

Beskrivning till kartan

Grundvattenförekomster i Mölndals kommun

Lars-Ove Lång & Torbjörn Persson



Beskrivning till kartan
**Grundvattenförekomster i
Mölndals kommun**

Lars-Ove Lång & Torbjörn Persson

ISSN 1402-4195
ISBN 978-91-7158-772-5

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

Närmare upplysningar erhålls genom

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING
Box 670
751 28 UPPSALA
Tel: 018-17 90 00
Fax: 018-17 92 10
E-post: kundservice@sgu.se
Webbplats: www.sgu.se

Omslagsbild: Mustads källa vid Stensjön. Foto: Lars-Ove Lång.

FÖRORD

Kartan över grundvattenförekomsterna i Mölndals kommun ingår i en serie kommuninriktade grundvattenkartor som framställs av Sveriges geologiska undersökning, SGU. Kartläggningen syftar till att bedöma grundvattentillgångar och sammanfatta annan grundvatteninformation.

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 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. Kartan är också ett underlag vid arbete relaterat till EGs Ramdirektiv för vatten (EG 2000).

Den föreliggande kartan över grundvattenförekomster i Mölndals kommun är digitalt framställd i MapInfo. (Data är tillgängliga även i ArcInfo.) 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 kartskalen.

Bedömning av grundvattentillgångarna i de kvartära avlagringarna, i första hand sand- och grusavlagringarna, har grundats på utförda fältarbeten, arkivmaterial, kartläggning av jordarter samt den hydrogeologiska översiktskartan över Västra Götalands län, västra delen, f.d. Göteborgs och Bohus län (Engdahl m.fl. 1999).

I SGUs nuvarande uppdrag ingår att för befolkningstäta områden ta fram behovsanpassad geologisk information. Kartläggningen av grundvattenförekomsterna i Mölndals kommun har genomförts inom SGUs projekt "Östra Göteborgsområdet, Grundvatten, lokal" som förutom Mölndal omfattar kommunerna Alingsås, Bollebygd, Borås, Härryda, Kungsbacka, Lerum, Mark, Partille och Vårgård.

För undersökningens genomförande och framställning av beskrivning och databaser har Lars-Ove Lång varit ansvarig. Torbjörn Persson har ansvarat för insamling av underlagsmaterial, fältarbetets genomförande, redovisning av resultat från fältarbetet samt har medverkat i tolkningen av grundvattentillgångarna. Geofysiska undersökningar i fält utfördes av Bo Wällberg medan Roger Smedberg ansvarade för borrhningarna. I fältarbetena medverkade även Linda Ahlström, Emil Gunnarsson, Katarina Hurtig, Åsa Lindh, Ann-Cathrin Milder och Maud Söderberg. Den digitala bearbetningen av undersökningsresultaten har skett under ledning av Magnus Åsman. Åsa Lindh har samordnat och utfört huvuddelen av framställningen av digital information. Jonas Gierup har medverkat vid upprättandet av databaserna samt vid kontroll av dessa. Textbidrag har lämnats av Bo Thunholm (grundvattennivåer och grundvattnets kemi i allmänhet), Bo Wällberg (metodbeskrivningar – seismik) och Magnus Åsman (metodbeskrivningar – Kriging och variogramanalys). Textavsnitt avseende berggrunden i kommunen har framtagits av Ulf Bergström och Inger Lundqvist. Åsa Gierup, Linda Ahlström och Kerstin Finn har medverkat vid utformningen och framställningen av beskrivningen. Personal vid Mölndals kommun har välvilligt bidragit med information vid kartläggningen.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING	6
Utförda arbeten	6
Resultat och slutsatser	7
FOTOGRAFIER FRÅN UNDERSÖKNINGARNA	9
GRUNDVATTENTILLGÅNGAR	13
Allmänna förutsättningar	13
Naturresursen grundvatten	13
Vattnets kretslopp	13
Grundvattnet i och intill en grusås	14
Grundvattenbildning	15
Tidsmässiga variationer i grundvattennivå	16
Årstidsvariationer	19
Inducerad infiltration	21
Konstgjort grundvatten	21
Beskrivning av grundvattentillgångarna i Mölndals kommun	22
Grundvatten i jordlagren	22
Grundvatten i berggrunden	25
Information på grundvattenkartan	27
Grundvattentillgångar i Lindomeåns dalgång	28
Inseros–Ålgårdsbacka	28
Ålgårdsbacka–Lindome	30
Grundvattentillgångar i Kungsbackaåns dalgång	32
Grundvattentillgångar i Göteborgsmoränen	32
Grundvattentillgångar vid Dvärred, Tulebosjön och Stensjön	34
Grundvattentillgångar i Stora Åns, Mölndalsåns och Kålleredsbäckens dalgångar	35
GRUNDVATTNETS KEMI	36
Grundvattnets kemi i allmänhet	36
Dricksvattenkvalitet	36
Grundvattnets kemi i Mölndals kommun – exempel	39
SALT GRUNDVATTEN OCH MOTÅTGÄRDER	42
Förekomsten av salt grundvatten	42
Åtgärder mot salt grundvatten	44
GRUNDVATTNETS SÅRBARHET	46
Grundvattenpåverkan	46
Konsekvens- och riskanalys	46
Skydd av grundvattnet	47

METODBESKRIVNINGAR	48
Georadar	48
Grundläggande principer	48
Geologiska förutsättningar	48
Tillämpningsområden	48
Kriging och variogramanalys	48
DOKUMENTATION AV FÄLTUNDERSÖKNINGAR	51
Geofysiska mätningar	51
Utförda och inventerade borrhningar	51
DATABASSTRUKTUR	53
REFERENSER, LITTERATUR OCH GRUNDVATTENKARTOR	54
Referenser	54
Litteratur	54
SGUs Rapporter och meddelanden, valda exempel	58
Ej tryckta utredningar	58
Grundvattenkartor	59
SGU serie Ag, grundvattenkartor i skala 1:50 000	59
SGU serie Ah, grundvattenkartor, län, i skala 1:250 000	60
SGU serie An, digitala grundvattenkartor, kommuner, i skala 1:50 000	61
SGU serie K, digitala grundvattenkartor, kommuner, i skala 1:50 000	61

SAMMANFATTNING

Utförda arbeten

Grundvattentillgångar har bedömts och anges 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. Kartbilden bygger på ursprungliga jordartsförhållanden såsom dessa anges på jordarts-kartan. Bebyggelse, uttag av naturgrus och utfyllnad av täkter och oönskad kemisk sammansättning hos grundvattnet genom lokal förorening kan reducera uttagsmöjligheterna.

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

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

Arbetet har haft sin utgångspunkt i SGUs jordarts- och berggrundskartor samt grundvattenkartan över Västra Götalands län, västra delen, f.d. Göteborgs och Bohus län (Engdahl m.fl. 1999). Undersökningen har sedan, sammanfattningsvis, bestått av följande moment:

- Genomgång av äldre utredningar och arkivmaterial.
- Inventering av 67 brunnar och observationsrör.
- Inventering av kända källor samt uppletande av ytterligare källor.
- Georadarmätningar i 12 profiler.
- Sonderingsborrningar på tre platser.
- Drivning av observationsrör på en plats.
- Provtagning av grundvattnet för kemisk analys i ett observationsrör.
- Avvägning av brunnar och observationsrör.
- Inlagring i databaser av:
 - brunnnsdata
 - georadardata
 - borrhingsdata, även äldre
 - grundvattennivådata
- Upprättande av kartdatabaser över:
 - grundvattentillgångar i berggrunden
 - grundvattentillgångar i jordlagren
 - större sprickzoner i berggrunden
 - stryknings- och stupningsvärden på berggrundsstrukturer
 - grundvattnets strömningsriktningar och vattendelare
 - källor
- Sammanställning av dessa databaser med LMVs digitala topografiska karta (T5) till en karta över grundvattenförekomster i Mölndals kommun.
- Sammanställning av föreliggande beskrivning.

Fälтарbetet avseende brunnsinventering och georadarundersökning utfördes i Lindomeåns dalgång, utmed delar av Göteborgsmoränens sträckning samt i isälvsavlagringar vid Stensjön och Tulebosjön. Undersökningsborrning samt tre sonderingar gjordes i Lindomeåns dalgång. Källinventeringen omfattar hela kommunen. I dalgångarna har slutna grundvattenmagasin markerats, främst på uppgifter från geotekniska undersökningar.

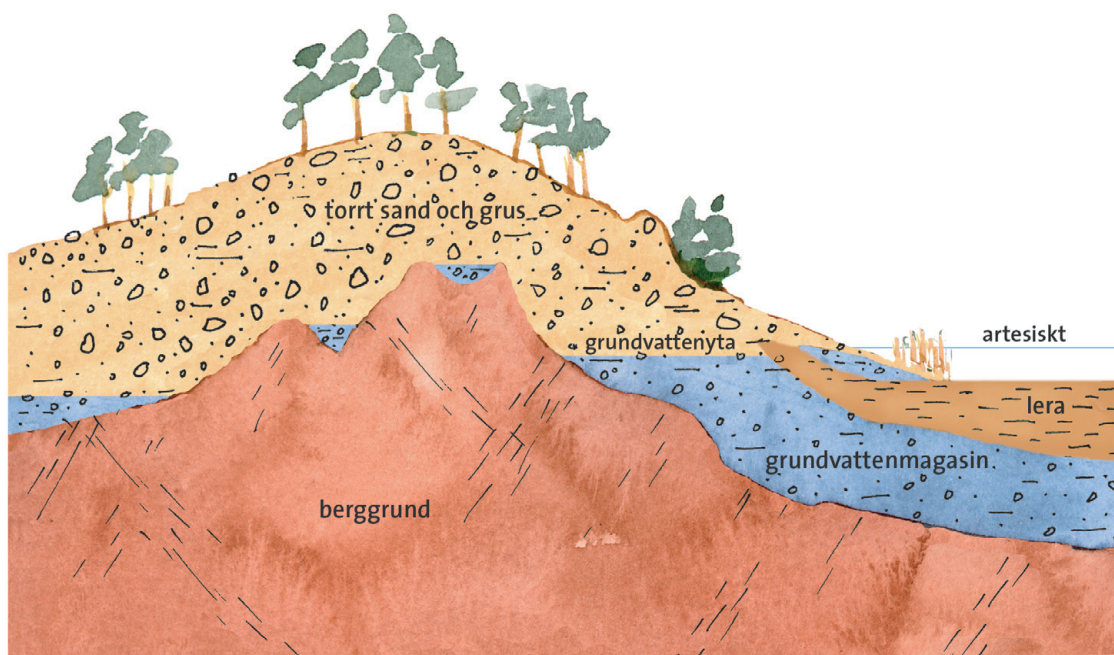


Fig. 1. Principbild av höga och låga berglägen – stora och små grundvattenmagasin – i en grusavlagring. Lagg märke till hållkaren, de små grundvattensamlingarna där bergläget är som högst. Illustration: Anna Jonsson, ArtAnna.

Grundvattenprover har tagits, och analyserats kemiskt, i sådana delar av sand- och grusavlagringen vid Inseros som idag inte utnyttjas, men som med avseende på sin potential skulle kunna utnyttjas i framtiden. Fotografier från fältarbetena visas på sidorna 9–12 (figurerna 2–8).

Resultat och slutsatser

Mölndals kommun har ett fåtal sand- och grusförekomster (isälvsavlagringar) som går i dagen och som har god grundvattentillgång. I östra delen av Lindomeåns dalgång vid Inseros bedöms grundvattentillgången vara 5–25 l/s. Här finns en isälvsavlagring bestående av mäktiga lager av främst sand. Genom kontakt med Västra Ingsjön och Lindomeån kan grundvattentillgången förstärkas vid grundvattenuttag genom att ytvatten infiltrerar i bildningen.

Samma tillgångsklass (5–25 l/s) har givits en mindre avlagring nordväst om Norra Långevattnet. Denna ingår i Göteborgsmoränen (se sid. 32–34) och klassningen bygger på de uttagsmängder som erhållits i vattentäkter i bildningens fortsättning mot norr inom Göteborgs kommun. Tillskott kan ske vid uttag genom infiltration från Norra Långevattnet.

Grundvattentillgångar inom intervallet 1–5 l/s har markerats för öppna grundvattenmagasin i Lindomeåns dalgång vid Ålgårdsbacka, i de östra delarna av Lindome–Sinntorp, vid Dvärred–Sagered samt vid Stensjön. Dessa grundvattenmagasin finns i jordavlagringar där sand eller grus bedöms dominera. Vissa av dessa grundvattenmagasin återfinns inom Göteborgsmoränen, den israndbildning som sträcker sig i nord–syd genom hela kommunen.

Inom övriga delar av Göteborgsmoränen bedöms grundvattentillgången vara liten eller ingen beroende på liten jordmäktighet, ogynnsam sammansättning vad gäller kornstorlek eller avlagringens topografiska läge.

Förutsättningar finns för att i vissa områden utvinna grundvatten ur s.k. slutna grundvattenmagasin i sand och grus under lera. Brunnar i jord kan då vara ett bra alternativ till bergborrade brunnar för enskilda, samfälligheter eller för mindre kommunala vattenbehov. 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 dalgångarna i Mölndals kommun markerats som slutna grundvattenmagasin. Störst uttagskapacitet (5–25 l/s) bedöms finnas

öster om Lindome i Lindomeåns dalgång vid Sinntorp. Ur detta magasin har till år 2003 grundvattenuttag skett vid Sinntorps kommunala vattentäkt.

Områden som bedöms ha förutsättningar för grundvattenuttag inom intervallet 1–5 l/s ur slutna grundvattenmagasin har markerats i Lindomeåns dalgång öster om Sinntorp (tre mindre områden), i centrala Lindome, mellan Sagered och Sagsjön, i Livered–Källered, vid Åbromotet–Forsåker, i östra delen av Stora Åns dalgång mot Göteborgs kommun, samt i Mölndalsåns dalgång i norr mot Göteborgs kommun.

