Ö.k. rör	x	y	Obs.typ	Org.-utf.
R 9711	0	1	Lera	38,18	44,44	6549300	1616960	spets 1"	SGU
	1	2,5	Finsand						
	2,5	5	Silt						
	5	6,5	Finsand						
R 9801	6,5	9,5	Grusig sand	38,35	52,69	6550420	1617980	spets 2"	SGU
	0	1	Finsand						
	1	4,5	Lera						
	4,5	9	Finsand						
R 9802	9	16	Mellansand	tort	65,14	6550720	1618238	spets 1"	SGU
	16	17	Fin-mellansand						
	0	4	Sandig grovmo						
	4	8	Grovmo						
R 9803	8	13,5	Grusig sand	36,14	50,1	6551090	1618190	spets 1"	SGU
	13,5	18	Sandig grovmo						
	18	22,5	Mkt stenigt, hårt						
	0	1,7	Lera						
R 9804	1,7	2	Silt	37,49	62,64	6550765	1618210	spets 1"	SGU
	2	3,7	Lera						
	3,7	16,1	Finsand						
	0	4	Finsand						
S 9804	4	6	Lera	6552610		6552610	1613430	sondering	SGU
	6	15	Silt						
	15	23	Finsand						
	23	28,7	Grusig grovsand						
S 9805	0	0,5	Finsand	6550740		6550740	1618230	sondering	SGU
	0,5	1,5	Lera						
	1,5	8	Finsand						
	8	17	Grusig mellansand						
R 9805	17	19,8	Mellansand	32,29	55,5	6552510	1613460	spets 2"	SGU
	0	5	Mellan-finsand						
	5	9	Finsand						
	9	14	Grusig sand						
R 8901	14	18	Mellan-finsand	torrt		6548460	1616330	spets 2"	K-konsult
	18	19,2	Sten, mkt hårt						
	0	0,5	Torv						
	0,5	2	Gyttja						
R 8902	2	4	Lerig finsand	torrt		6548910	1616800	spets 2"	K-konsult
	4	5	Lera						
	5	7	Lerig finsand						
	7	9	Mellansand						
RB 6601	9	12	Grovsand	39,68	55,32	6549923	1618264	spets 2"	VIAK
	12	22	Mellansand						
	22	26	Morän						
	0	4	Finsand						
RB 6602	4	7	Grusig sand	18,56	22,13	6549825	1617867	spets 2"	VIAK
	7	15	Silt						
	15	16	Silt, mkt hårt						
	0	4	Finsand						
RB 6603	4	8	Lera	18,43	36,43	6545970	1615395	spets 2"	VIAK
	8	16	Sandig morän?						
	16	17,5	Sandig, mkt hårt						
	0	3,5	Grusig moig sand						
RB 6604	3,5	5,5	Mjällig lera	18,57	27,08	6545763	1620064	spets 2"	VIAK
	5,5	17	Grusig sand						
	0	5,1	Grusig sand						
	0	5,5	Grusig sand						
RB 6604A	5,5	11	Lera	50,22	51,78	6550540	1618006	spets 2"	VIAK
	11	23	Grusig sand						
	0	12	Grusig sand						
	12	17	Sand						
RB 6606	0	3,5	Sandig mo	18,55	19,36	6546835	1615060	spets 2"	VIAK
	3,5	5,5	Moig lera						
	5,5	10,1	Grusig sand						
	0	5,5	Lera						
RB 6607	5,5	10	Moig lera	19,7	23,97	6544360	1615384	spets 2"	VIAK
	10	12,5	Moig sand						
	12,5	13,6	Morän						
	0	6	Lera						
RB 6608	6	12	Lerig mo	19,62	28,68	6545169	1615401	spets 2"	VIAK
	12	15	Moig sand						
	15	17	Grusig sand						
	0	7	Lerig mo						
	7	25	Moig sand						

