

Beskrivning till kartan Grundvattenförekomster i Uddevalla kommun

Lars-Ove Lång



ISSN 1652-8336
ISBN 978-91-7158-825-8

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: Geofysisk undersökning vid Backamo.
Foto: Lars-Ove Lång.

FÖRORD

Kartan över grundvattenförekomster i Uddevalla kommun ingår i en serie kommuninriktade grundvattenkartor som framställs av Sveriges geologiska undersökning, SGU. Kartläggningen har utförts inom ramen för ett större karteringsprojekt vid SGU, benämnt Norra Göteborgsregionen–Trestad, under perioden 2000–2003. Arbetet med grundvattenkartan har genomförts i nära samarbete med Uddevalla kommun.

Kartan är avsedd att i första hand komma till användning i den kommunala verksamheten, men kan givetvis även utnyttjas i andra grundvattenrelaterade sammanhang. Den är speciellt anpassad för att utgöra ett av de nödvändiga beslutsunderlag som krävs i samband med kommunal planering enligt Miljöbalken, PBL och de nationella miljömålen för t.ex. markanvändning, vattenförsörjning, grundvattenskydd samt grundvattenrelaterade tillstånds- och tillsynsfrågor.

Framställningen av kartan har skett digitalt i GIS-miljö (MapInfo och ArcGIS). Informationen är inlagrad i den underliggande databasen med en noggrannhet som huvudsakligen är avsedd att passa en redovisning 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. Därvid krävs emellertid insikt om att noggrannheten i informationen förändras vid en ändring av kartskalan.

Ledare för karteringsprojektet Norra Göteborgsregionen–Trestad har varit Mats Engdahl. För undersökningen av grundvatten har Lars-Ove Lång varit ansvarig. Geofysiska undersökningar i fält utfördes av Bo Wållberg och Johan Söderman, medan Roger Smedberg ansvarade för borrhningarna. I fältarbetena medverkade även Mats Engdahl, Åsa Lindh och Sven-Erik Sundevall. Åsa Lindh har utfört huvuddelen av framställningen av digital information. Den slutliga digitala bearbetningen har skett under ledning av Magnus Åsman. Vattenkemiska data har insamlats och inlagrats av Otto Pile och bearbetats av Magnus Åsman. Textbidrag har lämnats av Bo Thunholm (grundvattennivåer och grundvattnets kemi i allmänhet), Bo Wållberg (metodbeskrivningar – seismik), Magnus Åsman (metodbeskrivningar – Kriging och variogramanalys) samt Inger Lundqvist (berggrunden). Carl-Fredrik Müllern har bistått med råd under arbetets gång.

Ett antal personer vid Uddevalla kommun har bidragit med information och praktiskt stöd. Tony Grantz har varit samordnare för kontakterna med Miljö- och Stadsbyggnadskontoret och Sten-Ove Dahllöf med Tekniska kontoret.

INNEHÅLL

FÖRORD	3
SAMMANFATTNING	6
Bakgrund och syfte	6
Utförda arbeten	6
Resultat	7
Grundvattentillgångar	7
Grundvattnets kemiska sammansättning	7
GRUNDVATTENTILLGÅNGAR	8
Allmänna förutsättningar	8
Naturresursen grundvatten	8
Vattnets kretslopp	9
Grundvattnet i och intill en grusås	10
Grundvattenbildning	11
Grundvattennivåer	11
Dricksvatten	14
Grundvattentäkter	14
Kartläggning av grundvattentillgångar i Uddevalla kommun	17
Insamling	17
Brunnsinventering, geofysiska mätningar och borrhningar	17
Karta över grundvattentillgångar	18
Grundvattentillgångar i berggrunden i Uddevalla kommun	18
Geologisk beskrivning	18
Metodik	18
Resultat	19
Grundvattentillgångar i jordlager i Uddevalla kommun	20
Geologisk beskrivning	20
Metodik	21
Resultat	22
Backamo–Grinneröd	22
Delområde A	26
Delområde B	29
Delområde C	31
Berghemslinjen från Grinneröd till Sunninge sund	35
Öster om Uddevalla	36
Uddevalla tätort och Herrestad	37
Hogstorp	37
Backa	37
Bokenäs	38
Vattenförsörjning	38

GRUNDVATTNETS KEMI	38
Salt grundvatten	39
Åtgärder mot salt grundvatten	40
Grundvattnets kemiska sammansättning i Uddevalla kommun	41
Redovisning	41
Resultat – hela kommunen	42
Resultat – Backamo och Grinneröd	56
METODBESKRIVNINGAR	57
Seismik	57
Grundläggande principer	57
Mätförfarande	58
Geologiska förutsättningar	58
Tillämpningsområden	59
Kriging och variogramanalys	59
DOKUMENTATION AV FÄLTARBETEN	60
Geofysiska mätningar	60
Borrningar	61
Inventering av brunnar och observationsrör	62
LITTERATUR OCH GRUNDVATTENKARTOR	63
Allmän litteratur och referenser	63
Ej tryckta utredningar – urval	67
SGUs Rapporter och meddelanden, valda exempel	69
Grundvattenkartor	70
SGU serie Ag	70
SGU serie Ah	70
SGU serie An	71
SGU serie K	71

SAMMANFATTNING

Bakgrund och syfte

Grundvatten kartläggs vid SGU kommunvis i skala 1:50 000 (serierna An och K), länsvis i skala 1:250 000 (serie Ah) samt magasinvis i skala 1:20 000, 1:50 000, 1:100 000 och 1:250 000 (serie K). Kartorna är inriktade mot att presentera grundvattentillgångar. I de kommunvisa och länsvisa beskrivningarna ingår sammanställningar av grundvattnets kemiska sammansättning. Undersökning sker av grundvattenmagasin som potentiellt är av intresse för framtida grundvattenuttag.

I SGUs nuvarande uppdrag ingår att för befolkningstäta områden ta fram behovsanpassad geologisk information. Kartläggningen av grundvattentillgångarna i Uddevalla kommun har utförts inom det s.k. Norra Göteborgsregionen–Trestadsprojektet, där SGU insamlat och bearbetat geologisk information avseende berggrund, bergkvalitet, jordarter på land och på havsbotten, jordlagrens geokemiska sammansättning samt grundvatten. Resultaten kan användas för kommunal planering och tillståndsgivning, som stöd för byggande, i samband med mark- och miljöundersökningar, etc.

Kartläggningen av grundvattentillgångarna i Uddevalla kommun syftar till att bedöma grundvattentillgångar och sammanfatta annan grundvatteninformation såsom källor, vattentäkter och skyddsområden, samt att beskriva den kemiska sammansättningen i grundvatten som ej är lokalt förorenade.

Utförda arbeten

Undersökningen omfattar insamling och bearbetning av befintligt material, fältarbete och sammanställning. Arbetet har genomförts i nära samarbete med Miljö- och Stadsbyggnadskontoret samt Tekniska kontoret vid Uddevalla kommun. Övrig information har erhållits från SGU, länsstyrelsen i Västra Götalands län, konsultbolag, utgiven litteratur, etc. För bedömningen av grundvattentillgångarna har den digitala jordartskarta som tagits fram för Uddevalla kommun (M. Engdahl) legat till grund.

Befintligt material från SGU utgörs av en sammanställning av uppgifter från SGUs databaser, geologisk information redovisad inom projektet Norra Göteborgsregionen–Trestad, länskartan över grundvattnet i f.d. Göteborgs och Bohus län (Engdahl m.fl. 1999) samt beskrivningar tillhörande tidigare utgivna jord- och berggrundskartor.

Vad gäller övrig befintlig information ingår utredningar för bestämning av jordlagerföljder (se kapitlet Ej tryckta utredningar – ett urval). Även muntlig information har erhållits från bl.a. Miljö och Stadsbyggnadskontoret. Dessutom ingår arkiv över grundvattenkemiska analyser från Miljö och Stadsbyggnadskontoret samt hydrogeologiska och andra tekniska utredningar.

Fältarbetet omfattade i Backamo och Grinneröd:

- Refraktionsseismiska mätningar i 11 profiler och georadarmätningar i 10 profiler.
- Inventering av brunnar.
- Neddrivning av 4 observationsrör samt 16 sonderingar.
- Provtagning av grundvattnet för kemisk analys.
- Avvägning av seismiska profiler, brunnar och observationsrör.

I övriga delar av kommunen omfattade fältarbetet brunnsinventering och neddrivning av ett observationsrör i Backa.

Inlagring i databaser görs av brunnsdata, kemidata, geofysiska data, borrhingsdata och grundvattennivådata.

Upprättande av kartdatabaser avser:

- grundvattentillgångar i berggrunden
- grundvattentillgångar i jordlagren

- större sprickzoner i berggrunden
- förskiffring i berggrunden
- grundvattennivåer
- grundvattnets strömningsriktningar
- grundvattendelare
- källor

Resultat

Grundvattentillgångar

Grundvattentillgångar bedöms för jordlagren i de områden där sand och grus anses förekomma i tillräcklig mängd för att utgöra det bästa grundvattenmagasinet. Dessa jordlager går antingen i dagen eller täcks av finkorniga sediment, främst lera. I övriga områden anges tillgångar i berggrunden. Kartbilderna bygger på ursprungliga jordartsförhållanden så som dessa anges vid jordartskarteringen. Bebyggelse, uttag av naturgrus, utfyllnad av täkter och oönskad kemisk sammansättning hos grundvattnet genom lokal förorening kan reducera uttagsmöjligheterna.

Uddevallakommun har ett fåtal sand- och grusförekomster som går i dagen. Den största grundvattentillgången finns vid Backamo–Grinneröd, där vissa delar har uttagsmöjligheter i storleksordningen 5–25 l/s. Här finns också förutsättningar för inducerad infiltration av ytvatten från Grinnerödssjön. Inom övriga delar av kommunen har grundvattentillgångar i den nedre delen av intervallet 1–5 l/s markerats för avlagringar väster om Kolbengtseröd respektive Häljerödssjön norr om Ljungskile, vid Källebråten nära Fagerhult, vid Hogane nära Lane-Ryr, samt för en avlagring just öster om Hogstorp. Samtliga dessa är öppna grundvattenmagasin.

Förutsättningar finns för att i vissa områden utvinna grundvatten ur sand och grus under lera. Brunnar i jord kan då vara ett bra alternativ till bergborrade brunnar för enskilda, samfällighets- eller mindre kommunala vattentäkter. Problem med markstabilitet och vattenkvalitet (främst salt grundvatten) är faktorer som då måste vägas in. Utgående från kännedom om friktionsjord under lera har några områden i centrala Uddevalla samt Herrestad klassats som slutna grundvattenmagasin med uttagsmöjligheter i storleksordningen 1–5 l/s.

Kapacitetsdata från bergborrade brunnar i SGUs brunnsarkiv har använts för att ta fram områden med olika möjligheter till uttag ur berggrunden. Generellt är uttagsmöjligheterna högre i berggrunden i östra delen av kommunen än i den västra. Enskilda brunnar med angiven kapacitet över 6 000 l/h finns dock i hela kommunen.

Grundvattnets kemiska sammansättning

Analys avseende grundvattnets kemiska sammansättning är sammanställda i en databas. En översiktlig redovisning ingår i denna beskrivning. Databasen omfattar analyser från drygt 1 000 lokaler. Huvuddelen är enskilda vattentäkter. Analysresultaten presenteras i kartform. I denna undersökning har även provtagning för kemisk analys utförts i Backamo och Grinneröd i samband med undersökningsborrningar. Resultaten visar att:

- Grundvatten med lågt pH (<6,0) och låg alkalinitet (<30 mg/l) förekommer inom hela kommunen i grävda brunnar. Grundvattnet av denna karaktär antas återfinnas där grundvattnet har kort uppehållstid i marken. I grundvattnet i jordavlagringarna i Backamo och Grinneröd är pH oftast <6,5 och alkaliniteten <60 mg/l.
- Höga klorid- och natriumhalter förekommer framför allt utmed delar av kusten. Det är främst i bergborrade brunnar som salt grundvatten uppträder. Inträngning av havsvatten är den troligaste orsaken i kustbandet. Rester av gammalt saltvatten är den sannolikaste orsaken till enstaka höga halter i andra delar av kommunen. Förekomst av salt grundvatten reducerar uttagsmöjligheterna inom vissa kuststräckor.

- Halterna av järn och i viss mån mangan är högre i grundvatten i både jord och berg än generellt i landet. Berggrund rik på järnhaltiga mineral samt olika markprocesser är bidragande orsaker.
- Bokenäs har en övervikt av berggrundvatten med höga fluoridhalter.
- Endast ett fåtal analyser visar noterbar påverkan av kväve eller fosfor på grundvattnet.

GRUNDVATTENTILLGÅNGAR

Allmänna förutsättningar

Naturresursen grundvatten

Av allt vatten på jorden är bara några få procent sötvatten. Resten finns i haven. Större delen av sötvatten 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 infiltrerats i markytan passerar det först genom den luftade eller omättade zonen. I den finns både luft och vatten i markens por- och sprickutrymmen, och flödet kallas för perkolation. Djupare ner i marken, i den mättade zonen, fyller enbart vatten porerna och sprickorna. Det är det vattnet som kallas grundvatten.

Strömningen ned till grundvattenytan kan ta allt ifrån någon timme till flera år. I sand och grus och stora sprickor 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 fasta eller rörliga. Fasta vattendelare är i allmänhet betingade av höga berglägen. Rörliga vattendelare ändrar läge när 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 svårgenomträngliga lager.

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

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

Grundvattnet har över lag god beskaffenhet. Kvaliteten kan variera något under året och från år till år, liksom grundvattnets trycknivåer. Förändringar beror främst på variationer i nederbörd och temperatur med tiden.

Grundvatten har många användningsområden. Några sådana är:

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

De största vattentillgångarna förekommer i de stora sand- och grusavlagringar som bildades under avsmältningen av den senaste inlandsisen. En grundvattentillgång kan också ökas på konstgjord väg genom infiltration av ytvatten i sand- och grusavlagringar eller genom att uttagspunkterna för grund-

vatten placeras så att en inströmning av vatten till akviferen från angränsande sjöar eller vattendrag skapas, s.k. inducerad infiltration.

Hälften av den kommunala vattenförsörjningen i landet baseras på naturligt eller konstgjort grundvatten. Enskilda hushåll, som använder vatten från egna grävda eller borrarade brunnar för sin vattenförsörjning, omfattar drygt en miljon människor i vårt land. Lika många utnyttjar grundvatten för sitt fritidsboende.

Vattnets kretslopp

Grundvattnet ingår i vattnets kretslopp (se fig. 1) 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 bildas ett utströmningsområde. Om markytan är genomsläpplig 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

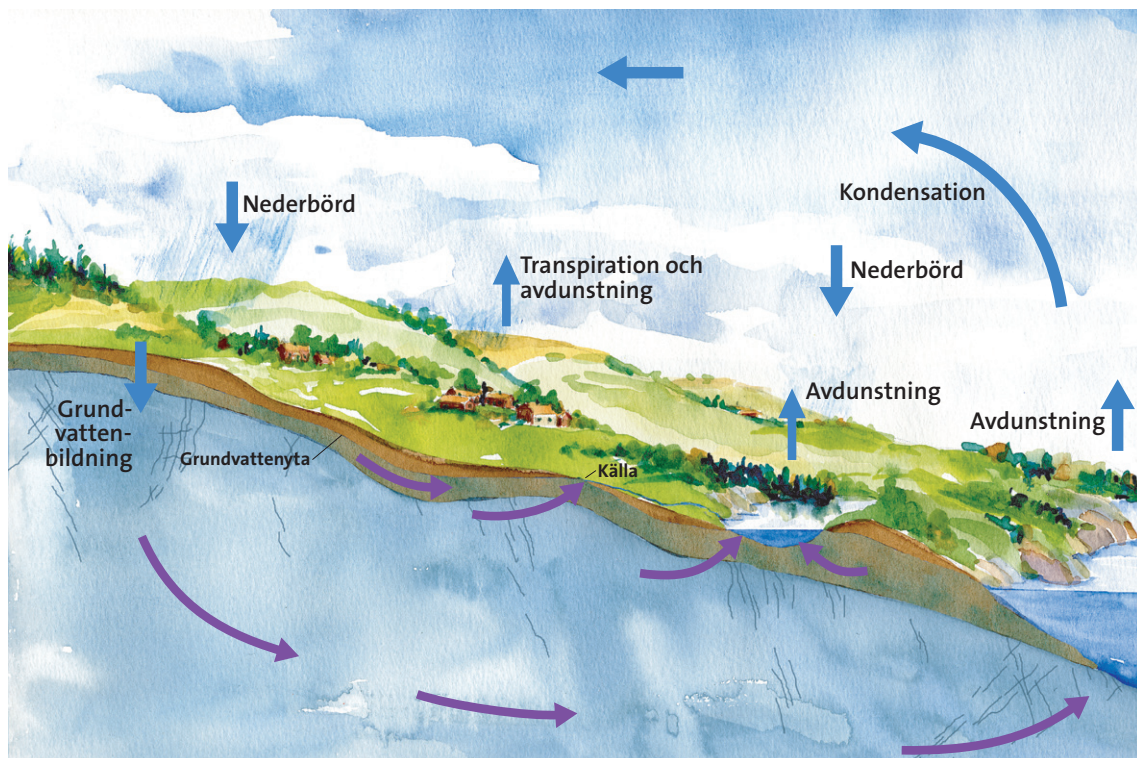


Fig. 1. Vattnets kretslopp. Grundvattnet rinner huvudsakligen ut i botten på bäckar, åar och sjöar samt i källor. Illustration: Anna Jonson, ArtAnna.

långsam utströmning av grundvatten på bred front det som bestämmer vattentillgången i vattendrag och sjöar. Från vattenytorna i sjöar och hav avdunstar vatten som tillsammans med vattenånga från markavdunstning och växternas transpiration bildar moln. Ur molnen faller nederbörd, och på så sätt fullbordas vattnets kretslopp.

Grundvattnet i och intill en grusås

Figur 2 visar en dalgång med en isälvsavlagring (rullstensås), uppbyggd av grovkorniga och sorterade jordarter, huvudsakligen sand, grus och block. Den landskapstypen är vanlig i de delar av Sverige som ligger under högsta kustlinjen, dvs. där landytan någon gång efter den senaste nedisningen har varit täckt av hav. Åsens centrala delar utgör vanligen en markerad rygg i landskapet medan sidorna ofta täcks av mer eller mindre mäktiga ler- eller siltlager. Det är i åsarna som de största grundvattentillgångarna i jordlagren finns. Till höger i bilden visas åsens övergång mot ett berg- och moränområde.

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 isälvsavlagringen 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.

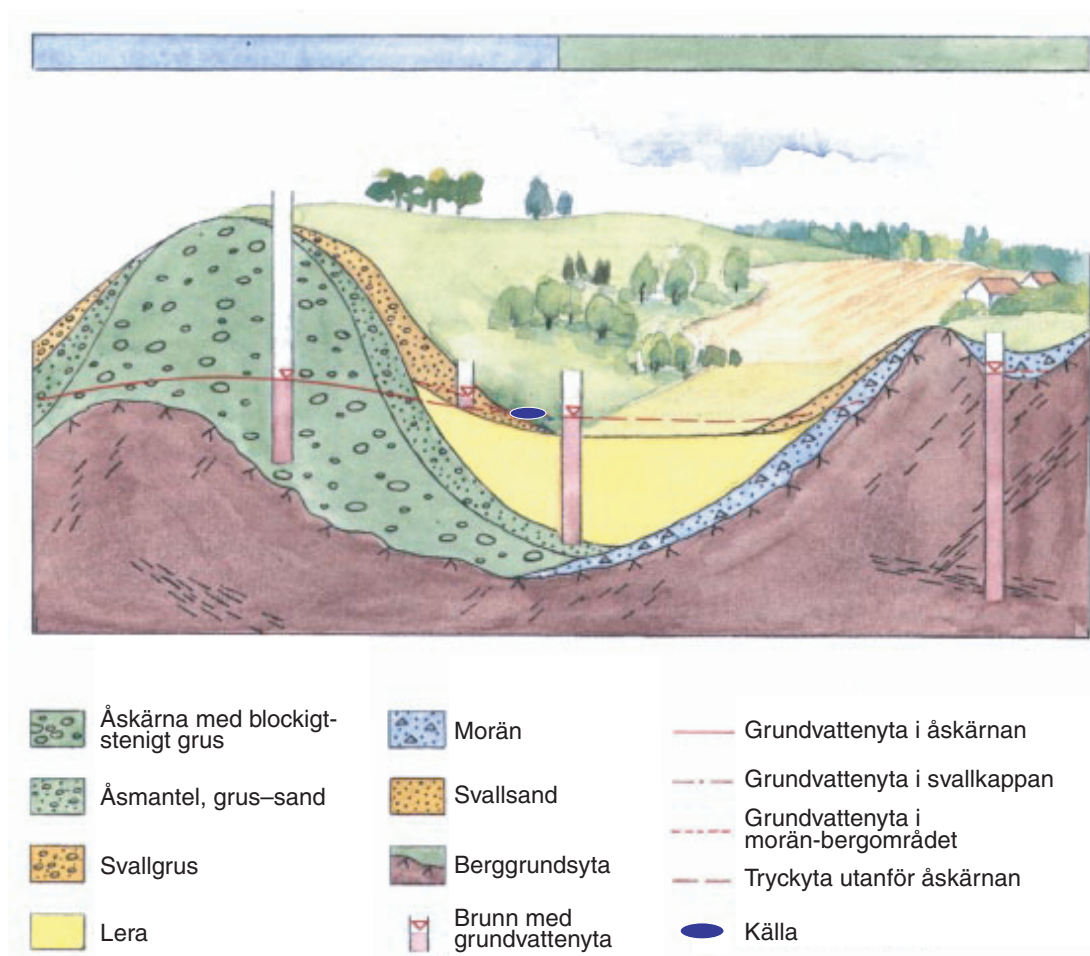


Fig. 2. Principbild över hur grundvattnet uppträder i och intill en grusås. Färgmarkeringen överst i bild visar hur detta redovisas på kartan över "Grundvattenförekomster i Uddevalla kommun". Blått för tillgångar i jord och grönt för berg.

Grundvattenbildning

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

Hög markfuktighet råder under den kyliga delen av året, då avdunstningen är liten och växterna vilar. I samband med regn och snösmältning under denna period sker också den mesta grundvattenbildningen. Omvänt är markfuktigheten ofta låg på sommaren, och därför bildas det inget eller bara litet grundvatten, trots tämligen riklig nederbörd. Juli och augusti är vanligen de regnrikaste månaderna på året men ändå sjunker grundvattennivåerna och utläckaget av grundvatten minskar, vilket även medför låga flöden i vattendragen.

Vattentillskotten till marken utgörs 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 vattenmängd som bidrar till grundvattenbildningen. Beräknad effektiv nederbörd (nederbörd minus avdunstning) enligt SMHI för Uddevalla kommun framgår av figur 3.

Grundvattennivåer

Grundvattnets trycknivå förändras under året beroende på hur och när nybildningen av grundvatten sker. Nybildningen följer mönster eller regimer som är olika i skilda delar av landet. Regimerna framträder i kurvor över grundvattennivån i olika landsändar. I figur 4 har fyra av SGUs mätstationer valts ut som exempel på de fyra huvudmönster som kan urskiljas i Sverige.

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. De flesta av de privata brunnarna i Sverige är nedförda i sådana magasin. I stora magasin med stor porvolym, som t.ex. grusåsarna, blir variationerna mera utjämnade och nivåförändringarna mindre, även om förhållandevis stora vattenvolymer tillförs eller avlägsnas.

Variationsmönstret ser inte heller riktigt likadant ut från år till år. Flera torr- eller våtar kan t.ex. följa på varandra, vilket naturligtvis påverkar grundvattennivåerna i både stora och små magasin. Återhämtningen i de små magasinerna efter en torrperiod går normalt snabbt medan det kan ta lång tid i de stora.

Nedan redovisas resultat från mätning av grundvattennivåer i mätstationer som ingår i SGUs Grundvattennät (SGU, 1985) och som ligger nära Uddevalla. Syftet med Grundvattennätet är att beskriva och förklara regionala och tidsmässiga variationer i grundvattnets mängd och beskaffenhet.

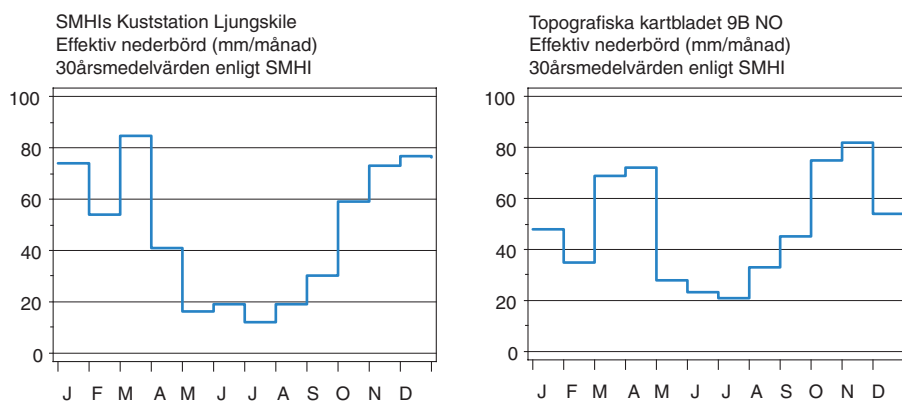
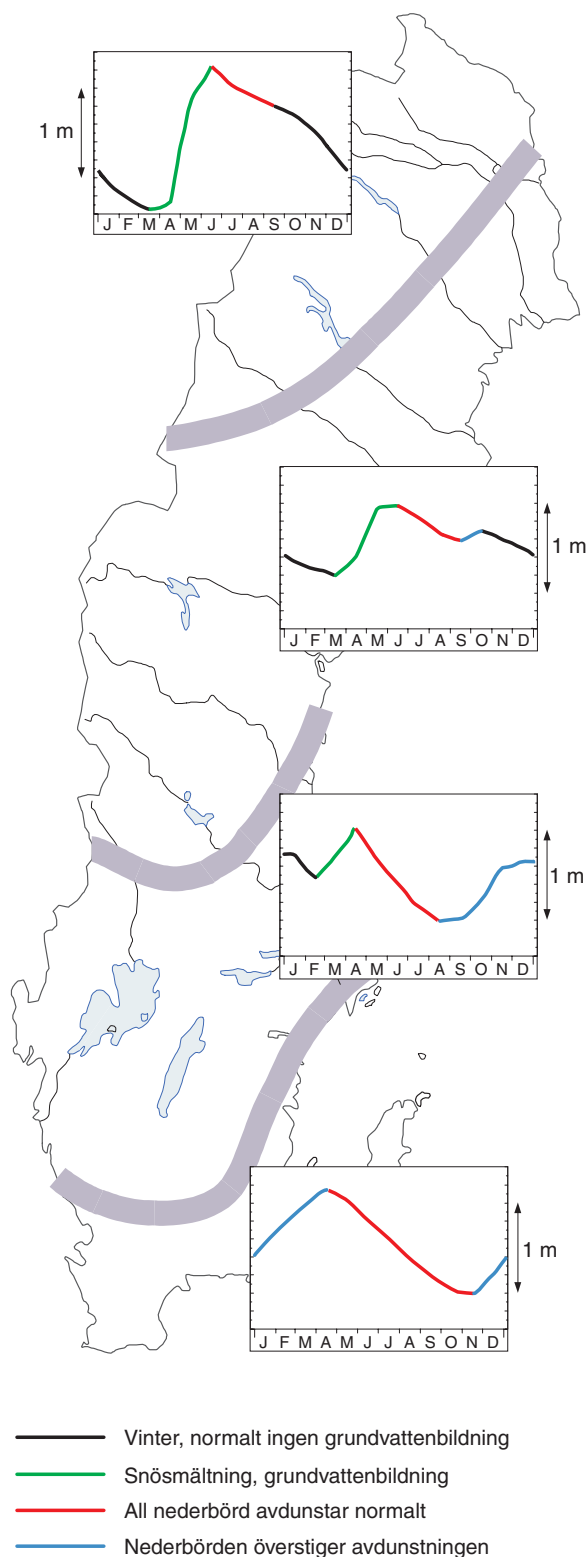


Fig. 3. Effektiv nederbörd för SMHIs mätstation i Ljungkile samt för topografiska kartbladet 9B Vänersborg NO.

I första hand sker insamlingen i Grundvattennätet från områden som ej påverkas av lokala mänskliga aktiviteter. Detta innebär att resultaten från de här presenterade mätstationerna utgör referens mot nivåmätningar i Uddevalla kommun, där inverkan på grundvattennivåerna från olika verksamheter kan förekomma.

Inom Uddevalla kommun finns inga mätstationer ingående i Grundvattennätet. Urvalet av mätstationer från Grundvattennätet har istället skett från så närliggande stationer som möjligt för att



Arjeplog

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

Sveg

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

Sigtuna

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

Vellinge

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

Fig. 4. Grundvattenregimer i Sverige.

representera grundvatten i två skilda miljöer (tabell 1). Station 70:9 Dalsland ligger i den stora sand- och grusavlagringen Ödskölts moar med öppna förhållanden för grundvattenbildning. Station 69:2 Lysekil beskriver nivåvariationer i ett litet grundvattenmagasin av grus som täcks av lera.

I figurerna 5–6 visas tre typer av diagram för de två stationerna: 1) mätresultat, 2) avvikelser från månadsmedelvärden för de enskilda mätningarna, samt 3) månadsvärden för högsta, medel och lägsta nivå.

Tabell 1. Stationer i SGUs Grundvattennät från vilka nivåer redovisas i denna rapport.

Station	Koordinater i rikets nät		Jordart	Typ av grundvattenmagasin
	X	Y		
70:9 Dalsland	6528450	1288347	grus	Öppet/stort
69:2 Lysekil	6481271	1248411	grus	Slutet/litet

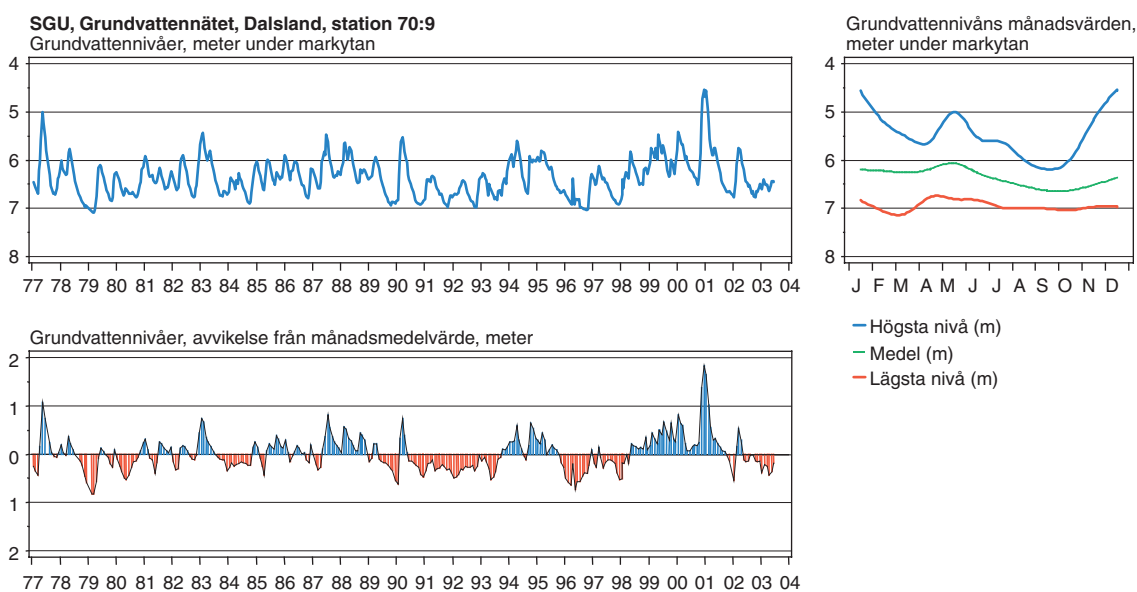


Fig. 5 Grundvattennivåer i station 70:9 Dalsland i SGUs Grundvattennät.