Kapacitetsdata från bergborrade brunnar i SGUs brunnsarkiv har använts för att ta fram områden med olika möjligheter till uttag ur berggrunden. Generellt är uttagsmöjligheterna bäst i östra delen av kommunen. Enstaka brunnar med angiven kapacitet över 6 000 l/h förekommer dock inom hela kommunen.

Den kommunala vattenförsörjningen i Mölndals kommun sker genom uttag av ytvatten ur Rådasjön som ingår i ytvattensystemet Rådasjön/Stensjön/Norra Långevattnet. Råvattnet tas ut på 15 meters djup och pumpas till Mölndals vattenverk vid Lackarebäck. Vattenreningen sker dels genom fällning med aluminiumsulfat, dels genom filtrering genom sandfilter och aktiverat kol. Totalt förbrukar Mölndals kommun ca 4 miljoner m³ per år.

Den kommunala grundvattentäkten vid Sinntorp stängdes 2003 på grund av kvalitetsproblem. Några mindre gemensamma anläggningar, främst bergborrade brunnar, finns också i kommunen. I övrigt baseras vattenförsörjningen på enskilda brunnar.

Undersökningen visar var det inom kommunen finns förutsättningar för grundvattenuttag, som i flera fall kan förstärkas genom infiltration av ytvatten. Uttagbara mängder kan lokalt vara av stor betydelse, men kan inte generellt till någon betydande del ersätta behovet av ytvatten.

Grundvatten med lågt pH och låg alkalinitet förekommer främst i jordlager med grovkornig sammansättning. Grundvattnet i berggrunden har vanligen haft längre uppehållstid i marken än vattnet i grävda brunnar och visar därför genomsnittligt högre pH och alkalinitet.

Provtagning av grundvattnet vid undersökningen av isälvsavlagringen vid Inseros visar på en kemisk sammansättning som är representativ för ett öppet grundvattenmagasin i en större isälvsavlagring i sydvästra Sverige. Att någon lokal källa till förhöjd kloridhalt förekommer kan inte uteslutas. Sammanfattningsvis anger analyserna en god vattenkvalitet vad gäller de undersökta elementen, men grundvattentillgången vid Inseros är så belägen att den kräver gott skydd vid ett större nyttjande.

Höga halter av radon i grundvattnet är betingade av mineralsammansättningen i berggrunden. Graniter av RA-typ (se sid. 25) förekommer i västra delen av Mölndals kommun, och i denna bergart förekommer genomsnittliga radonhalter i berggrundvattnet som är flera gånger högre än i vattnet i andra bergarter. Även högre fluoridhalter kan förväntas i graniter av RA-typ, som har högt innehåll av mineralet flusspat.

Vad gäller salt grundvatten är det i första hand i de större dalgångarna och i övriga delar av kommunen under högsta kustlinjen (HK) som lokalt höga kloridhalter i grundvattnet, över 100 mg/l, kan förväntas förekomma.

FOTOGRAFIER FRÅN UNDERSÖKNINGARNA



Fig. 2. Isälvsavlagringen just väster om Inseros utgör ett plan. Foto: Torbjörn Persson.



Fig. 3. Utförd undersökningsborrning med drivning av observationsrör SGU R0301. Borrplatsen ligger på det plan väster om Inseros som visas i figur 2. Foto: Torbjörn Persson.



Fig. 4. Lindomeåns dalgång väster om Hällesåker. Foto: Torbjörn Persson.



Fig. 5. Grundvattentäkten vid Sinntorp med utsikt mot väster och Göteborgsmoränen vid Lindome. Foto: Lars-Ove Lång.



Fig. 6. Mustads källa vid Stensjön. Foto: Lars-Ove Lång.



Fig. 7. Nicklassons källa vid Stensjön. Foto: Lars-Ove Lång.



Fig. 8. Vy mot väster över Åbromotet, södra Mölndal samt Stora Åns dalgång. Foto: Torbjörn Persson.

GRUNDVATTENTILLGÅNGAR

Allmänna förutsättningar

Naturrensen grundvatten

Av allt vatten på jorden är bara några få procent sötvatten. Resten finns i haven. Större delen av sötvattnet är lagrat som grundvatten och nästan hela återstoden är bundet i form av is och snö, mestadels i polartrakterna. Ytvattenmagasinen – sjöar, floder och mindre vattendrag – innehåller bara en obetydlig del av jordens sötvattenförråd, mindre än en promille. Att det ändå finns stora sötvattensjöar och floder beror på att omsättningstiden i dessa magasin är kort. Stora vattenmängder kan alltså passera genom magasinerna under kort tid.

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

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

En geologisk bildning som är så genomsläpplig att grundvatten kan utvinnas ur den i användbara mängder kallas för en akvifer. I den kan finnas ett eller flera grundvattenmagasin. Magasinen är skilda åt i sidled genom grundvattendelare, som kan vara rörliga, dvs. de ändrar läge 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.

Kvaliteten kan variera något under året och från år till år, liksom grundvattennivåerna och trycknivåerna. Förändringar i trycknivåerna beror främst på variationer i nederbörd och temperatur.

Eftersom nästan allt ytvatten är bildat av grundvatten beror vattenbeskaffenhetsen i sjöar och vattendrag till stora delar på det tillrinnande grundvattnets kvalitet.

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

Grundvatten har många användningsområden. Några sådana är:

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

Vattnets kretslopp

Grundvattnet ingår i vattnets kretslopp och är därför en förnybar naturresurs. Det som driver kretsloppet är solens värmeenergi, tyngdkraften och jordrotationen. Av den nederbörd som faller avdunstar på våra breddgrader 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 terrängavschnitt 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 jordlagren (i vissa fall berglagren) är genomsläppliga flödar grundvatten ut och det uppstår källor och våtmarker. Grundvatten kan också strömma ut i botten av sjöar och vattendrag. Eftersom det bara är en liten del av den nederbörd som faller över land som rinner direkt ut i ytvatten är källflöden och långsam utströmning av grundvatten på bred front det som bestämmer vattentillgången i vattendrag och sjöar.

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

Grundvattnet i och intill en grusås

Figur 10 visar en dalgång med en isälsavlagring – rullstensås – med sand, grus och block. Det är i åsarna som de största grundvattentillgångarna finns. Till höger i bilden finns också ett berg- och moränområde. Utanför isälsavlagringar finns de viktigaste grundvattentillgångarna vanligen i berggrunden. Terrängen i bilden ligger under högsta kustlinjen, dvs. landet har någon gång efter den senaste nedisningen varit täckt av hav, så som fallet är för större delen av kommunen. Den landskapstypen är ganska vanlig i Sverige. På bilden ligger grundvattnets tryckyta i åsen högre än i dalgången. Det gör att vatten kan läcka ut vid åsfoten och att brunnar i lerområdet kan vara självrinnande, arte-

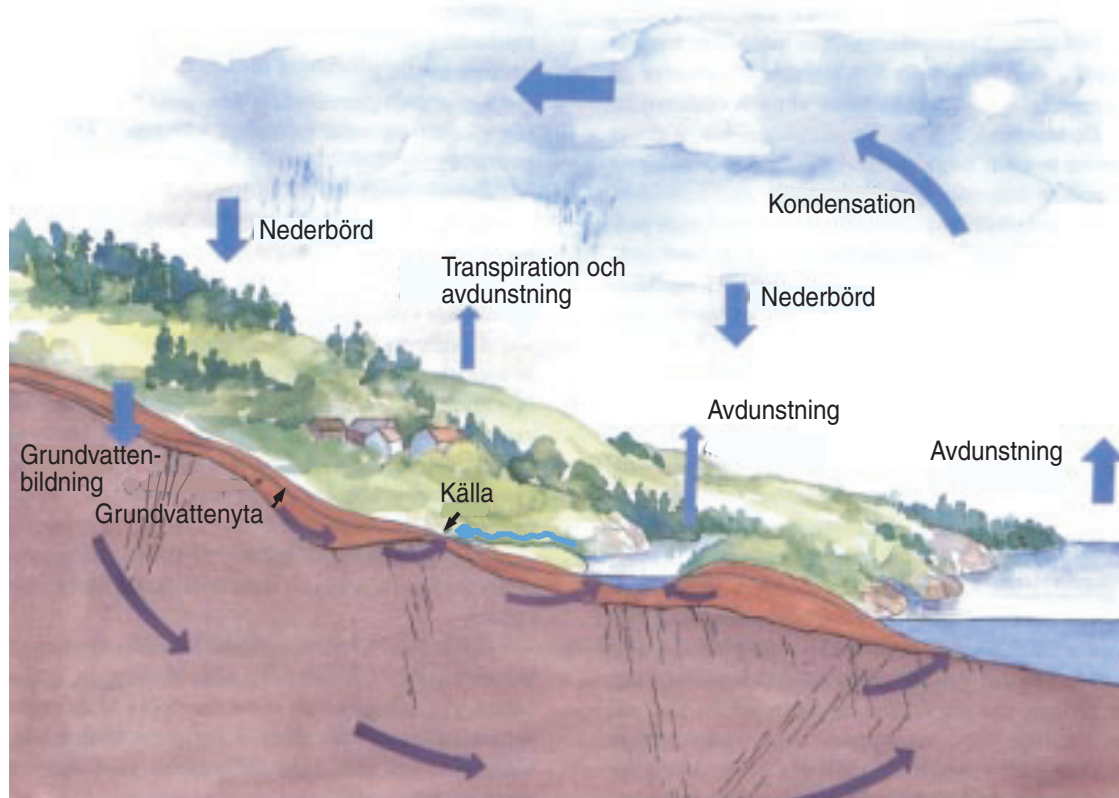


Fig. 9. Vattnets kretslopp. Grundvattnet rinner ut huvudsakligen i botten av bäckar, åar och sjöar samt i källor. Illustration: Elisabet Carlson.

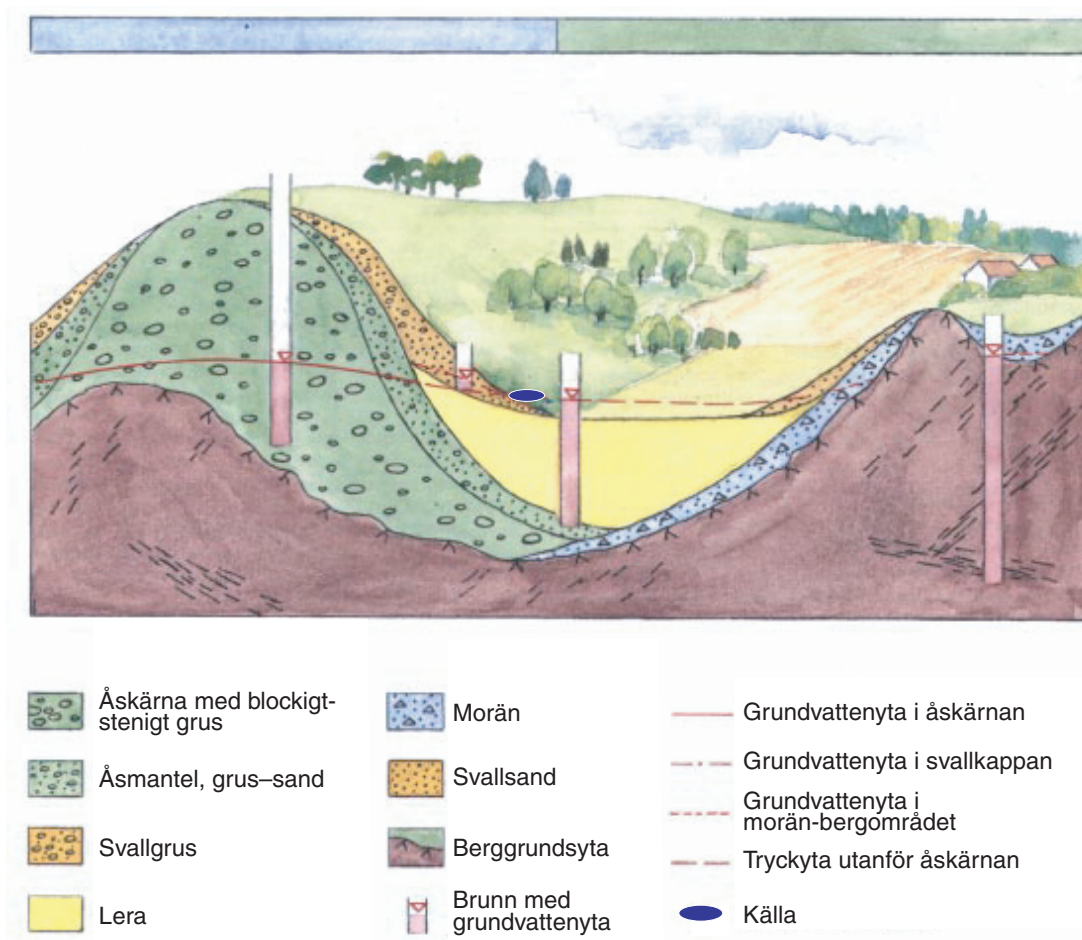


Fig. 10. Principbild över hur grundvattnet uppträder i och intill en grusås. Illustration: Elisabet Carlson.

siska. I andra delar av isälvsavlagringen och dess närmaste omgivning kan tryckyten ligga lägre, och då strömmar vatten in mot åsen, den dränerar sin omgivning. Vattentransporten sker sedan vidare i åsens längdriktning.

Grundvattenbildning

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

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

Vattentillskotten består av regn och smältvatten. Underskottet i markfuktighet beror på avdunstning och växternas transpiration. Efter upptag av fuktighet i marken kvarstår den effektiva nederbörden, dvs. den som bidrar till grundvattenbildningen. Beräknad effektiv nederbörd enligt SMHI för Mölndals kommun framgår av figur 11.