Obs.namn	Från	Till	Jordart	Gv.nivå	Ö.k. rör	x	y	Obs.typ	Org.-utf.
RB 6609	0	3	Dytorv	18,06	19,74	6546404	1615441	spets 2"	VIAK
	3	6	Moig sand						
	6	9	Sandigt grus						
	9	11	Grusig sand						
RB 6611	0	4	Dyig gyttja	17,76	18,72	6546629	1615665	spets 2"	VIAK
	4	10	Lera						
	10	12	Moig sand						
	12	14	Sandigt grus						
RB 6611A	0	3,5	Sand	32,81	50,01	6551122	1618686	spets 2"	
	3,5	7	Lera						
	7	12	Sand						
	12	17,8	Grusig sand						
RB 6612	0	6,5	Lera			6547395	1615625	spets 2"	VIAK
	6,5	8,9	Moig grusig sand						
RB 6613	0	6	Lerig mo	22,66	33,27	6547826	1616104	spets 2"	VIAK
	6	12	Moig sand						
	12	13,8	Grusig sand						
RB 6615	0	4,3	Lerig mo		32,92	6546732	1615869	spets 2"	VIAK
	4,3	16,3	Grusig sand						
RB 6617	0	3,5	Lerig mo	18,08	28,14	6546360	1615660	spets 2"	VIAK
	3,5	10,2	Grusig sand						
RB 6618	0	6	Lera	20,81	21,31	6547940	1615680	spets 2"	VIAK
	6	10	Mjällig mo						
	10	11,9	Moig sand						
RB 6619	0	33	Lera	18,11	18,23	6547970	1615490	spets 2"	VIAK
	33	36	Mo						
RB 6901	0	2	Blockigt stenigt grus	12,13	15,1	6539876	1620744	spets 2"	VIAK
	2	3,5	Sandigt grus						
	3,5	8,2	stenigt grus						
	8,2	11	Moig grusig sand						
	11	14	Moig grusig sand						
	14	16,5	Moigt sandigt grus						
	16,5	18,5	Sandigt grus						
	18,5	20	Moig grusig sand						
	20	21,2	Grusig sand						
RB 7001	0	1,5	Mo	31,69	44,54	6552706	1619014	spets 2"	VIAK
	1,5	12	Moig mjäla						
	12	16	Mjällig mo						
	16	19	Moig sand						
	19	22	Sandigt grus						
	22	25	Moig sand						
	25	29	Sandigt grus						
	29	33	Sand						
RB 7002	0	17	Sandigt grus	31,72	34,11	6552724	1619327	spets 2"	VIAK
	17	22	Moig grusig sand						
	22	27	Sandigt grus						
	27	29,5	Moig grusig sand						
	29,5	34	Moigt sandigt grus						
	34	39	Moig grusig sand						
	39	41,4	Grusig sandig mo						
RB 7003	0	3,5	Lera	31,315	32,98	6552698	1619448	spets 2"	VIAK
	3,5	10,5	Morän						
RB 7004	0	5	Mo			6553394	1619552	spets 2"	VIAK
	5	11,6	Grovmo						
	11,6	15	Grusig sand						
RB 7004	15	22	Sand						
	22	25	Grusig sand						
	25	27	Grusig sandig mo						
RB 7004	27	28,1	Mjällig sandig mo						
	27	28,1	Mjällig sandig mo						
RB 7005	0	4,5	Moig sand			6552240	1619140	ej funnet	VIAK
	4,5	6	Moigt sandigt grus						
	6	12	Sandigt grus						
	12	14,5	Grusig moig sand						
	14,5	15,8	Sandig mo						
RB 7006	0	0,5	Dy	31,73	33,55	6552883	1619283	spets 2"	VIAK
	0,5	3	Moig sand						
	3	5	Moig grusig sand						
	5	7	Sand						
	7	11	Sandig mo						
	11	13	Moig sand						
	13	19	Grusig sand						

Obs.namn	Från	Till	Jordart	Gv.nivå	Ö.k. rör	x	y	Obs.typ	Org.-utf.
RB 7011	0	1,2	Lerig mo	12,24	17,06	6539174	1620372	spets 2"	VIAK
	1,2	4,5	Lerig mjällig mo						
	4,5	7,6	Mjällig moig sand						
	7,6	14,5	Grusig sand						
	15,2	16,1	Morän						
RB 7012	0	4,5	Lera	11,97	12,42	6538884	1620537	spets 2"	VIAK
	4,5	11	Lerig mjällig mo						
	11	14,5	Mjällig mo						
	14,5	16	Grusig sandig mo						
	16	17	Sandig grusig mo						
	17	20	Sandigt grus						
	20	26	Grusig sand						
	26	28	Grusig moig sand						
	28	31	Grusig sand						
31	36	Moig sand							
RB 7013	0	4	Mjällig lera	9,32	10,15	6539770	1621160	spets 2"	VIAK
	4	10	Mjällig mo						
	10	17	Moig grusig sand						
	17	18,2	Moig sand						
RB 7014	0	6	Lera	9,42	11,47	6538388	1620620	spets 2"	VIAK
	6	9	Mjällig lera						
	9	15	Mjällig mo						
	15	19	Moig sand						
	19	22,7	Sandig mo						
RB 7015	0	9	Lera	8,58	9,48	6540909	1621033	spets 2"	VIAK
	9	11,5	Mjällig lera						
	11,5	15	Mjällig mo						
	15	17,7	Sandig mjällig mo						
	17,7	18,8	Moigt sandigt grus						
RB 7016	0	9,2	Lera	9,59	9,81	6541246	1621300	spets 2"	VIAK
	9,2	12,2	Morän						
	12,2	13,5	Morän						
	13,5	14,5	Morän						
RB 7017	0	3,8	Lera	12,22	12,86	6538760	1620702	spets 2"	VIAK
	3,8	4,5	Mjällig mo						
	4,5	6,1	Moig lera						
	6,1	7,6	Moigt sandigt grus						
RB 7019	0	4,2	Lera	>8,8	8,8	6538223	1620868	spets 2"	VIAK
	4,2	7,5	Moig lera						
	7,5	13,4	Mjällig mo						
	13,4	14	Sandig mo						
	14	15,5	Moig sand						
RB 7020	0	4,5	Mjällig lera	3,58	7,13	6537560	1621285	spets 2"	VIAK
	4,5	9,2	Moig mjällig lera						
	9,2	10,5	Mjällig mo						
	10,5	11,3	Sandigt moigt grus						
RB 7021	0	2,5	Lera	10,67	11,29	6541632	1621041	spets 2"	VIAK
	2,5	13,5	Mjällig lera						
	13,5	18,7	Sandig mo						
	18,7	20	Moig grusig sand						
RB 7301P	0	5	Blockig, grusig sand	0,41		6536062	1622010	spets 2"	VIAK
	5	6	Siltigt sandigt grus						
	6	10	Grusig sand						
	10	11	Siltig grusig sand						
	11	11,5	Siltig grusig sand						
	11,5	12	Grusig sand						
	12	14,5	Sand						
	14,5	16	Siltig sand						
RB 7501	0	6,5	Sandigt grus	24,97	29,35	6545707	1620052	spets 2"	VIAK
	6,5	7,5	Grusig sand						
	7,5	9,5	Sand						
	9,5	11	Nggt grusig sand						
	11	14	Grusig sand						
	14	15	Siltig grusig sand						
	15	18	Sandigt grus, hårt						
	18	19,8	Siltigt sandigt grus						
RB 7502	0	3,5	Grusig sand	24,97	29	6545687	1620028	spets 2"	VIAK
	3,5	5	Sandigt grus						
RB 7503	0	5,5	Grusig sand	25,236	?	6545663	1620077	spets 2"	VIAK
	5,5	8	Sandigt grus						