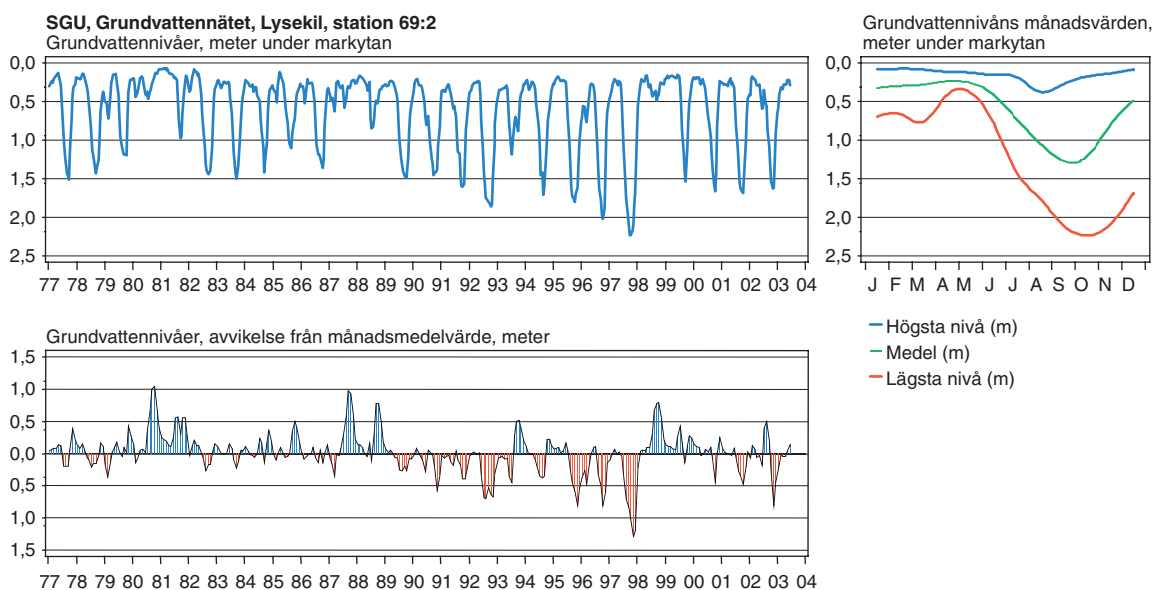


Fig. 6. Grundvattennivåer i station 69:2 Lysekil i SGUs Grundvattennät.

Nivåerna i station 69:2 Lysekil visar ett tydligare mönster i årstidsvariationer än station 70:9 Dalsland. Det mindre grundvattenmagasinet i station 69:2 Lysekil ger en snabbare respons på nederbörd. Nivåvariationer över några år föreligger i station 70:9 Dalsland, vilket är vanligt i större grundvattenmagasin.

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

Livsmedelsverket är den myndighet som lämnar föreskrifter om dricksvatten. Den nu gällande föreskriften är SLVFS 2001:30 (2001). För att främja en enhetlig tillämpning av föreskrifterna i denna författning har Livsmedelsverket även tagit fram en vägledning som regelbundet förnyas. Föreskrifterna och vägledningen återfinns på Livsmedelsverkets webbplats. 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 2 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.

Grundvattentäkter

Många olika brunnstyper används för uttag av grundvatten. Man skiljer dock i huvudsak på tre olika utföranden, *grävda brunnar*, *rörbrunnar i jord* (filter- och rörspetsbrunnar) och *bergborrade brunnar*. Vilket utförande som passar beror på önskad kapacitet och på de geologiska förutsättningarna. Kommunala vattentäkter med stora uttag nyttjar vanligen filterbrunnar i jord eller sedimentärt berg. För enskilda hushåll är det oftast fullt tillräckligt med grävda eller bergborrade brunnar.

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 förstärka grundvattentillgången genom inducerad infiltration eller genom infiltration av ytvatten, s.k. konstgjord grundvattenbildning.

En brunn som anläggs i en sand- och grusavlagring, t.ex. en grusås, intill en sjö eller ett vattendrag kan tillgodogöra sig ett ofta mycket betydande vattentillskott genom inducerad infiltration. Uttag av grundvatten i brunnen skapar ett undertryck i grundvattenmagasinet som medför att ytvatten infiltrerar genom sjöbotten och in i åsen (fig. 7). Infiltrationen kan ske på större eller mindre avstånd från stranden och på flera olika ställen. Inflödet begränsas dock ofta till stor del av tätande finsediment på sjöbotten. 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.

Förutsättningarna för inducerad infiltration av sötvatten är begränsade inom Uddevalla kommun, men finns i anslutning till sand- och grusavlagringar i trakten av Ljungskile.

Under vissa förutsättningar kan det också vara möjligt att förstärka vattentillgången i en sand- eller grusavlagring genom direkt infiltration i ytan, s.k. konstgjord grundvattenbildning. Den tillgång vanligen så att man leder ytvatten till bassänger eller gropar i avlagringen, där det får infiltrera (fig. 8). Infiltrationen kan även ske i särskilda infiltrationsbrunnar. På liknande sätt som vid inducerad infiltration renas sjövattnet vid passagen genom sand- och gruslagren. Det vatten som därefter erhålls i uttagsbrunnarna har fått grundvattenkaraktär, med god och jämn kvalitet.

Infiltration i bassänger används också som en ren behandlingsmetod där grundvatten med höga halter av t.ex. järn, mangan eller humusämnen åtgärdas genom luftning i vattenkaskaden i infiltrationsbassängen och vid filtrering i sand- och gruslagren. Ibland byggs också särskilda brunnar för infiltration och syresättning för detta ändamål.

Tabell 2. Gräns- och riktvärden för dricksvatten enligt Livsmedelsverket (2001) och Socialstyrelsen (2003). Listan omfattar ett antal parametrar som är vanligt förekommande vid analys av dricksvatten.

Parameter	Enhet	Livsmedelsverket (2001): Gräns- värde 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)
Kvikksilver	µg/l Hg		1,0		1,0 (h)
Lukt		Svag	Tydlig eller mycket stark	Tydlig (e)	Tydlig (h) Mycket stark (e)
Magnesium	mg/l Mg	30		30 (e)	
Mangan	mg/l Mn	0,050**		0,30 (e, t)	
Natrium	mg/l Na	100		100 (t) 200 (e, t)	
Nickel	µg/l Ni		20		20 (h)
Nitrat	mg/l NO ₃	20	50	20 (t)	50 (h, t)
Nitrit	mg/l NO ₂	0,10**	0,50	0,1 (t)	0,5 (h)
Oxiderbarhet (per- manganatindex)	mg/l O ₂	4,0			
pH (vätejonkoncen- trationen)		<7,5 >9,0	10,5	<6,5	10,5 (h)
Polycykliska aroma- tiska 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

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

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 genomsläppligt för att tillåta en infiltration av mellan 2 och 5 m³ per kvadratmeter och dygn.

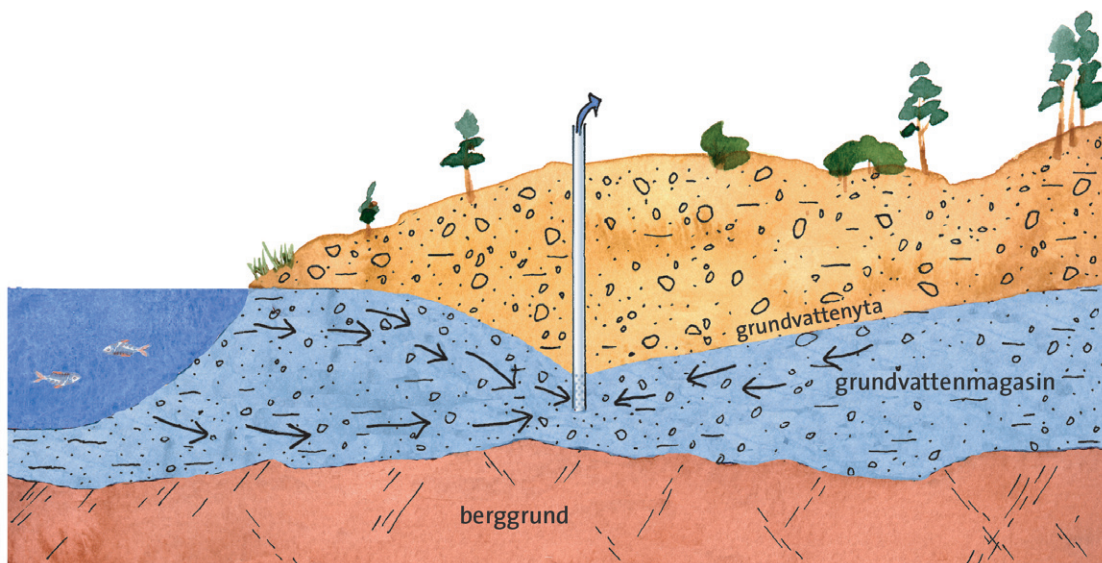


Fig. 7. Principbild över inducerad infiltration. Genom pumpning i brunnen sänks grundvattenytan under sjöns nivå. Därigenom kan sjövattnet infiltrera genom sjöbotten. Vid passagen genom sand- och gruslagren renas sjövattnet.

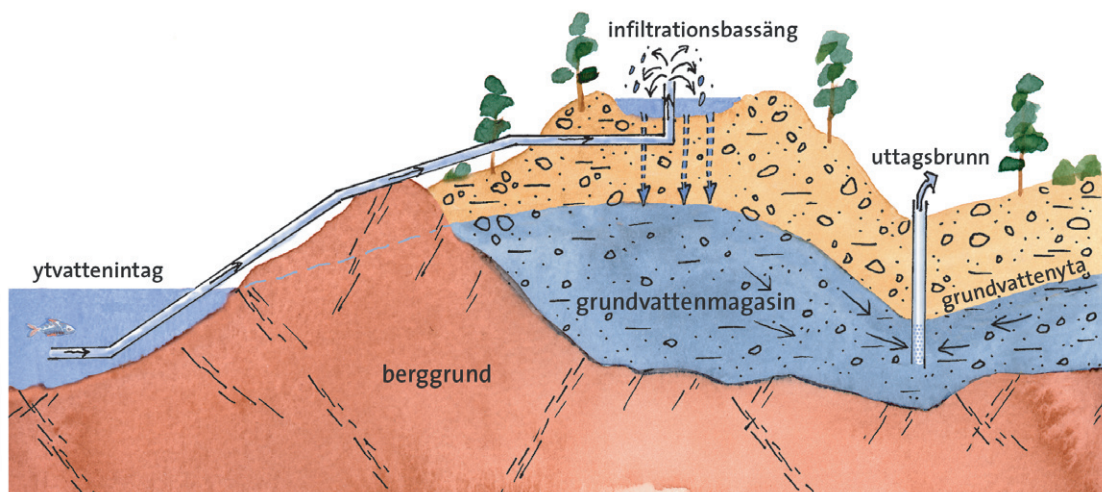


Fig. 8. Principbild över konstgjord grundvattenbildning. Sjövattnet leds till infiltrationsbassänger i en sand- och grusavlagring där den naturliga grundvattenbildningen inte är tillräcklig. Vid passage genom den omättade zonen renas vattnet.

- Den omättade zonens mäktighet under naturliga förhållanden bör vara minst 3–5 m.
- Grundvattenmagasinets mäktighet måste vara så stor vid läget för uttagsbrunnarna att tillräckliga avsänkningsmöjligheter föreligger med hänsyn till de önskade uttagsmängderna.
- God hydraulisk kommunikation måste föreligga mellan infiltrationsläget och uttagsbrunnarna.
- Strömningsriktningen från infiltrationsläget ska vara så entydigt att huvuddelen av det infiltrerade vattnet kan utvinnas.
- För att säkerställa jämn och god grundvattenkvalitet måste grundvattnets uppehållstid i marken vara minst 14 dagar, vilket medför att uttagsbrunnarna vanligtvis måste placeras 200–300 m från infiltrationsläget.
- En fördel är om grundvattenmagasinet har en så stor magasinering förmåga att uttag kan ske under längre tid – flera veckor – utan infiltration.

Kartläggning av grundvattentillgångar i Uddevalla kommun

Kartläggningen av grundvattentillgångarna i Uddevalla kommun följer den vid SGU framtagna metodiken för kommunvis kartläggning i skala 1:50 000. Fältarbetsdelen är förhållandevis liten mot undersökningarna i flertalet andra kommuner. Orsaken är att det inom Uddevalla kommun finns få grusavlagringar med betydande lagringskapacitet av grundvatten. Bedömningen av grundvattentillgångar ska dels ses som en allmän översikt av grundvattenförhållandena i kommunen, dels som ett underlag vid planering av mindre vattenuttag, reservvatten lokalt och dylikt.

Insamling

Inom SGUs karteringsprojekt Norra Göteborgsregionen–Trestad framställs bland annat yttäckande databaser för bergarter och jordarter för Uddevalla kommun. Kartan över grundvattentillgångarna bygger på jordartskartans avgränsningar. Databasen för bergarter har utnyttjats för diskussion om uttagskapacitet i berggrunden.

Arbetet har i första hand utförts med stöd av Miljö- och Stadsbyggnadskontoret och Tekniska kontoret vid Uddevalla kommun. Från SGUs olika arkiv har uppgifter sammanställts. Insamling och förfrågan om data har dessutom skett genom kontakt med Vägverket, Länsstyrelsen i Västra Götalands län samt tekniska konsultbolag. Informationskällorna är sammanställda i tabell 3.

Brunnsinventering, geofysiska mätningar och borrhningar

Fältarbetet koncentrerades till avlagringen i Backamo–Grinneröd. Käll- och brunnsinventering utfördes inom hela området. De geofysiska undersökningarna omfattade 11 refraktionsseismiska profiler och 10 georadarprofiler. Fyra undersökningsborrningar samt 16 sonderingar gjordes i nära anslutning till de seismiska profilerna. I Backa, ca 2 km västnordväst om Rotviksbro, utfördes en undersökningsborrning samt brunnsinventering.

Tabell 3. Informationskällorna vid kartläggningen av grundvattentillgångar i Uddevalla kommun. Dessutom har databaser framtagna inom karteringsprojektet Norra Göteborgsregionen–Trestad använts.

Informationsslag	Instans eller referens
Brunnsuppgifter	SGUs brunnsarkiv
Källor	SGUs källarkiv
Vattentäkter, skyddsområden	Uddevalla kommun, Länsstyrelsen V. Götaland
Geotekniska undersökningar	Uddevalla kommun
Hydrogeologiska undersökningar	Uddevalla kommun, Länsstyrelsen V. Götaland
Fältundersökning (främst Backamo–Grinneröd)	Fältarbete, denna undersökning

Karta över grundvattentillgångar

Grundvattentillgångarna presenteras dels på en karta (grundvattenkartan) i skala 1:50 000 och dels i denna beskrivning. Även den digitala versionen av kartan innehåller beskrivande information. I själva verket innehåller databasen mera information än kartan.

Kartdatabasen byggs upp av ett antal skikt med geologisk och geografisk information. När dessa skikt läggs ovanpå varandra i en kartbild täcker viss information annan sådan. Kartdatabasens innehåll och skiktindelning finns dokumenterad i kapitlet "Dokumentation av digital information". Skikten (på kartan och i databasen) kan i huvudsak indelas enligt följande (1. underst och 8. överst):

1. Grundvattentillgångar i berggrunden
2. Grundvattentillgångar i jordlagren
3. Våtmarksområden
4. Hydrografi
5. Topografiskt kartunderlag (LMV GSD – T5 och GSD – Blå kartan)
6. Berggrundens tektonik
7. Grundvattenströmning
8. Observationsdata

Som framgår av indelningen har grundvattentillgångarna i jordlagren prioritet framför grundvattnet i berggrunden, vilket bygger på principen att för varje område i kartan visa bästa akvifer (grundvattentillgång).

Grundvattentillgångar i berggrunden i Uddevalla kommun

Geologisk beskrivning

Huvuddragen av berggrunden inom Uddevalla kommun sammanfattas här (I. Lundqvist, SGU). Berggrunden består till största delen av prekambrika bergarter. Väster om en nord-sydlig linje genom kommunen från Ljungskile och västra delen av Uddevalla tätort dominerar grå, ådrade gnejser (meta-gråvacka), som tillhör Stora Le-Marstrandsgruppen. Ursprungsmaterialet avlagrades på havsbotten för ca 1600 miljoner år sedan. I öster dominerar röda till grå, granitiska till granodioritiska gnejser som är bildade ur magmor som trängde in i jordskorpan för ca 1560 miljoner år sedan. Inom dessa bergarter finns små kroppar av mörkt grå till svart, gnejsig metamafit som förmodligen också den är ca 1560 miljoner år gammal. Norr om Hogstorp finns en röd till gråröd, porfyrisk (ögonförande) granit som bildades ur en magma för drygt 1300 miljoner år sedan. Från Saltkällan mot sydöst via Herrestad till öster om Ljungskile sträcker sig en 2,5–3,5 km bred kropp av pegmatit-granit.

Metodik

Bedömningen av uttagsmöjligheter i berggrunden bygger på de berggrundsgeologiska förhållandena, dvs. bergartstyp, dess skiffrighet samt förekomsten av tektoniska sprickzoner. Kapacitetsdata från bergborrade brunnar i SGUs brunnsarkiv har använts för att med geostatistiska metoder (kriging-metoden, se vidare i avsnittet "Kriging och variogramanalys") interpolera fram områden med olika möjligheter till uttag av grundvatten i berggrunden.

SGUs brunnsarkiv innehöll våren 2003 information om drygt 210 000 brunnar från hela landet, i huvudsak inlämnade av landets brunnsbörarföretag. Dessa är sedan 1976 enligt lag skyldiga att lämna brunnsuppgifter till SGU. De flesta brunnar borrade sedan 1976 finns säkerligen med i registret. Även många äldre kan förväntas ingå, men med hänsyn till att de flesta permanentboende och många fritidsboende som inte är inkopplade på det kommunala nätet har eget vatten så saknas det naturligtvis uppgifter om många enskilda brunnar i kommunen. Många enskilda vattentäkter utgörs också av grävda brunnar som inte rapporterats in till SGU. Brunnsarkivet innehåller uppgifter om

brunnarnas utförande, djup, jordtäckning, uttagskapacitet, m.m. Ibland finns även kemianalyser att tillgå. Brunnsborrharens kapacitetsbedömning görs i samband med renspumpningen av brunnen.

Berggrundens kapacitet anges på grundvattenkartan inom de ytor där berget går i dagen. Dessutom medför principen att för varje område på kartan visa bästa akvifer (grundvattentillgång) att även en hel del jordtäckta ytor inom hållområden ingår. Det har eftersträfvats att behålla den variation i landskapsbilden i fördelning mellan jord och berg som är kännetecknande för kommunens olika delar. Framställning av kartan är vidare beskriven i avsnittet "Grundvattentillgångar i jordlager i Uddevalla kommun".

För att ange större spricksystem ingår det informationsskikt som tagits fram för berggrundskartan. Berggrundskartan har också använts för jämförelse av kapacitet i olika bergarter.

Resultat

I Uddevalla kommun fanns vid framtagande av berggrundens kapacitet drygt 1400 bergbrunnar registrerade i SGUs brunnsarkiv. Flest brunnar som används för vattenförsörjning finns utmed kustbandet samt i anslutning till tätorter. Energibrunnar ingår också i brunnsarkivet. Få brunnsuppgifter finns från de glest bebyggda höjdområdena, främst Herrestadsfjället och Bredfjället.

Figur 9 visar de kapacitetsklasser som ingår på kartan över Uddevalla kommun. Vanligast förekommande är de två klasserna 200–600 l/h och 600–2 000 l/h.

I västra delen av kommunen är kapaciteten genomsnittligt lägre än i öster. Inom de södra delarna av Bokenäset samt utmed Byfjorden finns ytor som klassats som <200 l/h. Resterande delar av västra Uddevalla kommun tillhör intervallet 600–2 000 l/h. Begränsningen i öster följer i stora drag linjen den nord-sydliga gränsen genom Uddevalla mellan de dominerande bergarterna (metagråvacka tillhörande Stora Le–Marstrandgruppen i väster och de yngre gnejserna i öster). De östra delarna av kommunen är till allra största delen klassade i intervallet 600–2 000 l/h. Den statistiska bearbetningen har medfört några avgränsade ytor i intervallen 200–600 l/h samt 2 000–6 000 l/h. Längst i sydost, söder om Ljungskile och till kommungränsen, är kapacitetsklassen 200–600 l/h vanligast.

Grundvattenbildningen är lägre i västra delen av kommunen och därmed är tillgången på grundvatten mindre. Uttagsmöjligheterna i berggrunden styrs av spricksystemens karaktär. Resultaten indikerar att uttagsmöjligheterna är lägre där metagråvacka utgör den huvudsakliga berggrunden jämfört med övriga dominerande bergarter.

I allmänhet räcker vattentillgången i en bergborrad brunn väl till för ett enskilt hushåll. Vill man söka mer vatten i berg är det däremot nödvändigt att känna till berggrundens skiffrighet och förekomsten av större, vattenförande, sprickzoner. Denna information framgår översiktligt av grund-

BEDÖMDA MÖJLIGHETER TILL UTTAG AV GRUNDVATTEN I BERGGRUNDEN

Områdena är framtagna genom interpolering av brunnskapacitetsdata i SGUs brunnsarkiv

Urberg

-  Goda uttagsmöjligheter. Mediankapacitet 2000–6000 l/h (ca 50–150 m³/d)
-  Tämigen goda uttagsmöjligheter. Mediankapacitet 600–2000 l/h (ca 15–50 m³/d)
-  Mindre goda uttagsmöjligheter. Mediankapacitet 200–600 l/h (ca 5–15 m³/d)
-  Dåliga uttagsmöjligheter. Mediankapacitet mindre än 200 l/h (mindre än ca 5 m³/d)

Fig. 9. Kartans teckenförklaring till bedömningen av uttagsmöjligheter i berggrunden inom Uddevalla kommun.

vattenkartan. Sprickzonernas mer exakta lägen i ett område kan lokaliseras med särskilda geofysiska metoder. Vid borrning i en sprickzon anpassas borrhålets riktning och lutning efter sprick- och förskiffringsplanen i berggrunden.

Grundvattentillgångar i jordlager i Uddevalla kommun

Geologisk beskrivning

Uddevalla kommun karaktäriseras av mer eller mindre kala bergytter och av lerfyllda dalgångar. Nedan följer en kort sammanfattning av var de olika jordarterna förekommer i kommunen. Den utgår från kartor och text till jordartskartorna Vänersborg NO (Fredén 1974), Vänersborg SO (Fredén 1984), Vänersborg SV (Engdahl 2002) samt Vänersborg NV (Engdahl 2003).

Morän

Morän är en osorterad eller ofullständigt sorterad jordart som utgörs av varierande mängder av block, sten, grus, sand, silt och ler. Morän förekommer sparsamt, och då främst i kommunens höjdområden. Morän ingår också tillsammans med sorterade jordarter i israndbildningar. Den viktigaste är Bergshemslinjen som uppträder sporadiskt inom kommunen i en linje från Backamo ca 5 km sydost om Ljungskile via Sunninge sund vidare mot nordnordväst till Hogstorp–Bråten.

Isälvsavlagringar

Isälvsediment utgörs av avrundade partiklar av block, sten, grus, sand och silt. Isälvsedimenten bildar ofta utbredda områden av sorterad grus och sand. Inom kommunen är det i Backamo–Grinneröd som de största förekomsterna finns av sand och grus som går i dagen. Dessutom kan isälvsavlagringar (och även morän) täckas av lera. För att konstatera isälvsediment under lera krävs att borrningar utförs genom lera ned till det grövre lagret. Metodik för att få fram denna information för grundvattenkarteringen beskrivs i avsnittet ”Metodik” nedan.

Finkorniga sediment

Huvuddelen av de finkorniga sedimenten utgörs av leror. Även sediment som betecknas som silt förekommer. Glacial lera som bildades i anslutning till isavsmältningen dominerar. Den glaciala lerans mäktighet varierar från någon till några meter upp till flera tiotals meter.

Svallsediment

Uddevalla kommun var, med undantag för delar av Herrestadsfjället, täckt av vatten när den senaste inlandsisen lämnat kommunen för ca 12 000 år sedan. Högsta kustlinjen (HK) ligger på ca 125 m ö.h. i söder och 140 m ö.h. i norr. Vid den efterföljande landhöjningen utsattes tidigare avsatta jordlager för vågors och strömmars påverkan (svallning). Klapper, svallgrus, svallsand och i viss mån silt avlagrades vid och närmast utanför stränderna, i princip med utåt avtagande kornstorlek.

Svallsediment är vanliga inom hela kommunen. Mäktigheten är oftast liten, någon till några få meter. Klapper och svallgrus förekommer framför allt i sluttningar. Svallsand är en vanlig jordart i dalgångarna och underlagras vanligen av lera. I sluttningar och höjdområden kan svallsanden överlagra lera och morän eller ligga direkt på berg. Vissa svallsediment som är några meter mäktiga kan utgöra begränsade grundvattenmagasin. Svallgrus och svallsand med rikligt med skal, skalgrus, förekommer bland annat kring Uddevalla.

Torv

Torvjordarter bildas dels vid igenväxning av öppet vatten, dels vid försumpning av mark genom att döda och ofullständigt förmultnade växtdelar samlas på växtplatsen eller i dess närhet. Torvmarker indelas i kärr och mosse. Torvmarker är vanliga i svackor i bergsterräng. De största mossarna förekommer i östra delen av kommunen. Torv överlagras ofta lera i flacka områden utanför höjdområdena.

Metodik

Grundvattenmagasinens kapacitet i jordlagren har skattats från jordavlagringarnas sammansättning och mäktighet, bedömt tillrinningsområdes storlek, specifik avrinning, etc. På grundvattenkartan har grundvattentillgångarna i öppna magasin (sand och grus, huvudsakligen isälvsavlagringar) delats in i olika blå färgtoner beroende på uttagsmöjligheterna (fig. 10). Områden med bedömt små eller obetydliga grundvattentillgångar i olika grövre jordlager redovisas i brunt (kapacitet <1 l/s). Dessa är mindre isälvsavlagringar av sand och grus, svallavlagringar av viss mäktighet eller randbildningar med morän och sorterade jordarter i växellagring.

I kommunen är det vanligt att grov friktionsjord (vanligen sand och grus) överlagras av jordlager som är täta eller har dålig genomsläpplighet. I Uddevalla kommun är det nästan uteslutande lera som utgör detta tätande skikt. För sorterade avlagringar som har betydande mäktighet under lera (slutna magasin) redovisas grundvattentillgång och uttagsmöjligheter med linjeraster i motsvarande färgskalor (fig. 10). Gula områden på kartan markerar sammanhängande områden med lera där vattenförande friktionslager av mindre mäktighet kan förekomma i och under leran.

Inför kartläggningen fanns ingen sammanställning tillgänglig över utbredning och mäktighet av friktionsjord under lera inom kommunen. Uppgifter har därför insamlats vid genomgång av det geotekniska arkivet vid Miljö- och Stadsbyggnadskontoret, Uddevalla kommun. Ytterligare information har främst erhållits från den nyligen avslutade jordartskartskarteringen i kommunen och genom egna borrhningar i samband med kartläggningen.

BEDÖMDA GRUNDVATTENFÖRHÅLLANDEN I JORDLAGREN

Sand och grus huvudsakligen isälvsavlagringar

-  Stor grundvattentillgång, med mycket goda eller utmärkta uttagsmöjligheter, storleksordningen 5–25 l/s (ca 400–200 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 mindre än 1 l/s (mindre än ca 80 m³/d)

Sand- och gruslager under finkorniga sediment

-  Grundvattentillgång i sand- och gruslager under jordlager som är täta eller har dålig genomsläpplighet, främst lera. Grundvattentillgång och uttagsmöjligheter enligt färgskalan ovan. Sättningar kan uppstå vid avsänkning av grundvattennivån
-  Sammanhängande område med mäktiga finsediment. Vattenförande friktionslager kan förekomma i och under dessa sediment. Brunnar i jord kan vara ett alternativ till brunnar i berg. Sättningar kan uppstå i finsedimenten vid avsänkning av grundvattennivån

ORGANISKA JORDARTER

-  Mosse, kärr, gyttja. Utgör ofta utströmningsområden för grundvattnet

Fig. 10. Teckenförklaring till kartutsnittet i denna beskrivning.

Geotekniska borrhningar finns främst utförda inom Uddevalla tätort och dess närmsta omgivning. Utbyggnaden i området Herrestad–Torp några kilometer väster om Uddevalla har medfört ett stort antal utredningar. Uppgifter finns också från andra tätorter och i samband med vägprojekt.

Den geografiska utbredningen av friktionsjord under lera samt dess mäktighet skattades. Endast större ytor där friktionsjord kan anses uppträda frekvent och vara relativt väl sammanhängande bedöms som grundvattenmagasin. För att grundvattentillgång >1 l/s under lera ska markeras, bör friktionsjordens mäktighet över ett större område genomsnittligt överstiga 5 m och förutsättningar för tillräcklig grundvattenbildning finnas. I områden där det konstaterats sammanhängande ytor med mindre mäktighet har även dessa markerats (grundvattentillgång <1 l/s).