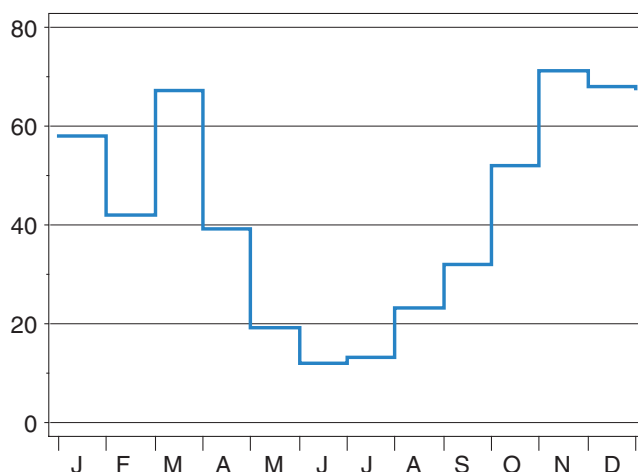


Fig. 11. Effektiv nederbörd (mm/månad) för det topografiska kartbladet 6B Kungsbacka NO, inom vilket huvuddelen av Mölndals kommun är belägen, 30 års medelvärden (1961–1990) enligt SMHI.

Tidsmässiga variationer i grundvattennivå

Inom Grundvattennätet vid SGU sker mätningar, provtagningar och analyser i syfte att beskriva och förklara regionala och tidsmässiga variationer i grundvattnets mängd och beskaffenhet. I första hand sker insamlingen av information från områden som ej påverkas av lokala mänskliga aktiviteter.

Inom Mölndals kommun finns inga mätstationer i Grundvattennätet. Nedan, i figurerna 12 till 17, redovisas därför resultat från mätning av grundvattennivåer vid två stationer som ligger i närheten (tabell 1). Station 54:10 Lerum är belägen i ett litet öppet magasin i Härskogen, drygt 5 km sydost om Floda. Nivåmätningarna representerar grundvattnets variation när öppna förhållanden för grundvattenbildning råder. Station 52:14 Kungsbacka återfinns i Sandsjöbacka, ca 8 km nordväst om Kungsbacka. Denna station visar på nivåvariationer hos grundvattnet i friktionsjord med liten mäktighet under lera. Nivåmätningarna sker i observationsrör. Resultaten från de två mätstationerna utgör referens till nivåmätningar i Mölndals kommun, där inverkan på grundvattennivåerna från olika verksamheter förekommer i vissa områden.

Årstidsmässiga variationer med lägre nivåer under sensommaren och tidig höst är tydligast för det slutna magasinet (station 52:14 Kungsbacka). Även nivåvariationernas storlek (amplituden) är större i denna station än i det öppna magasinet (station 54:10 Lerum). Båda stationerna representerar nivåförändringar i små grundvattenmagasin, där oftast enskilda grävda brunnar är anlagda. I större grundvattenmagasin är variationerna mindre och utjämnade över längre tidsperioder.

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- och sprickvolymen är liten, 0,01–5 %. De flesta av de privata brunnarna i Sverige är nedförda i sådana magasin. Ett stort magasin, t.ex. i en isälvsavlagring med sand och grus som har stor porvolym, 5–25 %, reagerar långsamt och med små nivåförändringar, även om förhållandevis stora vattenvolymer tillförs eller avlägsnas.

Tabell 1. Stationer i SGUs Grundvattennät där nivåer redovisas i rapporten.

Station	Koordinater i rikets nät		Jordart	Typ av grundvattenmagasin
	X	Y		
54:10 Lerum	641068	129996	morän	Öppet/litet
52:14 Kungsbacka	638738	127351	morän	Slutet/litet

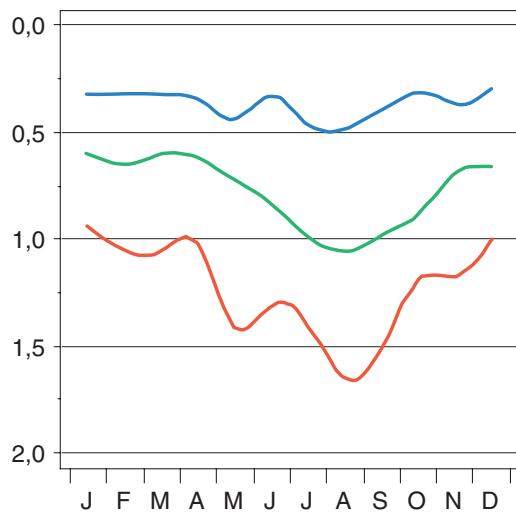


Fig. 12. Grundvattennivåns månadsmedelvärden under perioden 1971–2004 för station 54:10 Lerum, meter under markytan.

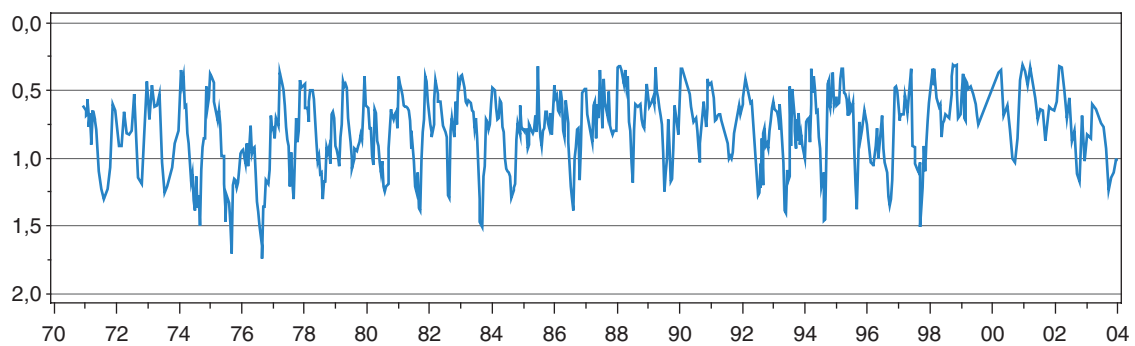


Fig. 13. Grundvattennivåer för station 54:10 Lerum, meter under markytan.

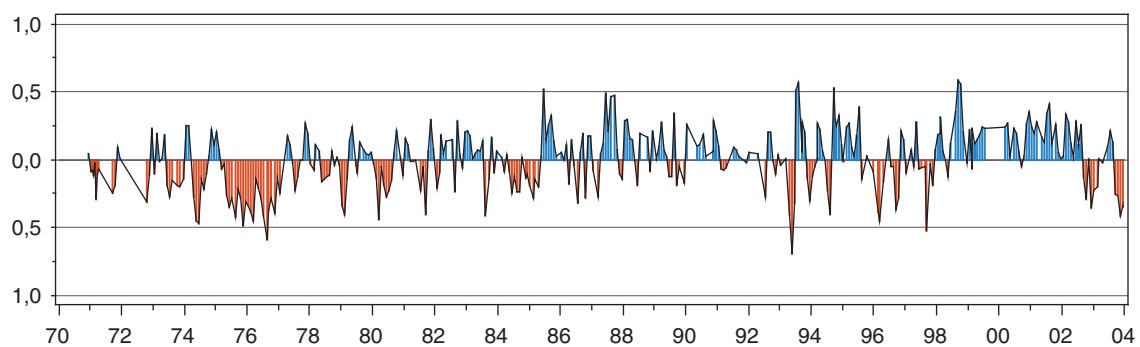


Fig. 14. Grundvattennivåer för station 54:10 Lerum, avvikelser från månadsmedelvärden, meter.

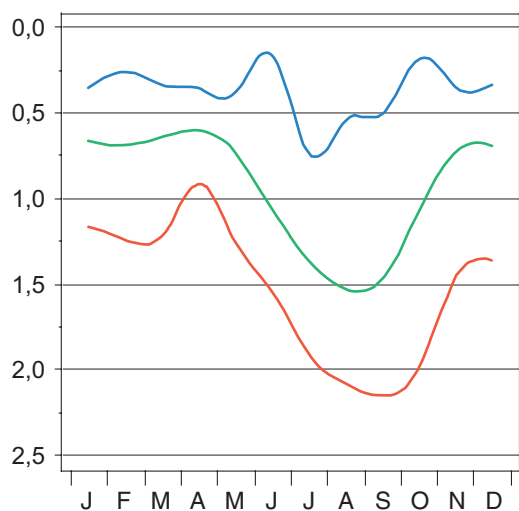


Fig. 15. Grundvattennivåns månadsmedelvärden för station 52:14 Kungsbacka, meter under markytan.

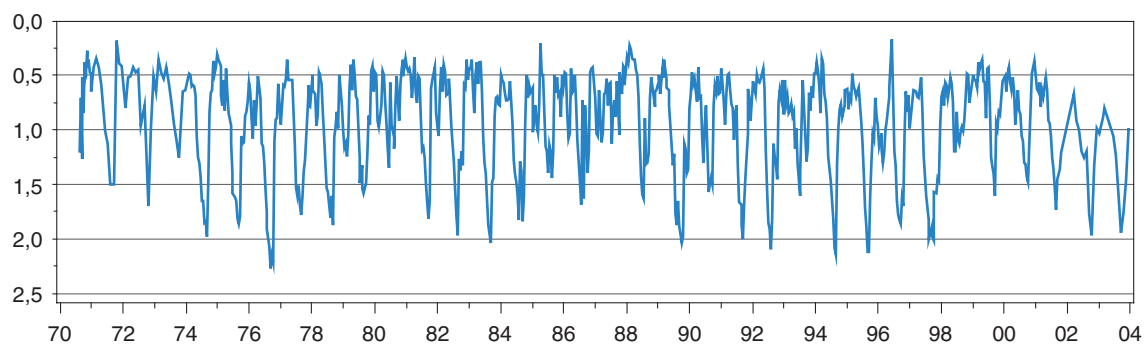


Fig. 16. Grundvattennivåer för station 52:14 Kungsbacka, meter under markytan.

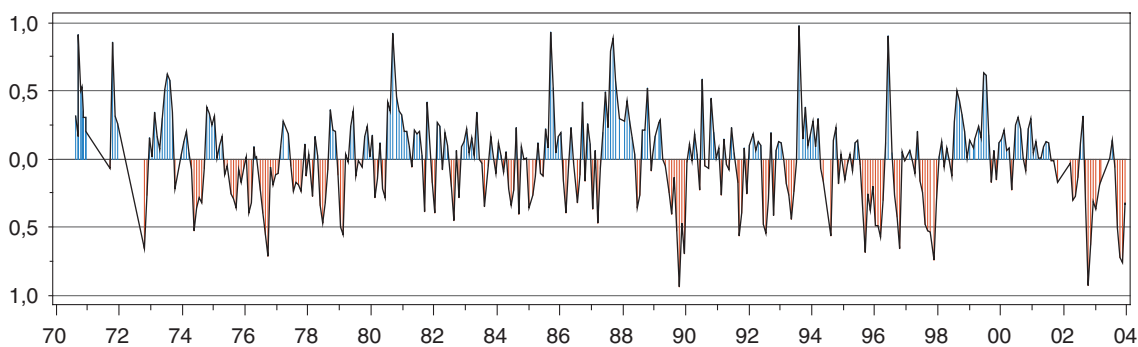
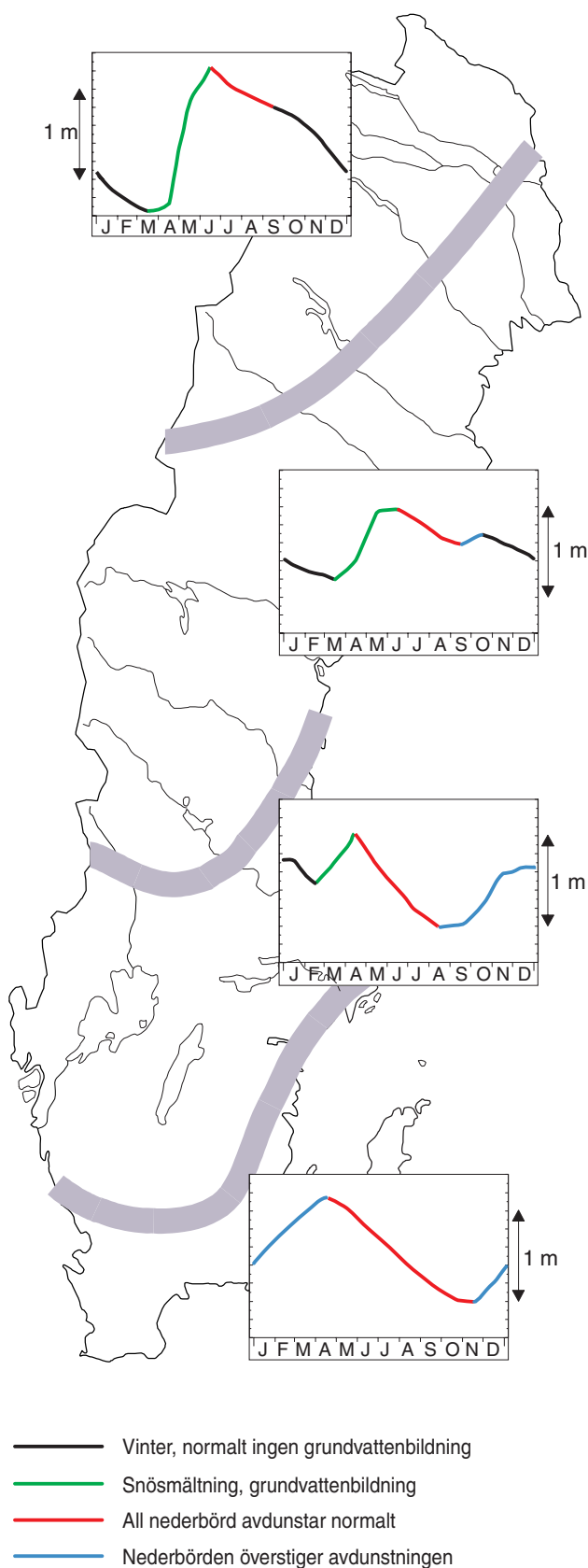


Fig. 17. Grundvattennivåer för station 52:14 Kungsbacka, avvikelser från månadsmedelvärden, meter.

Årstidsvariationer

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

Regimerna kan utläsas i kurvor över grundvattennivån i olika delar av landet. I figur 18 har fyra av SGUs mätstationer (Nordberg & Persson 1974) valts ut som exempel på de fyra huvudmönster som finns i Sverige. Höjdskalorna är ungefärliga och visar endast storleken på variationerna.