Obs.namn	Från	Till	Jordart	Gv.nivå	Ö.k. rör	x	y	Obs.typ	Org.-utf.
RB 7504	0	5	Lera	24,97	?	6546002	1620103	spets 2"	VIAK
	5	12,1	Siltig lera						
	12,1	15	Siltig sand						
	15	16	Grusig siltig sand						
	15	16	Grusig siltig sand						
RB 8201	0	0,2	Matjord	19,74	27,39	6543102	1620370	spets 2"	VIAK
	0,2	2	Lera						
	2	17	Lera						
	17	18	Grusig sand						
	18	19	Sandigt grus						
RB 8202	0	0,2	Matjord	20,36	27,72	6543062	1620428	spets 2"	VIAK
	0,2	2	Torrskorpelera						
	2	3,5	Lera						
	3,5	9,5	Morän						
	9,5	11,8	Grusig sand						
Rör 1	0	2	Lera	18,01	20,33	6546545	1615775	spets 2"	VIAK
	2	15	Grovt grus						
RB 6607 (rör X)	0	3	Lerig mo	17,93	23,97	6546598	1615788	spets 2"	VIAK
	3	9	Sandigt grus						
	9	12	Sand						
	12	14,9	Grusig sand						
Försöks- brunn	0	1	Grusig sand	-0,4		6521920	1616190	rörbrunn	VBB
	1	3	Sandigt grus						
	3	4	Sandigt grus						
	4	5	Grusig sand						
	5	6	Grusig sand						
	6	7	Ng't grusig sand						
	7	9	Sandig lera						
	9	12	Grå siltig lera						
	12	15	Lerigt stenigt grus						
	15	18	Sandigt grus						
	18	22	Sandigt grus						
	22	23	Grusig sand						
	23	24	Grusig sand						
24	26	Grusig sand							
RB 6602	0	3	Lerig mo	18,56		6545780	1615120	rörbrunn	VIAK
	3	14,7	Grusig sand						
RB 6701	0	5	Lera	23,6	27,85	6543152	1620380	filterbrunn	VIAK
	5	8,8	Moig grusig sand						
	8,8	10,8	Grusig moig sand						
	10,8	14,7	Moig grusig sand						
	14,7	16,7	Sandigt grus						
	16,7	18,6	Grusig moig sand						
	18,6	19,8	Moigt sandigt grus						
RB 6709	0	4	Lera	20,8	26,77	6543099	1620448	filterbrunn	VIAK
	4	6,8	Moigt sandigt grus						
	6,8	10,7	Moig grusig sand						
	10,7	11,7	Grusig sand						
	11,8	14,6	Sand						
	14,6	15,3	Moig grusig sand						
Hedesnäs	0	3	Lera			6551665	1613060	priv.brunn	
	3	19,5	Sand						
	19,5	20	Morän						
	20	100	Granit						

Äldre sonderingsborrningar utförda i samband med SGUs jordartskartering

K står för kohesionära jordarter (lera, silt och gytta)

F står för friktionsjordarter (finsand till grus)

T står för torv

Det översta jordlagret står först, det understa sist. Det understa lagret är inte alltid genomborrat, varför det kan vara mäktigare än angiven uppgift. Sand och grus under lera har ofta förhållandevis god vattenföring.

Lagerföljd	x	y	Lagerföljd	x	y
20K	6554733	1623045	>20K	6539169	1620512
15K	6553426	1620761	>17K	6538665	1620545
1,5T	6554304	1619697	>17K	6538121	1620925
2T	6551464	1618710	11K, >2F	6537824	1621569
7K	6552475	1615285	11K, >2F	6537289	1621654
16K	6550314	1614870	>18K	6536938	1621716
13K, 1F	6548798	1612914	>18K	6536499	1621967
16K	6549158	1613385	>21K	6536292	1622096
6K, 3F	6547345	1615770	10K, 15F	6535997	1622520
1T, >8K	6546572	1615641	>18K	6536230	1623636
8K	6545490	1613187	4K, 1F	6536149	1624195
12K	6543886	1613690	16K, 1F	6535807	1623272
>20K	6544657	1615775	23K, >2F	6535533	1623159
>20K	6544101	1615398	15K, 11F	6535449	1623064
4T, >5K	6545370	1618225	8K, >15F	6535220	1622981
3T, >4K	6549704	1620638	>16K	6535255	1622239
1T, >6K	6548592	1624098	12K, 2F	6532999	1623706
3T, >2K	6548526	1623072	2K, 7F	6538992	1620192
3T, >3K	6548193	1622501	10K	6537403	1616740
1T, >5K	6547369	1622715	>20K	6536584	1619222
23K	6546036	1624086	1T, >13K	6535333	1618813
17K	6545766	1624149	>20K	6535591	1615679
>20K	6544294	1623663	12K	6536736	1614138
17K	6543757	1622987	>20K	6539248	1612866
18K	6542487	1624486	13K	6538290	1612981
15K	6543339	1621089	8K	6537168	1611899
16K	6542521	1619266	>20K	6535929	1613080
16K	6543850	1618234	15K	6534032	1614179
13K	6543906	1617193	>20K	6532622	1614668
>20K	6543306	1616489	14K	6532280	1617853
13K, 1F	6541981	1616205	13K	6530566	1620429
11K	6540603	1615316	>20K	6526687	1616059
8K, 12F	6541008	1616274	>20K	6526731	1617111
12K	6541937	1618355	3F, 3K, 2F	6524731	1617788
12K, >2F	6541664	1620548	3T	6523565	1616762
14K	6541583	1621028	2F, >18K	6522310	1617030
12K	6541516	1622640	>20K	6547300	1625500
9K	6541230	1621230	>20K	6546600	1625840
>20K	6540691	1621235	20K	6538900	1627410
>20K	6540444	1623278			

Inventerade och avvägda brunnar och observationsrör

Överkant är brunnsöverkant eller röröverkant. Höjdsystem RH oo.