Databasen över jordarter har legat till grund för grundvattenkartan. Den metodik som använts för att utifrån jordartsinformationen framställa grundvattenkartan sammanfattas nedan:

- I områden där berg i dagen är dominerande har ytor bestående av olika jordarter (svallsand, svallgrus, morän och lera) klassats med bergkapacitet.
- Fristående små ytor med berg i dagen (storleksordning $<0,5$ ha) har tagits bort i de fall de inte har betydelse för bedömning av karaktären hos grundvattenmagasin i jord.
- De allra flesta ytor kartlagda som svallgrus eller svallsand i lerområden har utelämnats. Dessa bedöms vara så tunna (oftast <1 m), att de inte utgör några grundvattenmagasin.
- Lera används som samlingsbegrepp för alla finkorniga sediment (glacial och postglacial lera, siltiga jordar, lergyttja etc.)
- Torvjordar (kärr och mosse) som bedöms överlagra lera har tagits bort. Dessa torvjordar ligger vanligen i dalgångar, är någon till några meter djupa och överlagrar ofta mäktiga lager av lera. Dessa torvjordar är isolerade från det undre friktionslagret under leran som bedöms vad gäller grundvattentillgång på kartan. I områden som klassats med bergkapacitet kvarstår de ytor som på jordartskartan kartlagts som torvmark. Här utgör de utströmningsområden i svackor och visar både på topografiska förhållanden och dräneringsmönster.

På grundvattenkartan och i databasen finns ett antal övriga beteckningar (fig. 11). Grundvattnets huvudsakliga strömningsriktningar och trycknivåer i jordlager redovisas i de områden där fältmätningar utförts. Grundvattnets strömning i jordlagren följer generellt landskapets topografi och ytvattnets dräneringsmönster i den terrängtyp som finns i Uddevalla kommun. Annan information som tagits med på kartan är läget för källor.

Resultat

Nedan följer beskrivningar av några delområden inom Uddevalla kommun. Den huvudsakliga arbetsinsatsen har utförts i Backamo–Grinneröd. I Backa har en borrhning utförts och i övriga områden med isälvsavlagringar har fältbesiktning utförts. I området kring Uddevalla är det främst geotekniska undersökningar som legat till grund för kartläggningen.

Backamo–Grinneröd

Fältarbetet inom grundvattenundersökningarna i Uddevalla kommun har koncentrerats till området Backamo–Grinneröd, ca 5 km sydost om Ljungskile. Här finns jordavlagringar av sand och grus som är de största inom kommunen. Backamo- och Grinnerödsavlagringarna ingår i det israndstråk som benämns Berghemslinjen. Bildningen av israndstråket skedde under ett uppehåll i isens avsmältning för ca 12 300 år sedan (Engdahl 2001).

Backamo är en historisk plats. Det var tidigare Uddevalla regementes exercisplats. Idag finns en lägerskola, och en rad andra aktiviteter pågår inom området. Backamo flygplats är beläget på den plana överytan centralt i Backamoavlagringen. Permanent bebyggelse finns både i Backamo och i Grinneröd. Mellan Backamo och Grinneröd finns i huvudsak jordbruksmark. Markanvändningen i området framgår av figur 12.

ÖVRIGA BETECKNINGAR

- • • • Fast grundvattendelare
- ○ ○ ○ Rörlig grundvattendelare
-  Grundvattnets huvudrörelseriktning i jordlager
- - - - Grundvattnets trycknivå i jordlager, fastlagd
-  Källa registrerad vid SGU med ett flöde av > 1l/s
-  Strandlinje med förutsättningar för inducerad infiltration
-  Observationsrör för mätning av grundvattennivå
-  Sonderingsborrning
-  Inventerad brunn i jordlager
- - - - Större sprickzon, troligen med bättre möjligheter till grundvattenuttag än omgivande berggrund

Fig. 11. Teckenförklaring för övriga beteckningar till kartutsnittet i denna beskrivning.

Önskemål finns om att ersätta eller komplettera den nuvarande vattenförsörjningen för Ljungskile tätort. Nuvarande försörjning sker med uttag av ytvatten från Skarsjöarna (2 km öster om Ljungskile), kompletterat med uttag av grundvatten ur två bergborrade brunnar nära Skarsjön. Interesse har under lång tid varit riktat mot att ta ut grundvatten ur avlagringarna i Backamo och Grinneröd. Några utredningar har utförts, de två senaste av Uddevalla kommun (1990) och BBK (1991). Bedömningar av uttagsmöjligheter samt förslag på brunnslägen ingår i rapporterna.

Grunddata om avlagringarna vid Backamo och Grinneröd har tagits fram i denna undersökning för att beskriva deras grundvattentillgångar. Uppgifterna kan bland annat användas som underlag för vidare arbete med anläggning av vattentäkt i området.

Uppbyggnad av avlagringarna

Avlagringar som ingår i israndstråk på västkusten kännetecknas ofta av lagerföljder med både sorterade och osorterade jordlager. Backamo och Grinneröd med omgivningar är till största delen belägna under HK (högsta kustlinjen efter isavsmältningen, ca 125 m ö.h.). Lera och svallavlagringar av sand och grus finns ovan och i anslutning till Backamo- och Grinnerödsavlagringarna. Detta innebär en relativt komplicerad uppbyggnad av jordlagren i området.

I figur 13 finns ett utdrag ur jordartsdatabasen för Uddevalla kommun. Den största delen av Backamo, Grinneröd och mellanliggande omåden är kartlagda som isälvsediment, bestående av sand och grus (grön färg på kartan). Grustäktsverksamhet har tidigare förekommit inom den del av Backamoavlagringen som tillhör Uddevalla kommun. Idag sker brytning i randstråket ca 1 km söder om Backamo lägerplats inom Lilla Edets kommun vid Dunnebacken–Terås.

Fältundersökning

Fältarbetet syftar till att ta fram underlag för en samlad bedömning av grundvattentillgångarna i området Backamo–Grinneröd. Utifrån känd kunskap bedömdes följande frågeställningar vara mest intressanta att belysa:

- Hur ser jordlagerföljderna ut och hur mäktiga är jordlagren inom de minst kända delarna av området (exempelvis mellan Backamo och Grinneröd)?
- Finns förutsättningar för uttag av grundvatten genom inducerad infiltration av vatten från Grinnerödssjön?

- Hur är jordlagren uppbyggda och hur är grundvattenförhållandena i området Grinneröd–Skällebred? Kan denna information belysa hur dräneringen av grundvatten sker till källflödena vid Myre?

Följande fältarbetsmoment ingår för att beskriva grundvattenförhållandena:

- Inventering av källor och brunnar.
- Mätning av grundvattennivåer.
- Geofysiska undersökningar (georadar och refraktionsseismik, för metodik se kapitlet ”Metodbeskrivningar”, sid. 56).
- Undersökningssondering.
- Undersökningsborrning med drivning av observationsrör.

Dessutom utplacerades plaströr för mätning av grundvattennivåer i marknära lager. Vilka undersökningar som utförts framgår av tabell 4. En geografisk översikt över undersökningslokaler finns i figur 12. Lokalerna anges i texten med samma beteckningar som använts vid inlagringen i SGUs databaser.



Fig. 12. Markanvändningskarta samt lägen för utförda fältundersökningar enligt tabell 4. gul yta – öppen mark, grön yta – skogsmark, blå linje – mätlinje georadar, röd linje – mätlinje refraktionsseismik, röd diamant – sondering, röd och vit ring – observationsrör, blå pil – källflöden, blå fyrkant – brunn. Beteckningar för respektive linje och punkt framgår av detaljkartorna, figurerna 15 och 19, nedan med undantag för mätlinjer georadar. Dokumentation finns även i kapitlet ”Dokumentation av fältarbeten”.

Inventeringsarbetet inleddes hösten 2001. De geofysiska undersökningarna och huvuddelen av sonderingarna utfördes i maj 2002. Några sonderingar och undersökningsborrningar avslutade fältarbetet i september 2002. Grundvattennivåer har uppmätts vid fler än ett tillfälle i de flesta undersökta brunnar och observationsrör. Nivåmätning har skett i samtliga lokaler i anslutning till fältarbetet i september 2002, och det är resultat från dessa nivåmätningar som används i denna beskrivning.

Tabell 4. Sammanställning av utförda fältundersökningar i Backamo–Grinneröd.

Undersökning	Syfte	Antal
Geofysisk undersökning – refraktionsseismik	Bedöma jordlagerföljd och fastställa jorddjup	11 profiler
Geofysisk undersökning – georadar	Översiktligt bedöma jordlagerföljd och jorddjup	10 profiler
Undersökningssondering	Fastställa jordlagerföljd	16 sonderingar
Undersökningsborrning – observationsrör	Bedöma grundvattentillgång och erhålla grundvattennivåer	4 rör (3 st 2 tum, 1 st 1 tum)
Plaströr	Erhålla grundvattennivåer	5 rör (diam 50 cm)
Inventering av brunnar och källor	Erhålla grundvattennivåer	17 lokaler
Naturliga utflöden av grundvatten – källor	Lokalisera utströmningsområden och bedöma kapacitet	Inom hela området

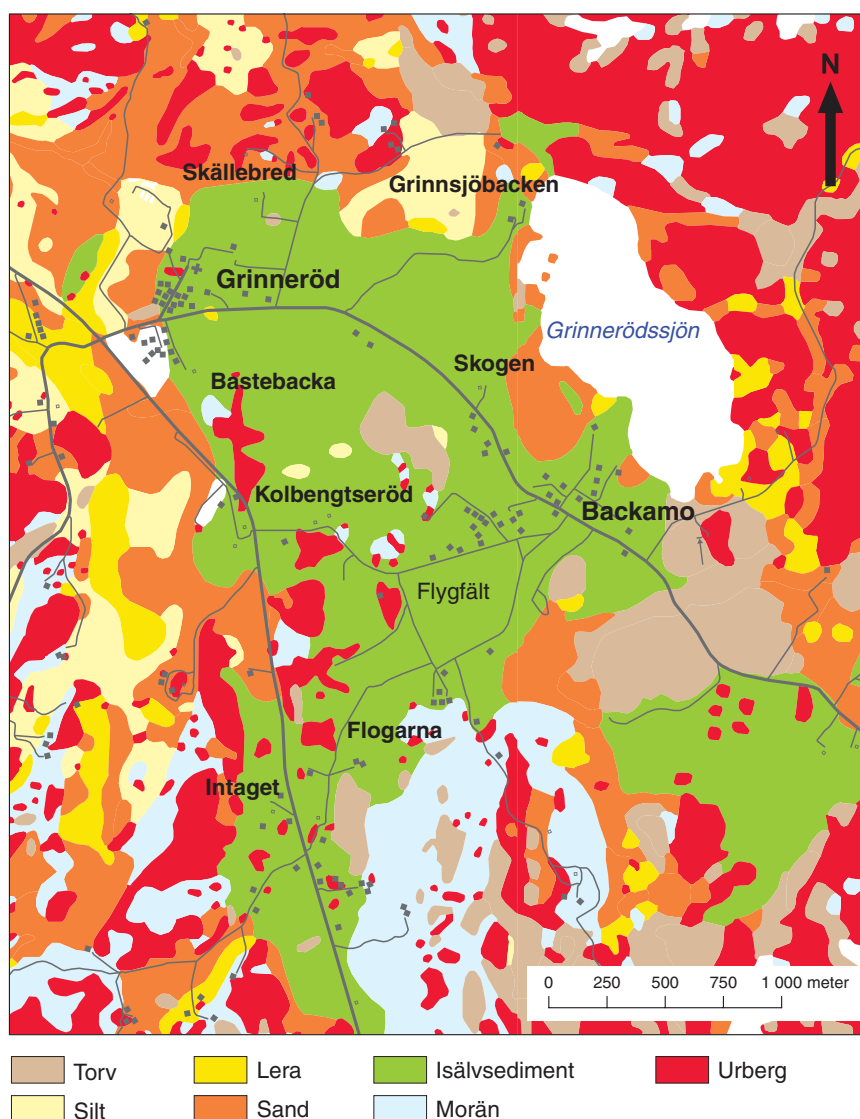


Fig. 13. Jordartskarta över Backamo–Grinneröd. Utdrag ur jordartsdatabasen för Uddevalla kommun. Kartläggning utförd av Engdahl (2001) av den västra delen (ca 2/3 av kartan) och Fredén (1984) av den östra delen.

Sonderingar och drivning av observationsrör utfördes främst utmed Grinnerödssjön samt i området mellan Grinneröd och Grinnerödssjön (fig. 12). De seismiska profilerna ansluter ofta till sonderingspunkter eller observationsrör. Dessutom finns seismiska profiler i området Bastebacka–Kolbengtseröd. Georadarprofilerna utfördes för att översiktligt komplettera de seismiska undersökningarna. Hög finjordshalt i marknära jordlager i flera av profilerna har inneburit mycket begränsad penetrationsförmåga för vågor i marken. Komplexa lagerföljder har också försvårat tolkningen. Grundvattenytor eller bergytor har därmed inte kunnat fastställas med undersökningarna med georadar. Kunskap erhöles istället om den ytmässiga utbredningen av finkorniga sediment.

Resultat

Redovisningen av resultaten för Backamo–Grinneröd omfattar utförda undersökningar, diskussion kring grundvattenförhållanden samt skäl för bedömning av grundvattentillgångar. Beskrivning av resultaten sker utgående från tre delområden, A–C, enligt figur 14.

Delområde A

I figur 15 visas ett utsnitt ur grundvattenkartan över delområde A.

Backamo lägerplats – östra delen

Sonderingarna visar att den södra ryggen vid Backamo lägerplats mot Grinnerödssjön har en sorterad, relativt grovkornig sammansättning. Sand dominerar med inslag av grus. Jordprovtagning vid

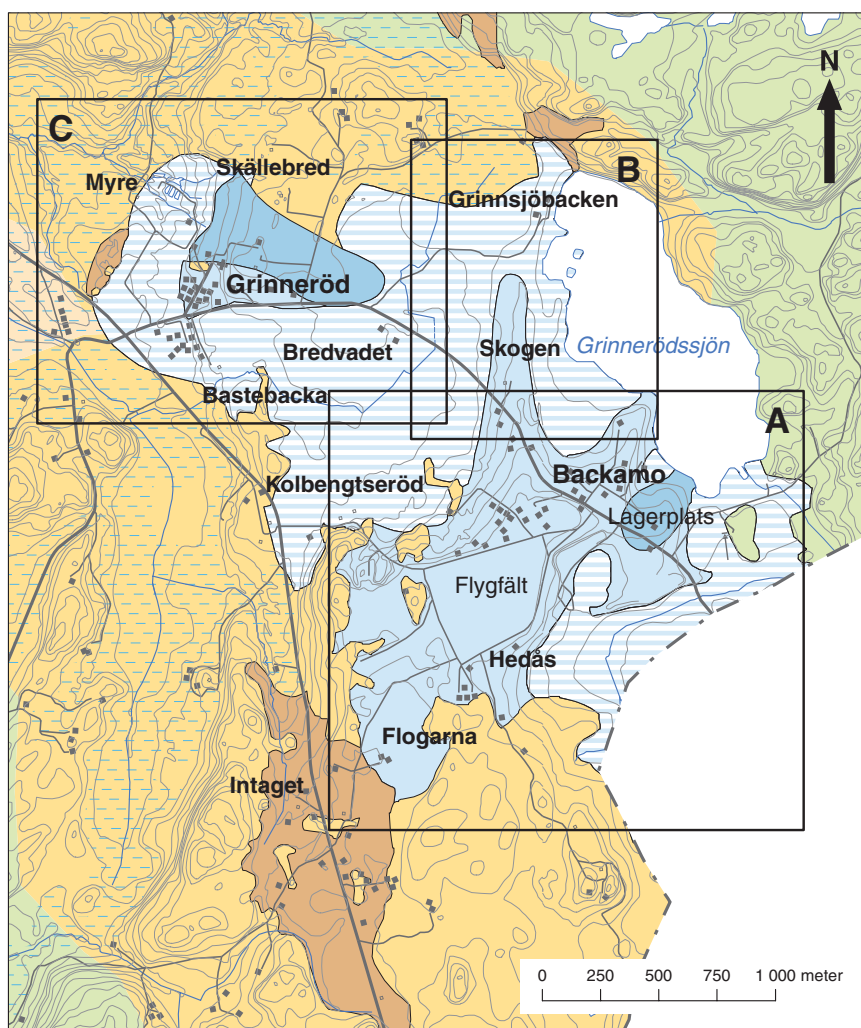


Fig. 14. Området Backamo–Grinneröd indelat i delområden A–C. Kartans teckenförklaring för klassning av grundvattentillgångar i berggrunden finns i figur 9 och för jordlager i figur 10.

drivning av observationsrör RSG03 visar på en väl sorterad sand (fig. 16). I svackan mellan ryggarna täcker någon till några meter silt den sandiga till grusiga avlagringen.

Den seismiska profilen S9-02 (fig. 17) anger ett totalt jorddjup på 50–55 m inom hela profilen. Huvuddelen av jordvolymen bedöms vara vattenmättad, ca 45 m. Tolkningen av grundvattenytans läge i detta öppna magasin stöds av nivåmätningar i RSG03. Utströmning av grundvatten sker mot Grinnerödssjön.

Vid blåsning i samband med drivning av observationsrör RSG03 erhöles god tillströmning av grundvatten. Förutsättningar finns också för att vid uttag bilda grundvatten genom inducerad infiltration av ytvatten från Grinnerödssjön. Ytan för naturlig grundvattenbildning till denna del av sand- och grusavlagringen i Backamo är liten. Uttagskapaciteten bedöms ligga i intervallet 5–25 l/s, baserat på möjligheten till inducerad infiltration. Norr om ALH25 mot Grinnerödssjön finns en gemensam vattentäkt för lägerplatsen som inte ingått i undersökningen, men som skulle kunna utnyttjas vid fortsatta studier inom lägerplatsområdet.

Backamo lägerplats – norra delen

I markytan på den norra ryggen vid Backamo lägerplats finns ett större antal block. Om detta innebär att en större andel av denna rygg än den södra ryggen har en osorterad sammansättning är inte känt. Den seismiska profilen S1-02 övertvårar i öster den norra ryggen. Profilen indikerar jorddjup på närmare 50 m (fig. 18) samt att den omättade zonen är några meter mäktig. Det antas att grundvattentillgången är lägre här än i den södra ryggen och den norra ryggen har därför markerats i klassen 1–5 l/s.

Ytutbredningen av den silt som täcker avlagringen mellan ryggarna är liten, men har inneburit markering av ett slutet magasin mellan ryggarna.

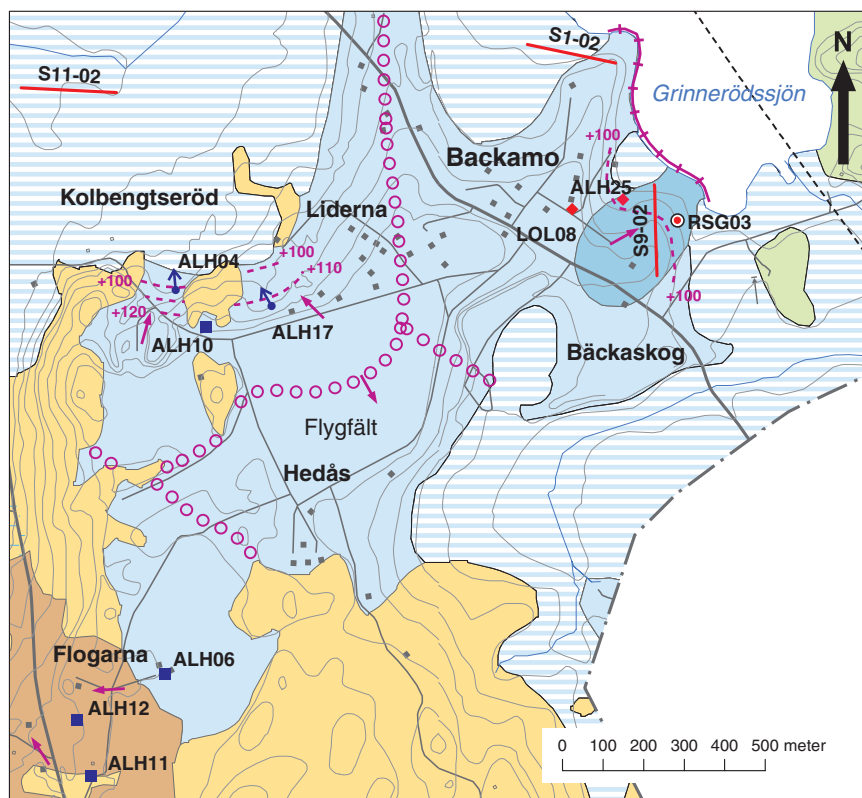


Fig. 15. Utsnitt ur grundvattenkartan, delområde A. Teckenförklaringar finns i figurerna 9 och 10 samt i figurtext till figur 12. Övriga beteckningar: lila prickad linje – grundvattendelare, lila pil – grundvattnets strömningsriktning, streckad lila linje med siffra – grundvattennivåer, streckad lila markering vid Grinnerödssjön – strandlinje med möjlighet för inducerad infiltration. Undersökningslokaler: ALH04, ALH06, ALH10, ALH11, ALH12, ALH17, ALH25, LOL08, RSG03, S1-02, S9-02, S11-02.

Backamo flygplats med omgivningar

Backamo flygplats är beläget på ett deltaplan vars överyta omformats bland annat på grund av täktverksamhet. Backamoavlagringen består här främst av sand och grus, något som främst kunnat ses vid tidigare dokumentation och kartering (Björnsjö 1949, Engdahl 2001).

Vid kanten på den sydöstra delen av deltaplanet, ca 200 m öster om Bäckaskog, finns en grustäkt med öppna skärningar. Denna visar ca 10 m av avlagringen som här har en sandig sammansättning. Undersökningar med georadar (de två linjerna vid flygplatsen i fig. 12) indikerar också stora jorddjup inom platån. Resultaten från dessa georadarprofiler kan dock inte användas för att säkert fastställa jorddjup. Skärningarna visar att grundvattenytan ligger djupare än 10 m i denna södra del av Backamoplatån.

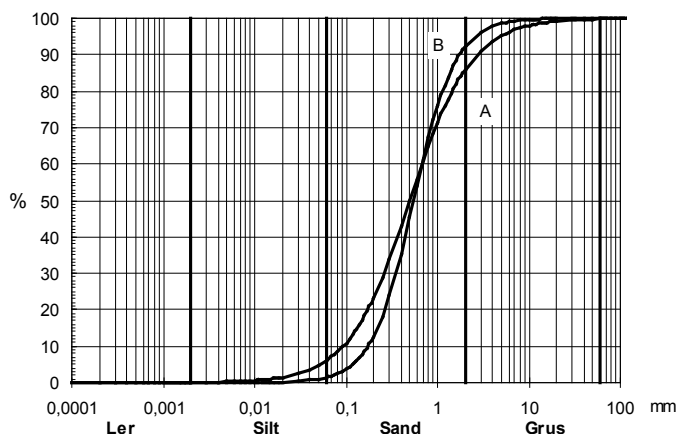


Fig. 16. Kornstorleksdiagram för två prov vid rördrivning RSG03, vilka är representativa för sammansättningen ned till 14 meters djup. Siktanalys utförd på korn >0,06 mm, för finare fraktioner är kurvorna interpolerade.

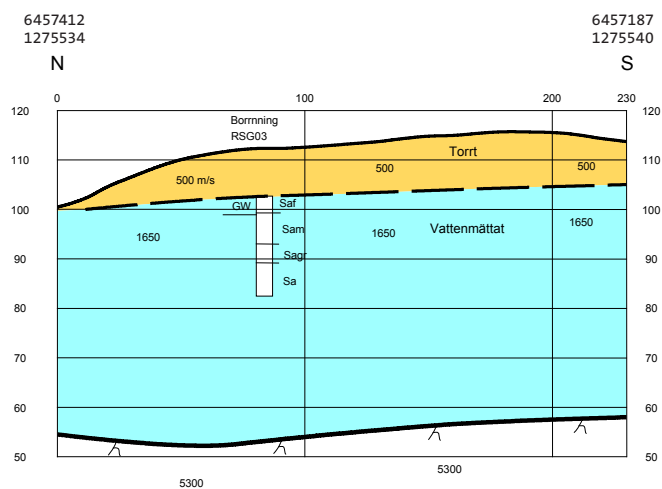


Fig. 17. Den seismiska profilen S9-02 vid Backamo lägerplats. Sonderingar eller undersökningsborrningar som är utförda inom eller i närheten av de seismiska profilerna har markerats i profilerna. Koordinater i rikets nät anges. Exempel på förklaring av borrhingsprofil: GW = grundvattenyta, Sa = sand, Saf = finsand, Sam = mellansand, Sagr = sand-grus. RSG03 ligger ett tiotal m öster om profilen.

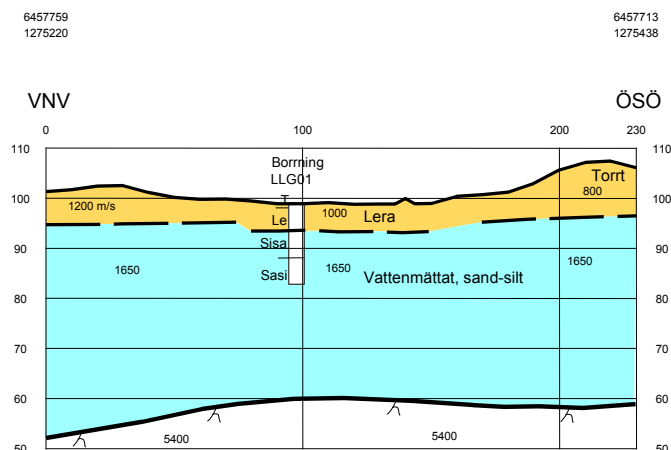


Fig. 18. Den seismiska profilen S1-02 norr om Backamo lägerplats invid Grinnerödssjön.

På den norra sidan om flygfältet avtar avlagringens mäktighet markant. I den relativt branta sluttningen sker utflöde av grundvatten mot norr vid ett antal punkter. Utflödet styrs av terrängen och bergytans läge. Berg i dagen förekommer i sluttningen och jorddjupet är sannolikt begränsat i hela den västra och centrala delen av sluttningen (vid Liderna). Större jorddjup finns i öster mot Backamo lägerplats och ryggen som löper vidare norrut mot gården Skogen. Vid Backamos vattenförenings gemensamma vattentäkt (ALH17) sker ett koncentrerat utflöde med någon eller några liter per sekund.

I väster begränsas Backamoavlagringen i stort sett av berg. Mot sydväst (gården Flogarna) finns en utlöpare med isälvsediment av begränsad mäktighet. Berg i dagen förekommer frekvent. Nivåmätningar i brunnarna ALH06, ALH11 och ALH12 har klargjort grundvattnets strömningsriktning i detta område. Högst läge i terrängen och begränsade volymer av isälvsediment som är vattenmättade innebär att grundvattentillgången har satts till <1 l/s.

De föreslagna lägena för grundvattendelare inom och i omgivningen av Backamo flygfält framgår av figur 15. Den grundvattendränering som sker mot söder och sydost är sannolikt uppdelad nordost om Hedås. Vattnet väster om denna delare dräneras med denna tolkning mot svackan i söder och Kläppemossen, medan de östra delarna dräneras via ryggarna vid Backamo lägerplats. Några undersökningar som belägger detta har inte kunnat utföras.

Ytan för grundvattenbildning är begränsad inom Backamoavlagringens centrala delar, dvs. Backamo flygplats. Genom yt- och grundvattendelarna fördelas dessutom tillgänglig vattenmängd på olika strömningsriktningar. En grov uppskattning av nybildningen utifrån tillgänglig yta, avrinning och grundvattenbildning indikerar totalt några liter per sekund för respektive flöde mot N, S och O. Grundvattentillgången har satts till 1–5 l/s inom hela flygplatsområdet. De bästa förutsättningar för uttag finns där de forna isälvarna avsatte grus, sten och block som t.ex. väster om Hedås och norr om Bäckaskog. Sådana partier har inte fastställts i fält i denna undersökning, men omnämns av Uddevalla kommun (1990) som bästa platser för större uttag (10 l/s eller mer). Backamo flygplats och i viss mån bebyggelsen har begränsat möjligheterna att i denna studie verifiera de förslag till brunnslägen som gavs av Uddevalla kommun (1990) inom och i nära anslutning till Backamo flygplats.

Kläppemossen

Berghemslinjen fortsätter i sydost med stora isälvsavlagringar vid Dunnebacken och Man inom Lilla Edets kommun. Den närmaste avlagringen vid Dunnebacken ligger drygt 1 km sydost om Backamo lägerplats. I svackan mellan Backamoavlagringen och avlagringen vid Dunnebacken finns Kläppemossen. Svackans överyta består främst av torv, som på de flesta platser sannolikt överlagrar finkorniga sediment. Dessa finkorniga sediment går även i dagen på vissa platser eller täcks av svallsand. Det anses troligt att mer eller mindre mäktiga lager av sand–grus tillhörande Berghemslinjen finns under de finkorniga lagren, men detta har inte verifierats i undersökningen. Detta troliga slutna magasin har i klassningen tilldelats grundvattentillgång 1–5 l/s.

Delområde B

I figur 19 visas ett utsnitt ur grundvattenkartan över delområde B.

Skogen–Grinnsjöbacken–Grinnerödssjön

Undersökningarna i området har varit inriktade mot att bedöma kontakten mellan Grinnerödssjön och angränsade jordlager i väster. En ryggform sträcker sig norrut från Backamo (östra delen av flygfältet) via Skogen mot Grinnsjöbacken. Ryggformen består av jordlager med grov sammansättning, närmast moränartad, enligt rödrivning RSG01 och sonderingarna ALH19 och LOL03. Uttagsmöjligheterna är klassade i storleksordningen 1–5 l/s men bedöms tillhöra den undre delen av intervallet. Grundvattennivån återfinns på ca 5 m djup i lokal RSG01.

I sydost, mot den norra ryggen vid Backamo lägerplats, drogs den seismiska profilen S1-02 (fig. 18). Inom de flacka centrala och västra delarna i profilen är jorddjupet 40–50 m. Sondering LOL01 indikerar en lagerföljd med tunt ytlager av torv, därunder några meter lera och på större djup sannolikt

silt med inslag av finsand. Sonderingen har inte drivits ned till något lager av grov friktionsjord under lera-silt.

De fyra sonderingarna RSG05, ALH21, ALH22 och ALH23, utförda i det flacka området väster om Grinnerödssjön, visar också att jordlagren är finkorniga. Sonderingarna är utförda till djup mellan 17 och 24 m. Oftast återfinns överst ett osorterat lager av 0–3 m svallsand på lera-silt (undantaget ALH21). Denna finkorniga sammansättning återfinns till några eller flera meter under markytan (även vid lokal ALH24). Exempel på de ytliga jordlagrens kornstorleksfördelning ges i figur 20. Silt med inslag av sand tycks dominera på djupare nivåer under lagren av silt och lera. Inga grövre lager som skulle kunna hänföras till ett undre grundvattenförande magasin har dock påträffats. Med hänsyn taget till att jorddjupet kan antas variera mellan 30 och 50 m (enligt de seismiska profilerna S2-02, fig. 21, S3-02, fig. 22 och S10-02, fig. 23), är det ändå möjligt att ett eller flera slutna grundvattenmagasin finns i de flacka delarna av området utanför ryggen. Kontakten mellan slutna magasin och den nord-sydliga ryggen från Backamo via Skogen och norrut mot Grinnsjöbacken är okänd.