Arjeplog

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

Sigtuna

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

Vellinge

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

Fig. 18. Grundvattennivåer i Sverige.

Inducerad infiltration

En brunn som anläggs i en sand- och grusavlagring, t.ex. en grusås, intill en sjö (eller annat ytvatten) kan tillgodogöra sig ett ofta mycket betydande vattentillskott från sjön. Om pumpningen i brunnen sänker av grundvattenytan intill sjön så att sjövattnet infiltrerar genom sjöbotten och in i åsen (om inte sjöbotten utgörs av tätande lera) uppstår s.k. inducerad infiltration. Infiltrationen kan ske på större eller mindre avstånd från stranden och på flera olika ställen (figur 19).

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

Sjövattnets temperatur kan variera mer än 20 grader under året, men när det har infiltrerat i grundvattenmagasinet blir temperaturvariationerna mycket små. Temperaturen på vattnet i brunnen håller sig kring 6–7 grader, om inte uttagsmängden är för stor i förhållande till avståndet till sjön så att temperaturen inte hinner stabiliseras.

Förutsättningarna för inducerad infiltration av sötvatten är begränsade inom Mölndals kommun, men finns i anslutning till sand- och grusavlagringar vid Västra Ingsjön, Stensjön, Norra Långevattnet samt där Göteborgsmoränen står i kontakt med Lindomeån i Lindome tätort.

Konstgjord grundvatten

Det är inte ovanligt att den naturliga nybildningen av grundvatten i ett område är mindre än den vattenmängd man vill ta ut för t.ex. kommunal vattenförsörjning. Under vissa förutsättningar kan det då vara möjligt att skapa konstgjord grundvattenbildning.

Vattentillgången i en sand- eller grusavlagring kan förstärkas genom att man leder ytvatten till bassänger eller gropar i avlagringen, där det får infiltrera. Ibland byggs särskilda infiltrationsdammar.

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

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

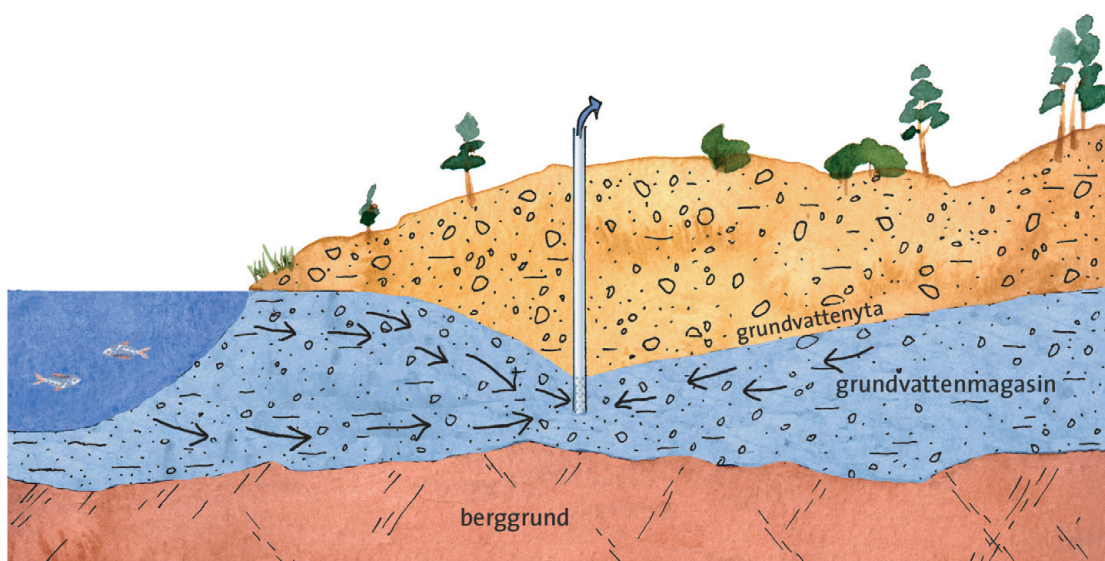


Fig. 19. Principbild över inducerad infiltration. Genom pumpning i brunnen sänks grundvattenytan under sjöns nivå. Därigenom kan sjövattnet infiltrera genom sjöbotten. Vid passagen genom sand- och gruslagren renas sjövattnet. Illustration: Anna Jonsson, Art Anna.

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

Naturligt grundvatten med ursprungligen höga halter av järn, mangan eller humus kan ofta förbättras genom att det luftas i en vattenkaskad och återinfiltreras i en infiltrationsbassäng. En sådan anläggning kan se ut som figur 20 visar, med den skillnaden att råvattnet kommer från en grundvattenbrunn istället för en sjö.

Ett annat användningssätt för metoden är att återcirkulera kylvatten för luftkonditioneringsanläggningar. Infiltrationstekniken kan också användas när man vill upprätthålla grundvattenstrycket 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.

Beskrivning av grundvattentillgångarna i Mölndals kommun

Grundvatten i jordlagren

Kapaciteten hos grundvattenmagasinen i jordlagren har skattats utifrån jordavlagringarnas sammansättning, grundvattenmagasinens mäktighet, specifik avrinning, bedömda tillrinningsområdens storlek och andra lokala faktorer. De fältundersökningar som utförts i denna kartläggning framgår av figur 21. Utgående från tillgängligt material har därefter grundvattentillgångar angivits i olika kapacitetsintervall.

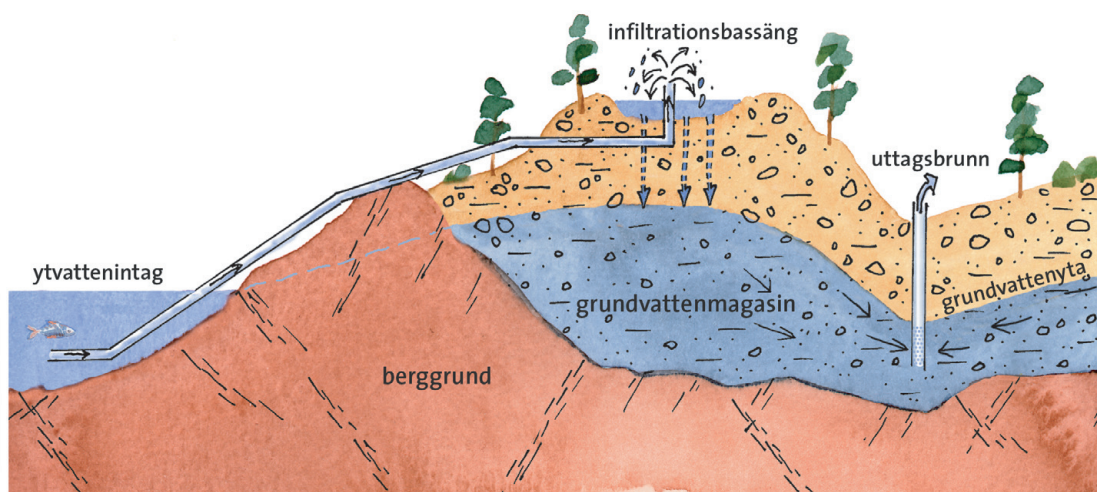


Fig. 20. Principbild över konstgjord grundvattenbildning. Sjövattnet leds till infiltrationsbassänger i en sand- och grusavlagring där den naturliga grundvattenbildningen inte är tillräcklig. Vid passage genom den omätade zonen renas vattnet. Illustration: Anna Jonsson, ArtAnna.

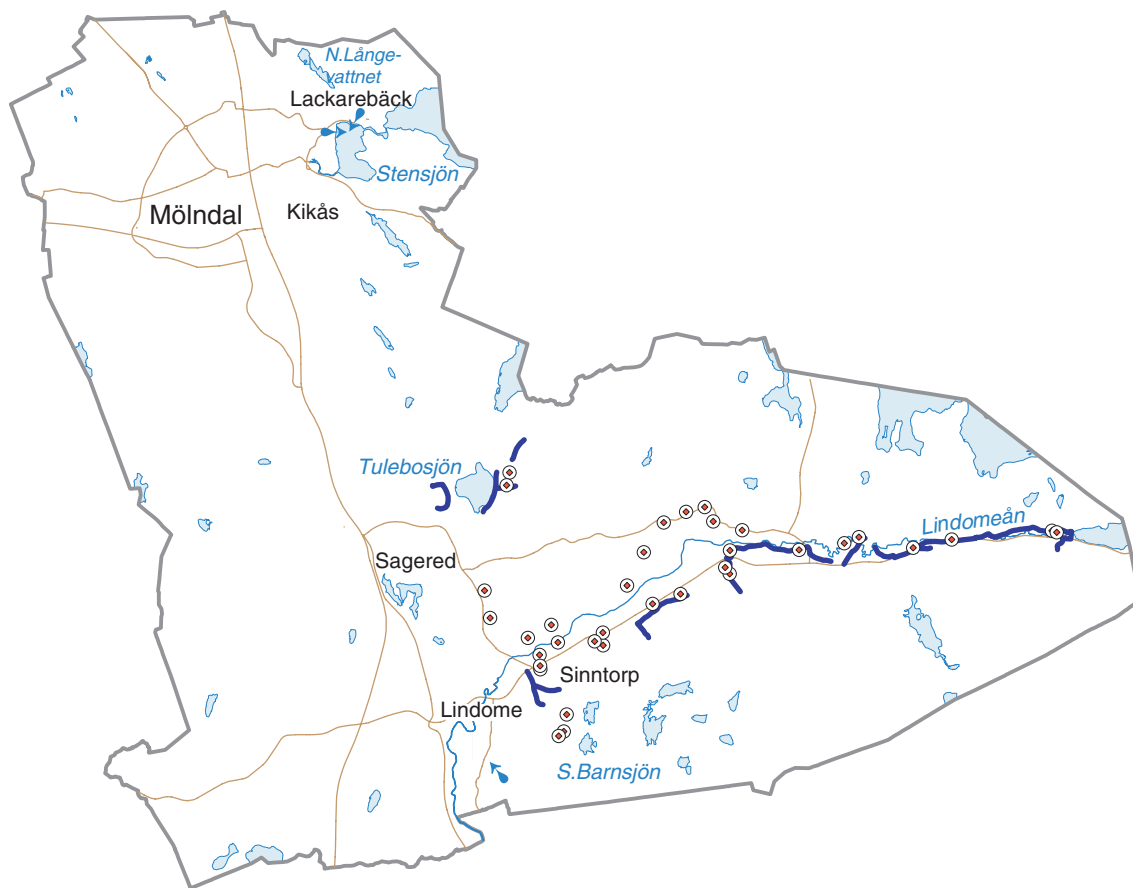


Fig. 21. Fältundersökningar utförda i denna kartläggning av grundvattentillgångar i Mölndals kommun. Blå linjer markerar georadarprofiler och röda prickar med vit kant visar inventerade brunnar och observationsrör. Blå pilar visar källor.

Bedömningen av grundvattentillgångarna i jordlager utgår från de digitala kartskikt som tagits fram inom jordartskarteringen vid SGU i skala 1:50 000 (SGU serie Ae). Huvuddelen av kommunen täcks av jordartskartan 6B Kungsbacka NO (Fredén 1983), medan den västra delen ingår i kartbladet 6B Kungsbacka NV (Adriellsson & Klingberg 1989). Små ytor i norra delen av kommunen finns på kartbladen 7A Marstrand SO/7B Göteborg SV (Adriellsson & Fredén 1987) samt 7B Göteborg SO (Magnusson 1978).

Uppgifter har också sammanställts från SGUs andra databaser och arkiv. Övrig information har i första hand erhållits från Mölndals kommun, men även från Vägverket, Länsstyrelsen i Västra Götaland samt tekniska konsultbolag. Informationskällorna, förutom baskartorna, anges i tabell 2.

Den kartdatabas som byggts upp består av ett antal skikt med geologisk och geografisk information. Innehåll och skiktindelning finns dokumenterade i kapitlet "Databasstruktur". Skiktindelningen visar att grundvattentillgångarna i jordlagren har prioritet framför grundvattnet i berggrunden, vilket bygger på principen att för varje område i kartan visa bästa akvifer (grundvattentillgång).

Tabell 2. Informationskällor vid kartläggningen av grundvattentillgångar i Mölndals kommun.

Informationsslag	Instans/referens
Brunnsuppgifter	Fältarbete denna undersökning, SGUs brunnarkiv
Källor	Fältarbete denna undersökning, SGUs källarkiv
Vattentäkter, skyddsområden	Mölndals kommun, Länsstyrelsen Västra Götaland
Geotekniska undersökningar	Mölndals kommun, Göteborgs Förorter
Hydrogeologiska undersökningar	Mölndals kommun, SGUs georegister
Geofysisk undersökning (georadar)	Fältarbete denna undersökning
Undersökningsborrning och sondering	Fältarbete denna undersökning

Mölndals kommun karaktäriseras av mer eller mindre kala bergsytor i höjdområden samt markerade lerfyllda dalgångar. De största är Mölndalsåns, Storåns, Lindomeåns och Kungsbackaåns dalgångar. Figur 22 visar de topografiska förhållandena i kommunen som är styrande för jordartsfördelningen. För cirka 12 500 år sedan var det område som nu omfattas av Mölndals kommun isfritt efter att den senaste islandsisen hade dragit sig tillbaka mot öster. Nedan följer en kort sammanfattning av var de olika jordarterna förekommer i kommunen. Den utgår från kartor och text till de befintliga jordartskartorna.

- **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 i kommunens höjdområden. Morän ingår också tillsammans med sorterade jordarter i den israndbildning (Göteborgsmoränen) som sträcker sig i nord-sydlig riktning genom kommunen från söder om Lindome till Norra Långevattnet i norr.
- **Isälvssavlagringar** utgörs av sorterade jordarter (isälvssediment). Avrundade partiklar av block, sten, grus, sand och silt ingår i varierande omfattning. Oftast dominerar en eller ett fåtal kornstorlekar. Avlagringarna består ofta av grus och sand. Inom kommunen förekommer isälvssavlagringar i begränsad omfattning. I östra delen av Lindomeåns dalgång vid Inseros-Ålgårdsbacka finns en relativt stor avlagring. Även delar av israndbildningen Göteborgsmoränen består av sorterade sand- och gruslager. Dessutom kan isälvssavlagringar (och även morän) täckas av lera. För att konstatera om och i så fall i vilken omfattning isälvssediment under lera förekommer krävs att borrhining utförs.
- **Finkorniga sediment:** Huvuddelen 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 eller några meter upp till flera tiotals meter.