Id	Obs.namn	x	y	Obs.typ	Överkant	Gv.nivå
BAP1997093026	Trollsta 9:1	6550375	1618503	schaktbrunn	63,205	57,505
BAP1997093022	Grödbby 1:24	6550590	1618402	bergborrad brunn	68,632	52,832
EEK1999021602	Brunn 1	6550408	1617988	schaktbrunn	52,34	51,09
EEK1999021604	Brunn 2	6549796	1618298		48,71	47,59*
EEK1997090232	Frölunda 1 37	6551370	1614745	rörbrunn	52,195	47,205
EEK1997090231	Frölunda 2:15	6550855	1614780	schaktbrunn	48,178	46,858
EEK1997090233	Frölunda 8:1	6551690	1615100	schaktbrunn	46,977	46,667
EEK1997082819	Mora 3:2	6552140	1613075	schaktbrunn	48,24	46,52
BAP1997093009	Vinaren 2:1	6551101	1618685	schaktbrunn	48,573	45,713
BAP1997093017	Vinaren 2:1	6552170	1618974	schaktbrunn	47,512	46,492
EEK1999021606	7901 P	6549794	1618179		49,37	39,46
EEK1999021605	RB 6602	6549825	1617867	spets	39,59	38,31
CFM1999021601	Brunn 3	6549582	1617740	schaktbrunn	48,26	38,26
BAP1997093020	Vinaren 2:4	6551762	1618855	sondering	47,697	36,977
EEK1997090235	Mora 3:2	6552145	1613070	spets	48,38	33,90
BAP1997093005	RB 6609	6551614	1618867	spets	44,002	33,55
CFM1999030301	2"rör Vinarträsket	6551560	1618620	spets	47,697	32,54
CFM1999022301	Grödbby 12:1	6551720	1618950	spets	52,077	32,417
EEK1997082711	BR 16	6545305	1615600	schaktbrunn	33,38	32,24
BAP1997093016	Vinaren 1:4	6552521	1619175	schaktbrunn	33,763	31,35
EEK1997090229	Frölunda 7:5	6550900	1613990	rörbrunn	50,901	31,191
BAP1997093007	Västerby 1:32	6553602	1619242	spets	33,012	30,782
EEK1997082602	BR 14	6547440	1615963	schaktbrunn	31,45	30,37
EEK1997090230	Frölunda 2:20	6550920	1614315	rörbrunn	44,015	29,985
EEK1997090228	BR 1, Broängen	6546594	1620155	schaktbrunn	32,039	26,399
EEK1997082922	Evalund	6551190	1613260	spets	36,663	21,973
EEK1997082817	BR 10	6547605	1614980	schakt m. spets	20,38	19,02
EEK1999021701	RB 6602	6545780	1615120	rörbrunn	22,13	18,63
EEK1999021701	RB 6602	6545780	1615120	rörbrunn	22,13	18,56
EEK1997082604	BR 15, Grönlund	6546865	1615832	spets	19,95	18,47
CFM1999021705	Rör 1	6546545	1615775	spets	20,33	18,01
CFM1999022209	Brunn 11	6538760	1620744	schaktbrunn	17,06	12,17
CFM1999022210	Brunn 48	6538760	1620372		13	12
CFM1999022208	Brunn 7	6538264	1620868	schaktbrunn	10,21	9,64
CFM1999022207	Brunn 6	6538264	1620868	schaktbrunn	9,27	7,43
BAP1997093029	Björsta 1:16	6537996	1621157	schaktbrunn	8,066	6,272
CFM1999021902	Vägv.obsrör	6537740	1621250	spets	7,201	5,68
CFM1999022213	Rör 4	6536170	1622100	spets	7,56	5,02
BAP1997093031	Ösmo-Blista 2:2	6537527	1621240	bergborrad brunn	10,925	4,685
CFM1999022212	Rör 2	6536090	1622265	spets	9,03	4,64
CFM1999022216	Rör 8	6536260	1621995	spets	7,44	4,49
CFM1999022218	Rör 10	6536405	1622015	spets	6,24	4,44
CFM1999022215	Rör 7	6536100	1621875	spets	10,23	4,34
CFM1999022214	Rör 5	6536165	1621995	spets	7,56	3,88
CFM1999022220	RB 7301 P	6536062	1622010	spets	6,71	0,41**
CFM1999022221	Försöksbrunn	6521920	1616190	rörbrunn	12,62	-0,4***