För grundvattenflödet i ett eventuellt undre magasin är också bergytans läge avgörande. Berglägen på drygt 70 m ö.h. indikeras både i profil S3-02 (fig. 21) som ligger några 100-tal meter nordväst om ryggen och i den västra sidan av ryggen enligt S10-02 (fig. 22). Därmed tycks berggrunden nå något högre här än i området mellan ryggen och Grinnerödssjön. Detta kan innebära att grundvattenflödet i ett slutet magasin ovan berget hindras mot väster.

Grundvatten återfinns ytligt i de övre marknära lagren som främst består av svallsand. Dessa lager utgör inga nämnvärda grundvattenmagasin. Nivåer har uppmätts i punkterna ALH19, ALH21, ALH22 och ALH23 som anger en grundvattendelare i det ytliga lagret som sammanfaller med ytvattendelaren.

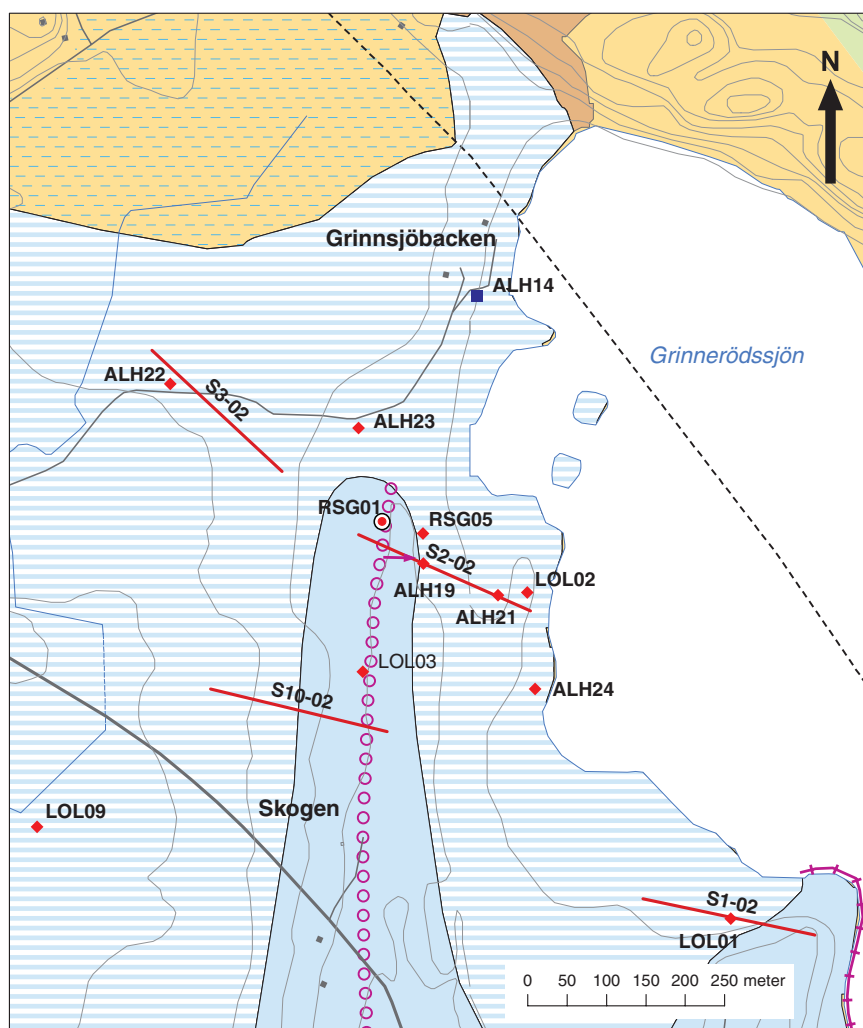


Fig. 19. Utsnitt ur grundvattenkartan, delområde B. Teckenförklaringar finns i figurerna 9 och 10 samt i figurtext till figurerna 12 och 13. Undersökningslokaler: ALH14, ALH19, ALH21, ALH22, ALH23, ALH24, LOL01, LOL02, LOL03, LOL09, RSG01, RSG05, S1-02, S2-02, S3-02, S10-02.

De två rören RSG01 och ALH19 är placerade i själva den nord-sydliga ryggen. Högre grundvattennivå på krönet vid RSG01 än i den östra sluttningen i ALH19 visar på en, åtminstone lokal, grundvattenströmning mot öster i det öppna magasinet. Det finns dock inga belägg för att fastställa grundvattenströmningen i de djupare delarna av jordlagren i området.

Sonderingen LOL02 nära Grinnerödssjön visar på några meter grusig sand, medan det i ALH24 finns finkorniga sediment (silt) under 3-metersnivån. Bedömningen är att under det grövre svallsands-skiktet finns finkorniga sediment utmed strandlinjen. Detta skulle innebära begränsade möjligheter till inducerad infiltration. Dessutom tycks inte något betydande slutet grundvattenmagasin finnas på nära avstånd väster om sjön. Bedömningen är att förutsättningarna i området för uttag av grundvatten är begränsade eller mycket begränsade. Det återstår dock att bättre fastställa hur kontakten är mellan sjöbotten och eventuellt grovkorniga skikt under silt-lerlagren.

Delområde C

I figur 24 visas ett utsnitt ur grundvattenkartan över delområde C.

Skällebred–Grinneröd–Bredvadet

Området med finsediment öster om ryggen vid Skogen fortsätter även mot väster. Norr om Bredvadet och vid Skällebred–Grinneröd återfinns Grinnerödsavlagringen. Avlagringen kan anses vara ett öppet grundvattenmagasin, bestående främst av sand och grus även om finkorniga sediment kan finnas. På kartan klassas de huvudsakliga delarna av Grinnerödsavlagringen som grundvattentillgång 1–5 l/s eller 5–25 l/s (fig. 24). Underlaget för denna bedömning utgörs av markundersökningarna samt källflödena väster om Grinnerödsavlagringen (t.ex. ALH01, ALH15).

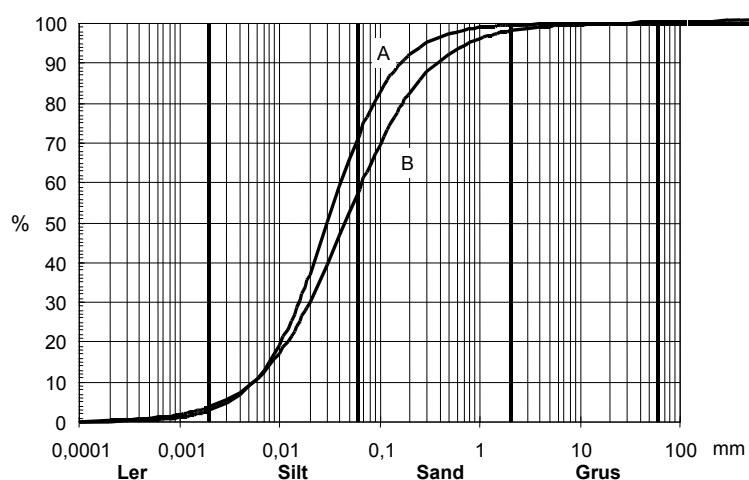


Fig. 20. Kornstorleksdiagram från lokal ALH24 (linje A) på prov från 2,2–3,0 m djup, samt från lokal ALH23 (linje B) på prov från 0–1,5 m djup. Siktanalys utförd på korn >0,06 mm. För finare fraktioner är kurvorna interpolerade.

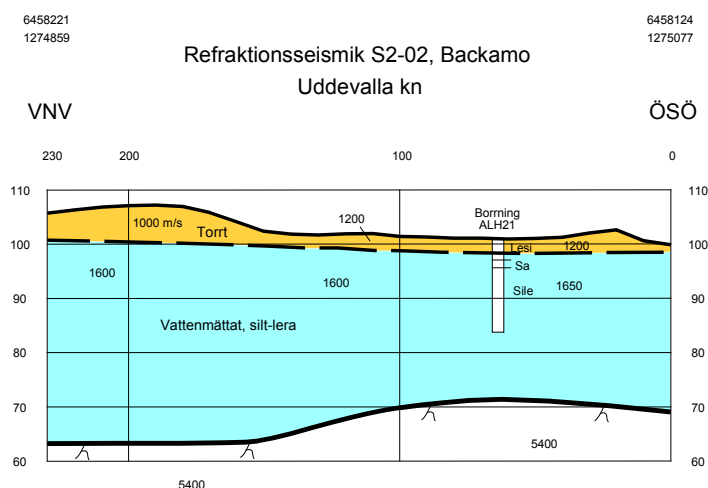


Fig. 21. Den seismiska profilen S2-02 från Grinnerödssjön mot ryggsform i väst.

6458455
1274597

Refraktionsseismik S3-02, Backamo Uddevalla kn

6458301
1274762

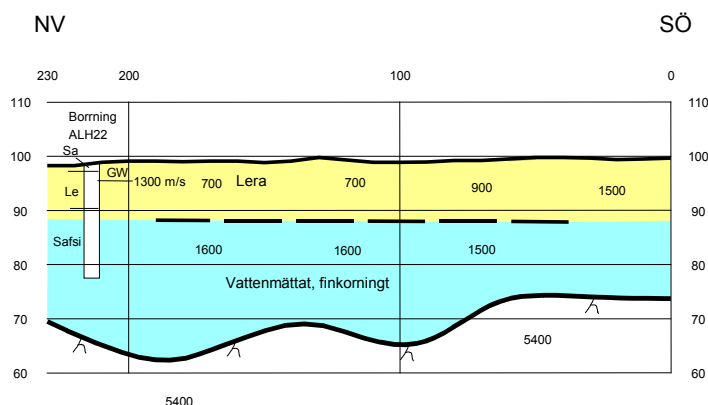


Fig. 22. Den seismiska profilen S3-02 inom den flacka ytan nordväst om den nord-sydliga ryggen.

6458025
1274671

Refraktionsseismik S10-02, Backamo Uddevalla kn

6457971
1274895

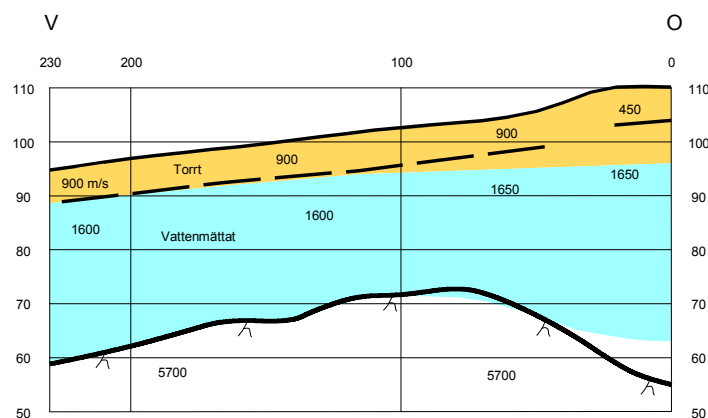


Fig. 23. Den seismiska profilen S10-02 i den västra sluttningen av ryggen just norr om gården Skogen.

Inom den sydöstra delen av Grinnerödsavlagringen med bedömd grundvattentillgång 5–25 l/s (norr om Bredvadet och öster om vägen mot Skällebred), finns resultat från sonderingar (LOL04, LOL05), rödrivningar (ALH20, RSG02) samt seismisk profil S6-02. Sand är här helt dominerande från markytan och ned till stora djup. Figur 25 visar på kornstorlekssammansättningen i lokal ALH20 på 3,0–5,7 m djup. I figur 26 från lokal RSG02 finns prov från sex nivåer ned till 25 m. Det översta provet på 8–9 m innehåller mest mellansand, men även några tiotals viktprocent av fin- respektive grovsand. På nivåer mellan 16 och 25 m dominerar mellansand än mera, med en del inslag av grovsand. Den utförda sonderingen ned till 40,5 m i RSG02 indikerar likartad sammansättning, med eventuellt ett stenigare lager på 25,0–27,5 m.

Den seismiska profilen S6-02 (fig. 27) visar på ett ökande jorddjup mot nordväst. Den tolkade grundvattenytan ligger i profilen några meter lägre än observerade data i ALH20 (88,0 m ö.h.) och i RSG02 (84,1 m ö.h.). Att det finns en betydlig omättad zon här är klart, vilket tyder på ett öppet grundvattenmagasin. Bedömningen är att inom det markerade öppna magasinet öster om infartsvägen till Skällebred i norr finns en vattenmättad sand som är mellan 20 och 40 m mäktig. Blåsning vid rödrivningen av RSG02 gav relativt begränsad mängd grundvatten.

Den västra delen av Grinnerödsavlagringen, med uttagsmöjlighet som klassats till 5–25 l/s, har undersökts genom två sammanhängande seismiska profiler (S5-02 och S8-02) samt en sondering (LOL07). Sonderingen utfördes till 6 m djup i stenigt grus. Det kan förväntas att området mellan Grinneröds kyrka och Skällebred består av ett relativt grovt isälvsediment. Grundvattennivån har inte uppmätts inom denna del av Grinnerödsavlagringen, men indikeras i de seismiska profilerna

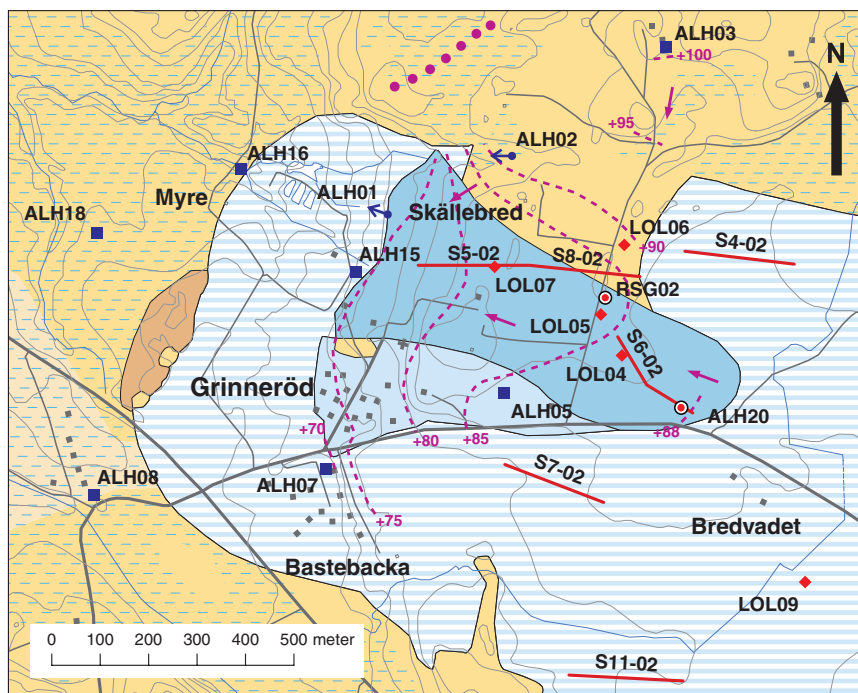


Fig. 24. Utsnitt ur grundvattenkartan, delområde C. Teckenförklaringar finns i figurerna 9 och 10 samt i figurtext till figurerna 12 och 15. Undersökningslokaler: ALH01, ALH02, ALH03, ALH05, ALH07, ALH08, ALH15, ALH16, ALH18, ALH20, LOL04, LOL05, LOL06, LOL7, LOL9, RSG02, S4-02, S5-02, S6-02, S7-02, S8-02, S11-02. Utströmning sker utmed Grinnerödsavlagringens västra rand (från i söder ALH07 – ALH15 – ALH01 till väster om ALH02).

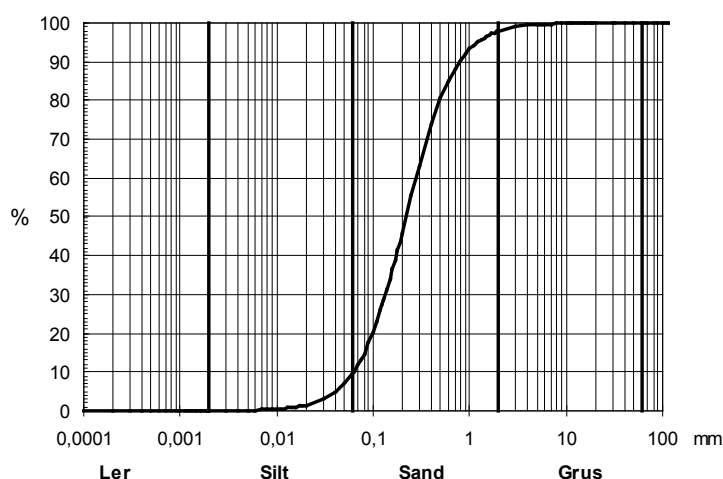


Fig. 25. Kornstorleksdiagram för lokal ALH20 på samlingsprov från djup 3,0–5,7 m. Siktanalys utförd på korn >0,06 mm. För finare fraktioner är kurvan interpolerad.

S5-02 och S8-02 (fig. 28). Grundvattenytan är relativt flack i den östra delen. Den vattenfyllda delen av Grinnerödsavlagringen är här mellan 20 och 30 m, med den största vattentillgången i de centrala delarna. I utredningen av Uddevalla kommun (1990) anges att det grövsta materialet, och därmed de bästa förutsättningarna för vattenuttag, troligen finns öster om Grinneröds kyrka. Detta är samstämmigt med resultaten i denna undersökning som utförts något längre norrut. Berg i dagen väster om Grinneröds kyrka och det högre bergläget i väster i figur 28 antyder att förutsättningarna finns för en relativt god grundvattentillgång centralt i Grinnerödsavlagringen.

Hur stor den vattenmättade volymen är i den västra delen av profilen S5-02 och S8-02 (fig. 28) är från tillgängligt material svårt att tolka. Källflödena i väster vid ALH01 och ALH15 på 74–75 m ö.h. visar att isälvsedimentet bör vara vattenmättat några meter i den västra delen av profilen. Grundvattenytans gradient mot väster är därmed lägre än vad som indikeras i den tolkade profilen. Utgående från dessa data har även de västra delarna av Grinnerödsavlagringen mot källflödena bedömts ha uttagsmöjligheter i storleksordningen 5–25 l/s.

Både norr och söder om den del av Grinnerödsavlagringen som har en bedömd uttagsmöjlighet i storleksordningen 5–25 l/s finns ytor som klassats höra till intervallet 1–5 l/s. Bedömningen är att de

vattenfyllda volymerna av sand och eventuellt grus inom dessa ytor är mindre. Tolkningen baseras på förekomst av berg i dagen, gradienter i grundvattenytan samt sammansättningen i ytjordlagren där silt eller finsand förekommer (exempelvis vid LOL06). Den seismiska profilen S4-02 (fig. 29) ligger öster om Grinnerödsavlagringen i området med finsediment (silt eller lera) i de övre jordlagren. Profilen visar att jordmaktigheten avtar mot väster. Profilen ligger inom den yta som klassats som slutet grundvattenmagasin (1–5 l/s) och sträcker sig mot Grinnerödssjön, men det är inte känt hur mycket sand eller grövre som kan finnas under finsedimenten här.

Även väster om Grinnerödsavlagringen har ett område klassats som slutet grundvattenmagasin (1–5 l/s). Avlagringen kan förväntas ha en viss utbredning även under de finkorniga sedimenten här.

Undersökningarna i Grinnerödsavlagringen kan sammanfattas på följande sätt. Det källflöde som sker från Grinnerödsavlagringen i väster är av sådan omfattning (>5 l/s) att ingen grundvattendelare bör finnas inom avlagringen. Hela grundvattendränningen från avlagringen antas därför ske mot väster. Stora volymer med vattenmättad sand har konstaterats öster om infartsvägen till Skällebred. För att kunna göra uttag av 5 l/s eller mer i denna del, som bedömts ha uttagsmöjligheter i storleksordningen 5–25 l/s, förutsätts anläggning av flera brunnar. Väster om vägen mot Skällebred är kornstorleken i avlagringen sannolikt grövre och lämpligare för grundvattenuttag även om djupet på den vattenmättade zonen är något mindre. Begränsande kan också vara mängden vatten för grundvattenbildning. Ytdränering sker i bäcken just öster om ALH20 vidare mot sydväst (fig. 24). Nederbörden som faller på sedimentområdet i öster bidrar sannolikt inte i någon större grad till grundvattenbildningen i Grinnerödsavlagringen. Det återstår att bättre fastställa hur grundvattenbildningen sker i området. Förstärkning av grundvattentillgången genom infiltration av ytvatten från Grinnerödssjön är tänkbart vid eventuella större grundvattenuttag.

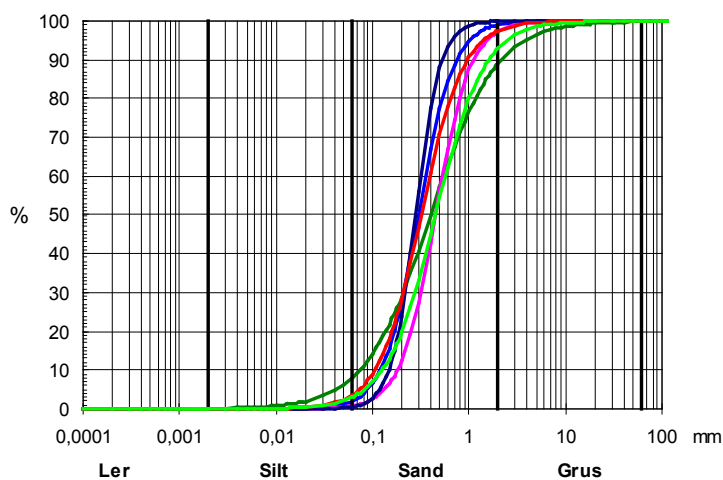


Fig. 26. Kornstorleksdiagram för prov från sex olika djup (8–9 m (mörkgrön linje), 16–17 m, 18–19 m, 20–21 m, 22–23 m samt 24–25 m). Finsand = 0,06–0,2 mm, mellan-sand = 0,2–0,6 mm och grovsand = 0,6–2 mm. Siktanalys utförd på korn >0,06 mm. För finare fraktioner är kurvorna interpolerade.

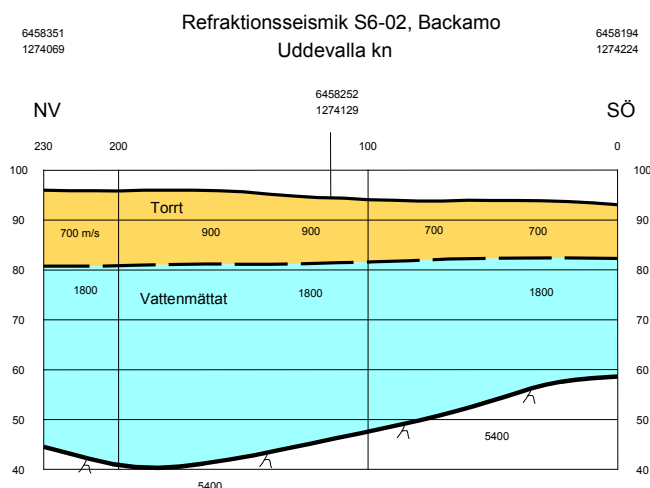


Fig. 27. Den seismiska profilen S6-02 norr om Bredvadet inom den östra delen av Grinnerödsavlagringen.

Bastebacka–Bredvadet samt söder mot Kolbengtseröd

I söder går Grinnerödsavlagringen i dagen i stort sett fram till landsvägen mot Backamo. Den seismiska profilen S7-02 (fig. 30) visar att jorddjupet avtar söder om vägen. Det är inte klarlagt hur sammansättningen är mot djupet, men det finns sannolikt en hel del sand under finsediment i ytan (god tillgång på grundvatten vid ALH07).

Längre mot söder i detta område med finkorniga sediment i ytan visar den seismiska profilen S11-02 (fig. 31) på ett vattenmättat finkornigt sediment som grundar upp i väster mot berg. Sondering LOL09 anger att lera är den dominerande jordarten på djupet. Även om provtagning inte skett av de djupaste sedimenten, så antas mäktigheten på eventuellt underliggande grövre lager här vara begränsade. På kartan har angetts en sluten grundvattentillgång på 1–5 l/s inom hela ytan med finkorniga sediment (Bastebacka–Bredvadet–Skogen–Kolbengtseröd, fig. 14). Det är främst i de norra delarna av detta område som det är tänkbart med vissa grundvattentillgångar i anslutning till Grinnerödsavlagringen samt även längst i söder och väster mot Backamoavlagringen. I de centrala delarna, speciellt mot väster, är det troligt att grundvattentillgången understiger 1 l/s.

Berghemslinjen från Grinneröd till Sunninge sund

Berghemslinjen fortsätter norrut från Grinneröd via västra sidan av Skarsjön till Kolbengtserödssjön. Den uppträder som avgränsade avlagringar av morän och sorterade grövre sediment i bergterräng. Grundvattentillgången bedöms generellt vara liten (<1 l/s).

En avlagring ingående i Berghemslinjen dämmer Kolbengtserödssjön i väster i Arödsåns dalgång. Betydande täktverksamhet har förekommit i anslutning till sjön. Sand dominerar i täktområdet. Avlagringen har liten utbredning och grundvattentillgången bedöms vara begränsad. Närheten till

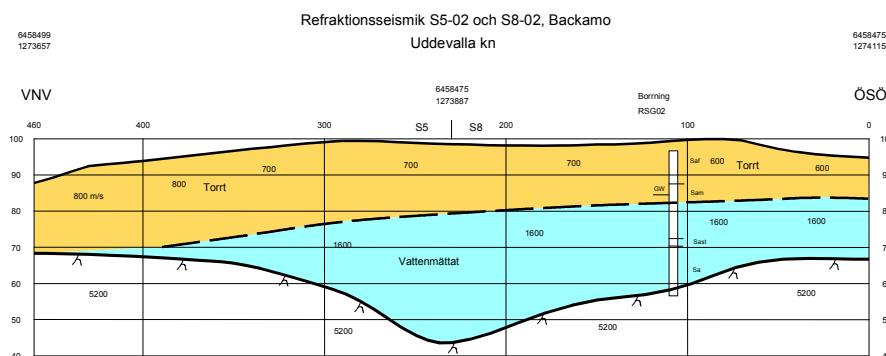


Fig. 28. De två sammanhängande seismiska profilerna S5-02 och S8-02 på Grinnerödsavlagringen i Skällebred.

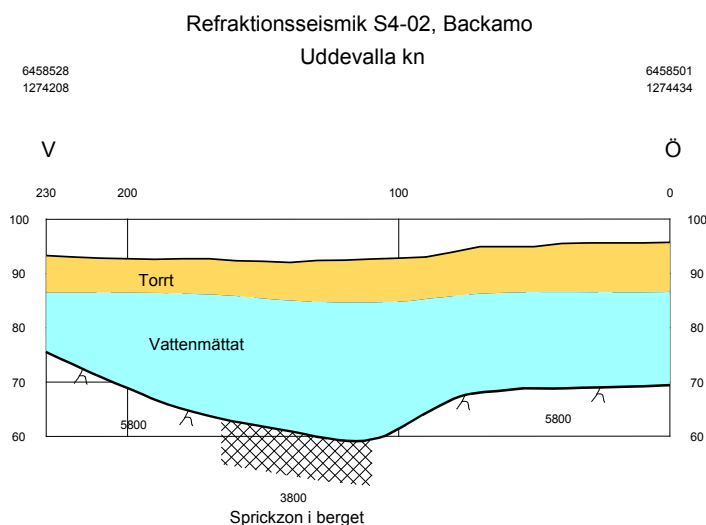


Fig. 29. Den seismiska profilen S4-02 inom sedimentområdet öster om Skällebred.

sjön innebär dock att grundvattenuttag kan förstärkas genom inducerad infiltration. Avlagringen har därför bedömts ha uttagsmöjligheter i storleksordningen 1–5 l/s.

Gelevadsån rinner till Kolbengtserödssjön från öster och avrinning från sjön sker via Årödsån mot väster. I dalgången på båda sidor om sjön förekommer friktionsjord under lera med viss mäktighet och dessa ytor bedöms ha uttagsmöjligheter i storleksordningen <1 l/s.

Häljerödssjön, ca 2,5 km norr om Kolbengtserödssjön, däms på motsvarande sätt som Kolbengtserödssjön av en avlagring ingående i Berghemslinjen. Även denna avlagring är liten, men har med tanke på möjlighet för inducerad infiltration klassats tillhöra intervallet 1–5 l/s.

En betydande jordavlagring tillhörande Berghemslinjen finns vid Sund på södra sidan om Sunninge sund. Denna har undersökts bland annat i samband med byggandet av Uddevallabron. Morän utgör en betydande del av avlagringen tillsammans med sorterade lager av varierande grov till fin sammansättning. Tidigare bedömningar har varit att grundvattentillgången i avlagringen är liten. Utifrån denna kunskap har det inte ansetts rimligt att inom ramarna för denna kartläggning utföra geofysiska undersökningar eller undersökningsborrningar i denna komplexa avlagring. Närheten till havet innebär att inducerad infiltration ska undvikas vid kustnära uttag. Grundvattendränering från avlagringen sker bland annat i nordöstra delen via källan vid Sunds hall. Även om uttag över 1 l/s är tänkbara, är bedömningen att avlagringen bör klassas enhetligt och därför bedöms uttagsmöjligheterna vara i storleksordningen <1 l/s.

Öster om Uddevalla

Några mindre isälvsavlagringar förekommer i den östra delen av kommunen. Vanligen ligger avlagringarna i bergterräng. Mäktigheten av sand- och gruslagren är oftast några meter och sällan över 10 m. Omgivande tillrinningsområden är små och lokala och den grundvattenförande delen av avlagringarna är vanligen mycket liten. Omfattande täktverksamhet har bedrivits i de flesta av dessa avlagringar. Den ursprungliga volymen sand och grus för lagring av grundvatten har därmed minskat och

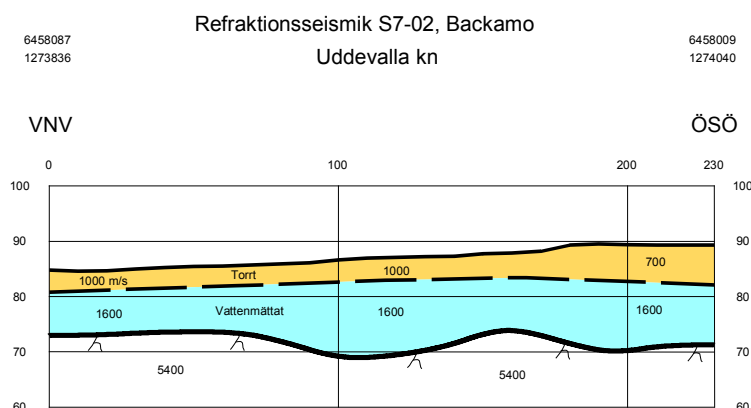


Fig. 30. Den seismiska profilen S7-02 mellan Bastebacka och Bredvadet.