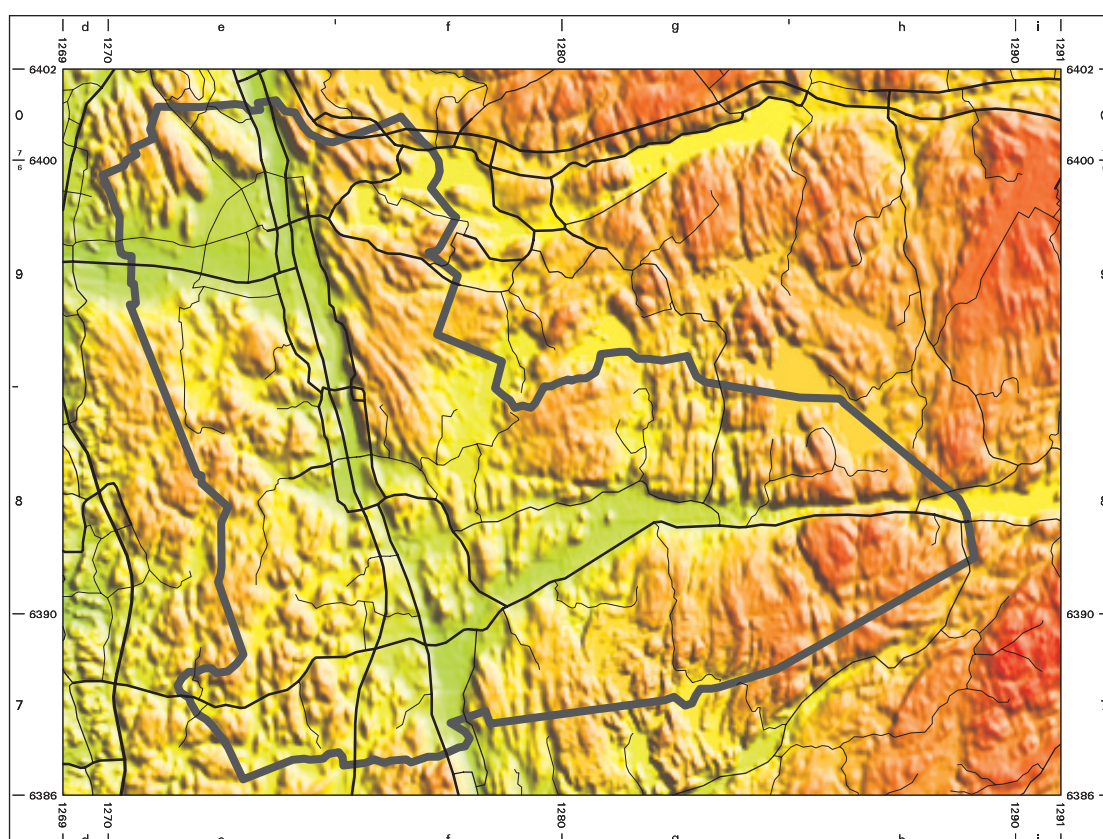


Fig. 22. Höjdreliëfkarta över Mölndals kommun. De stora dalgångarna (grön färg) fylls mestadels ut av mäk-tiga lager lera. Under leran förekommer ställvis partier med vattenmättad friktionsjord. I de högre liggande områdena (gul och röd färg) är berg i dagen helt dominerande. Morän förekommer främst i svackor.

- **Svallsediment:** De delar av Mölndals kommun som ligger under ca 90 m ö.h. har varit täckta av vatten efter det att den senaste inlandsisen lämnat området (betecknas som Högsta kustlinjen, HK). Vid den efterföljande landhöjningen utsattes jordlager, tidigare avsatta under HK, 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. Större mäktigheter finns i Lindomeåns dalgång vid Ålgårdsbacka–Hällesåker. 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 eller morän eller ligga direkt på berg. Vissa svallsediment, som är några meter mäktiga, kan utgöra begränsade grundvattenmagasin.
- **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 överlagrar ofta lera i flacka områden under HK.

I Mölndals kommun är det vanligt att grov friktionsjord (vanligen sand och grus) överlagras av jordlager som är täta eller har dålig genomsläpplighet. Det är nästan uteslutande lera som utgör detta tätande skikt. Den geografiska utbredningen av friktionsjord under lera samt dess mäktighet har skattats. Endast större områden där friktionsjord kan anses uppträda frekvent och vara relativt väl sammanhängande bedöms som grundvattenmagasin. Frikctionsjordens mäktighet bör över ett större område genomsnittligt överstiga 5 m och förutsättningar finnas för tillräcklig grundvattenbildning, för att grundvattentillgång under lera som överstiger 1 l/s skall markeras.

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 ingår ytor bestående av olika jordarter (svallsand, svallgrus, morän och lera) i klassningen av berggrundens kapacitet.
- 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 innehåller några grundvattenmagasin.
- Torvjordar (kärr och mosse) som bedöms överlagra lera redovisas inte. De ligger vanligen i dalgångar, är någon till några meter tjocka och täcker lerlager som ofta är mäktiga. Dessa avskiljer det undre friktionslagret som bedömts på kartan vad gäller grundvattentillgång. I områden där berggrundens kapacitet anges på grundvattenkartan kvarstår de ytor som på jordartskartan kartlagts som torvmark. Här utgör de utströmningsområden i svackor och visar både på topografiska förhållanden och dräneringsmönster.
- Lera används som samlingsbegrepp för alla finkorniga sediment (glacial och postglacial lera, siltiga jordar, lergyttja, etc.).

Grundvatten i berggrunden

Berggrunden i Mölndals kommun tillhör den västsvenska gnejsregionen. De östra delarna av kommunen domineras av äldre ådergnejsar av granodioritisk och granitisk sammansättning, som har en ungefärlig ålder av 1 600 miljoner år. Granodioriterna är normalt grå, medelkorniga och med kraftig gnejsighet. Ådror av kvarts och fältspat genomsätter bergarten. Graniterna är mer rödgrå till gråroda till färgen, inte fullt så ådrade och är ofta rekristalliserade till en mer massiv bergart. På några ställen öster om Källered uppträder ögongnejs, en rödgrå bergart med stora ögon av kalifältspat.

I de västra delarna av kommunen dominerar yngre gnejsiga graniter och gabbrobergarter, som har en ålder av ca 1 300 miljoner år. Graniterna är röda till rödgrå, med varierande kornstorlek och

gnejsighet. Välbevarade ögonförande typer benämns vara av Askimstyp. Kalifältspatrika, delvis mer gnejsiga och ådrade typer med högre innehåll av uran och thorium är av RA-typ. Dessa yngre graniter åtföljs av, och omsluter väster om Lindome, massiv av gabbrobergarter. Dessa gabbrobergarter är mörkt gröngrå och finns i fin- och medelkorniga varianter. Graniterna och gabbro-bergarterna har bildats ur samexisterande magmor och har därför samma ålder.

Under den svekonorvegiska bergskedjeveckningen för ca 1 000 miljoner år sedan blev bergarterna förgnejsigade. De olika bergartsleden fick en nord-sydlig utsträckning. Då bildades också stora deformationsstråk med förskiffringszoner, förkastningar och sprick- och krosszoner. Dessa uppträder främst i topografiska lågområden som Mölndals- och Lindomeåarnas dalgångar. Berggrundskartor finns för kartbladen 6B Kungsbacka NO (Samuelsson 1982) och 7B Göteborg SO (Samuelsson 1978) och mer information kan hämtas från beskrivningarna till dessa kartblad.

Bedömningen av uttagsmöjligheter i berggrunden bygger på de berggrundsgeologiska förhållandena, dvs. bergartstyp, dess skiffrihet samt förekomsten av tektoniska sprickzoner. Kartbilden över variationerna i möjligheter till uttag av grundvatten i berggrunden är framtagen med data ur SGUs brunnarsarkiv (se figur 23) med hjälp av statistiska bearbetningar, s.k. variogramanalys och kriging. Dessa metoder beskrivs i kapitlet "Metodbeskrivningar".

Berggrundens kapacitet anges på grundvattenkartan inom de områden 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. Målsättningen är att på grundvattenkartan ha sammanhängande områden vid bedömningen av huruvida bästa grundvattentillgång skall klassas för jord eller berg, men samtidigt behålla den variation i landskapsbilden i fördelning mellan jord och berg som är kännetecknande för kommunens olika delar.

Figur 24 visar de kapacitetsklasser avseende berggrunden som ingår på kartan över Mölndals kommun. Två klasser förekommer, 200–600 l/h och 600–2 000 l/h. Områden av lägsta klassen har en något större utbredning än de med den högsta och dominerar i de sydvästra och nordöstra delarna av kommunen. Kapacitetsklass 600–2 000 l/h finns främst i kommunens västra delar (utom i sydväst) samt söder om Lindomeåns dalgång.

Förskiffringsplanens stupningsvinkel, deras lutning från horisontalplanet, kan ha ganska stor betydelse för grundvattentillgången vid brunnborrning i berg. Detta beror på att det i berggrunden uppstår avlossningar – sprickbildning som är vattenförande – längs många förskiffringsplan därför att bergets hållfasthet är sämre i dessa. Bergarten är lätt klyvbar längs förskiffringsplan, men inte lika lätt i andra riktningar. Då de flesta brunnar borrar vertikalt är chanserna små att man skall träffa vattenförande avlossningssprickor i områden med vertikalt eller brant stupande förskiffringsplan. I områden med flack stupning är chanserna naturligtvis betydligt större att få vatten. Möjligheterna är proportionella mot stupningsvinkeln. Störst möjlighet har man om man borrar med så rät vinkel som möjligt mot förskiffringsplanen, dvs. lutar borrhningen åt rätt håll i förhållande till förskiffringsplanen. Sådana borrhningar som avsiktligt avviker från vertikalplanet brukar kallas gradade borrhningar.

Förskiffringsplanen har tidigare uppmätts av SGU i samband med berggrundskarteringen i Mölndals kommun. Dessa s.k. strykings- och stupningsdata har indelats i tre intervall: 0–45, 46–60 och 61–90 graders stupning. Detta har sedan använts, med hjälp av pilar, för att på grundvattenkartan visa hur brunnborrning i berggrunden kan utföras för att optimera grundvattenuttagen. Pilens riktning indikerar åt vilket håll borrhningen skall riktas: lång pil innebär att borrhningen bör lutas så mycket som möjligt (men ca 30 graders avvikelse från vertikalplanet är vad som oftast är rimligt), kort pil indikerar att ca 15 graders avvikelse från vertikalplanet kan vara tillräckligt, ett kryss anger att det inte är nödvändigt att luta borrhningen.

Vill man söka mer vatten genom borrhning i berg än vad genomsnittsvärdena på grundvattenkartan anger är det i allmänhet nödvändigt att borra på en större, vattenförande sprickzon. De större sprickzonerna och förkastningarnas lägen i kommunen visas på grundvattenkartan och framgår också av höjdreliëfkartan (figur 22). Sprickzonernas mer exakta lägen i naturen bör lokaliseras i förväg med särskilda geofysiska metoder. Enskilda borrhade brunnar med högre kapacitet än 6 000 l/h är markerade på kartan.

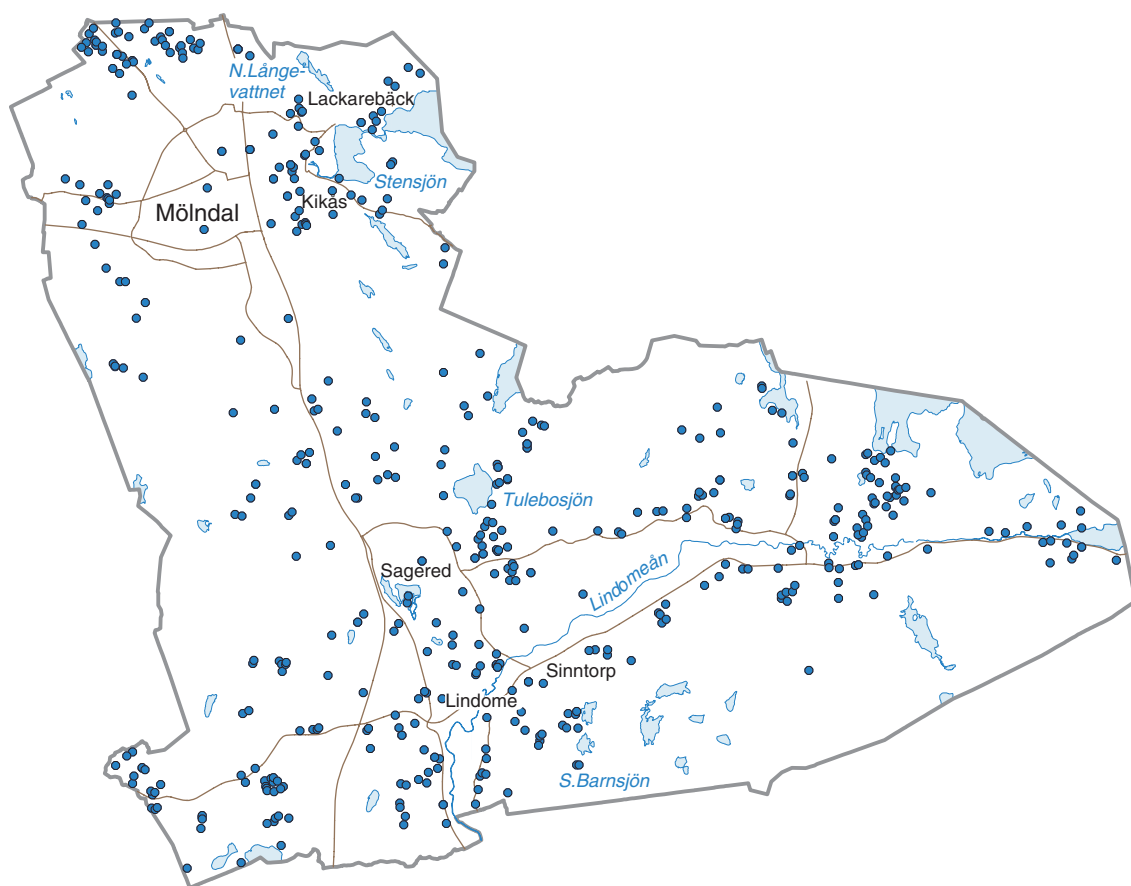


Fig. 23. Geografiska lägen för brunnar i Mölndals kommun registrerade i SGUs brunnsarkiv, april 2004. Kapaciteten i dessa har utgjort underlag för kartbilden över grundvattentillgångarna i berggrunden.