* Mätt 66-08-30

** Mätt 73-11-07

*** Mätt 81-04-12

Kemiska analyser av grundvatten från källor och observationsrör

		Rör 9701R Frölunda 15–16 m x 6551300 y 1614110	Källa vid Frölunda x 6550330 y 1614820	Källa vid Snickartorp x 6551160 y 1614800	Källa vid Lilla Ström x 6554970 y 1613890	Rör 9801R Fagersjö 16–17 m x 6550420 y 1617980
COD (Mn)	mg/l	<1	<1	1,3	<1	<1
Konduktivitet 25 °C	mS/m	32	36	22	34	12
pH		8,4	7,4	7,3	7,1	8,7
Alkalinitet	mg/l	79	130	39	84	34
Kolsyra agg CO ₂	mg/l	<1	7	5	13	<1
Hårdhet tot, Ca+Mg	mg/l	48	61	33	60	20
Hårdhet gr tot.	gr dH	6,7	8,5	4,5	8,4	2,8
Ca	mg/l	33	45	22	46	14
Mg	mg/l	9,4	9,6	6,5	8,6	3,6
Na	mg/l	13	14	9,2	10	5,3
K	mg/l	7,4	3,1	2,1	3,3	1,5
Fe	mg/l	0,04	0,38	0,12	2,2	0,16
Fe, elof	mg/l				0,60	
Mn	mg/l	0,06	0,11	<0,01	0,11	<0,01
Al	mg/l	<0,05	0,14	0,06	<0,05	0,08
Cu	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Zn	mg/l	0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
NH ₄ -N	mg/l	<0,002	0,54	<0,002	0,03	<0,002
NO ₂ -N	mg/l	<0,002	0,004	<0,002	<0,002	0,002
NO ₃ -N	mg/l	<0,2	0,4	<0,2	<0,2	<0,2
PO ₄ -P	mg/l	<0,005	0,034	<0,005	0,005	0,030
F	mg/l	0,98	0,50	<0,10	0,63	<0,10
Cl	mg/l	26	26	30	16	7,1
SO ₄	mg/l	49	39	26	78	21

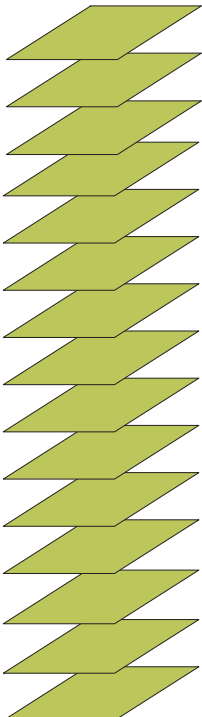
Fe, elof – är järn efter luftning och filtrering.

DATABASSTRUKTUR

Den digitala informationen över grundvattentillgångar i Nynäshamns kommun som finns tillgänglig i SGUs databaser presenteras översiktligt nedan. Informationen är framtagen i formaten MapInfo och ArcInfo, men kan erhållas även i andra format. Data är lagrade i koordinatsystemet RT90 2,5 gon V.

Övriga data med anknytning till kartan över Grundvattenförekomster i Nynäshamns kommun är bl.a.:

- tolkade bilder på georadar- och seismiska profiler,
- fotografier,
- anpassade symbolfiler i formatet MapInfo,
- postscriptfiler för utplottning av data.



GEOF	Geofysiska profiler (linjer)
LAGF	Lagerföljdsuppgifter (punkter)
VTAK	Vattentäktsdata (punkter)
SKYD	Skyddsområden (polygoner)
OBSK	Observationsdata, källor (punkter)
OBSN	Observationsdata, nivåer (punkter)
OBSD	Övriga observationsdata (punkter)
VDEL	Vattendelare och andra hydrauliska gränser (linjer)
NIVL	Nivålinjer (linjer)
GSTR	Grundvattnets strömningsriktning (punkter)
TEKT	Tektonik; sprickszoner, förkastningar etc. (linjer + punkter)
KVAL	Salt-, fluorid- eller radonrisk (polygoner)
VMAR	Våtmarker (polygoner)
JKAP	Kapacitet i jordlagren (polygoner)
BKAP	Kapacitet i berggrunden (polygoner)

Fig. 85. Översiktlig databasstruktur.

LITTERATUR OCH GRUNDVATTENKARTOR

Litteratur

- Aastrup, M., 1994: Grundvattenövervakning inom PMK. Rapport från verksamheten 1994. *Statens naturvårdsverk. Rapport 4128*.
- Aastrup, M., Thunholm, B., Johnson, J., Bertills, U. & Berntell, A., 1995: Grundvattnets kemi i Sverige. *Statens naturvårdsverk. Rapport 4415*.
- Agerstrand, T., 1973: Vattenmiljön. I P. Brink, T. Cewé, E. Olerud, C. Ramel, H. Sjörs & M. Falkenmark (red.) *Praktisk geohydrologi, Praktisk miljökunskap*. Natur och Kultur, Stockholm, 53–80.
- Andersson, A.C., Andersson, O. & Gustafsson, G., 1984: Brunnar: Undersökning – Dimensionering – Borrning – Drift. *Bygghälsningsrådet R 42: 1984*.
- Andersson, S., Eriksson, A. & Åbyhammar, T., 1980: Utvinning av värme ur bergborrade brunnar. Förstudie. *Bygghälsningsrådet. R 142: 1980*.
- Annadotter, H., 1993: Algtoxiner i dricksvatten – en undersökning vid två svenska vattenverk samt en litteraturstudie. *VAV.VA-Forsk Rapport nr 1993-03*.
- Bengtsson, M.-L., 1996: Hydrogeologisk sårbarhetsklassificering som verktyg i kommunal planering. Med exempel från Lerums kommun. *Chalmers tekniska högskola, Geologiska institutionen Publ. A81*.
- Berggren, M., 1998: Hydraulic conductivity in Swedish bedrock estimated by means of geostatistics. *Kungl. tekniska högskolan Thesis Report Series 1998:9*.
- Bergman, G., 1972: *Bestämning av infiltrationskoefficienter för bergytter och perkolationsbanor i jordlager*. Stockholms universitet. Kvartärgeologiska institutionen. Även *Styrelsen för teknisk utveckling 69-519/U386*.
- Bergström, S., 1993: *Sveriges hydrologi – grundläggande hydrologiska förhållanden*. SMHI, Norrköping.
- Bertills, U., von Brömssen, U. & Sarr, M., 1989: Försurningsläget i enskilda vattentäkter i Sverige. *Statens naturvårdsverk. Rapport 3567*.
- Brink, R. & Tullberg, H., 1982: Att utvinna och lagra värme i mark och vatten. Juridiska aspekter. *Bygghälsningsrådet. T 44: 1982*.
- von Brömssen, U., 1968: *Grundvattenbildning i geologiskt olika terrängavsnitt. Metod–Teknik–Analys*. Stockholm.
- Bygghälsningsrådet, 1982: Bergvärme, grundvattenvärme och geotermi. BFR-seminarium maj 1982. *Rapport R130:1982*.
- 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*.
- Carlsson, L., 1970: Metoder för praktisk bestämning av grundvattnets strömningshastighet. *Chalmers tekniska högskola, Inst. för vattenförsörjnings- och avloppsteknik. Serie B 70:1*. Göteborg.
- 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. *Bygghälsningsrådet R41: 1984*.
- Coordinating committee for hydrology in nordic countries (COHYNO), 1984: *Nordic Glossary of Hydrology*. Iréne Johansson (red.), Almqvist & Wiksell International, Stockholm.
- De Geer, J., 1970: Några hydrogeologiska synpunkter på jordtäcket akviferer främst åsarnas. I E. Eriksson, Y. Gustafsson och K. Nilsson (red.) *Grundvatten*. Norstedt & Söner förlag. Stockholm.
- Dittrich, H., Becker, M. & Karimi, M., 1992: *Sammanställning av fältarbeten i Stockholms södra skärgård. Räckelmätning, stenräkning, seismisk undersökning och lervaruskronologi*. Opublicerad rapport. Stockholms Universitet. Kvartärgeologiska institutionen.
- 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*.