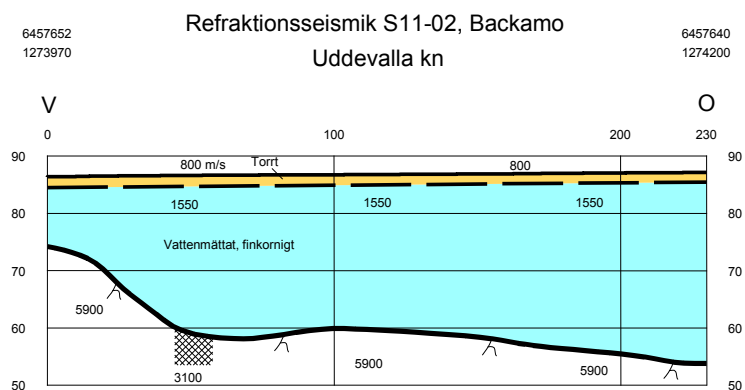


Fig. 31. Den seismiska profilen S11-02 mellan Bredvadet och Kolbengtseröd. Läget för profilen framgår av figurerna 12 och 15.

täktverksamheten har ofta medfört dränering av grundvattnet. De flesta avlagringar av sådan storlek att de markerats på kartan har bedömts ha uttagsmöjligheter i storleksordningen <1 l/s. Klassning i intervallet 1–5 l/s har skett av avlagringar i två områden.

Vid Källebråten, ca 2 km norr om Fagerhult, ligger en av dessa avlagringar med uttagsmöjligheter i storleksordningen 1–5 l/s. Grundvatten förekommer ca 2 m under markytan i en gammal täktbotten. Täktverksamheten antas här inte ha sänkt grundvattennivån. Några meters mäktighet på sand- och grusavlagringen medför att grundvattentillgången bedöms ligga i den undre delen av intervallet 1–5 l/s.

Den andra avlagringen ligger vid Hogane, ca 2 km söder om Lane-Ryr. Här finns ett område med mycket lokalt stora mäktigheter av sand och grus, men också med en hel del berg i dagen inom området. Sand och grus antas också finnas under finkorniga sediment i den västra och centrala delen av området. Täktverksamhet och annan markanvändning har kraftigt förändrat avlagringarnas utseende. Lokala tillrinningsområden i bergsterrängen innebär små ytor för grundvattenbildning. Den norra delen av avlagringen har kontakt med Bäveån och här har ett område bedömts ha uttagsmöjligheter i storleksordningen 1–5 l/s. I övriga delar är uttagsmöjligheterna i storleksordningen <1 l/s.

Uddevalla tätort och Herrestad

I omgivningarna till Uddevalla tätort och Herrestad saknas i stort sett isälvsavlagringar som går i dagen. Det finns dock många geotekniska undersökningar utförda i området som påvisar förekomst av friktionsjord under lera.

Inom centrala Uddevalla tätort visar ett stort antal borrhningar och sonderingar att friktionsjorden ofta har en mäktighet från några meter till över 10 m meter under lera. Detta har tillsammans med förutsättningar för tillrinning från omgivande höjdområden motiverat att ett slutet grundvattenmagasin med uttagsmöjligheter i storleksordningen 1–5 l/s markerats. Till samma klass har lagts slutna magasin utmed en nordväst–sydöstlig sträckning i Herrestad från norr om Sunningen till Torp Köpcentrum och Grytingen. Mäktigheten hos friktionsjorden är motsvarande de djup som konstaterats i centrala Uddevalla. De slutna magasinerna i Herrestad utgör fortsättning på Berghemslinjen från Sund genom kommunen mot nordnordväst.

Hogstorp

Strax öster om Hogstorp vid Berga och Bråten finns friktionsjord som till största delen är täckt av lera. Uttag sker här i en kommunal brunn. Utredningar med propumpningar har utförts. Den totala grundvattentillgången bedöms ligga i den nedre delen av intervallet 1–5 l/s.

Backa

Vid Backa ca 2,5 km västnordväst om Rotviksbro, södra Skredsvik, finns några mindre isälvsavlagringar som utfyllnader inom ett höjdområde. Täktverksamhet har bedrivits i de östra och sydvästra delarna där isälvsavlagringarna går i dagen.

Grundvattentillgången och grundvattnets strömningsriktning har indikerats med en undersökningsborrning samt brunnsinventering i den östra delen av isälvsavlagringen vid gården Granhogen. Borrningen utfördes på botten av en grustäkt. Sand dominerar i den övre delen och stenigt grus i den nedre delen av borrhningen till 8,5 m djup. Därunder finns sannolikt morän. Grundvattennivåer har uppmätts till 6–7 m under täktbotten, varför den vattenmättade delen av isälvsavlagringen är mycket liten.

I den sydvästra delen vid gården Skålebacken har täktverksamhet reducerat avlagringen utanför de bebyggda delarna. Avrinning sker från täktbotten. Flödet kan överstiga 1 l/s, men dräneringen som ytvatten från avlagringen innebär sannolikt kort uppehållstid för vattnet i marken. Svallsanden som finns i den centrala delen av området vid Backa (öst–nordost om Skålebacken) antas i huvudsak överlagra lera. Det är troligt att isälvsavlagringen finns under leran som ett begränsat slutet magasin.

Bedömningen är att grundvattentillgången i de olika avlagringarna vid Backa understiger 1 l/s. Ytor för grundvattenbildning är mycket begränsade och tillgänglig lagringskapacitet av grundvatten är liten. Just väster om avlagringarna mot Skal visar borrhningar att friktionsjord med upp till några meters mäktighet finns under lera, men tillgången bedöms ej överstiga 1 l/s.

Bokenäs

De västra och sydvästra delarna av Uddevalla kommun domineras av kala bergsytter. I jordfyllda svackor finns svallavlagringar (främst svallsand) eller lera. Svallsanden ligger ibland i de mindre svackorna direkt på berg, men oftast täcker den tunna lerlager. Under leran förekommer ibland vattenförande lager av friktionsjord som utnyttjas för enskild vattenförsörjning. På Hjältön finns isälvsediment som kan ha en viss grundvattentillgång, men den bedöms understiga 1 l/s.

Vattenförsörjning

Uddevalla tätort försörjs med ytvatten från Bäveån via lagring i Köperödssjöarna några kilometer öster om Uddevalla. Ljungskile erhåller vatten från Skarsjöarna två kilometer öster om samhället, kompletterat med uttag av grundvatten ur två bergborrade brunnar. Kommunala vattentäkter i drift finns också i Berga (Hogstorp), Gullmarsberg, Fagerhult, Kyrkebyn och Hässleröd.

Övrig vattenförsörjning baseras på enskild eller gemensam vattenförsörjning i berggrund eller jordlager. Ett drygt femtiotal gemensamma vattentäkter finns som står under kommunal kontroll. Bergborrade brunnar är vanliga utmed kusten, något som kan orsaka kvalitetsproblem då det finns risk för saltvatteninträngning.

GRUNDVATTNETS KEMI

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 att vattnet tar upp joner som frigjorts vid sönderdelning av mineral, vittring. Jonbytesprocessen är speciellt intensiv när vattnet är i kontakt med organiskt material och lerpartiklar som har stor kontaktyta. Intensiteten av vittringen är beroende av mineralens vittringsbenägenhet och av 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 växtröster. Genom förbränningen av fossila bränslen har nederbörden tillförts svavelsyra, som bidrar till ökad sulfathalt och tillskott av vätejoner som i sin tur 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 kolsyrevittring bildas lika mycket kalcium och magnesium (totalhårdhet) som alkalinitet, medan det vid vittring med en stark syra som t.ex. svavelsyra bildas förhållandevis mer kalcium och magnesium än alkalinitet. Alkaliniteten, som är ett mått på grundvattnets förmåga att motstå försurning, utgörs inom de normala pH-intervallen av vätekarbonat.

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

Sulfationer 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.

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

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

Salt grundvatten

Grundvatten i Sverige har vanligtvis låga kloridhalter, mellan 1 och 30 mg/l. Grundvattnets kloridhalt beror på det geografiska läget. Nederbörden bidrar med högre kloridmängder i Sydvästsverige än på andra håll i landet på grund av det marina inflytandet. Problem med höga kloridhalter förekommer emellertid i områden som tidigare varit täckta av salt eller bräckt vatten efter den senaste nedisningen, se figur 32. Så kallat relik salt vatten finns ofta kvar i låglänta områden, där omsättningen av grundvatten är mycket långsam. I strandnära områden vid havet kan vattenuttag medföra att saltvatten tränger in i brunnarna. Höga kloridhalter i brunnsvatten kan också vara förorsakade av föroreningar, t.ex. från vägsalt.

Orsaken till att salt grundvatten betraktas som ett problem är den oangenäma smaken och dess korrosiva egenskaper. De korrosiva egenskaperna föranleder enligt Livsmedelsverket (2001) anmärkning för allmänt vatten med kloridhalter över 100 mg/l. Vid halter över 300 mg/l anses det vara risk för smakförändringar av vattnet. För klorid finns ingen otjänlighetsgräns, men höga kloridhalter åtföljs i allmänhet av höga natriumhalter vilket kan innebära hälsoproblem för personer med högt blodtryck. De vanligaste orsakerna till salt grundvatten i brunnar är sannolikt att de borrar för djupa och att för stora uttag i brunnarna medför saltvatteninträngning. För stora uttag av det söta grundvattnet, som på grund av sin lägre densitet flyter ovanpå det tyngre salta, kan medföra att saltvattengränsen drastiskt höjs och skapar problem.

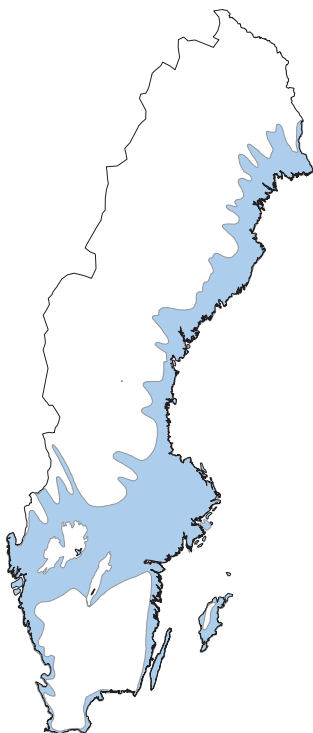


Fig. 32. Områden i Sverige som varit täckta av hav efter den senaste nedisningen.

I områden med tätt permanent- och fritidsboende, längs kusterna, på öar och i låglänta delar nära stora sjöar och vattendrag i Mellansverige, ökar risken att alltför stora sötvattenuttag leder till saltvatteninträngning. Störst problem utgör salt grundvatten i kustkommunerna. En brunn måste inte nå ända ner till saltvattengränsen för att den ska kunna bli påverkad av det salta grundvattnet. I figur 33 visas ett exempel där gränsen till det salta grundvattnet ligger 300 m under grundvattennivån (den söta) och salthalten motsvarar havens salthalt. De hydrauliska tryckförhållandena gör då att det salta vattnets trycknivå ligger ca 7 m lägre än grundvattennivån. Skillnaden beror på densitetsskillnaden mellan sötvattnet och det något tyngre saltvattnet.

Detta medför att salt grundvatten i många fall kan trycka upp i en brunn via sprickor som når ner under saltvattengränsen, om man genom pumpning först dränerat ut sötvattnet i sprickorna. Den kloridhalt som erhålls i en brunn i ett saltriskområde beror i allmänhet på det blandningsförhållande som uppstår när flera spricksystem med olika vattenföring och mönster samverkar. Förhållandena illustreras i figur 33. När landet höjde sig ur havet tvättades det salta grundvattnet successivt ut av infiltrerande regnvatten. Denna process har pågått dels under längre tid, och dels med större och därmed effektivare hydraulisk gradient i höjdområden än i lågområden.

Nya undersökningar har visat att mycket gammalt salt grundvatten också förekommer på stora djup under markytan, förmodligen över hela landet. 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 en saltlake med i storleksordningen 100 000 mg/l. Motsvarande saltlake har även påvisats i Oskarshamnsområdet på ca 1 000 m djup. Sannolikt har denna saltlake inget direkt med forntida havsvatten att göra utan antagligen istället med kemisk balans mellan cirkulerande vattenlösningar i jordskorpan på stora djup.

Åtgärder mot salt grundvatten

För att minska risken för salt grundvatten vid brunnsborrning bör man i allmänhet borra så grunt som möjligt utan att uttagsmöjligheten i allt för hög grad försämras. I riskområden kan man försöka öka möjligheterna att påträffa vattenförande sprickor på litet djup genom att ta hänsyn till sprickornas lutning i förhållande till borrhålet.

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 förskifningsplanen. Det är ofta bättre att borra "gradade" borrhål dvs. med en avvikelse av 15–20 grader från vertikalanplanet och att inte borra djupare än 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

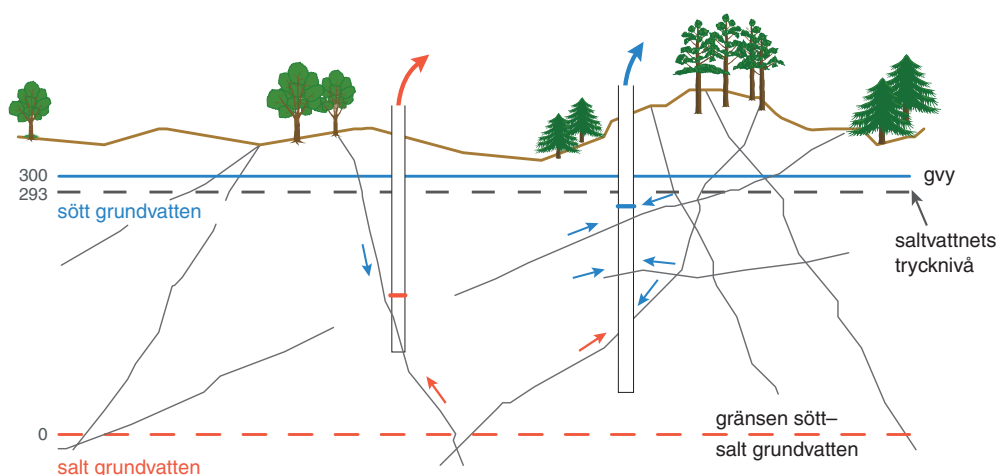


Fig. 33. Brunnar i saltriskområde. Brunnen till vänster får vatten från en dåligt vattenförande spricka vars övre del efter en tids pumpning töms på sitt söta vatten. Via den undre delen av sprickan trycks sedan det salta vattnet upp i stället. Brunnen till höger får vatten från flera rikligt givande sprickor med sött vatten och det förhållandevis lilla bidraget av salt grundvatten från djupet medför att brunnen ger ett bra vatten med låg salthalt.

och genomföra en hydraulisk tryckbehandling av borrhålet än att borra djupare. Tryckbehandlingen innebär att vatten pressas ner i borrhålet med så högt tryck att befintliga, små sprickor kan vidgas och spolas rena och t.o.m. att nya sprickor kan bildas.

Vid all borrhning i områden med risk för salt grundvatten bör salthalten i vattnet kontinuerligt övervakas under pågående borrhning allt eftersom borrhålet fördjupas. Detta dels för att undvika onödiga borkostnader och dels för att undvika att en hydraulisk förbindelse uppstår mellan salt vatten på djupet och andra närliggande 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. Har man fortfarande problem med salt vatten i sin bergborrhade brunn, trots att åtgärderna ovan vidtagits, bör man även undersöka möjligheterna att anlägga en brunn i jordlagren. Numera finns även avsaltningsanläggningar lämpliga för enskilda hushåll. Mängden vatten som dessa producerar är emellertid relativt begränsad.

Grundvattnets kemiska sammansättning i Uddevalla kommun

Syftet med insamling av information om grundvattnets kemiska sammansättning är att upprätta en databas och att i denna beskrivning redovisa halter och geografisk fördelning vad gäller grundvattnets kemiska sammansättning. Uppgifterna har insamlats från kommunen, SGU samt publicerade rapporter. Några nya analyser har också utförts inom detta projekt. Tabell 5 sammanfattar de data som sammanställts.

I redovisningen ingår analyser där det geografiska läget för brunn eller observationsrör varit angivet eller kunnat erhållas via kommunens fastighetsregister. Om brunnen är grävd i jordlager eller är bergborrhade ska också vara känt. Ett antal analysresultat, främst sådana som är lagrade hos kommunen, har därför inte kunnat tas med i utvärderingen eftersom uppgift om brunnstyp saknats. Även dessa resultat ingår dock i databasen. Analyserna omfattar vanligen de ämnen som ingår i en standardmässig fysikalisk-kemisk analys. Från några lokaler finns analyser från flera tidpunkter (tabell 5). Vissa källor som provtagits har mycket begränsad avrinning och ingår ej i deldatabasen för källor (Obsk1485).

Redovisning

Analysresultaten för de enskilda vattentäkterna presenteras i kartform på följande sidor. Analyser från grävda brunnar i jord respektive bergborrhade brunnar redovisas var för sig. I figurerna ingår också enkel statistik. Medianvärdet innebär att 50 % av brunnarna har lägre respektive högre värde än medianvärdet, Q₂₅ att 25 % av brunnarna har lägre värde än det angivna Q₂₅-värdet, och Q₇₅ att 75 % av brunnarna har lägre värde än det angivna Q₇₅-värdet. Dessa värden ska ses mot bakgrund av att analyser från specialundersökningar ingår som kan påverka representativiteten.

I figurerna anges också hur stor andel (och antalet) brunnar som har vatten som ligger under eller över olika uppsatta gräns- och riktvärden enligt tabell 2 i kapitlet "Grundvatten som dricksvatten".

För klorid redovisas även interpolerade kartor. På dessa kartor kan man se om speciellt höga eller låga värden är koncentrerade till ett visst område. Kriging har använts som interpolationsmetod. Denna metod bygger på att data är rumsligt korrelerade, dvs. variationen mellan data är mindre för brunnar som ligger nära varandra än för mer avlägsna brunnar. Vid interpoleringen undersöker man först på

Tabell 5. Information om sammanställda data över grundvattnets kemiska sammansättning i Uddevalla kommun.

Typ av lokal	Antal lokaler i berg/jord	Antal analyser per lokal	Referens eller utförare
Enskilda vattentäkter	557/443	1	Uddevalla kommun, SGU
Urval kommunala vattentäkter och miljöövervakning	4/4	1 eller flera	Uddevalla kommun, länsstyrelsen
Källor	0/17	1	Uddevalla kommun, SGU
Backamo–Grinneröd	0/2	1 eller flera	Denna studie

vilket sätt mätdata varierar när de inbördes avstånden mellan brunnarna ökar. Metoden tar också hänsyn till om data är riktningsberoende (se vidare i avsnittet "Dokumentation av fältarbeten"). På kartorna redovisas lägena för de brunnar som ingår i beräkningarna för varje parameter. I områden där brunnar saknas eller där det endast finns enstaka brunnar blir resultatet naturligtvis mer osäkert än i områden där det finns många brunnar.

För området Backamo–Grinneröd diskuteras den kemiska sammansättningen i grundvattnet separat. Tidsmässiga förändringar i kemisk sammansättning exemplifieras med data från en vattentäkt i Backamo.

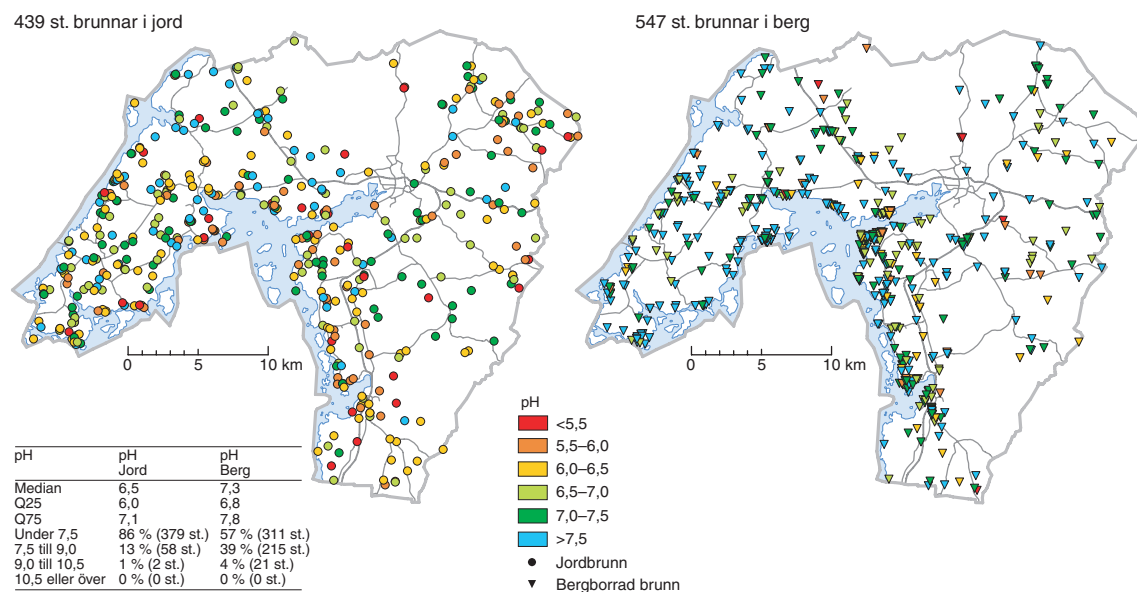
Resultat – hela kommunen

Den grundvattenkemiska sammansättningen är beroende av en rad platsspecifika faktorer. Exempel är jordartsförhållanden, brunnsdjup, topografi m.m. De lokala klimatförhållandena varierar dessutom från kusten i väster till höjdområdena inåt landet. En kort beskrivning av resultaten för kommunen ges nedan. Jämförelser med halter generellt i landet för de olika ämnena utgår från Aastrup m.fl. (1995) och Naturvårdsverket (1999a).

Grundvattnets surhet – pH

I grävda brunnar i jordlager är medianvärdet för pH 6,5 och i bergborrade brunnar 7,3. Detta är representativa genomsnittsvärden för områden i urbergsterräng och där skiftande jordartsgeologiska förhållanden råder som fallet är i Uddevalla kommun. Spridningen i pH-värden är mycket stor och brunnar med låga respektive höga pH värden förekommer i hela kommunen. Grävda brunnar med pH<6 kan antas främst vara anlagda där grundvattnet har kort uppehållstid i jordlagren (i morän och svallavlagringar, där topografin är kuperad, etc.). Andelen grävda och bergborrade brunnar med högt pH är något vanligare i nordvästra delen av kommunen och på Bokenäset.

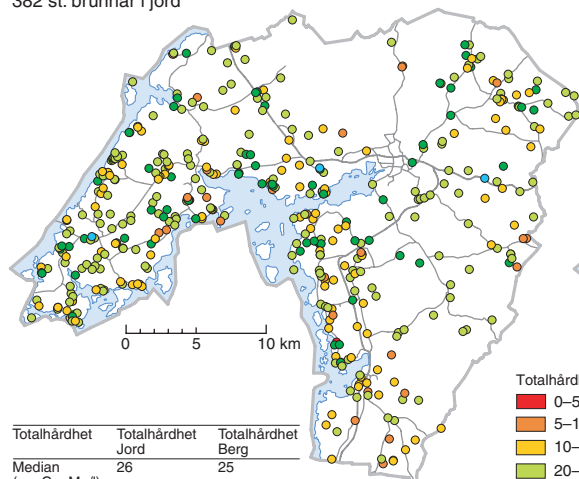
Lågt pH kan orsaka korrosionsskador och pH>9,2 kan också ge olägenheter från korrosionssynpunkt. Smakproblem och utfällningar kan också förekomma. Vatten med pH>10,5 kan inte användas som dricksvatten, för livsmedelshantering eller för personlig hygien.



Totalhårdhet (kalcium och magnesium)

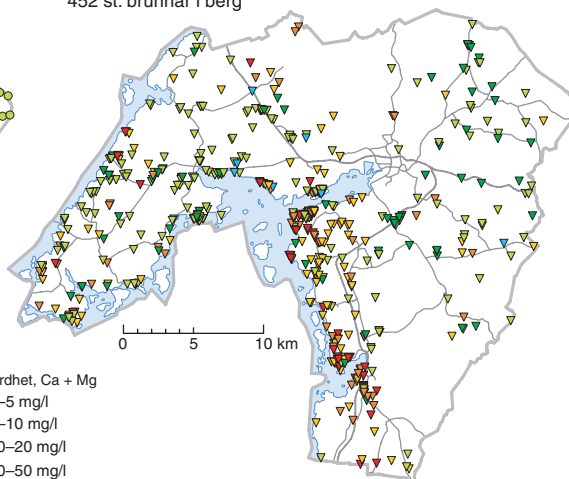
Totalhårheten (summan av kalcium och magnesium) har analyserats i ett stort antal prov, medan separata analyser av kalcium respektive magnesium är ganska få. Ofta är pH-värdet högt i grundvatten där höga halter av både kalcium och magnesium förekommer. Genomsnittligt är dock totalhårheten i grävda och bergborrade brunnar i detta analysmaterial relativt lika trots högre pH i de bergborrade brunnarna. En bidragande orsak kan vara lokal påverkan på grundvatten i jord av kalkhaltiga jordlager. Utmed kusten från Ammenäs via Ljungkile till södra kommungränsen finns ett flertal bergborrade brunnar med totalhårdhet <5 mg/l.

382 st. brunnar i jord



Totalhårdhet	Totalhårdhet Jord	Totalhårdhet Berg
Median (mg Ca+Mg/l)	26	25
Q25 (mg/l)	16	10
Q75 (mg/l)	44	42
Under 20 mg/l	34 % (129 st.)	44 % (198 st.)
20 till 100 mg/l	65 % (249 st.)	54 % (243 st.)
100 eller över	1 % (4 st.)	2 % (11 st.)

452 st. brunnar i berg

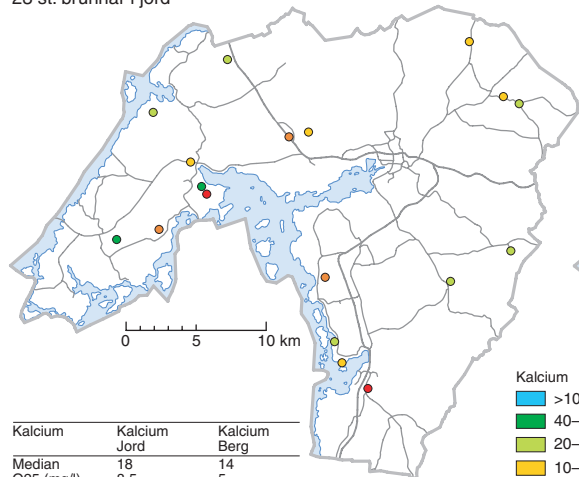


Totalhårdhet, Ca + Mg

- 0–5 mg/l
- 5–10 mg/l
- 10–20 mg/l
- 20–50 mg/l
- 50–100 mg/l
- >100 mg/l
- Jordbrunn
- ▼ Bergborrad brunn

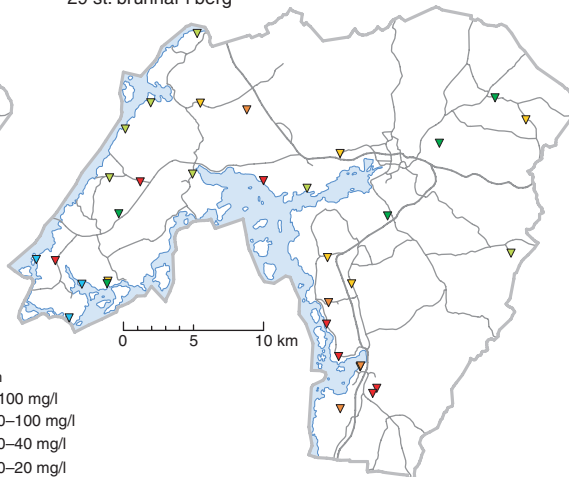
Totalhårdhet över 100 mg/l medför risk för utfällningar i ledningar osv., särskilt vid uppvärmning. Skador kan uppstå på textilier vid tvätt. Om ett naturligt grundvatten eller ett avhärdat eller avsaltat dricksvatten har en halt understigande 20 mg/l ökar risken för korrosionsangrepp.

23 st. brunnar i jord



Kalcium	Kalcium Jord	Kalcium Berg
Median	18	14
Q25 (mg/l)	8,5	5
Q75 (mg/l)	31	25
Under 20 mg/l	53 % (8 st.)	59 % (17 st.)
20 till 60 mg/l	47 % (7 st.)	28 % (8 st.)
60 till 100 mg/l	0 % (0 st.)	3 % (1 st.)
100 eller över	0 % (0 st.)	10 % (3 st.)

29 st. brunnar i berg



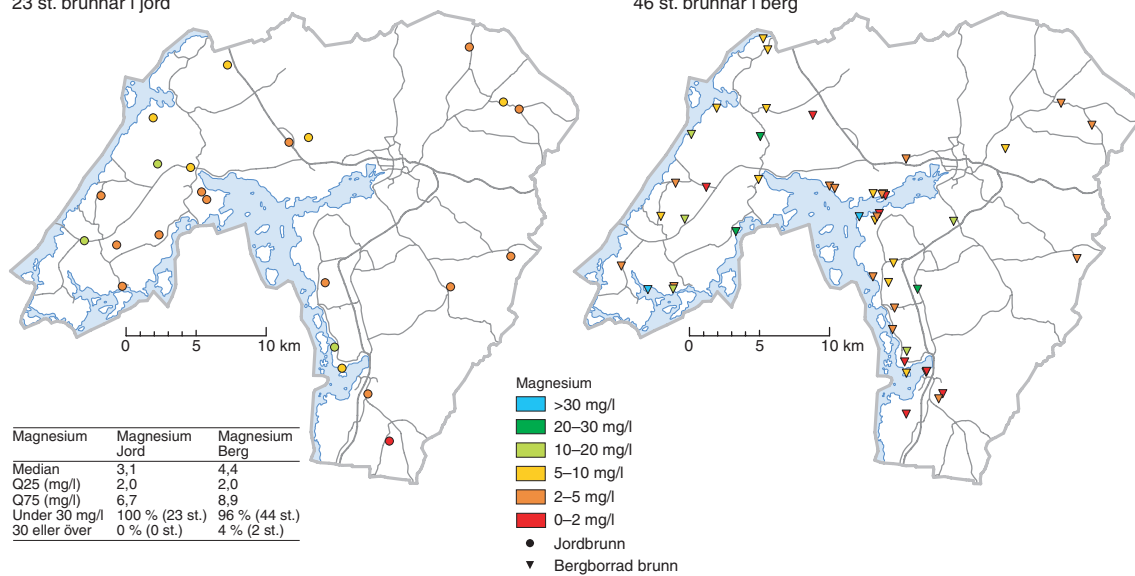
Kalcium

- >100 mg/l
- 40–100 mg/l
- 20–40 mg/l
- 10–20 mg/l
- 5–10 mg/l
- 0–5 mg/l
- Jordbrunn
- ▼ Bergborrad brunn

Riktvärdet för kalcium är 20–60 mg/l och inom detta intervall minskar korrosionsrisken i distributionsanläggningen. Vid halter högre än 100 mg/l finns risk för utfällningar och tvättskador som vid höga hårdhetsvärden.