Information på grundvattenkartan

På grundvattenkartan har grundvattentillgångarna och uttagsmöjligheterna i öppna magasin (sand och grus, huvudsakligen isälvsavlagringar) markerats med olika blå färgtoner beroende på uttagsmöjligheterna. Områden med bedömt små eller obetydliga grundvattentillgångar i olika grövre jordlager redovisas i brunt. Dessa är mindre isälvsavlagringar av sand och grus, svallavlagringar av viss mäktighet eller israndbildningar med morän och sorterade jordarter i växellagring.

För sorterade avlagringar som har betydande mäktighet under lera (slutna magasin) redovisas grundvattentillgång och uttagsmöjligheter med linjeraster i motsvarande färgskalor. Med blått streckraster på gul botten markeras sammanhängande områden med lera där vattenförande friktionslager av mindre mäktighet kan förekomma i och under leran.

På grundvattenkartan och i databasen finns ett antal övriga beteckningar. Grundvattnets huvudsakliga strömningsriktningar och trycknivåer i jordlager redovisas i de områden där fältmätningar utförts. Med den terrängtyp som är vanlig i Mölndals kommun kan generellt sägas att grundvattnets strömning i jordlagren oftast följer landskapets topografi och ytvattnets dräneringsmönster. Annan information som medtagits på kartan är läget för källor, vattentäkter samt enskilda brunnar med hög kapacitet.

Grundvattentillgångar i Lindomeåns dalgång

Inseros–Ålgårdsbacka

Den östra delen av Lindomeåns dalgång mellan Inseros och Ålgårdsbacka utgörs av en markerad sprickdal i öst–västlig riktning med omgivande branta bergssluttningar. Dalgången utfylls av den största isälvsavlagring som går i dagen inom kommunen. Avlagringen är ca 2,5 km lång medan dess bredd inskränker sig till ca 50–200 m. Den östra delen är bredare än den västra. I dalgången rinner Lindomeån som eroderat de ytligt liggande delarna av isälvsedimenten i åns sträckning, varför åns botten mestadels består av sten.

Isälvsavlagringen består av genomsläppliga sand- och gruslager. I områdets östra delar, vid Inseros (figur 2), har det i samband med borrhningsarbeten konstaterats jorddjup på över 20 m.

Vid SGUs undersökningsborrning vid Inseros med beteckningen SGU R0301 (figur 3) dokumenterades isälvsavlagringens sammansättning ned till ca 21 m djup. Mellansand är dominerande kornfraktion, och inslag av grus och lera förekommer. I tabell 3 ges exempel på isälvsavlagringens sammansättning på två nivåer (8–9 m respektive 18–19 m under markytan). Även georadarundersökningar utförda i denna studie indikerar stora jorddjup i området från Inseros till Skåregärde. Troligen återfinns någon eller ett fåtal meter morän på berggrunden under isälvsavlagringen.

De utförda georadarundersökningarna i området indikerar även förekomsten av ytligt liggande lager av silt eller lera ovan isälvsavlagringen (figurerna 24 och 25). Där finsediment påvisas bedöms dock dess mäktighet vara begränsad till ett fåtal meter. Vid en borrning ca 150 m väster om Västra Ingsjön konstaterades ett 1,6 m mäktigt lerlager på sand.

Grundvattennivån i isälvsavlagringen vid Inseros–Ålgårdsbacka ligger i höjd med Lindomeån och beror av denna. Den omättade zonen är därför <1 m mäktig vid åkanten för att tillta ut mot dalsidorna. I och med jordlagrens goda genomsläpplighet (sand och grus) är grundvattenytan flack. Detta framgår av ett utsnitt ur grundvattenkartan för området i figur 27. Grundvattennivån i dalgången låg i september 2003 vid Inseros (undersökningsborrning SGU R0301) ca 56,8 m ö.h. för att successivt sjunka västerut ner till ca 53 m ö.h. vid Ålgårdsbacka.

Konduktiviteten i isälvsavlagringen uppskattas i huvudsak ligga inom intervallet 10^{-3} – 10^{-4} m/s. Även om grundvattenmagasinet är relativt smalt och den totala ytan är begränsad borgar dess mäktighet och närhet till ytvatten för goda möjligheter till större grundvattenuttag. Grundvattenbildningen beror av nederbörd som faller på isälvsavlagringen, tillrinning från omgivande morän och bergsområden samt inducering av vatten från Västra Ingsjön och Lindomeån. I det fall ett större grundvattenuttag skulle ske i området utgör Västra Ingsjön jämte Lindomeån de ojämförligt viktigaste vattenmagasinen för grundvattenbildningen i isälvsavlagringen.

I den östra delen av isälvsavlagringen vid Inseros bedöms förutsättningar finnas för uttag av 5–25 l/s, främst beroende på goda möjligheter för inducerad infiltration av ytvatten (figur 26). I det smala partiet västerut mot Ålgårdsbacka har grundvattentillgången uppskattats ligga i intervallet 1–5 l/s.

Tabell 3. Kornstorleksfördelning i prov från undersökningsborrning SGU R0301 från nivåerna 8–9 m respektive 18–19 m under markytan. Avser korn <20 mm i diameter.

Nivå	Kornstorlek, mm Fraktion Andel i provet	<0,06 ler + silt %	0,06–0,2 finsand %	0,2–0,6 mellansand %	0,6–2 grovsand %	>2 grus %
8–9 m		2	25	71	2	0
18–19 m		9	15	55	21	0

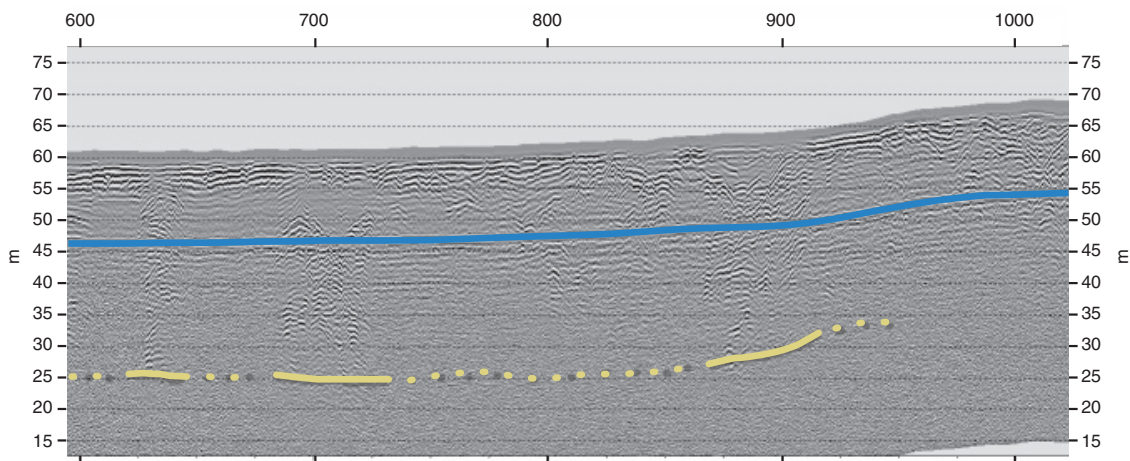


Fig. 24. Del av georadarprofil R375-03 i höjd med Inseros. Blå linje anger tolkad grundvattenyta och gul linje berggrundsytta. Delar av bilden visar att georadarsignalen penetrerat mäktiga jordlager. Vid markeringarna 700 m och 900 m indikeras ett jorddjup på ca 30 m. SGUs närliggande undersökningsborrning R0301 påvisade förekomsten av sorterade jordlager bestående av främst sand ner till detta djup. Höjdangivelserna är endast relativa.

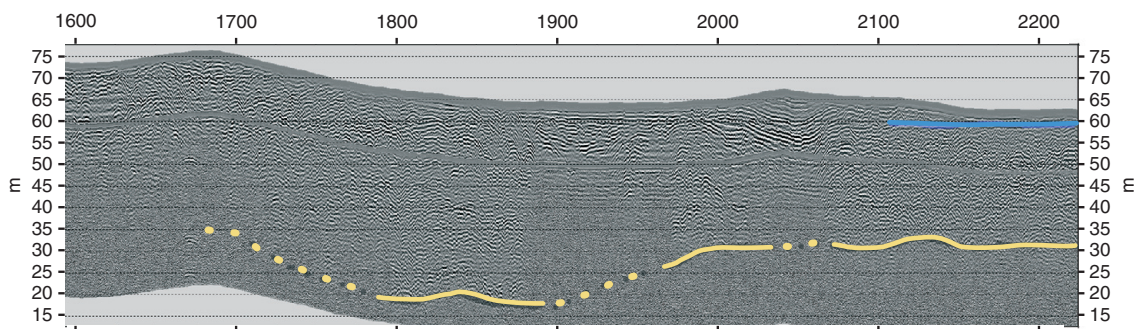
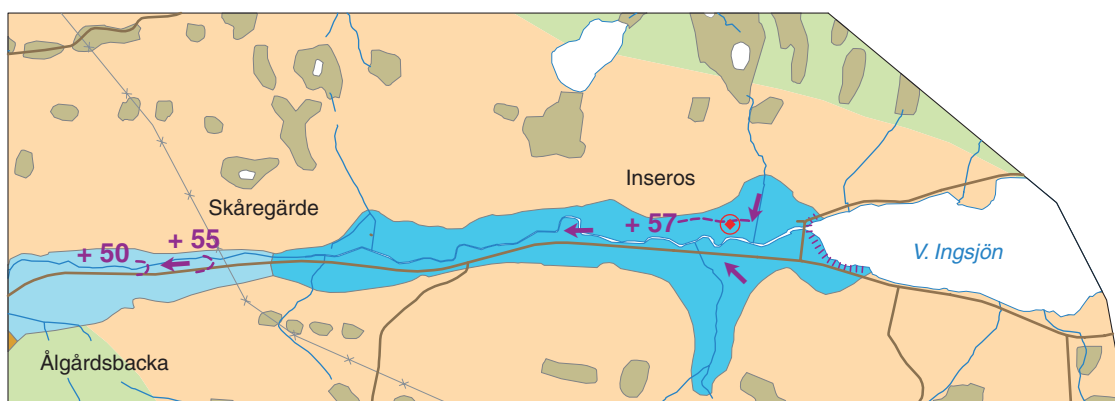


Fig. 25. Del av georadarprofil R375-03 i höjd med Skåregärde. Blå linje anger tolkad grundvattenyta och gul linje berggrundsytta. Liksom i figur 24 indikerar georadarundersökningen stort jorddjup av sannolikt sorterade jordlager. Lokalt släcks georadarreflexerna ut av tätare jordlager, sannolikt bestående av ytligt liggande silt eller lera. Mellan markeringarna 2100 m och 2200 m framträder grundvattenytan som en tydlig reflektor i profilen. Höjdangivelserna är endast relativa.



BEDÖMDA GRUNDVATTENFÖRHÅLLANDEN I JORDLAGREN

- Stor grundvattentillgång, med mycket goda eller utmärkta uttagsmöjligheter, storleksordningen 5–25 l/s (ca 400–2000 m³/d)
- Måttlig grundvattentillgång, med goda eller mycket goda uttagsmöjligheter, storleksordningen 1–5 l/s (ca 80–400 m³/d)

ORGANISKA JORDARTER

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

BEDÖMDA MÖJLIGHETER TILL UTTAG AV GRUNDVATTEN I BERGGRUNDEN

- Tämligen goda uttagsmöjligheter. Mediankapacitet 600–2000 l/h (ca 15–50 m³/d)
- Mindre goda uttagsmöjligheter. Mediankapacitet <600 l/h (< ca 15 m³/d)

ÖVRIGA BETECKNINGAR

- Grundvattnets huvudrörelseriktning
- Grundvattnets trycknivå, meter över havet (sep 2003)
- Strandlinje där uttagsmöjligheterna i angränsande grundvattenmagasin kan vara större pga inducering
- Observationsrör för mätning av grundvattennivå

Fig. 26. Utsnitt ur grundvattenkartan över Mölndals kommun, området Inseros–Ålgårdsbacka.

Ålgårdsbacka–Lindome

Väster om Ålgårdsbacka vidgar sig Lindomeåns dalgång. Den fortsätter västerut till Lindome samhälle, där den stora israndbildningen som benämns Göteborgsmoränen korsar dalgången. Göteborgsmoränen och dess bedömda grundvattentillgångar beskrivs nedan. Sydväst om Lindome övergår Lindomeån i Kungsbackaån.

Dalgången från Ålgårdsbacka till Lindome är ca 0,5–1,5 km bred. Den omges i norr och söder av mestadels brant stupande bergspartier med morän i svackor. Själva dalgången utfylls av mäktiga lager av lera. Figur 4 visar dalgången väster om Hällesåker. I höjd med fotbollsplanerna i Hällesåker är finkorniga jordarter mer än 30 m mäktiga (Göteborgs Förorter 1993). Lermäktigheter i storleks-

ordningen 20–40 m har konstaterats vidare västerut i de tre sonderingar som utförts av SGU centralt i dalgången fram till Göteborgsmoränen (S0301, S0302, S0303, se figur 21).