- 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.
- Engqvist, P. & Fogdestam, B., 1984: Hydrogeologiska kartan över Stockholms län. *Sveriges geologiska undersökning Ah 6.*
- Eriksson, A., 1981: Energibrunnar. *Sveriges geologiska undersökning. Information från brunnarkivet 1/81.*
- Fabricius, C., 1996: Vägsaltpåverkade enskilda grundvattentäkter – en pilotstudie i Mellansverige. *Kungl. Tekniska högskolan. Institutionen för Anläggning och Miljö, Avd. för Mark och Vattenresurser. Examensarbetsserie 1996:2.*
- Flentzberg, A., 1909: Offerkällor och trefaldighetskällor. *Fataburen*, 65–84, 141–149.
- Fredén, C. (red.), 1998: *Berg och jord.* Andra upplagan. Sveriges Nationalatlas.
- Frycklund, C., 1998: *Artificial recharge of groundwater for public water supply. Potential and limitations in Boreal conditions.* Kungl. tekniska högskolan, Dissertation, Div. of Land and Water Resources.
- Granberg, G., 1934: Den kalendärt fixerade källdrinkningen. *Folkminnen och folktankar 21*, 20–34, 56–75.
- Grip, H. & Rodhe, A., 1988: *Vattnets väg från regn till bäck.* Hallgren & Fallgren Studieförlag AB. Uppsala.
- Gustafsson, G., 1974: A method of calculating the hydraulic properties of esker aquifers. *Nordic Hydrologic Conference, Aalborg 1974*, 525–543.
- Gustafsson, 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, G., Norling, E., Ahlbom, K., De Geer, J., Hård, S., Karlqvist, L., Persson, G. & Thoregren, U., 1980: Energigeologisk kartering. Metodstudie. *Byggnadsrådet R 134: 1980.*
- Gustafsson, Y., 1970: Topografins inverkan på grundvattenbildningen. I E. Eriksson, Y. Gustafsson och K. Nilsson (red.) *Grundvatten.* Norstedt & Söner förlag. Stockholm.
- Hult, A., 1991: *Källan till vattnet.* Anders Hult & Gidlunds Bokförlag, Värnamo.
- Hydén, H., 1983: Energiutvinning ur kommunala grundvattentäkter. *Byggnadsrådet. R:47.*
- Jacobsson, M., 1995: *Glacial and postglacial development of the Ören deposit south-west of Torö, southern Stockholm Archipelago, Sweden.* Stockholm University. Department of Quaternary Research.
- Johansson, P.-O., 1987: Methods for estimation of direct natural groundwater recharge in humid climates – with examples from sandy till aquifers in southern Sweden. *Kungliga tekniska högskolan. Institutionen för kulturteknik. Meddelande TRITA-KUT 1045.*
- Johansson, P.-O., 1987: Spring discharge and aquifer characteristics in a sandy till area in southeastern Sweden. *Nordic Hydrology 18*, 203–220.
- Knutsson, G., 1979: Hydrogeologisk översiktskartering av Sverige. *Vannet i Norden Nr 1.* Uppsala.
- Knutsson, G. & Morfeldt, C.-O., 1993: *Grundvatten, teori och tillämpning.* AB Svensk Byggtjänst, Solna.
- Knutz, Å., Svensson, T., Lindmark, P., Rosén, B., Eriksson, A. & Landin, O., 1995: Yt- och grundvattenskydd. *Vägverket Publikation 1995:1.*
- 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. (International contributions to hydrogeology. Vol. 8).
- Lindberg, J. & Olofsson, B., 1997: *Risk för salt grundvatten – en studie med hjälp av GIS över delar av Norrtälje kommun.* Kungl. Tekniska högskolan. Institutionen för Anläggning och Miljö, Avd. för Mark och Vattenresurser.
- Lindén, A., Melin, O. & Mellander, H., 1983: *Områden med anomal radioaktiv värmeproduktion i södra och mellersta Sverige.* Energiforskningsnämnden. Långsiktig energitillförsselforskning.