23 st. brunnar i jord

46 st. brunnar i berg

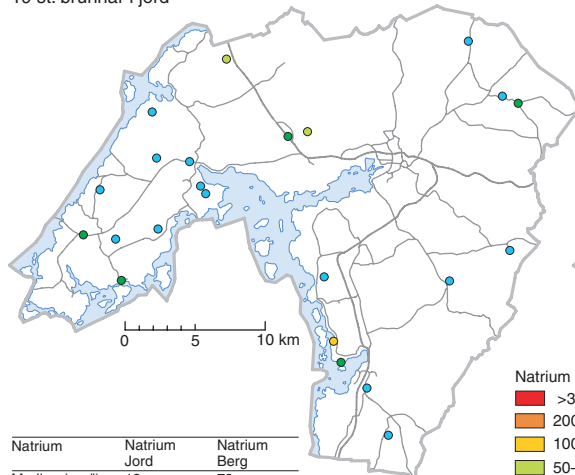


Vid magnesiumhalter högre än 30 mg/l finns risk för smakförändringar hos vattnet.

Natrium och kalium

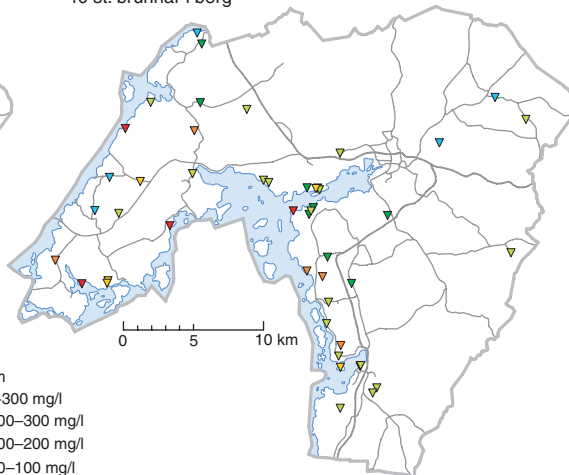
Analys av natrium och kalium förekommer i stort sett från samma brunnar som separata analyser av kalcium och magnesium. Även om antalet analyser av natrium är litet, är det uppenbart att det är vanligt med höga halter (över 100 mg/l) i bergborrade brunnar utmed kusten. Enstaka höga kaliumhalter finns också i bergborrade brunnar i samma områden. Inverkan av salt grundvatten omnämns nedan under klorid.

19 st. brunnar i jord



Natrium	Natrium Jord	Natrium Berg
Median (mg/l)	18	79
Q25 (mg/l)	11	41
Q75 (mg/l)	36	185
Under 100 mg/l	95 % (18 st.)	63 % (25 st.)
100 till 200 mg/l	5 % (1 st.)	15 % (6 st.)
200 eller över	0 % (0 st.)	23 % (9 st.)

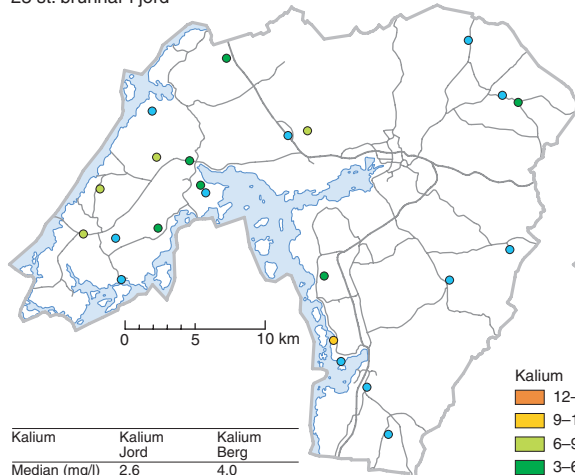
40 st. brunnar i berg



Natrium
>300 mg/l
200–300 mg/l
100–200 mg/l
50–100 mg/l
25–50 mg/l
0–25 mg/l
● Jordbrunn
▼ Bergborrad brunn

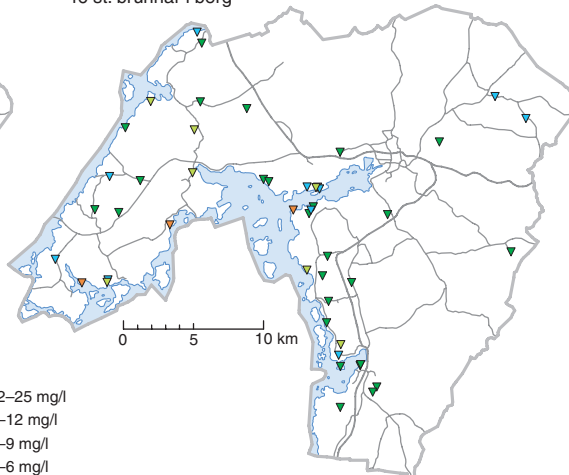
Natriumhalter över 100 mg/l kan indikera påverkan från relik saltvatten, kvar sedan perioder efter den senaste istiden, då delar av den nuvarande landytan var täckt av hav. Höga halter kan även bero på inträngning av nutida havsvatten. Halter över 200 mg/l medför risk för smakförändringar hos dricksvattnet.

23 st. brunnar i jord



Kalium	Kalium Jord	Kalium Berg
Median (mg/l)	2,6	4,0
Q25 (mg/l)	1,8	3,0
Q75 (mg/l)	4,5	5,3
Under 12 mg/l	100 % (23 st.)	91 % (42 st.)
12 eller över	0 % (0 st.)	9 % (4 st.)

46 st. brunnar i berg



Kalium
12–25 mg/l
9–12 mg/l
6–9 mg/l
3–6 mg/l
0–3 mg/l
● Jordbrunn
▼ Bergborrad brunn

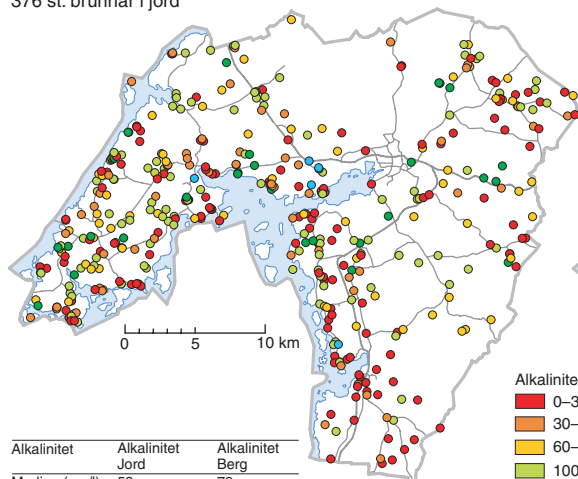
Kaliumhalter över 12 mg/l kan indikera påverkan från förorening eller också ha naturliga, geologiska orsaker.

Alkalinitet – HCO_3

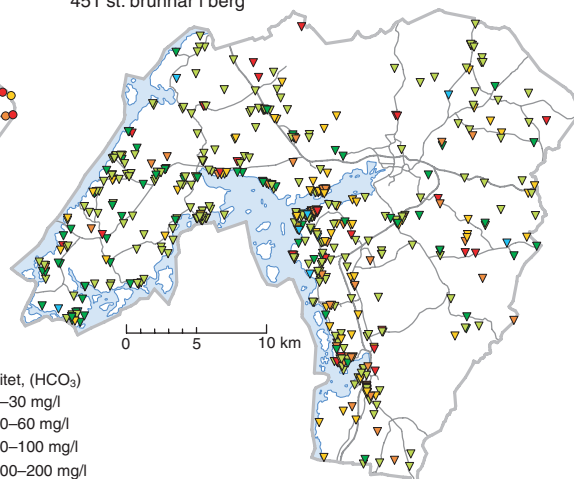
Alkaliniteten utgörs i dessa grundvatten till allra största delen av vätekarbonat. I vatten med lågt pH och litet innehåll av kalcium och magnesium, är alkaliniteten vanligen låg. Alkaliniteten är i kommunen genomsnittligt betydligt lägre i de grävda brunnarna (59 mg/l) än i de borrade brunnarna (137 mg/l). Bland de grävda brunnarna har 33 % alkalinitet under 30 mg/l, vilket innebär påtagligt låg motståndskraft mot försurning. För de bergborrade brunnarna är andelen 6 % med alkalinitet <30 mg/l. De flesta bergborrade brunnarna uppvisar alkalinitet inom intervallet 100–200 mg/l.

Halter över 60 mg/l minskar risken för korrosionsangrepp i en distributionsanläggning. Halter <30 mg/l i ett naturligt grundvatten eller i avhärdat eller avsaltat dricksvatten ökar risken för korrosion.

376 st. brunnar i jord



451 st. brunnar i berg



Alkalinitet	Alkalinitet Jord	Alkalinitet Berg
Median (mg/l)	59	79
Q25 (mg/l)	22,8	41
Q75 (mg/l)	135	185
Under 30 mg/l	33 % (125 st.)	6 % (26 st.)
30 till 60 mg/l	18 % (69 st.)	9 % (39 st.)
60 eller över	48 % (182 st.)	86 % (386 st.)

Alkalinitet, (HCO_3)

0–30 mg/l

30–60 mg/l

60–100 mg/l

100–200 mg/l

200–300 mg/l

>300 mg/l

● Jordbrunn

▼ Bergbördad brunn

Klorid

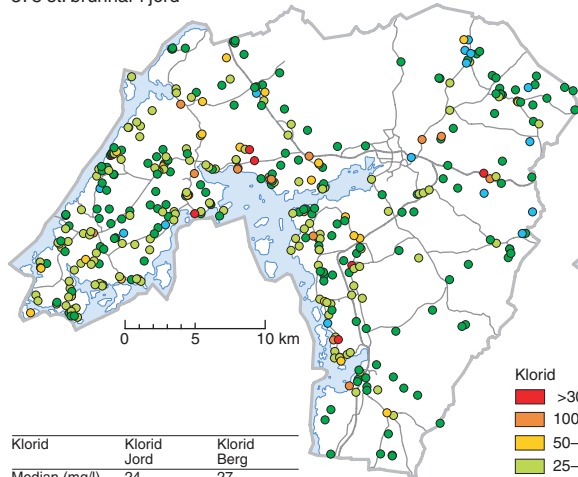
Salt grundvatten är ett av de största problemen vad gäller grundvattnets kemiska sammansättning i Uddevalla kommun. I denna sammanställning ingår 378 kloridanalyser från brunnar i jord och 474 analyser från bergborrade brunnar.

Av de bergborrade brunnarna överstiger 7 % gränsvärdet för smakförändringar på 300 mg/l och 20 % överstiger 100 mg/l. Motsvarande andel för hela landet är 3 % respektive 9 %. Bergbrunnarna med de högsta kloridhalterna finns utmed delar av kustbandet. Inträngande saltvatten är den sannolika huvudorsaken. Rester av relik saltvatten innebär höga kloridhalter i vissa grävda och bergborrade brunnar även i andra delar av kommunen under högsta kustlinjen (HK).

Det ökande trycket på att utnyttja de begränsade grundvattentillgångarna i kustområdena har bland annat medfört att kommunen genomfört några vattenbalansberäkningar (t.ex. Engdahl & Lång 2000, 2003).

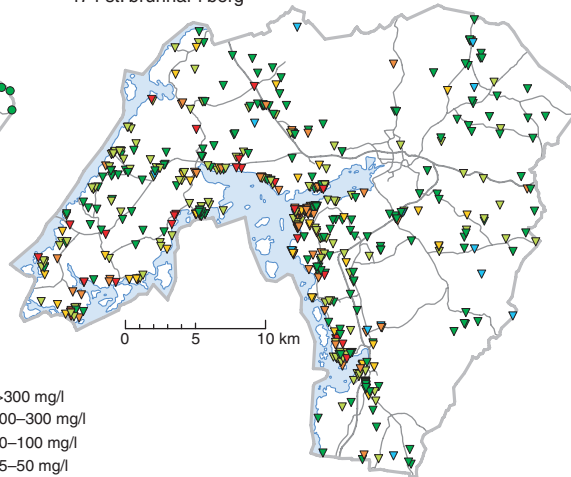
Halter över 100 mg/l indikerar i brunnsvatten påverkan från relik saltvatten, bildat under perioder efter den senaste istiden då delar av nuvarande landtyor var täckta av hav. Klorid i brunnsvatten orsakas i kustnära områden även av inträngning av nutida havsvatten. Föroreningar kan ge ökad kloridhalt i grundvattnet. Halter över 100 mg/l kan påskynda korrosionsangrepp. Vid halten 300 mg/l finns risk för smakförändringar.

378 st. brunnar i jord

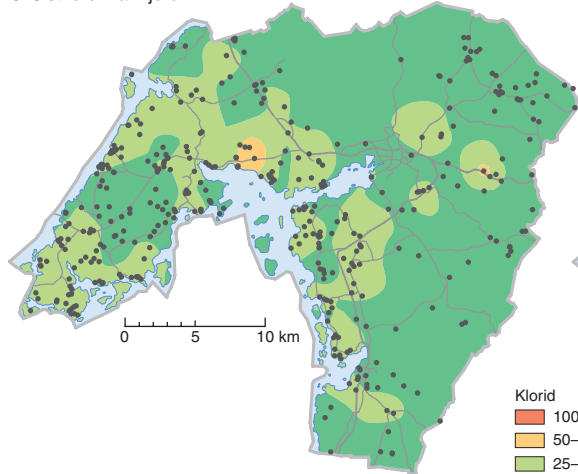


Klorid	Klorid Jord	Klorid Berg
Median (mg/l)	24	27
Q25 (mg/l)	15	19
Q75 (mg/l)	34	56
Under 100 mg/l	94 % (356 st.)	80 % (381 st.)
100 till 300 mg/l	4 % (15 st.)	13 % (60 st.)
300 eller över	2 % (7 st.)	7 % (33 st.)

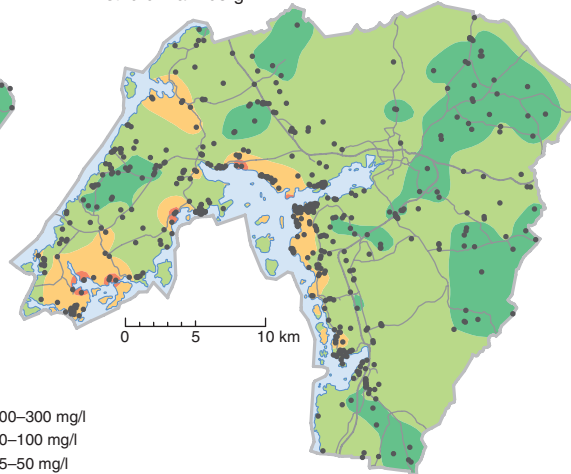
474 st. brunnar i berg



378 st. brunnar i jord



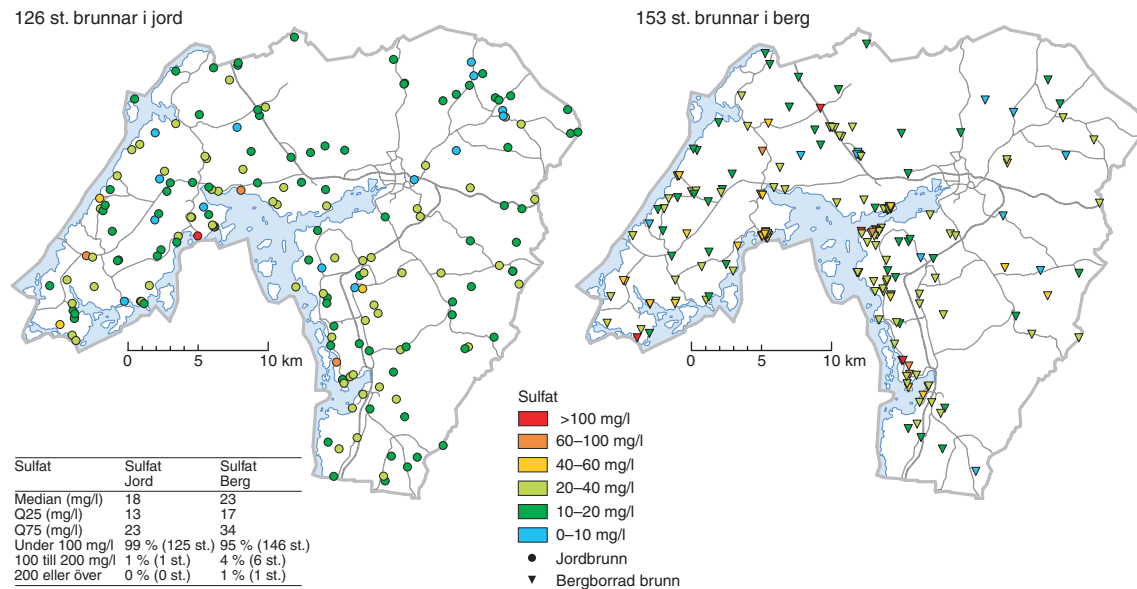
474 st. brunnar i berg



Sulfat

De genomsnittliga sulfathalterna är något högre i bergborrade än i grävda brunnar och värdena är normala för landet. Enstaka höga halter förklaras sannolikt av lokala faktorer som vittring av svavelrika mineral eller frigörelse av svavel ur jordlager med organiskt material.

Vid halter över 100 mg/l kan korrosionsangrepp påskyndas. Överstigs 200 mg/l finns risk för smakförändringar. Dricksvattnet kan då också ge övergående diarré hos känsliga barn. Höga halter kan bero på frigörelse av svavel i organiska jordar eller vittring av svavelrika kismineral. Svavelnedfall bidrar till högre sulfathalter i grundvattnet.

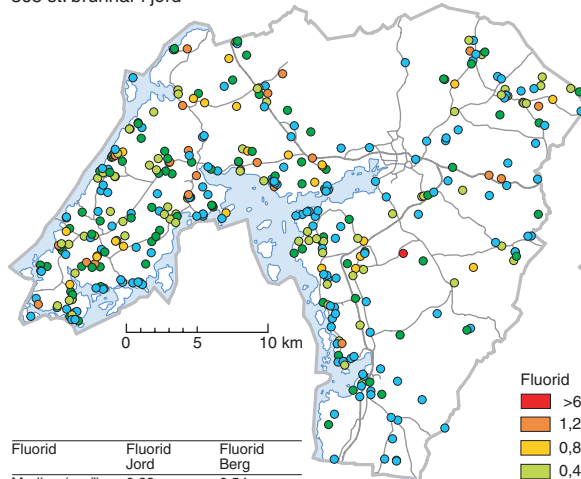


Fluorid

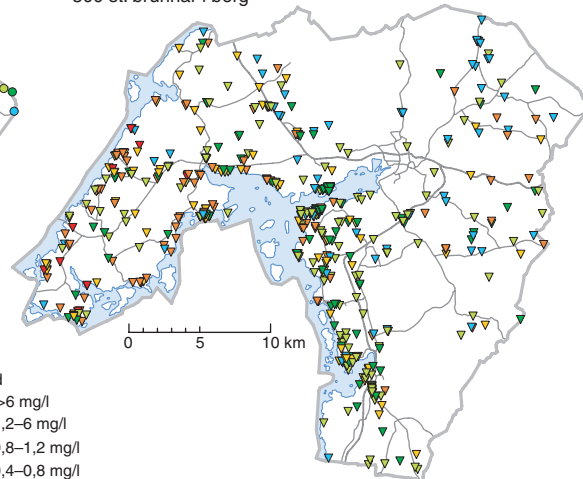
Höga halter av fluorid brukar främst förekomma i berggrund som innehåller mineralet flusspat. De utförda analyserna visar att relativt sett fler bergborrade brunnar över 1,2 mg/l finns i väster på Bokenäs. Enstaka grävda brunnar har högre halt än 1,2 mg/l.

Fluoridhalter under 0,8 mg/l ger endast ett begränsat skydd mot karies. Vid 1,3 mg/l kan tandemaljfläckar uppstå. Vid halten 6,0 mg/l är vattnet otjänligt och bör ej användas till dryck och matlagning. Risk finns för osteofluoros (fluorinlagring i benvävnad) över denna halt. Höga fluoridhalter är vanligast i vatten från bergborrade brunnar belägna i berggrund rik på flusspat.

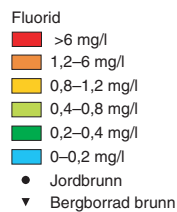
368 st. brunnar i jord



500 st. brunnar i berg



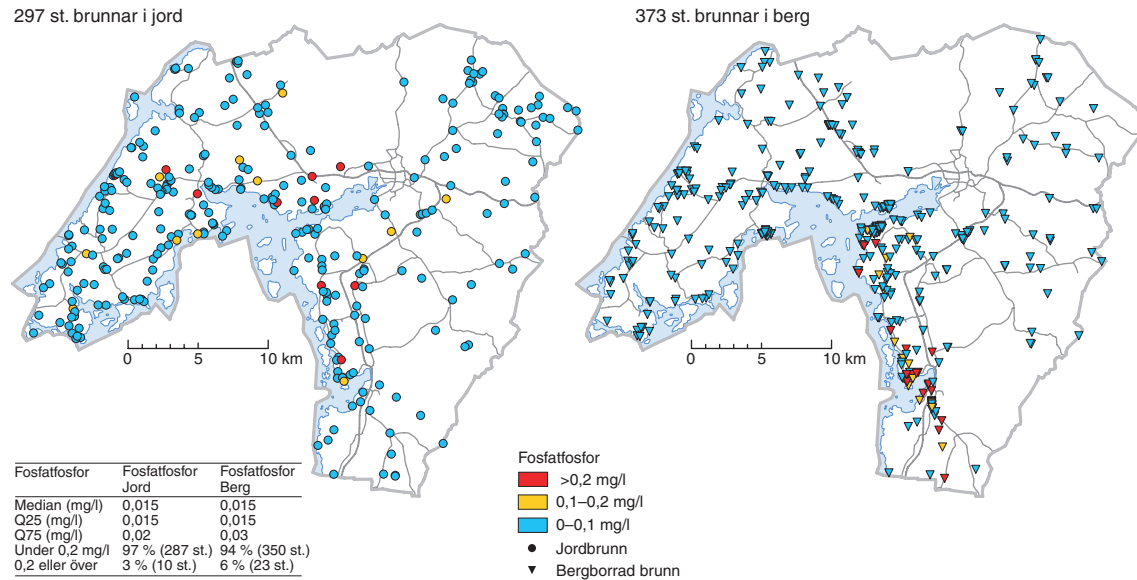
Fluorid	Fluorid Jord	Fluorid Berg
Median (mg/l)	0,23	0,54
Q25 (mg/l)	0,12	0,30
Q75 (mg/l)	0,50	1,0
Under 0,8 mg/l	86 % (316 st.)	65 % (324 st.)
0,8 till 6,0 mg/l	14 % (51 st.)	33 % (16 st.)
6,0 eller över	0 % (1 st.)	2 % (11 st.)



Fosfor

Det är ett fåtal analyser av fosfor som överskrider halten 0,1 mg/l. Ofta utgör denna halt detektionsgräns för analyserna. I de fall 0,1 mg/l överskrids hör det sannolikt samman med att lokala föroreningskällor finns i tillrinningsområdet till brunnen. En överrepresentation av fosforhalter >0,2 mg/l finns för bergborrade brunnar kring Ljungskile.

Halter över 0,20 mg/l kan indikera påverkan från avlopp, gödsling och andra föroreningskällor men även ha naturligt, geologiskt ursprung.

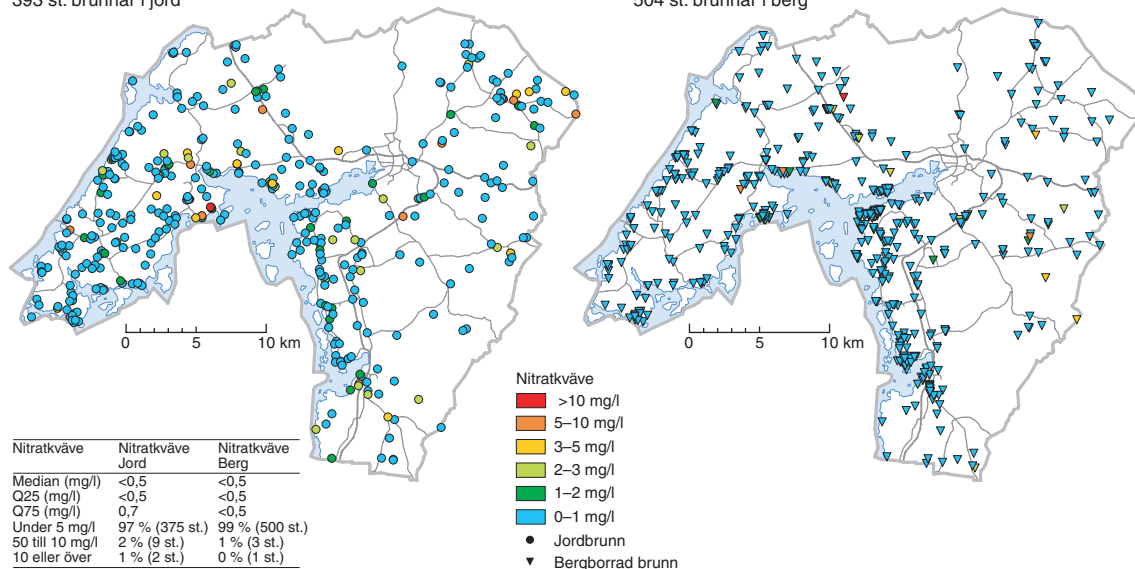


Nitrat, nitrit och ammonium

För nitrat och nitrit ligger de allra flesta analysresultaten under använda detektionsgränser (motsvarar den lägst angivna klassen, blå färg på kartorna). Endast ett fåtal brunnar uppvisar höga halter orsakade av lokala föroreningar. Större spridning finns vad gäller ammoniumhalterna. Halter över 1,0 mg/l förekommer dock i liten utsträckning.

393 st. brunnar i jord

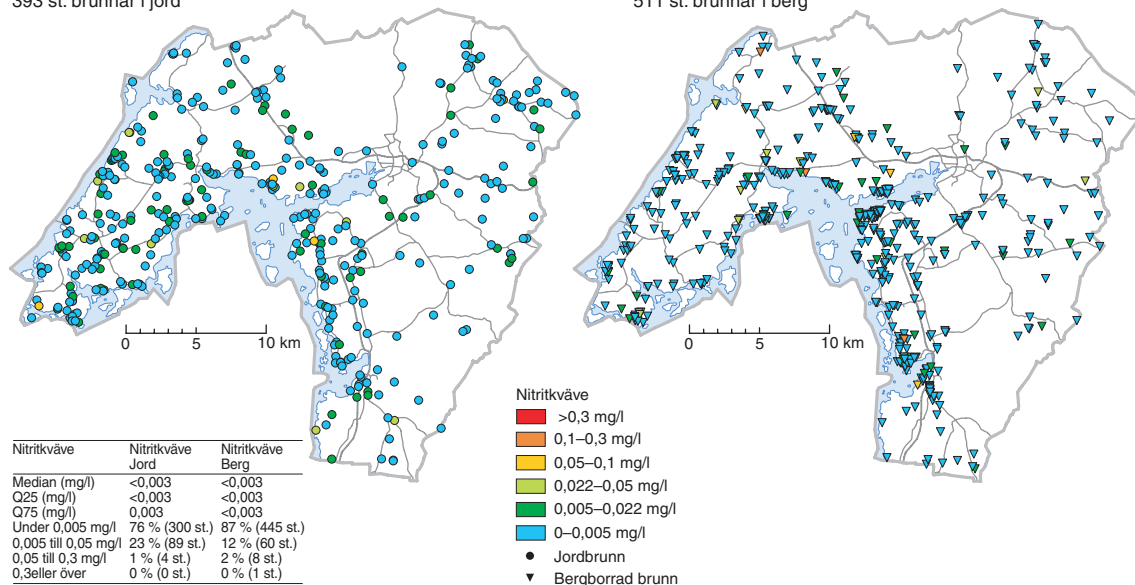
504 st. brunnar i berg



Halter över 5,0 mg/l indikerar påverkan från avlopp, gödsling och andra föroreningskällor. Vatten med en halt högre än 10 mg/l bör ej ges till barn under ett års ålder. Risk finns för försämrade syreupptagning i blodet.

393 st. brunnar i jord

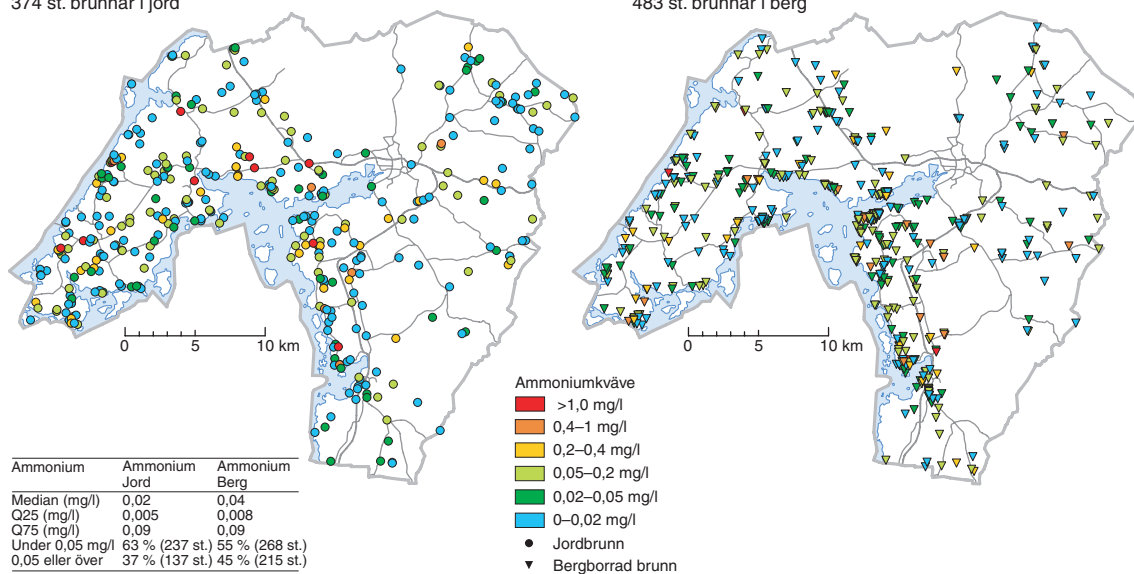
511 st. brunnar i berg



Förekomst av nitritkväve i halter över 0,005 mg/l kan indikera påverkan från förorening men kan också ha mer eller mindre naturliga orsaker, t.ex. ammoniumoxidation i filter och ledningar. Vatten med högre halt än 0,050 mg/l bör ej ges till barn under ett års ålder. Risk finns för försämrade syreupptagning i blodet. Vatten med halt över 0,30 mg/l bör ej användas till dryck eller livsmedelshantering.