Strax söder om Löjsåker har en mindre israndbildning avsatts. Den består av morän med inslag av sorterade jordlager. I denna bildning har boende i området i samband med brunnsgrävning konstaterat vattenmättade skikt med god genomsläpplighet. Ute i dalgången har Lindomeån bitvis eroderat leran, och jordlagren i botten av ån består därför lokalt av grövre friktionsjord. I övrigt rinner ån på täta lerlager fram till Göteborgsmoränen. Hydraulisk kontakt föreligger troligen mellan de på den södra dalsidan förekommande moränryggarna vid Löjsåker–Trekered–Kättered och några mindre isälvs-avlagringar söder om dalgången. Dessa avsättningar av morän och isälvs-sediment fortsätter troligen ut under leran längs med dalens södra sida.

Oftast är djupet av sådana grövre, sandiga–grusiga jordlager under lera begränsat i denna del av dalgången. Vid de platser där SGU utförde sonderingar längs Lindomeån i dalgångens lägre och centrala partier konstaterades inga större mäktigheter av friktionsjord under lera. Sådana har företrädesvis påträffats lokalt utmed dalgångens södra sluttning. Vid Hällesåker har konstaterats ett 6 m mäktigt lager av grus under 10 m lera. En brunnsborrning vid Hällesåkers skola visar på 9 m finsand under mäktiga lager av lera. Vid Hassungared–Herrgården finns upp till 15 m mäktiga lager av sand under lera. Lagerföljden vid en brunn som tidigare var en av kommunens grundvattentäkter (benämnd Hassungared) är 13 m lera ovanpå 6 m grusig sand (Göteborgs Förorter 1971).

Vid Sinntorp (figur 5) finns de största mäktigheterna av sand och grus under lera på sträckan Älgårdsbacka–Lindome (Göteborgs Förorter 1991). Ur dessa sand- och gruslager har grundvattenuttag skett vid Sinntorps kommunala grundvattentäkt fram till år 2003. I närområdet till brunnen uppgår friktionsjordens mäktighet till mer än 13 m och överlagras här av 10 m lera. I väster avgränsas dessa väl genomsläppliga jordlager av Göteborgsmoränen. I höjd med Sinntorps gård ligger sorterade lager av sand och grus i dagen. Vid SGUs sondering S0303, belägen centralt i dalgången och ca 1 km öster om Sinntorps vattentäkt, finns endast ca 1 m friktionsjord under leran.

Mellan Älgårdsbacka och Hällesåker återfinns också sorterade lager av sand och grovsilt ovanpå leran i dalgången. Dessa jordar har till stor del bildats genom svallning av isälvsavlagringen öster om Älgårdsbacka. Mäktigheten hos svallsedimenten är störst söder om Lindomeån, där drygt 10 m förekommer (Fredén 1983). Invid Lindomeån finns också svämsediment med upp till några meters mäktighet. Mestadels består svämsedimenten av sorterad finsand och silt.

Det vatten som avrinner från omgivande berg och moränmarker dräneras ut på dalgångens leror och kanaliseras via diken ner till Lindomeån. Där sorterade jordar förekommer ovan leran (svallsediment och invid ån svämsediment) dräneras det avrinnande vattnet via dessa tunna jordlager till ån. De svallsediment med större mäktighet som återfinns mellan Älgårdsbacka och Hällesåker bedöms utgöra ett begränsat övre grundvattenmagasin. Det kan endast utnyttjas för mindre grundvattenuttag (tillgång <1 l/s). Vattentillgången i övriga svallavlagringar har bedömts vara för liten för klassning på grundvattenkartan. En mindre källa med ett flöde av <0,5 l/s dränerar isälvs- och svallsediment utmed södra dalsidan vid Hassungared.

Den friktionsjord som ställvis förekommer under leran i dalgången och utmed dalsidorna kan utgöra grundvattenmagasin av varierande storlek (slutna grundvattenmagasin). Därifrån dräneras grundvattnet med en svag gradient i västlig riktning. De utförda sonderingarna centralt i dalgången visar att tryckytan för undre grundvattenmagasin ligger nära marknivån men över Lindomeåns vattennivå.

Undre grundvattenmagasin i dalgången är i huvudsak skiljda från lokala övre magasin i svallsedimenten och från ytvatten genom de mäktiga lerlagren. Denna lera är dock genombruten i Lindomeån i höjd med Löjsåker, där eroderande källflöden från ett undre magasin konstaterats i åns botten. Grundvattenbildning knuten till undre grundvattenmagasin sker utmed omgivande dalsidor och på höjdområdena inom Lindomeåns avrinningsområde. I västra delen nära f.d. Sinntorps grundvattentäkt sker sannolikt grundvattenbildning även på Göteborgsmoränen, som står i hydraulisk kontakt med Lindomeån.

Friktionsjorden under lera kan ha en sådan struktur och vara tillräckligt mäktig för att undre grundvattenmagasins kapacitet kan bedömas överstiga uttagsmöjligheterna i berg och i förekommande fall ur mindre magasin ovanpå leran. Inom större delen av Lindomeåns dalgång mellan Hällesåker och

Lindome dominerar mäktiga lager lera under vilka vattenförande friktionslager kan förekomma. För några delområden bedöms att uttagskapaciteten ur undre grundvattenmagasin kan vara betydande. På grundvattenkartan klassas dessa som slutna grundvattenmagasin i olika kapacitetsintervall.

Den bästa uttagsmöjligheten har angivits för området kring Sinnatorp. Ett långvarigt uttag av omkring 10 l/s har skett från f.d. Sinnatorp grundvattentäkt (Göteborgs Förorter 1991). Utagskapaciteten bedöms därför där ligga i intervallet 5–25 l/s.

Utöver detta område har dock inte några stora sammanhängande grundvattentillgångar av denna typ kunnat konstateras. Tillgångar under lera, vars kapacitet bedöms uppgå till 1–5 l/s, har påträffats utmed dalens södra kant. Tre områden av denna karaktär har markerats i anslutning till de ovan beskrivna israndbildningarna eller isälvsavlagringarna. Dessa är belägna vid Herrgården (Kättered), Löjsåker samt i västra delen av Hällesåker. Vanligast i denna del av Lindomeåns dalgång är dock att grundvattentillgången i friktionsjord under leran är begränsad. På grundvattenkartan anges dessa områden som ”sammanhängande område med mäktiga finsediment, silt och lera. Vattenförande friktionslager kan förekomma i och under dessa sediment”.

Grundvattentillgångar i Kungsbackaåns dalgång

Ett avsnitt av Göteborgsmoränen, som beskrivs nedan, passerar Lindome tätort. I väster flankeras den av en drygt 200 m bred sandavlagring under mäktig lera vid Kyrkängen nära Lindome centrum. Sandens mäktighet uppgår till 5–15 m. Slutet grundvattenmagasin med bedömd tillgångsklass 1–5 l/s har markerats här.

Kungsbackaåns dalgång i Mölndals kommun sträcker sig ca 3 km i nord-sydlig riktning från Lindome i norr till gränsen mot Kungsbacka kommun i söder. Dalgångens bredd är 800–1 000 m.

I dalgången återfinns mäktiga lager av lera. Längs dalsidorna finns grävda brunnar som utnyttjar grundvatten i lokala svallsediment ovanpå leran. Dessa brunnar är i regel endast ett fåtal meter djupa. Kunskapen om utbredning av friktionsjord under leran är begränsad. Eventuella lager kan variera i mäktighet och genomsläpplighet. Eftersom de mäktiga lerlagren kan betraktas som täta begränsas grundvattenbildningen till omgivande bergsområden där grundvattendelaren antas följa ytvattendelaren. Dränering av grundvattnet i friktionslagren sker sannolikt i dalgångens riktning söderut. Bedömningen är att det inte finns något område som bör anges med grundvattentillgång >1 l/s i denna del av dalgången.

Grundvattentillgångar i Göteborgsmoränen

Göteborgsmoränen bildades vid ett stillestånd i isavsmältningen. Det är en topografiskt betingad israndbildning som sträcker sig genom kommunen i nordlig till nordnordvästlig riktning. Jordlagren har mestadels moränliknade sammansättning med inslag av sorterade lager av grus, sand, silt och lera. Randbildningen uppvisar en mycket komplicerad struktur, vilket innebär att möjligheterna att utvinna grundvatten ur den är mycket varierande. Den är inom Mölndals kommun till stora delar belägen på högt liggande och starkt bruten berggrund. Då grundvattnet dräneras ner mot lågpunkter i terrängen återfinns eventuella grundvattenmagasin där randbildningen ligger i dalgångar eller där det kan bedömas föreligga hydraulisk kontakt till närliggande ytvatten. Nedan beskrivs ett antal delsträckor av Göteborgsmoränen inom Mölndals kommun med början i söder, se figur 27.

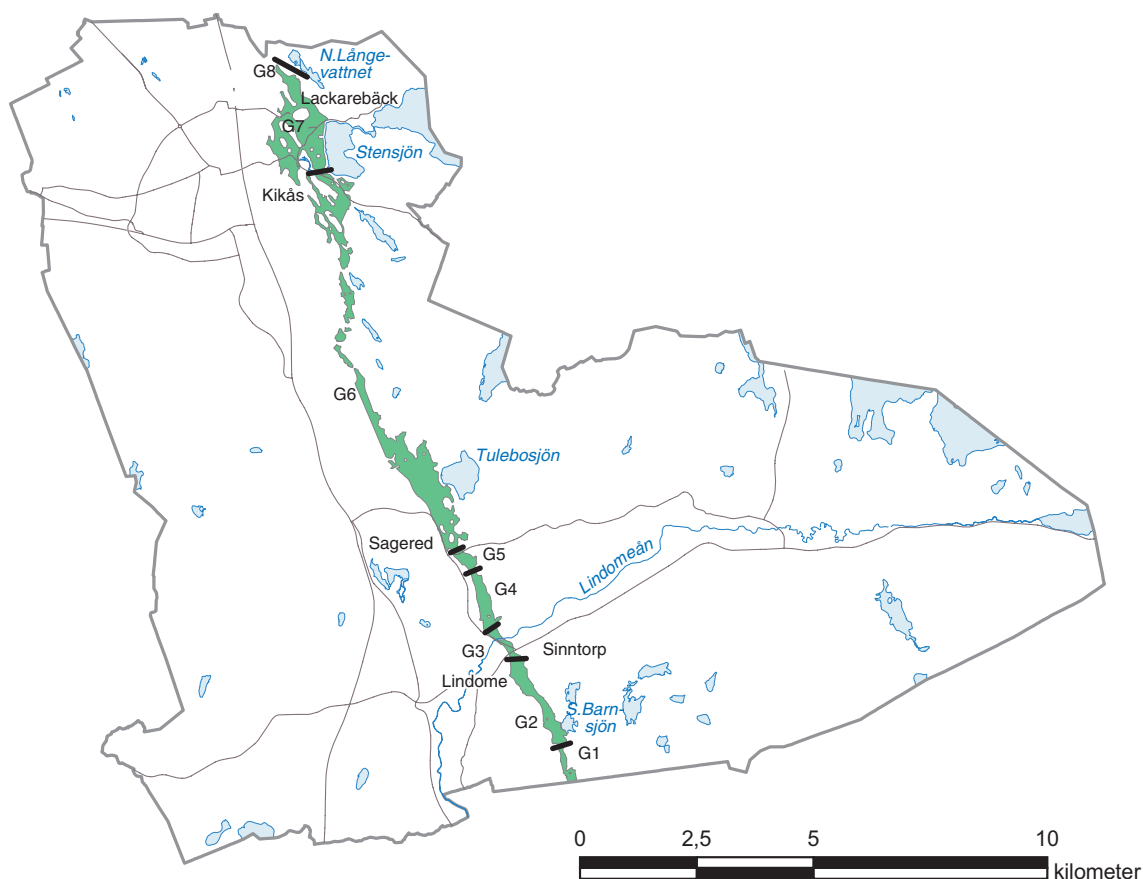


Fig. 27. Göteborgsmoränens utsträckning inom Mölndals kommun. De olika avsnitt som beskrivs i texten är markerade.

Avsnitt G1. Från kommungränsen i söder och ca 1 km norrut till strax söder om Södra Barnsjön är Göteborgsmoränen endast 50–100 m bred. Dess ringa storlek och höga topografiska läge i bergsteräng medför att förutsättningarna för grundvattenuttag bedömts vara sämre än i berggrunden.

Avsnitt G2. I höjd med Södra Barnsjön och norrut förbi Lindome kyrka är bildningen något större och borrhningar i området visar på förekomst av sand och grus. Skärningar i tidigare använda täkter tyder på en komplex geologisk struktur. Tillrinningen av grundvatten till dessa grustäkter i israndbildningen har visat sig vara mycket måttlig, vilket tyder på relativt täta jordlager i Göteborgsmoränens centrala delar (Göteborgs Förorter 1991). Sannolikt förekommer höga berglägen frekvent i bildningen. Vid Lindome kyrka omges israndbildningen av sandområden, mestadels på dess östra sida. Delar av området utgör ett viktigt infiltrationsområde för mäktigare lager av isälvssediment under lera i Lindomeåns dalgång nära Sinntorp. En borrhning utförd 350 m nordnordväst om kyrkan visar på ett 8–16 m mäktigt lager sand på berg. Hela avsnittet G2 har på grundvattenkartan markerats med beteckningen ”liten eller ingen grundvattentillgång, <1 l/s”.

Avsnitt G3. Göteborgsmoränen korsar Lindomeåns dalgång öster om Lindome centrum. Den är här lågt belägen i terrängen med en grundvattennivå över eller i höjd med Lindomeåns yta. Utifrån borrhningar strax öster och väster om israndbildningen bedöms jordmäktigheten i avlagringen vara 25–30 m. Grundvattenmagasinet bedöms i detta parti av Göteborgsmoränen som stort, men bildningens komplexa sammansättning medför att uttagskapaciteten är svårbedömd. Den har angivits till 1–5 l/s. På båda sidor om Göteborgsmoränen finns här slutna grundvattenmagasin enligt beskrivningen ovan.