- Lindgren, J., 1997: Radon i vatten – ännu inga gränsvärden. *Sveriges geologiska undersökning, Grundvatten 2/96–1/97*.
- Lindman, E.-K. & Mattson, E., 1982: *Försurningens inverkan på korrosionen i vattenledningar av koppar*. Korrosionsinstitutet, Stockholm.
- Maxe, L. (red.), 1995: Effects of acidification on groundwater in Sweden. *Swedish Environmental Protection Agency. Report 4388*.
- Maxe, L., 1999: *Assessing Groundwater Vulnerability – the Acidification Case*. Kungl. Tekniska högskolan. Institutionen för Anläggning och Miljö, Avd. för Mark och Vattenresurser.
- Mokhtari Fard, A., 1998: Rapid deglaciation and ice sheet retreat in the Stockholm area, Sweden – a sedimentological perspective. *Quaternaria A:4. Department of Quaternary Research, Stockholm University*.
- Müllern, C.-F., 1980: Airborne geophysical measurements used for hydrogeological mapping. *6:e Nordiska Hydrologiska Konferensen. Uppsala Universitet, Naturgeografiska Institutionen. Rapport Nr 53*.
- Müllern, C.-F., 1999: Starkt ökade salthalter i Dalkarlsåsen. *Sveriges geologiska undersökning, Grundvatten 2/99*.
- Möller, H. & Stålhös, G., 1968: Beskrivning till geologiska kartbladet Stockholm SO. *Sveriges geologiska undersökning Ae 3*.
- Möller, H. & Stålhös, G., 1969: Beskrivning till geologiska kartbladet Stockholm SV. *Sveriges geologiska undersökning Ae 4*.
- Naturvårdsverket, 1991: Grundvattentäkter. Skyddsområden – Skyddsföreskrifter. *Allmänna råd 90:15*.
- Naturvårdsverket, 1999: Bedömningsgrunder för miljö kvalitet. Grundvatten. *Rapport 4915*.
- Nordberg, L. & Persson, G., 1979: *Vårt vatten – tillgång, utnyttjande*. LTs förlag, Stockholm.
- Nordic Hydrological Programme, 1994: Salt groundwater in the Nordic countries. *Report no 35*.
- Nordqvist, R., 1982: *Försurning*. Uppsala Universitet. Kvartärgeologiska avdelningen.
- Olofsson, B. & Ericsson, L.O., 1985: Miljöförändringar vid värmeutvinning ur berg och grundvatten. *Byggforskningsrådet. R 149*.
- Persson, C., 1977: Beskrivning till jordartskartorna Nynäshamn NV/SV och NO/SO. *Sveriges geologiska undersökning Ae 31–32*.
- Persson, G., 1992: Groundwater protection and vulnerability maps in Sweden. *Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia Vol. XLII*.
- Pousette, J., 1988: Groundwater Documentation in Sweden. *WHO Water Quality Bulletin 13*, 138–141, 147. Canada Centre for Inland Waters, October 1988.
- Pousette, J., 1989: The Swedish hydrogeological county maps. *Memoires of the International Symposium on Hydrogeological Maps as Tools for Economic and Social Development*, 261–268. Hannover, Federal Republic of Germany, 1989.
- 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.
- Programmet för övervakning av miljö kvalitet (PMK), 1986: Sura och försurade vatten. *Monitor: Statens naturvårdsverk*.
- Rodhe, A., 1987: The origin of streamwater traced by oxygen-18. Report *Series A, No 41, Division of Hydrology, Uppsala University*.
- Rudqvist, D., 1997: *Hydrogeologisk studie av kloridförening i Uppsalaåsen vid Segersjövattentäkten, Botkyrka kommun*. Uppsala Universitet. Institutionen för Geovetenskap, Avdelningen för Kvartergeologi och Hydrogeologi.
- Samuelsson, M., 1983: Ytligt grundvatten – kemi och omsättning. En studie av källor i skogsmark. *Kungliga tekniska högskolan. Institutionen för kulturteknik. Meddelande TRITA-KUT 3023*.
- Sandberg, B., 1982: *Korrosion på markförlagda konstruktioner – påverkan av markförsurning*. Korrosionsinstitutet, Stockholm.
- 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. *Isotope hydrology (Proceedings of Symposium in Vienna, 1983), IAEA, Vienna, 139–150*.

- Statens Livsmedelsverk, 1993: Livsmedelsverkets kungörelse om dricksvatten. *SLV Författningssamling 1993:35*.
- Statens offentliga utredningar, 1994: Reglering av vattenuttag ur enskilda brunnar. Delbetänkande av Grundvattenutredningen. *SOU 1994:97*.
- Stålhös, G., 1979: Beskrivning till berggrundskartan Nynäshamn NV/SV. *Sveriges geologiska undersökning Af 125*.
- Stålhös, G., 1982: Beskrivning till berggrundskartan Nynäshamn NO/SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 138*.
- Sundlöf, B. & Kronqvist, L., 1992: Konstjord grundvattenbildning. *VAV VA-Forsk Rapport 1992-13*.
- Svenska Vatten- och Avloppsverksföreningen, 1995: VA-verk 1994. Statistiska uppgifter över kommunala vatten- och avloppsverk. *VAV S94*.
- Svenska Vatten- och Avloppsverksföreningen, 1997: Skydd av vattentäkter. *Meddelanden, VAV M98*.
- Tekniska Nomenklaturcentralen, 1970: Vattenordlista 2. *TNC 45*. Uppsala.
- Tekniska Nomenklaturcentralen, 1984: Geologisk ordlista. *TNC 77*. Uppsala.
- Winqvist, G., 1953: Groundwater in Swedish Eskers. *Kungl. tekniska högskolans handlingar 61*.