374 st. brunnar i jord

483 st. brunnar i berg



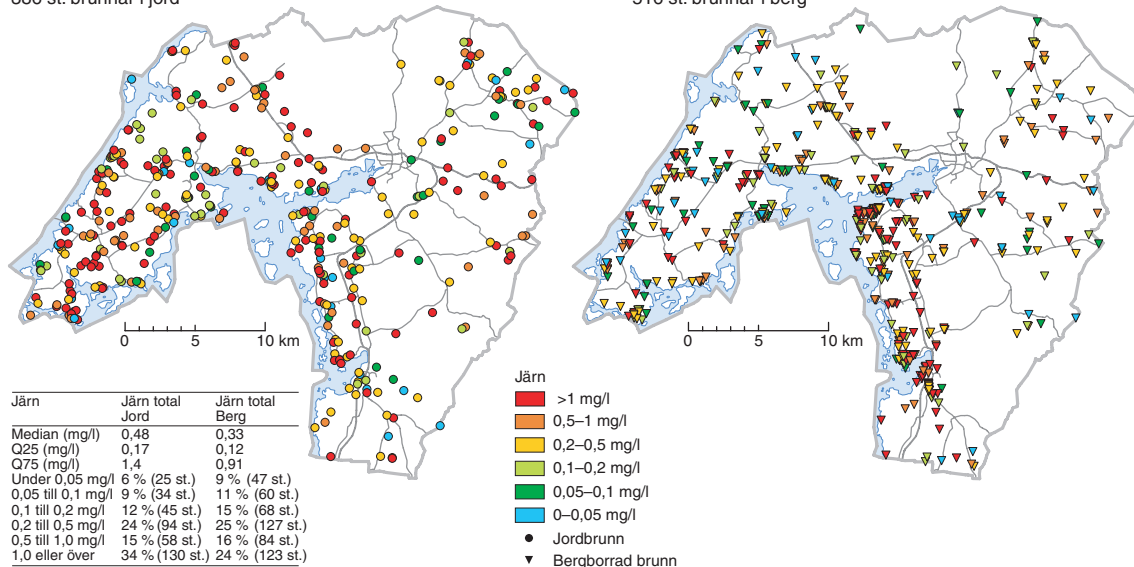
Ammoniumkvävehalter över 0,4 mg/l kan indikera påverkan från avlopp eller liknande, men kan även hänga ihop med höga järn- och humushalter i brunnsvatten. Vid halter på över 1,0 mg/l finns risk för kraftig nitritbildning.

Järn och mangan

Järnhalterna i grundvattnet är påtagligt högre i kommunen än generellt i landet. Detta gäller både grundvatten i jord och i berg. Höga järnhalter över 1,0 mg/l förekommer frekvent över hela kommunen. Anledningen är den järnrika berggrunden och därmed god tillgång på järn även i jordlagren. Även manganhalterna är relativt höga jämfört med övriga landet, men inte i samma utsträckning som för järn. Mellan närläggna platser är variationen i både järn- och manganhalter vanligen stora. Detta beror på mycket lokala variationer i redoxpotential och syreförhållanden som styr om järn och mangan går i lösning eller fälls ut.

386 st. brunnar i jord

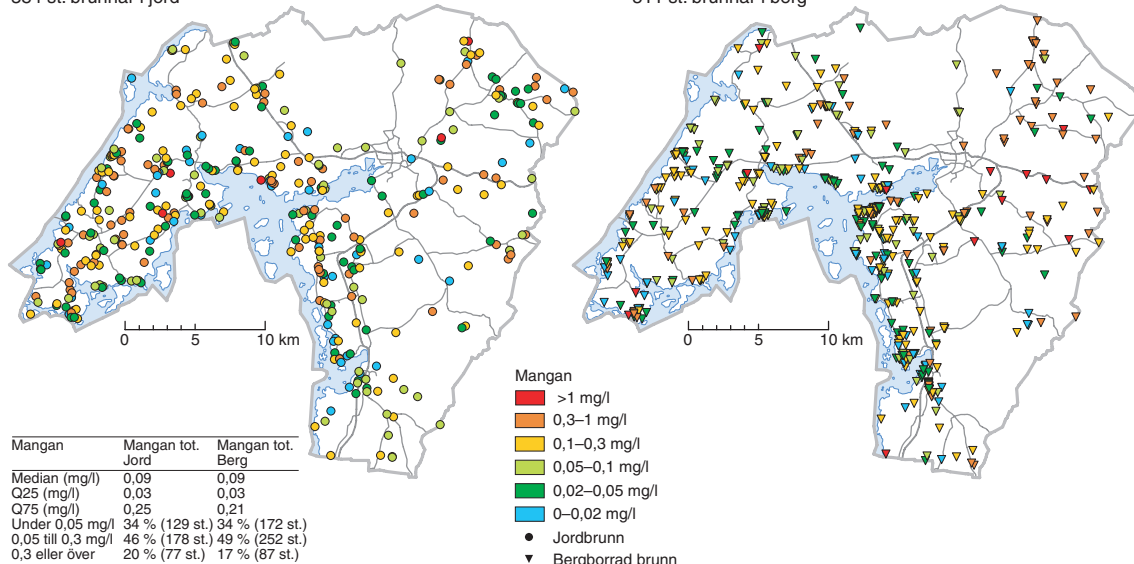
516 st. brunnar i berg



Risk för slambildning i distributionsanläggningar kan förekomma vid järnhalter högre än 0,10 mg/l. Vid tappstället efter en stunds spolning finns två gränsvärdesnivåer. Risk för utfällningar, missfärgning och smak finns över 0,50 mg/l. Tvättgods kan skadas.

384 st. brunnar i jord

511 st. brunnar i berg



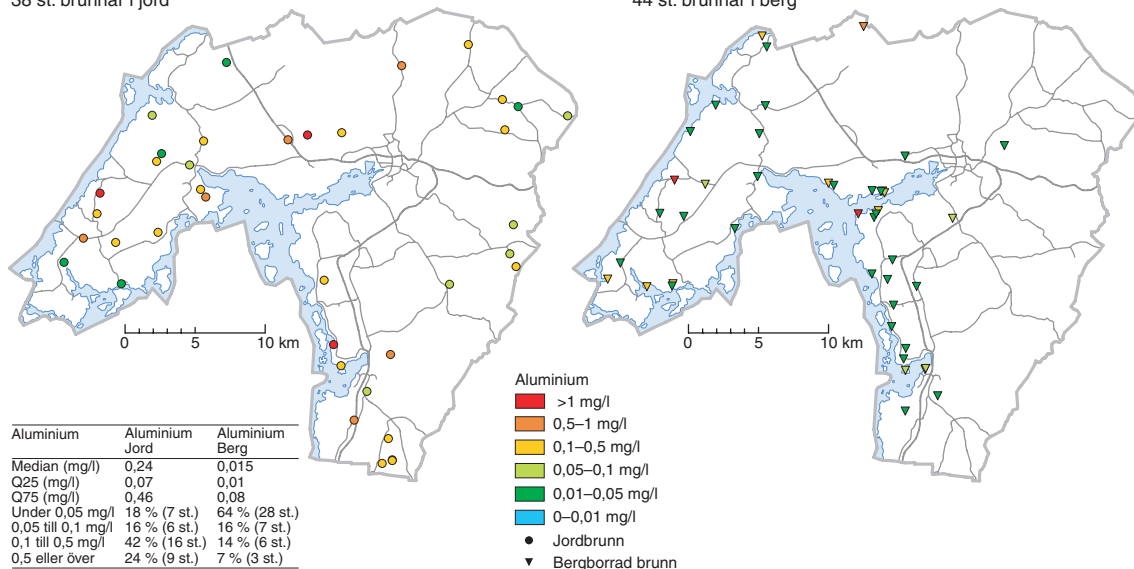
Höga manganhalter ger utfällningar i vattenledningar. När avlagringarna lossnar missfärgas vattnet (svart) och textilier kan skadas vid tvätt.

Aluminium

Aluminium uppträder vanligen i grundvatten med lågt pH. Aluminiumhalten överstiger 0,5 mg/l i 9 av 38 grävda brunnar. Antalet analyser av aluminium är i denna sammanställning begränsat. Det kan dock förväntas att aluminium ofta förekommer i noterbara halter i de ytliga grundvatten med lågt pH och alkalinitet som är vanliga inom hela kommunen.

38 st. brunnar i jord

44 st. brunnar i berg



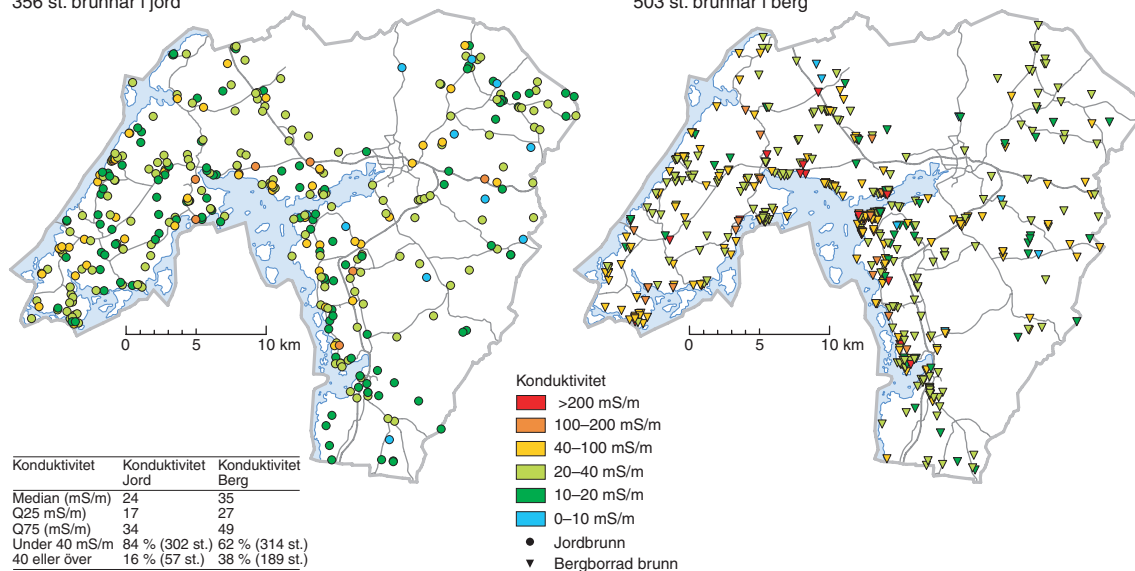
Konduktivitet

Konduktiviteten är ett mått på vattnets totala ledningsförmåga och därmed andelen lösta joner. I Uddevalla kommun är det förekomsten av salt grundvatten som är mest styrande för konduktiviteten. Således återfinns de högsta konduktivitetensvärdena där klorid uppträder i bergborrade brunnar utmed kustbandet.

Konduktiviteten anger vattnets totala ledningsförmåga. Mycket höga värden är ofta förknippade med höga klorid- och natriumhalter. Orsaker är vanligen påverkan av relik salt eller bräckt vatten eller pågående saltvatteninträngning i kustområden.

356 st. brunnar i jord

503 st. brunnar i berg



Resultat – Backamo och Grinneröd

Grundvattnets kemiska sammansättning i de undersökta jordavlagringarna i Backamo och Grinneröd sammanfattas utifrån följande analyser:

- Prov i samband med drivning av observationsrör i denna undersökning (lokalerna RSG02 och RSG03; tabell 6 och lokalernas läge i avsnittet ”Grundvattentillgångar i Uddevalla kommun – Resultat”.
- Provtagning av gemensamma vattentäkter och källor i samband med rutinkontroller och miljöövervakning (lokalerna ALH01, ALH04 och ALH17, lokalernas läge i avsnittet ”Grundvattentillgångar i Uddevalla kommun – Resultat”).
- Analyser utförda på enskilda brunnar (avsnittet ”Grundvattnets kemiska sammansättning i Uddevalla kommun”).

Grundvattnet i Backamo och Grinneröd har låg buffertförmåga med alkalinitet oftast <60 mg/l och pH<6,5. Beroende på luftning i samband med provtagning ur observationsrören, är pH-värdena betydligt högre i proven från observationsrören (tabell 6) än i övriga analyser. Halterna av kalcium, magnesium, natrium, kalium, klorid och sulfat är typiska för grundvatten i relativt kustnära områden. Halterna styrs av nederbördens sammansättning och en geokemisk markmiljö med begränsad mängd tillgängliga lättvittrade mineral. Nitrathalten är vanligen låga, men förhöjd nitrat halt i prov från Grinnerödsavlagringen har konstaterats. I Backamo finns vid lokal RSG03 antydning till påverkan av nitrat. Annan förorening av kväve eller fosfor har inte konstaterats i använt analysmaterial.

Inom övervakningen av grundvatten i Västra Götalands län ingår den gemensamma vattentäkt i Backamo med källflöde som här betecknas ALH17 (se fig. 15). Kemiska analyser finns från början av 1970-talet. Tidsserierna i figur 34 visar på utvecklingen i pH och alkalinitet under drygt 30 år. Under perioden har pH-värdet oftast legat inom intervallet 6,0–6,3. För alkalinitet finns en generellt nedåtgående tendens, undantaget de sista åren i serien. Variationerna är dock relativt små, med de flesta analyserna inom intervallet 10–13 mg/l.

Tabell 6. Resultat av analys av grundvattenprov tagna vid drivning av observationsrör i Backamo och Grinneröd. Från observationsrören har provtagning skett av tillrinnande grundvatten efter att röret blåsts rent från löst jordmaterial. Tryckförändringar vid provtagningen kan påverka den kemiska sammansättningen, speciellt pH och alkalinitet.

Lokal		RSG02	RSG02	RSG02	RSG03
Provtagningsdjup		16–17 m	20–21 m	24–25 m	8–9 m
Avlagring		Grinneröd	Grinneröd	Grinneröd	Backamo
X-koordinat		6458431	6458431	6458431	6457323
Y-koordinat		1274044	1274044	1274044	1275591
Datum provtagning		2002-09-03	2002-09-03	2002-09-03	2002-09-04
Konduktivitet 25°	mS/m	19,3	19,7	20,4	21,1
pH		7,8	7,8	7,9	7,6
Alkalinitet (HCO ₃)	mg/l	68	63	75	43
Totalhårdhet, Ca+Mg	mg/l	34	32	66	23
Ca	mg/l	20	18	41	13
Mg	mg/l	8,6	8,2	15	6,2
Na	mg/l	13	14	14	22
K	mg/l	5	6	8	3
NH ₄ -N	mg/l	0,042	0,092	0,075	0,008
NO ₂ -N	mg/l	0,004	0,006	0,007	0,002
NO ₃ -N	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	1,3
PO ₄ -P	mg/l	0,032	0,018	0,021	0,007
F	mg/l	0,23	0,36	0,34	<0,1
Cl	mg/l	18	20	19	33
SO ₄	mg/l	14	13	12	10

METODBESKRIVNINGAR

Seismik

Grundläggande principer

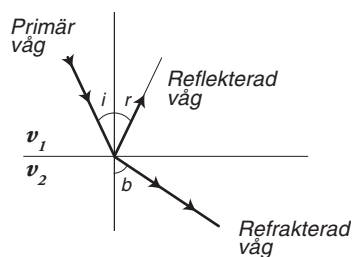
Den metod som används vid grundvattenundersökningar kallas refraktionsseismik. Det är en geofysisk mätmetod som baseras på elastiska vågors utbredning i marken. Vågornas utbredningshastighet skiljer sig mellan olika jord- och bergarter vilket gör det möjligt att beräkna lagermaktigheter och bedöma vissa 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

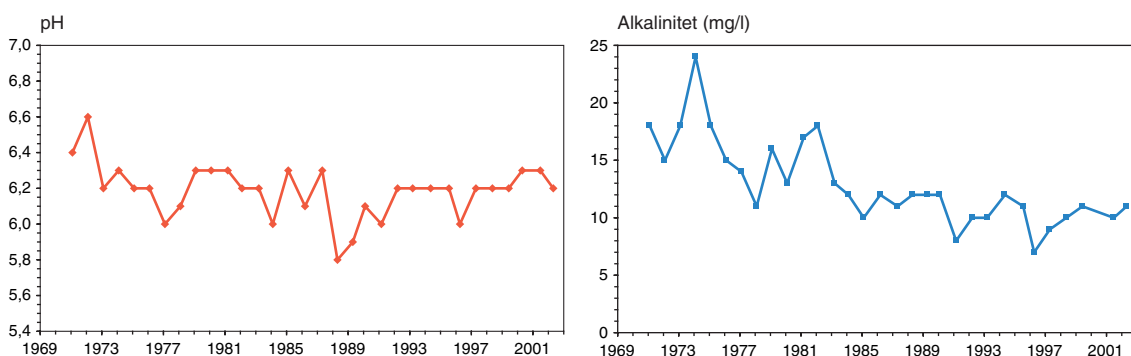
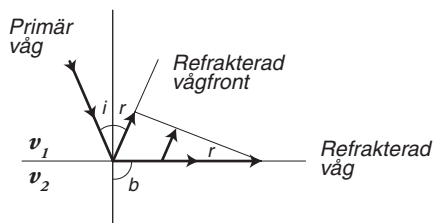


Om hastigheten ökar mot djupet inträffar vid en viss infallsvinkel kritisk refraction, vilket innebär att vågstrålen efter passage av skiktgränsen går parallellt med denna. Infallsvinkeln vid kritisk refraction är

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

och

$$b = 90^\circ$$



Figur 34. Analys av pH och alkalinitet mellan åren 1971 och 2002 från den gemensamma vattentäkten norr om Backamo flygplats (ALH17).

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 markens rörelse i 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. gångtidsskurvor 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.

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 2 800 m/s i vattenmättad, hårt packad morän. De sedimentära bergarterna har hastigheter från ca 3 000 m/s och upp emot 6 000 m/s. I urberget är hastigheten vanligen 5 000–6 000 m/s, men kan i basiska bergarter nå 7 000 m/s (se fig. 35). Dessa förhållandevis enkla fysikaliska förhållanden har medfört att refraktionsseismiken oftast ger goda undersökningsresultat.

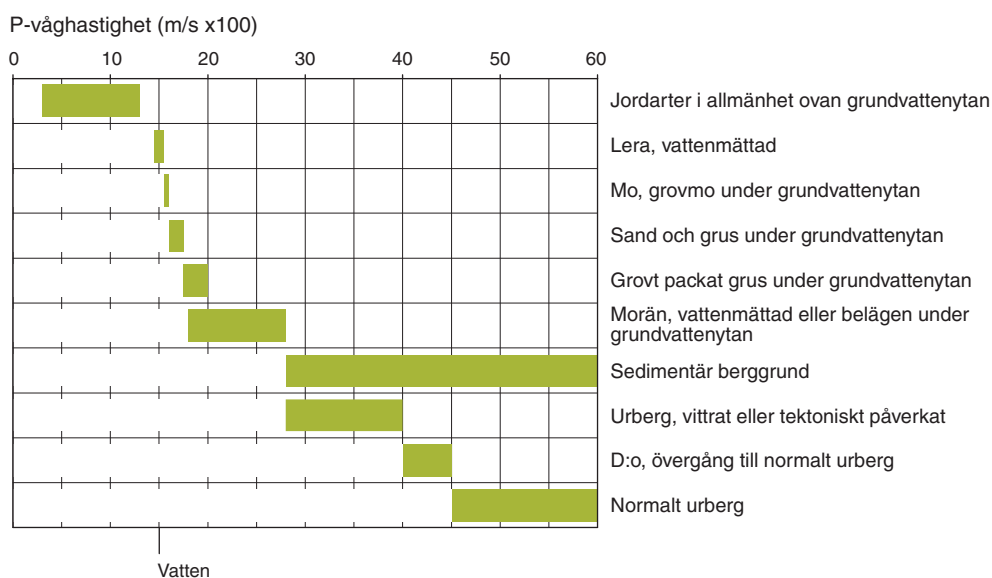


Fig. 35. Seismiska hastigheter i olika jord- och bergarter. Begreppet tektoniskt påverkat urberg avser i första hand sprickzoner, vilka vanligen är mer vattenförande än omgivande berggrund.

Tillämpningsområden

Refraktionsseismik används bl.a. för att:

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

Kriging och variogramanalys

Kriging är en interpolationsmetod för att förutsäga rumsliga värden. Metoden är namngiven efter Kriges, 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 sin standardvikt och en summering görs. Matematiskt kan detta uttryckas:

$$\frac{\sum_{j=1, n} w_j C_{ij}}{\sum_{j=1, n} w_j} + \mu = C_{i0}, i = 1, \dots, n$$

; där

C_{ij} är covariansen mellan i och j
 0 är punkten vars värde ska beräknas
 w är vikten

Vid interpolering med kriging används inte punkter utanför det område man definierar (range). För att bestämma vilka punkter som ska användas 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 36 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 måste vara riktiga:

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.

Särskilt viktigt är att tröskelvärde 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.

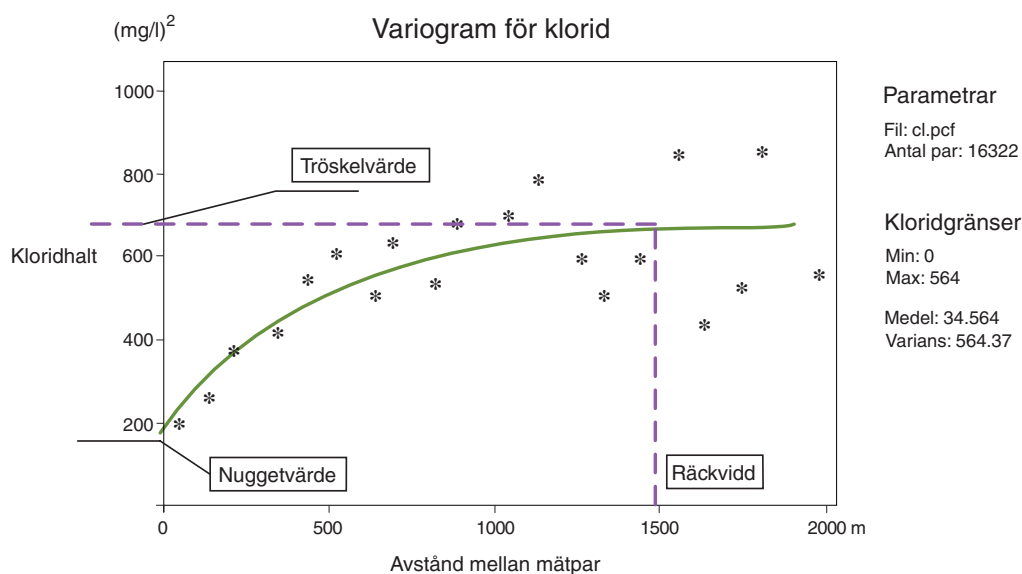


Fig. 36. Exempel på variogramanalys, här är variansen på kloridhalten plottad mot avståndet. Räckvidd – variansområde, nuggetvärde – lägsta varians.

DOKUMENTATION AV FÄLTARBETEN

Förutom följande dokumentation finns geofysiska mätningar, borrhningar och inventerade brunnar fullständigt dokumenterade i databaser.

Geofysiska mätningar

I projektet har 11 refraktionsseismiska undersökningar och 10 georadarprofiler utförts. Dessa redovisas i tabell 7.

Tabell 7. Lägeskoordinater (x, y) i rikets nät för de geofysiska undersökningarna. Refraktionsseismiska undersökningar betecknas S1-02 osv. och georadarundersökningar R1-02 osv.

Profil	x start	y start	x slut	y slut	Plats
S1-02	6457759	1275220	6457713	1275428	Backamo
S2-02	6458221	1274859	6458124	1275077	Backamo
S3-02	6458455	1274597	6458301	1274762	Grinneröd
S4-02	6458528	1274208	6458501	1274434	Grinneröd
S5-02	6458499	1273657	6458475	1273887	Grinneröd
S6-02	6458351	1274069	6458194	1274224	Grinneröd
S7-02	6458087	1273836	6458009	1274040	Backamo
S8-02	6458475	1273887	6458475	1274115	Grinneröd
S9-02	6457412	1275534	6457187	1275540	Backamo
S10-02	6458025	1274671	6457971	1274895	Backamo
S11-02	6457652	1273970	6457640	1274200	Backamo
R1-02	6457306	1275229	6457764	1275462	Backamo
R4-02	6457304	1274979	6457752	1274621	Backamo
R5-02	6457741	1274826	6458266	1274916	Backamo
R6-02	6456353	1274207	6457254	1275200	Backamo
R7-02	6457024	1274471	6457199	1275131	Backamo
R8-02	6457179	1275438	6457393	1275607	Backamo
R9-02	6457393	1275061	6457811	1274861	Backamo
R10-02	6457746	1274720	6457867	1274398	Grinneröd
R11-02	6457945	1274367	6458095	1274057	Grinneröd
R12-02	6458247	1273974	6458337	1276667	Grinneröd

Borrningar

I tabell 8 redovisas de rördrivningar och sonderande borrningar som utförts av SGU inom denna kartläggning av grundvatten i Uddevalla kommun.

Tabell 8. Borrningar i Backamo, Grinneröd och Backa. Spetsar är observationsrör för mätning av grundvattennivåer. *Djup till* innebär djupet från markytan till registrerad undre del på det lager som anges.

Observationsplats	X	Y	Z (m ö.h.)	Obstyp	Lagernr	Jordart	Djup till (m)
RSG2003010701	6458237	1274889	106,21	spets	1	mellansand	3
					2	morän	10,8
RSG2003010702	6458431	1274044	97,65	spets	1	finsand	9
					2	mellansand	25
					3	stenig sand	27,5
					4	sand	40,5
RSG2003010703	6457323	1275591	102,96	spets	1	finsand	3
					2	mellansand	7
					3	grovsand	9
					4	grusig sand	13
					5	sand	20
RSG2003010704	6476974	1257658	36	spets	1	sand	8
RSG2003010705	6458213	1274948	100	spets	1	grusig sand	1,8
					2	lera	9
					3	lerig sand	13,3
					4	sand	20,8
					5	finsand	24
ALH2002121019	6458184	1274941	100,79	sondering	1	finsand	5
					2	sandig morän	8,8
ALH2002121020	6458204	1274201	94,45	spets	1	sand	9
ALH2002121021	6458144	1275036	99,47	sondering	1	siltig lera	4
					2	sand	5,7
					3	lerig silt	17
ALH2002121022	6458412	1274620	98,65	sondering	1	sand	2
					2	lera	7,5
					3	siltig finsand	21
ALH2002121023	6458356	1274859	103,89	sondering	1	grusig sand	2,3
					2	silt	7,2
					3	sandig silt	17
					4	siltig lera	24,7
ALH2002121024	6458025	1275083	98,41	sondering	1	sandig silt	1,8
					2	sand	2,8
					3	sandig silt	7,8
ALH2002121025	6457375	1275456	102,06	sondering	1	sandig silt	4
					2	stenigt grus	7,2
LLG2002121901	6457737	1275327	98,62	sondering	1	lera	4
					2	sandig silt	6,5
					3	siltig sand	11
					4	sand	16
LLG2002121902	6458146	1275066	98,6	sondering	1	grusig sand	4
LLG2002121903	6458027	1274868	109	sondering	1	morän	2
LLG2002121904	6458305	1274100	95,5	sondering	1	grusig sand	3,7
LLG2002121905	6458402	1274031	98	sondering	1	finsand	11
LLG2002121906	6458548	1274072	99	sondering	1	grovsilt-finsand	3
LLG2002121907	6458508	1273808	99,5	sondering	1	stenigt grus	1
LLG2002121908	6457351	1275325	110	sondering	1	stenigt grus	2,4
					2	sand	4,3
					3	sandigt grus	7,2
LLG2002121909	6457848	1274446	87,03	sondering	1	finsand	2,2
					2	siltig lera	12
					3	stenigt grus	15,5

Inventering av brunnar och observationsrör

Inventeringen har omfattat brunnar i Backamo, Grinneröd och Backa.

Tabell 9. Inventering av brunnar och observationsrör. Djup avser djupet under markytan. Rök = rör- eller brunnsöverkant i meter över havet (RH70 eller RH90). Om nivåer uppmätts vid flera tillfällen anges dessa efter mätdatum som (1) vid första tillfället, (2) vid andra, osv. Nivå = grundvattenytans nivå i meter över havet.

Beteckning SGU	X	Y	Obstyp	Djup (m)	Rök (m ö.h.)	Mätdatum	Nivå (m ö.h.)
ALH2002121001	6458610	1273577	källa		73,79	2001-08-20 (1)	73,79
						2002-09-27 (2)	73,79
ALH2002121002	6458725	1273833	källa		92,33	2001-08-20 (1)	92,13
						2002-09-26 (2)	92,17
ALH2002121003	6458950	1274169	schaktbrunn	6,0	105,71	2001-08-20 (1)	101,21
						2002-09-27 (2)	100,63
ALH2002121004	6457174	1274348	källa	1,8	98,70	2001-08-20 (1)	98,50
						2002-09-27 (2)	98,17
						2002-11-05 (3)	98,14
ALH2002121005	6485230	1273827	schaktbrunn	9	93,46	2001-08-22 (1)	88,36
						2002-09-26 (2)	88,31
						2002-11-05 (3)	88,28
ALH2002121006	6456202	1274323	schaktbrunn	3,5	127,63	2001-08-22 (1)	125,93
						2002-09-27 (2)	125,50
ALH2002121007	6458078	1273467	schaktbrunn	2,0	68,70	2001-08-22 (1)	68,15
						2002-09-26 (2)	67,30
ALH2002121008	6458024	1272987	schaktbrunn	4,5	61,72	2001-08-22 (1)	60,22
						2002-09-26 (2)	60,98
ALH2002121009	6456997	1273858	schaktbrunn	1,9	82,84	2001-08-24 (1)	81,94
						2002-09-27 (2)	81,94
ALH2002121010	6457061	1274424	schaktbrunn	3,4	122,57	2001-08-24 (1)	122,02
						2002-09-27 (2)	121,62
ALH2002121011	6455950	1274142	schaktbrunn	3,2	124,86	2001-08-24 (1)	123,36
						2002-09-27 (2)	122,24
						2002-11-05 (3)	123,01
ALH2002121012	6456090	1274107	schaktbrunn	3,3	121,41	2002-09-27 (1)	120,54
						2002-11-05 (2)	120,80
ALH2002121013	6456433	1273630	schaktbrunn	0,8	95,22	2001-08-24 (1)	94,67
						2002-09-27 (2)	95,04
						2002-10-05 (3)	95,05
ALH2002121014	6458524	1275009	schaktbrunn		99,30	2002-10-09	97,85
ALH2002121015	6458486	1273528	schaktbrunn		74,89	2002-09-27	74,47
ALH2002121016	6458698	1273290	schaktbrunn		50,44	2002-09-27	49,90
ALH2002121017	6457131	1274576	källa		112,57	2002-09-27	111,98
ALH2002121018	6458566	1272993	schaktbrunn		57,64	2002-09-27	57,27
ALH2002121019	6458184	1274941	spets	8,8	101,39	2002-08-22 (1)	99,48
						2002-09-04 (2)	99,41
ALH2002121020	6458204	1274201	spets	8,6	95,00	2002-08-22 (1)	86,49
						2002-09-04 (2)	87,98
ALH2002121021	6458144	1275036	spets	3,0	100,07	2002-08-22 (1)	98,28
						2002-09-04 (2)	98,19
						2002-10-09 (3)	98,02
						2002-11-05 (4)	98,10
ALH2002121022	6458412	1274620	spets	4,0	98,75	2002-08-22 (1)	95,51
						2002-10-09 (2)	95,06
ALH2002121023	6458356	1274859	spets	2,0	103,89	2002-05-14	102,59
ALH2002121024	6458025	1275083	spets	2,0	98,95	2002-08-22 (1)	97,93
						2002-09-03 (2)	97,90
						2002-10-09 (3)	97,95
						2002-11-05 (4)	98,09

Beteckning SGU	X	Y	Obstyp	Djup (m)	Rök (m ö.h.)	Mätdatum	Nivå (m ö.h.)
ALH2002121025	6457375	1275456	spets	3,8	102,06	2002-09-02 (1)	99,28
						2002-11-06 (2)	99,58
RSG2003010701			spets	10,8	107,21	2002-09-03	100,51
RSG2003010702	6458431	1274044	spets	40,5	98,65	2002-08-03	84,06
RSG2003010703	6457323	1275591	spets	20,0	103,96	2002-09-05	98,96
RSG2003010704	6476974	1257658	spets	8,0	36,93	2002-11-06	30,73

LITTERATUR OCH GRUNDVATTENKARTOR

Allmän litteratur och referenser

- Aastrup, M., 1994: Grundvattenövervakning inom PMK. Rapport från verksamheten 1994. *Naturvårdsverket, Rapport 4128*, 52 s.
- Aastrup, M., Thunholm, B., Johnson, J., Bertills, U. & Berntell, A., 1995: Grundvattnets kemi i Sverige. *Naturvårdsverket, Rapport 4415*.
- Agerstrand, T., 1973: Praktisk geohydrologi. I: P. Brink, T. Cewé, E. Olerud, C. Ramel, H. Sjörs & M. Falkenmark (red.): *Vattenmiljön, Praktisk miljökunskap*. Natur och Kultur, Stockholm, 53–80.
- Alexandersson, B., 1996: Beredskapsläget i storstadslän. Vattenförsörjningen i Göteborgs och Bohus län. Länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län och *Livsmedelsverket, Rapport*.
- Andersson, A.C., Andersson, O. & Gustafson, G., 1984: Brunnar: undersökning – dimensionering – borrning – drift. *Byggforskningsrådet R 42:1984*, 260 s.
- Andersson, S., Eriksson, A. & Åbyhammar, T., 1980: Utvinning av värme ur bergborrade brunnar. Förstudie. *BFR-rapport R 142:1980*, 93 s.
- BBK, 1991: *PM beträffande den framtida vattenförsörjningen för tätorten Ljungskile, Uddevalla kommun*. Beteckning 5685:462.
- Bengtsson, L., Larsson, M., Nilsson, Å. & Stjernman, I., 1981: Grundvatten och förorening i Göteborgs och Bohus län. *Länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län, Rapport*.
- Bengtsson, M.-L., 1996: Hydrogeologisk sårbarhetsklassificering som verktyg i kommunal planering. Med exempel från Lerums kommun. Geologiska institutionen, *Chalmers tekniska högskola, Publ. A 81*, 123 s.
- Bengtsson, M.-L. & Gustafson, G., 1996: Bedömning av grundvatten utgående från grundvattenmiljöer. *Geologiska institutionen, Chalmers tekniska högskola, Publ. B 426*.
- Berg, C., 1993: Grundvattnets tillstånd i Göteborgs och Bohus län. *Länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län, Miljövårdsenheten, Publ. 1993:2*.
- Berg, C. & Sterner, M., 1994: Skyddsområden för vattentäkter i Göteborgs och Bohus län. *Länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län, Miljövårdsrapport 1994:14*.
- Bergman, G., 1972: Bestämning av infiltrationskoefficienter för bergytor och perkolationsbanor i jordlager. *Kvartärgeologiska institutionen, Stockholms universitet*, 87 s.
- Bergstedt, O., Paxéus, N. & Rydberg, H., 1999: Miljöföroreningar i dricksvatten. *VAV, VA-Forsk Rapport nr 1999-2*.
- Bergström, S., 1993: *Sveriges hydrologi – grundläggande hydrologiska förhållanden*. SMHI, 138 s.
- Bertills, U., von Brömssen, U. & Sarr, M., 1989: Föroreningssläget i enskilda vattentäkter i Sverige. *Naturvårdsverket, Rapport 3567*, 157 s.
- Björnsjö, N., 1949: Israndstudier i södra Bohuslän. *Sveriges geologiska undersökning C 504*, 321 s.
- Brink, R. & Tullberg, H., 1982: Att utvinna och lagra värme i mark och vatten. Juridiska aspekter. *BFR T 44: 1982*.
- von Brömssen, U., 1968: *Grundvattenbildning i geologiskt olika terrängavsnitt: försök till bestämning av infiltrationskoefficienter*. Särtryck ur: Teknik Metod Analys. Stockholm.
- Byggeforskningsrådet, 1982: Bergvärme, grundvattenvärme och geotermi. BFR-seminarium maj 1982. *Rapport R130:1982*, 75 s.

- Carlsson, A. & Olsson, T., 1977: Hydraulic properties of Swedish crystalline rocks. *The Bulletin of the Geological Institutions of the University of Uppsala, N.S.* 7, 71–84.
- Carlsson, L., 1970: Metoder för praktisk bestämning av grundvattnets strömningshastighet. *Inst. för vattenförsörjnings- och avloppsteknik, Chalmers tekniska högskola, Serie B 70:1*, 124 s.
- Carlsson, L. & Carlstedt, A., 1977: Estimation of transmissivity and permeability in Swedish bedrocks. *Nordic Hydrology* 8, 103–116.
- Carlsson, L. & Gustafsson, G., 1984: Provpumpning som geohydrologisk undersökningsmetodik. *Byggforskningsrådet R41: 1984*, 124 s.
- Cedhagen, M. & Vikner, B., 1985: Försurning av mark och vatten i Göteborgs och Bohus län. Miljöfakta i Göteborgs och Bohus län. *Länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län, Naturvårdsenheten, Publ. 1985:1*.
- De Geer, J., 1970: Några hydrogeologiska synpunkter på jordtäckets akviferer främst åsarnas. I E. Eriksson, Y. Gustafsson & K. Nilsson (red.) *Grundvatten*. Norstedt & Söner förlag, Stockholm, 82–109.
- Dressie, Z., 1987: Recharge and soil water studies using different models and methods. Avdelningen för Hydrologi, *Naturgeografiska institutionen, Uppsala universitet. Report Series A 2 & 39*, 93 s.
- Engdahl, M., 2001: Jordartskartan 8B Vänersborg SV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ae 151*.
- Engdahl, M. & Lång, L.-O., 2000: *Vattenbalansberäkningar för Ulvesundsområdet, Uddevalla kommun*. Utredning utförd på uppdrag av Uddevalla kommun, Miljö och Stadsbyggnad, 23 s.
- Engdahl, M. & Lång, L.-O., 2003: Vattenbalansberäkning Laneberg, Uddevalla kommun. *SGU-rapport 2003:17*, 22 s.
- Engdahl, M., Fogdestam, B. & Engqvist, P., 1999: Beskrivning till kartan över grundvattnet i Västra Götalands län, västra delen, f.d. Göteborgs och Bohus län. *Sveriges geologiska undersökning Ah 12*, 52 s.
- Engqvist, P., Olsson, T. & Svensson, T., 1978: *Pumping and recovery tests in wells sunk in till*. Nordic Hydrological Conference and Second Nordic IHP meeting, Hanasaari Cultural Centre, July 31–August 3, 1978, Papers of workshops. Helsinki, 42–51.
- Eriksson, A., 1981: Energibrunnar. *Sveriges geologiska undersökning. Information från brunnarkivet 1/81*, 14–16.
- Flentzberg, A., 1909: Offerkällor och trefaldighetskällor. *Fataburen* 65–84, 141–149.
- Fredén, C., 1984: Beskrivning till jordartskartan Vänersborg SO. *Sveriges geologiska undersökning Ae 48*.
- Fredén, C. (temaredaktör), 1994: *Berg och jord*. Sveriges Nationalatlas, 208 s.
- Frycklund, C., Jacks, G., Johansson, P.-O. & Lekander, K., 1994: Konstgjord grundvattenbildning—Processer vid inducerad infiltration och bassänginfiltration. *VAV, VA-Forsk Rapport nr 1994-08*.
- Granberg, G., 1934: Den kalendärt fixerade källdrickningen. *Folkminnen och folktankar* 21, 20–34, 56–75.
- Grip, H. & Rodhe, A., 1988: *Vattnets väg från regn till bäck*. Hallgren & Fallgren Studieförlag AB. Uppsala, 155 s.
- Gustafson, G., 1974: A method of calculating the hydraulic properties of esker aquifers. *Nord. Hydrol. Conf. Aalborg 1974*, 525–543.
- Gustafson, G., 1976: A method of calculating the hydraulic properties of leaky esker-aquifer systems. Nordic Hydrologic Conference, Reykjavik 1976, IV 47–64. Även i: *Nordic Hydrology* 8, 1977, 65–82. Reykjavik.
- Gustafson, G., Norling, E., Ahlbom, K., De Geer, J., Hård, S., Karlqvist, L., Persson, G. & Thoregren, U., 1980: Energigeologisk kartering. Metodstudie. *Byggforskningsrådet R 134:1980*.
- Gustafsson, Y., 1970: Topografins inverkan på grundvattenbildningen. I E. Eriksson, Y. Gustafsson & K. Nilsson (red.) *Grundvatten*. Norstedt & Söner förlag, Stockholm, 15–33.
- Horneby, G., 1996: Ökad säkerhet och beredskap inom vattenförsörjningen. Inventering av befintliga vattentäkter. *Överstyrelsen för Civil Beredskap, forskningsrapport 1996:7*.
- Hult, A., 1998: Dricksvattensituationen i Sverige. *VAV, VA-Forsk Rapport nr 1998-15*.
- Hult, A., 1991: *Källan till vattnet*. Anders Hult & Gidlunds Bokförlag, Värnamo, 197 s.

- Hydén, H., 1983: Energiutvinning ur kommunala grundvattentäkter. *Byggforskningsrådet rapporter R:47*, 58 s.
- Johansson, P.-O., 1987: Methods for estimation of direct natural groundwater recharge in humid climates – with examples from sandy till aquifers in southern Sweden. *Institutionen för kulturteknik. Kungliga tekniska högskolan. Meddelande TRITA-KUT 1045*, 19 s.
- Johansson, P.-O., 1987: Spring discharge and aquifer characteristics in a sandy till area in southeastern Sweden. *Nordic Hydrology* 18, 203–220.
- Janovskis, J., 1986: Grundvatten i O-län 1985. *Länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län, Naturvårdsenheten, Publ. 1986:2*.
- Jonasson, S.A., Lång, L.-O. & Swedberg, S., 1985: Faktorer som påverkar pH och alkalinitet. En analys av brunnsvatten i sydvästra Sverige. *Statens Naturvårdsverk, Rapport 3021*, 84 s.
- Knutsson, G., 1979: Hydrogeologisk översiktsskartering av Sverige. *Vannet i Norden Nr 1*.
- Knutsson, G. & Morfeldt, C.-O., 1993: *Grundvatten, teori och tillämpning*. AB Svensk Byggtjänst, Solna, 304 s.
- Knutz, Å., Svensson, T., Lindmark, P., Rosén, B., Eriksson, A. & Landin, O., 1995: Yt- och grundvattenskydd. *Vägverket Publikation, 1995:1*, 33 s.
- Larsson, I., 1972: Groundwater in granite rocks and tectonic models. *Nordic Hydrology* 3, 111–129.
- Larsson, I., 1977: Torra och vattenrika bergartstyper i svenskt urberg. *Vatten* 33, 96–101.
- Lerner, D.N., Issar, A.S. & Simmers, I., 1990: *Groundwater recharge. A guide to understanding and estimating natural recharge*. International Association of Hydrogeologists. Hannover, Heise. (International contributions to hydrogeology. vol. 8.), 345 s.
- Lindman, E.-K. & Mattson, E., 1982: *Försurningens inverkan på korrosionen i vattenledningar av koppar*. Korrosionsinstitutet. Stockholm, 79 s.
- Livsmedelsverket, 1993: Livsmedelsverkets kungörelse om dricksvatten. *SLV FS 1993:35*.
- Livsmedelsverket, 2001: Livsmedelsverkets föreskrifter om dricksvatten. *SLV FS 2001:30*.
- Lång, L.-O., 1995: Geological influence upon soil and groundwater acidification in southwestern Sweden. *Ph.D. Thesis. Geologiska institutionen., Geovetarcentrum, GU, A 6*, 85 s.
- Lång, L.-O. & Swedberg, S., 1988: Karta över grundvattnets surhet i Göteborgs och Bohus län. *Naturvårdsenheten, Länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län, Publ 1988:1*, 33 s.
- Lång, L.-O. & Swedberg, S., 1995: Selection of springs for the groundwater monitoring program in the province of Göteborg and Bohus, SW Sweden. *Water, Air, and Soil Pollution* 85, 1837–1842.
- Lång L.-O. & Villalba R.E., 1998: Resultat från grundvattenövervakning i Göteborgs och Bohus län 1962–1997. *Länsstyrelsen Västra Götaland 1998:25*, 47 s.
- Lång, L.-O., Engdahl, M. & Fagerlind, T., 1999: *Vattenbalansberäkningar för Ammenäsområdet, Uddevalla kommun*. Utredning utförd på uppdrag av Uddevalla kommun, Miljö och Stadsbyggnad, 22 s.
- Lång, L.-O., Book, S., Bramstång, O., Hellgren, L.-G. & Oscarsson, R., 2000: Groundwater mapping in Göteborg. I T. Nilsson (red.) XXI Nordic Hydrological Conference. Nordic Association for Hydrology, Uppsala, Sweden, 26–30 June 2000. *NHP Report 46*, 578–584.
- Länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län, 1981: *Grundvatten och försurning i Göteborgs och Bohus län*. Naturvårdsenheten.
- Länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län, 1996: Regional övervakning i Göteborgs och Bohus län 1995–1998. *Programområde Grundvatten – Miljöavdelningen, Länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län, Publ 1996:15*, 53–56.
- Maxe, L. & Johansson, P.-O., 1998: Assessing groundwater vulnerability using travel time and specific surface area as indicators. *Hydrogeology Journal* 6, 441–449.
- Müllern, C.-F., 1980: Airborne geophysical measurements used for hydrogeological mapping. 6:e Nordiska Hydrologiska Konferensen. *Naturgeografiska Institutionen, Uppsala Universitet, Rapport Nr 53*, 135–142.
- Naturvårdsverket, 1991: Grundvattentäkter. Skyddsområden – skyddsföreskrifter. *Allmänna råd 90:15*.
- Naturvårdsverket, 1999a: Bedömningsgrunder för miljö kvalitet – grundvatten. *Rapport 4915*, 139 s.
- Naturvårdsverket, 1999b: Metodik för inventering av förorenade områden. *Rapport 4918*, 150 s.

- Nordberg, L. & Persson, G., 1979: *Vårt vatten – tillgång, utnyttjande*. LTs förlag, Stockholm, 143 s.
- Nordic Hydrological Programme, 1994: Salt groundwater in the Nordic countries. *NHP Report no 35*, 153 s.
- Nyberg, L., 1995: Soil- and groundwater distribution, flowpaths, and transit times in a small till catchment. Ph.D. Thesis. *Acta Universitatis Upsaliensis, Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology* 97.
- Olofsson, B., 1996: Salt groundwater in Sweden – occurrence and origin. 14th Salt Water Intrusion Meeting, SWIM 96, 16–21 June 1996, Malmö, Sweden. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden* 87, 91–100.
- Olofsson, B. & Ericsson, L.O., 1985: Miljöförändringar vid värmeutvinning ur berg och grundvatten. *Bygghälsningsrådet rapporter R 149*, 142 s.
- Persson, G., 1992: Groundwater protection and vulnerability maps in Sweden. *Mem. Descr. Carta Geol. d'Italia Vol. XLII*.
- Pousette, J., 1988: Groundwater Documentation in Sweden. *WHO Water Quality Bulletin 13, 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. Hannover, Federal Republic of Germany.
- Pousette, J., 1994: *Shallow groundwater in Sweden – a vulnerable resource*. Water Down Under '94, Preprints of Papers, IEAust, Barton, Australia.
- Programmet för övervakning öv miljökvalitet (PMK), 1986: *Monitor: Sura och försurade vatten*. Statens naturvårdsverk.
- Rodhe, A., 1987: The origin of streamwater traced by oxygen-18. *Rep. Ser. A, No 41, Div. of Hydrology, Uppsala universitet*, 260 s.
- Rosén, L., 1989: *Sårbarhetsklassificering av grundvattnet i Uddevalla kommun*. P&L Mark- och miljökonsult. Uddevalla.
- Samuelsson, M., 1983: Ytligt grundvatten – kemi och omsättning. En studie av källor i skogsmark. Institutionen för kulturteknik. Kungliga tekniska högskolan. *Meddelande TRITA-KUT 3023*, 54 s.
- Sandberg, B., 1982: *Korrosion på markförlagda konstruktioner – påverkan av markförsurning*. Korrosionsinstitutet, Stockholm, 36 s.
- Saxena, R. & Dressie, Z., 1983: Estimation of groundwater recharge and moisture movement in sandy formations by tracing natural o-18 and injected tritium profiles in the unsaturated zone. *Isotope hydrology (Proc. Symp. Vienna, 1983), IAEA, Vienna*, 139–150.
- Statens offentliga utredningar, 1994: Reglering av vattenuttag ur enskilda brunnar. Delbetänkande av Grundvattenutredningen. *SOU 1994:97*, 130 s.
- Sundlöf, B. & Kronqvist, L., 1992: Konstgjord grundvattenbildning. *VAVVA-Forsk Rapport nr 1992-13*, 52 s.
- SGU, 1985: Svenskt vattenarkiv, Grundvattennätet. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden* 43, 120 s.
- Svenska Vatten och Avloppsverksföreningen, 1994: Dricksvattenteknik. Grundvatten. *VAV P71*, 57 s.
- 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. *VAV M98*.
- Svensson, C., 1984: Analys och användning av grundvattenobservationer. *Geologiska institutionen, Chalmers tekniska högskola / Göteborgs universitet, Publ. A 49*.
- Swedberg, S., 1989: Groundwater acidification in southwestern Sweden. Long-term changes in groundwater chemistry. *Geologiska institutionen, Chalmers tekniska högskola / Göteborgs universitet, Publ. A 67*, 103 s.
- Swedberg, S., 1991: Skyddsområden för vattentäkter i Göteborgs och Bohus län. *Vatten* 47, 105–107.
- Swedberg, S., 1995: Regional groundwater monitoring and examples of acidification trends in the province of Göteborg and Bohus, southwestern Sweden. *Water, Air, and Soil Pollution* 85, 1843–1848.

- Söderström, M.L., 1987: Inventering av skyddsvärda källor i Göteborgs och Bohus län. *Miljöfakta i Göteborgs och Bohus län, Länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län, Naturvårdsenheten, Rapport 1987:12*.
- Tekniska Nomenklaturcentralen, 1970: Vattenordlista 2. *TNC 45*.
- Tekniska Nomenklaturcentralen, 1984: Geologisk ordlista. *TNC 77*.
- Tilly, L., Maxe, L. & Johansson, P.-O., 1999: Spårämnesförsök som undersökningsmetodik vid konstgjord grundvattenbildning. *VAV, VA-Forsk Rapport nr 1999-14*.
- Uddevalla kommun, 1988: *Miljööversikt vatten*. Miljö- och Hälsoskyddskontoret, Uddevalla kommun.
- Uddevalla kommun, 2001: *Översiktsplan 2002 för Uddevalla kommun*. Samrådshandling september 2001.
- UNESCO, 1970: *International legend for hydrogeological maps*. UNESCO, Paris, 51 s.
- Wedel, P., 1978: Grundvattenbildning, samspelet jordlager och berggrund. Exemplifierat med ett försöksområde i Angered. *Chalmers tekniska högskola, geohydrologiska forskningsgruppen, medd. 22*.
- Wik, N.-G., Lundqvist, I., Selinus, O., Sivhed, U., Sundberg, A. & Wikström, A., 2002: Malmer, industriella mineral och bergarter i Västra Götalands län, inklusive kommunerna Habo och Mullsjö. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 108*, 232 s.
- Winqvist, G., 1953: Groundwater in Swedish Eskers. *Kungl. tekniska högskolans handlingar 61*, 91 s.
- Yang, Y., Lerner, D.N., Copperthwaite, N.H. & Barrett, M.H., 1999: Assessing the impact of Nottingham on groundwater using GIS. I J. Chilton (red.): *Groundwater in the Urban Environment: Selected City Profiles*, 281–287. Balkema.
- Överstyrelsen för Civil Beredskap, 1998: *Kommunal översiktsplanering för grundvattenförsörjning i krislägen*. Forskningsrapport. Stockholm.

Ej tryckta utredningar – urval

1957-09-16	Bjurströms Geotekniska byrå	2400-02	Grundförhållandena för områdena Boxhult och Unneröd, Uddevalla.
1960-12-11	Orrje&Co	3530-06	Utlåtande över grundundersökning för planerat industriområde vid Bräcke och Kuröd inom Uddevalla stad.
1970-04-24	Kommunerna konsultbyrå, LBF	6020-07	Utredning för tilläggsbelopp för grundläggnings- och grovplaneringskostnader vid småhusproduktion inom Skredsviks kommun, Göteborgs och Bohus län.
1970-07-09	Orrje&Co, Scandiaconsult	3520-02	Utlåtande över grundförhållanden för planerad maskinverkstad inom stg 1977, Kuröd i Uddevalla.
1973-01-23	K-konsult	6061-20	Redogörelse för preliminär grundundersökning för småbåtshamn vid Fröland, Uddevalla.
1973-09-13	K-konsult	4250-01	Området Fagerhult, Lane-Ryr, Uddevalla k:n. Översiktlig geoteknisk undersökning.
1973-10	Gatukontoret, Uddevalla k:n		Provpumpningsresultat Svensland – Berga grundvattentäkt, april 1973–oktober 2003.
1975-01-27	BBK	5013-01	Översiktlig grundundersökning för Anfasteröd, Hälle Bråten och Tjöstelsröd i Ljungskile.

1977-11-24	VIAK AB	84.1154-01	PM över utförda undersökningsborrningar i oktober 1977. Skredsvik, Uddevalla kommun.
1978-03-13	BBK	6200-01	Kompletterande geoteknisk undersökning för bostadsområde inom fast. Berga 2:8 i Hogstorp i Uddevalla k:n.
1978-06-01	BBK	6070-34	Geoteknisk undersökning för bostadsområde m.m. vid Misterödsdalen i Uddevalla k:n.
1979-05-23	BBK	6050-07	Geoteknisk undersökning för industriområden vid Toften.
1979-09-19	Orrje&Co, Scandiaconsult	6061-11	Stenutlastningsanläggning på Fröländ.
1980-10-21	Bohusgeo	0162-02	Geoteknisk undersökning för länsmuseum i Uddevalla. Rapport.
1981-06-10 1983-02-04	Bohusgeo	6000-04	Undersökning av den geotekniska stabiliteten inom bostadsområdet Åker – Kissleberg i Uddevalla.
1983-02-02	Geo-Väst AB	6070-30	Utlåtande beträffande geoteknisk undersökning för planerad vattenledning i Misterödsdalen Uddevalla, Uddevalla k:n.
1983-11-25	Bohusgeo	5020-02	Kompletterande utredning av den geotekniska stabiliteten inom delar av Tjöstelsrödområdet i Ljungkile, Uddevalla k:n.
1984-03-13	Gatukontoret, Uddevalla k:n	1984.178	Hogstorps idrottsförening: angående vattentäkt Hogstorp – ärende 1984.46-005.541
1984-04-02	Bohusgeo	6210-02	Geoteknisk utredning för industriområde inom Hogstorp i Uddevalla k:n.
1986-04-11	K-konsult	5030-14	Geoteknisk undersökning inom detaljområde Simmersröd (delområde A, B och C) i Ljungkile, Uddevalla k:n. Geoteknisk dokumentation.
1986-11-06	K-konsult	1100-10	Råvattenledning till Mariebergs vattenverk etapp II. Geoteknisk dokumentation.
1988-06-08	AB Jacobson&Widmark	6010-04	Herrestads Prästgård 1:41. Planerad butiks- och lagerbyggnad. Geoteknisk undersökning.
1988-08-25	K-konsult	5030-03	Utlåtande över geoteknisk undersökning för planerade bostadshus i Ljungkile, Uddevalla k:n.
1988-10-31	SGU	510202-5	Hydrogeologiska undersökningar vid Jordfall i Uddevalla kommun.
1989-05-08	Skanska teknik bygg	5120-01	Torrbruksanläggning, Backamo, Kolbengtseröd 1:14, Uddevalla k:n.

1989-10-21	SGU	7402	Provpumpning vid Råssbyn i Uddevalla kommun.
1990-01-16	VIAK AB	5414441048-06	Sundsandvik. Ny grundvattentäkt syd Bergs vatten. Uddevalla kommun.
1990-05-17	Miljö- och hälsoskydds kontoret, Uddevalla k:n		Grundvattenundersökning för Ljungskile vattenförsörjning
1990-11-13	K-konsult	6130-03	Utlåtande över geoteknisk undersökning för industriområdet inom del av Sten 1:3 i Uddevalla, Uddevalla k:n.
1990-12-13	GF Konsult AB	5001-10	Motorväg förbi Ljungskile m.m. Detaljplan.
1991-01-25	Bohusgeo	5350-02	Uddevalla k:n, Rosshbyn, Rosshbyn 1:19. Nybyggnation. Geoteknik – Rapport. Fält- och laboratorieresultat.
1991-10-11	AB Jacobson&Widmark	5012-06	Uddevalla k:n. Ljungskile Lyckornavägen. Geoteknisk undersökning för stabilitetsbedömning.
1993-06-14	Bohusgeo	6140-01	Utby Soldattorp 1:2 m.fl. Pumpstation, väg och överföringsledning.
1993-07-06	Bohusgeo	1111-01	Uddevalla k:n, Uddevalla. Adlersborgsvägen och Kokärrsvägen. Sanering av VA-ledningar. Geoteknisk rapport.
1996-06-19	Bohusgeo	6140-06	Utby Soldattorp 1:2, Utby 5:4, m.fl. Detaljplan.
1997-12-15 1998-12-15	Bohusgeo	6210-06	Hogstorp, Kråkeröd 1:36. Planerad skola Geoteknik – rapport. Undersökningsresultat.
2002-06-24	SWECO VIAK	1310354000	Vattenskydd Uddevalla – översiktlig kontroll. Uddevalla kommun.
2003-05-02	SWECO VIAK	1350975	Backamo grundvatten. Geohydrologisk undersökning. Undersökningsprogram. Uddevalla kommun.

SGUs Rapporter och meddelanden, valda exempel

- Nr 9. Grundvattentillgångar i Sverige. 1977.
- Nr 12. Sammanställning av hydrogeologiska data från Kristianstadsslätten. 1979.
- Nr 17. Modell för simulering av utbytesförlopp i ett sand – bentonitskikt. 1980.
- Nr 21. Groundwater-level fluctuations as a measure of the effective porosity and groundwater recharge. 1980.
- Nr 27. Intruded and relict groundwater of marine origin. SWIM -81. 1981.
- Nr 30. Radon – geological aspects of an environmental problem. 1982.
- Nr 37. Geokemisk kartering. 1984.
- Nr 39. Salt grundvatten i Sverige. 1985.

- Nr 42. Geokemisk kartering. Bäcktorv. 1985.
Nr 43. Grundvattennätet. Svenskt vattenarkiv. 1985.
Nr 44. Grundvattenkvalitet. Svenskt vattenarkiv. 1985.
Nr 57. Karbonat i jord. Del 4. Försurning i äldre sedimentlagerföljder med anknytning till och i jämförelse med nutid. 1990.
Nr 72. Radonhalten i grundvatten i granitområden i Malmöhus län. 1992.
Nr 86. Miljögeologi. Kartor för samhällsplanerare och miljövärdare. Exempel från Mittnordenområdet. 1996.
Nr 87. 14th Salt Water Intrusion Meeting, Malmö, SWIM -96. 1996.
Nr 99. Grundvattnets tillstånd i Sverige. Årsskrift från miljöövervakningen 1999.
Nr 114. Fördjupad utvärdering 2003: Grundvatten av god kvalitet.
Nr 115. Identifiering av geologiska formationer av nationell betydelse för vattenförsörjning.
Nr 129. Bra grundvatten idag och i framtiden. Fördjupad utvärdering av miljökvalitetsmålet Grundvatten av god kvalitet.

Grundvattenkartor

SGU serie Ag

Grundvattenkartor i skala 1:50 000

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.

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, utgivna på cd (finns även som databas).

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

SGU serie K

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

- | | |
|-----|---|
| 44 | Umeå |
| 49 | Västerås-Hallstahammar |
| 50 | Kristinehamn |
| 62 | Örkelljunga |
| 63 | Mölndal |
| 69 | Sigtuna (karta) |
| 78 | Ekerö |
| 82 | Halmstad (karta) |
| 83 | Köping |
| 88 | Eskilstuna–Kungsör (karta) |
| 89 | Helsingborg (karta) |
| 90 | Båstad (karta) |
| 91 | Heby (karta) |
| 92 | Botkyrka |
| 93 | Salem |
| 102 | Kävlinge (karta) |
| 103 | Staffanstorps, Burlöv och Lomma (karta) |

104	Landskrona (karta)
108	Uddevalla (karta)
109	Göteborg (karta)
110	Enköping (karta)
116	Lund (karta)
117	Malmö (karta)

Dessutom finns följande kartdatabaser tillgängliga:

Alingsås	Laholm	Södertälje
Haninge	Lerum	Vårgårda
Håbo	Norrtälje	Åstorp
Härryda	Nynäshamn	Ängelholm
Klippan	Partille	Örebro och Kumla samt del av
Kumla	Stockholm	angränsande kommuner