Ej tryckta utredningar

Datum	Titel	Företag
1949	Ösmo. Allmän grundvattenredogörelse.	Kommunalbyggnadsbyrån
1951	Ösmo. Vattenförsörjning och avlopp.	Kommunalbyggnadsbyrån
1953	Preliminärt förslag till komplettering av vattenanläggning för bostadsområde Marsta, Stora Vika. Redogörelse för vattentäkten vid Starkens gruva.	AB Sana, Malmö
1961	Förslag till utbyggnad av vatten- och avloppsledningsnät vid Landsorts lotsplats.	Kungl. Sjöfartsstyrelsen, Byggnadsbyrån
1965-12-19	Utlåtande över seismisk markundersökning å fastigheterna Mora 31, 32 och Fullbro 91. För Stockholms Bomullsspinneri och Väfveri AB.	Hagconsult AB
1966-09-22	Program för utförande av rörbrunn vid Grödby inom Sorunda kommun.	VIAK
1966-11-02	Sorunda kommun. Skydd av vattentäkt vid Gorran.	VIAK
1966-11-07	Sorunda kommun. Skydd av vattentäkt för Grödby bebyggelseområde.	VIAK
1967-09-18	Yttrande över grundundersökning för soptipp på Fagersjö 11, Sorunda kommun, Stockholms län.	VIAK
1967-05-19	Program för utförande av rörbrunnar vid Ösmo samhälle inom Ösmo kommun.	VIAK
1967-08-14	Ösmo kommun. PM angående vattenförsörjning inom Ösmo tätort.	VIAK
1968	Redogörelse för grundvattenundersökning för fritidsområde på Torö.	Orrje & Co.

1970	Redogörelse över utförd grundvattenundersökning för Sorunda samhälle, Sorunda kommun.	K-KONSULT
1970-04-22	Redogörelse över utförd grundvattenundersökning för Sorunda samhälle, Sorunda kommun.	K-KONSULT
1970-11-03	Vattentäktsområde Älby. Delrapport av brunnsinventering.	VIAK
1971-02-18	Nynäshamns kommun. Grindsjön, grundvattenundersökning.	VIAK
1972-04-17	Nynäshamns kommun. Program för utförande av rörbrunn vid Älby.	VIAK
1973-12-19	Älbyvattentäkten. Förslag till åtgärder för säkerställande av vattenuttag ur enskilda brunnar vid Älby.	VIAK
1973-12-06	Nynäshamns kommun. Program för utförande av rörbrunn vid Berga.	VIAK
1974-07-22	Nynäshamns kommun, Älby. Redogörelse för utförande av rörbrunn samt stegprov-pumpning.	VIAK
1974-07-29	Geotekniskt utlåtande över Älby grustag.	Backmans Ingenjörbyrå
1976-04-29	Grundvattentäkt vid Sjöträpan, Ösmo. Utvärdering av vattentillgången.	VIAK
1979	Program för utförande av rörbrunn vid Rb 7901 P, Grödbby.	VIAK
1979	Program för utförande av rörbrunn vid Rb 7901 P, Grödbby.	VIAK
1980-09-16	Redogörelse för kontroll och stegprov-pumpning av brunn vid Rb 7901 P, Grödbby.	VBB
1980	Ristomta vattenförsörjning.	VIAK
1981-09-04	PM angående möjligheter till grundvattenutvinning på Ören.	VBB
1982	Nycol AB, Stora Vika. Utförande och provpumpning av kontrollbrunn vid den föreslagna deponeringsplatsen för biprodukter i kalkbrottet.	VIAK
1982-06-11	Utlåtande angående möjligheterna till grundvattentäkt på Ören.	SGU
1982-10-06	Ösmo vattenförsörjning, infiltrationsförsök.	VIAK
1982-12-15	Betr. infiltration av sandfiltrerat ytvatten vid Ösmo.	VIAK
1985-10-25	Nynäsledningen. Kompletterande geoteknisk undersökning sträckan 7/500–11/500.	AIB
1987-03-26	Teknisk försörjning Vatten–Avlopp. Grödbylund.	Tyréns
1987-05-12	Översiktlig bedömning av VA-frågor inom vissa områden i Nynäshamns kommun.	SGU

1990-04-18	Nynäshamns vattenförsörjning. Utredning avseende vattentillgångar.	K-KONSULT
1992-11-05	Nynäshamns kommun. Gorran vattentäkt. Ansökan i vattenmål.	
1992-11-22	Nynäshamns kommun. Gorran vattentäkt. Teknisk beskrivning.	K-KONSULT
1993-05-28	Tillstånd till bortledning av grundvatten vid Gorran, Nynäshamns kommun. Dom.	Stockholms tingsrätt Avd. 9, Vattendomstolen
1996-02-13	Ombyggnad av väg 73 Nynäshamn-Ösmo. Utredning angående konsekvenser för grund- och ytvatten.	RUST VA-PROJEKT

SGUs Rapporter och meddelanden, valda exempel

Nr

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.
86. Miljögeologi. Kartor för samhällsplanerare och miljövärdare. Exempel från Mittnordenområdet. 1996.
87. 14th Salt Water Intrusion Meeting, Malmö, SWIM -96. 1996.
99. Grundvattnets tillstånd i Sverige. Årsskrift från miljöövervakningen 1999.

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. Nynäshamn NV
8. Eskilstuna NO
9. Linköping NO
10. Östergötlands sedimentära berggrund (skala 1:100 000)
11. Eskilstuna NV
12. Norrköping 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
K63	Mölndal
K69	Sigtuna (karta)

Dessutom finns följande kartdatabaser tillgängliga:

Alingsås	Klippan	Nynäshamn
Botkyrka	Kumla	Partille
Burlöv	Kungsör	Salem
Båstad	Kävlinge	Staffanstorps
Båstad	Köping	Stockholm
Ekerö	Laholm	Södertälje
Enköping	Landskrona	Uddevalla
Eskilstuna	Lerum	Vårgårda
Göteborg	Linköping	Åstorp
Halmstad	Lomma	Ängelholm
Haninge	Lund	Örebro
Heby	Malmö	Örkelljunga
Håbo	Mölndal	
Härryda	Norrtälje	