Avsnitt G4. I fortsättningen norrut från Lindome och en dryg km fram till öster om Sagered återfinns Göteborgsmoränen huvudsakligen högt i terrängen i anslutning till berg i dagen. Förutsättningarna för grundvattenuttag i israndbildningen har bedömts vara sämre än i berggrunden.

Avsnitt G5. Ett lägre liggande parti av Göteborgsmoränen öster om Sagered har tilldelats kapacitetsklass 1–5 l/s. En rörbrunn är här belägen väster om och i nära anslutning till Göteborgsmoränen. Vid brunnsläget finns 13 m grusig moig sand (Göteborgs Förorter 1971). Även för ett slutet magasin väster om Göteborgsmoränen mot Sagsjön har samma klassificering gjorts.

Avsnitt G6. Utmed sträckan från Sjöarås till Kikås strax söder om Stensjön (ca 7 km) har isen vanligen avsatt mycket små mängder jord. Göteborgsmoränen är smal eller saknas nästan helt i delar av bergsterrängen. Lokalt kan små grundvattentillgångar i jord påträffas längs ett stort antal mindre dalsänkor i berggrunden med en utbredning i sydsydostlig–nordnordvästlig riktning. Detta grundvatten dräneras längs dalsänkorna till anslutande kärr eller sjöar. Generellt finns mycket små grundvattenvolymer i dessa partier och klassning på grundvattenkartan har istället skett av uttagsmöjligheter i berggrunden.

Vid Tulebosjön anges på kartan liten eller ingen grundvattentillgång i Göteborgsmoränen (<1 l/s). Den är här bredare och täcks delvis av lera. Georadarmätningar utmed Tulebosjöns västra sida tyder på små jorddjup och jordlager med liten vattengenomsläpplighet. Även vid Kikås har grundvattentillgång <1 l/s markerats för delar av moränen.

Avsnitt G7. Utmed Stensjöns västra sida sträcker sig Göteborgsmoränen vidare i nordnordvästlig riktning. Nära Stensjön finns två källflöden, Mustads källa och Nicklassons källa (figurerna 6 och 7) med flöden på ca 0,3 l/s respektive 1–3 l/s. Ett jorddjup på 16 m har konstaterats mellan sjön och närliggande berg i dagen i väster. Vid Lackarebäck uppgår jorddjupen till ca 30 m, varav ca 20 m är sand och grus som partiellt överlagras av lera.

Källflödena tyder på bergtrösklar eller inslag av tätare jordarter. Vattnet ur Nicklassons källa kan även härröra från en mindre isälvsavlagring belägen norr om Stensjön. Ytvattnet bedöms stå i hydraulisk kontakt med grundvattenmagasinen i både Göteborgsmoränen och isälvsavlagringen. Uttagskapaciteten anges till 1–5 l/s i ett mindre område nära Stensjön med fortsättning upp mot Lackarebäck. Ett uttag av denna storleksordning bygger på inducerad grundvattenbildning från sjön samt på grundvattenbildning i Lackarebäcksområdet.

På höjdområdet vid Lackarebäck antyder de topografiska förhållandena förekomst av en grundvattendelare i Göteborgsmoränen. Norr om Lackarebäck avtar moränens mäktighet och utbredning fram till norra delen av Norra Långevattnet.

Avsnitt G8. Norr om Norra Långevattnet och ca 200 m mot nordväst till gränsen mot Göteborgs kommun bedöms grundvattentillgången i Göteborgsmoränen uppgå till 5–25 l/s. Denna del av israndbildningen ingår i den väl undersökta delen av avlagringen inom Göteborgs kommun vid Kallebäck. Uttag ur sand och grus som motiverar tillgångsklass 5–25 l/s har i Kallebäck gjorts för livsmedelsindustrin. Dessutom kan inducerad infiltration ske till grundvattenmagasinet från Norra Långevattnet.

Grundvattentillgångar vid Dvärred, Tulebosjön och Stensjön

I dessa tre områden finns mindre isälvsavlagringar som utgör begränsade öppna grundvattenmagasin.

Ett område är beläget norr om Dvärred. Förutsättningar kan finnas för ett litet grundvattenmagasin i jord. Detta bedöms dock vara högst begränsat vad gäller uttagskapacitet och har på grundvattenkartan betecknats som liten eller ingen grundvattentillgång (<1 l/s). Det är sannolikt att grundvattnet dräneras i västlig riktning via friktionsjord under finsediment ner mot ett öppet grundvattenmagasin i anslutning till Göteborgsmoränen.

Öster och nordost om Tulebosjön finns ett mindre område med isälvssediment. Borrningsresultat visar att jordlagren är av ringa mäktighet och att ett eventuellt grundvattenmagasin är mycket begränsat (liten eller ingen grundvattentillgång, <1 l/s).

En isälvssavlagring är belägen norr om och i anslutning till Stensjön och omnämns ovan i samband med Göteborgsmoränen. Den består till övervägande del av jordlager ovan grundvattenytan med en liten vattenmättad del. Nära sjön bedöms det dock finnas ett grundvattenmagasin med en uttagskapacitet av 1–5 l/s. Eftersom tillrinningsområdet är litet beror ett eventuellt uttag av denna storleksordning till stor del på inducerad infiltration från sjön.

Grundvattentillgångar i Stora Åns, Mölndalsåns och Kålleredsbäckens dalgångar

Norra delen av Mölndals kommun kännetecknas av markerade lerfyllda dalgångar med mer eller mindre branta omgivande bergssluttningar (figur 8).

I västra delen av Stora Åns dalgång, vid gränsen mot Göteborgs kommun, finns betydande avlagringar av friktionsjord. Huvuddelen täcks av lera. Sammansättningen är främst grus och sand. I anslutning till kommungränsen bedöms mäktigheten på friktionsjorden ofta kunna överstiga 10 m. Bedömningen bygger bland annat på förhållandena i angränsande områden i Göteborgs kommun, från vilka en stor mängd borrhugggifter fanns tillgängliga vid motsvarande kartläggning av grundvattentillgångarna i grannkommunen (Lång opublicerat). Friktionsjordens mäktighet avtar mot öster i Stora Åns dalgång. Från kommungränsen i väster till i höjd med Fässberg i öster har ett slutet grundvattenmagasin med kapacitetsklass 1–5 l/s avgränsats.

Inom Mölndalsåns och Kålleredsbäckens dalgångar finns på motsvarande sätt mäktiga lerlager som på vissa platser underlagras av någon till några meter friktionsjord. Två områden med slutna grundvattenmagasin i tillgångsklass 1–5 l/s har avgränsats. Dessa ligger vid gränsen mot Göteborgs kommun i norr respektive vid Åbromotet–Brännås–Forsåker. Friktionsjorden bedöms här ha tillräcklig mäktighet och är så sammanhängande att uttag av denna storleksordning kan ske.

Kålleredsbäcken dräneras mot norr. Vid Kålleröd–Livered, väster om Göteborgsmoränen, har ett slutet magasin med grundvattentillgång 1–5 l/s avgränsats. Bedömningen bygger på borrhugggifter från området som till största delen är bebyggt.

Övriga delar av de lerfyllda dalgångarna har klassats som ”sammanhängande område med mäktiga finsediment, silt och lera. Vattenförande friktionslager kan förekomma i och under dessa sediment”. Områden med större uttagsmöjligheter än 1 l/s i friktionsjorden under lera liksom områden där uttagsmöjligheterna är bättre i berggrunden än i friktionsjord kan förekomma i dalgångarna med denna klassning.

GRUNDVATTNETS KEMI

Grundvattnets kemi i allmänhet

Grundvattnets kemiska sammansättning är ett resultat av de kemiska egenskaperna hos nederbörden och de processer som vattnet utsätts för på sin väg genom marken ner till grundvattnet. Jonkoncentrationen ökar genom avdunstningen i de övre marklagren. Förändringar i jonsammansättningen sker genom att joner i det nedsipprande vattnet byts ut mot joner som är bundna till markpartiklar (jonbyte) och genom 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 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 växträtter. 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.

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.

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 vätekarbonat. Alkaliniteten, som är ett mått på grundvattnets förmåga att motstå försurning, utgörs inom de normala pH-intervallen av vätekarbonat.

Sulfatjoner som tillförs grundvatten från nederbörden har både mänskligt och marint ursprung. Riktigt höga halter i grundvatten har dock i allmänhet geologiskt ursprung och bildas genom oxidation av sulfider.

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

Grundvattnets naturliga kloridhalt i landet beror på det geografiska läget. Nederbörden bidrar med högre kloridmängder i Sydvästsverige än på andra håll i landet p.g.a. det marina inflytandet. I delar av Sverige som tidigare har varit täckta av hav kan saltvatten finnas kvar och ge höga kloridhalter. Även andra orsaker till förhöjda kloridhalter i grundvattnet förekommer. I kapitlet "Salt grundvatten och motåtgärder" berörs frågor om salt grundvatten närmare.

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

Dricksvattenkvalitet

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

Ett bra dricksvatten skall vara fritt från mikroorganismer, ha en temperatur på 12 grader eller lägre, vara klart och färglöst samt vara lukt- och smakfritt. Problem vad gäller grundvattnets kvalitet 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. En ny författning av Livsmedelsverket, SLVFS 2001:30 (2001), tillämpas från och med 25 december 2003. För att främja en enhetlig tillämpning av föreskrifterna i denna författning har Livsmedelsverket även tagit fram en vägledning som regelbundet förnyas. Föreskrifterna och vägledningen återfinns på Livsmedelsverkets webbplats. De nya föreskrifterna gäller hanteringen av och kvaliteten på dricksvatten, oavsett om denna ingår i yrkesmässig verksamhet eller inte. Livsmedelsverkets föreskrifter gäller dricksvatten från vattenverk som i genomsnitt tillhandahåller mer än 10 m³ dricksvatten per dygn eller försörjer fler än 50 personer, samt för vatten som tillhandahålls eller används som en del av en kommersiell eller offentlig verksamhet.

För vattenverk och enskilda brunnar som tillhandahåller mindre än 10 m³ dricksvatten per dygn eller försörjer färre än 50 personer har Socialstyrelsen tagit fram allmänna råd, SOSFS 2003:17 (2003), som gäller från och med 5 december 2003. Den som har egen brunn har möjlighet att mot avgift få vattenkvaliteten undersökt. Hur ofta detta bör ske och vilka parametrar som omfattas och vilka riktvärden som gäller framgår av Socialstyrelsens allmänna råd som hittas på Socialstyrelsens webbplats.

I tabell 4 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.

Tabell 4. 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	Livsmedels- verket (2001): Gränsvärde Tjänligt med anmärkning	Livsmedels- verket (2001): Gränsvärde Otjänligt	Socialstyrelsen (2003): Riktvärde Tjänligt med anmärkning	Socialstyrelsen (2003): Riktvärde Otjänligt
Aluminium	mg/l Al	0,100**		0,5	
Ammonium	mg/l NH ₄	0,50		0,5 (t) 1,5 (h, t)	
Arsenik	µg/l As		10		10 (h)
Bekämpningsmedel enskilda	µg/l		0,10		0,1
Bekämpningsmedel totalhalt	µg/l		0,50		0,50
Bly	µg/l Pb		10		10 (h)
Cyanid	µg/l CN		50		50 (h)
Fluorid	mg/l F		1,5	1,3 (h)	6,0 (h)
Färg	mg/l Pt	15/30*		30 (e)	
Järn	mg/l Fe	0,100/0,200*		0,50 (e, t)	
Kadmium	µg/l Cd		5,0	1,0 (h)	5,0 (h)
Kalcium	mg/l Ca	100		100 (t)	
Klorid	mg/l Cl	100		100 (t) 300 (e, t)	
Konduktivitet	mS/m	250		-	
Koppar	mg/l Cu	0,20	2,0	0,20 (e, t)	2,0 (h, e, t)
Krom	µg/l Cr		50		50 (h)
Kvicksilver	µg/l Hg		1,0		1,0 (h)
Lukt		Svag	Tydlig eller mycket stark	Tydlig (e)	Tydlig (h) Mycket stark (e)
Magnesium	mg/l Mg	30		30 (e)	
Mangan	mg/l Mn	0,050**		0,30 (e, t)	
Natrium	mg/l Na	100		100 (t) 200 (e, t)	
Nickel	µg/l Ni		20		20 (h)
Nitrat	mg/l NO ₃	20	50	20 (t)	50 (h, t)
Nitrit	mg/l NO ₂	0,10**	0,50	0,1 (t)	0,5 (h)
Oxiderbarhet (permanganatindex)	mg/l O ₂	4,0			
pH (vätejonkon- centrationen)		<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

Grundvattnets kemi i Mölndals kommun – exempel

Några exempel på grundvattnets kemiska sammansättning i kommunen ges här. Underlagsmaterial utgör kemiska analyser från:

- Enskilda vattentäkter (Janovskis 1985) där totalt 727 brunnar analyserades på pH och alkalinitet.
- Källan vid Gårda, söder om Lindome, som ingår i den miljöövervakning av grundvatten som länsstyrelsen i Västra Götaland utför (med beteckning 717 Lindome).
- Mustads källa och Nicklassons källa vid Stensjön.
- Grundvatten i isälvsavlagringen vid Inseros. Provtagning i SGUs observationsrör R0301.
- Enstaka enskilda vattentäkter där radon analyserats.

I studien av Janovskis (1985) ingick ungefär lika många grävda som bergborrade brunnar, 340 respektive 354 stycken. Dessutom ingick några mindre källor och ”sprängda” brunnar där grundvatten erhålls från de allra understa jordlagren samt den översta delen av berggrunden. I de grävda brunnarna var medianvärdet för pH 6,1 och för de bergborrade brunnarna 7,0. Medianvärdet för alkalinitet var för de grävda brunnarna 37 mg/l och för de bergborrade brunnarna 97 mg/l. Resultatet är i linje med ett stort antal undersökningar som visar på högre pH och alkalinitet i berggrundvatten än grundvatten i jord. Grundvattnet i berggrunden har vanligen haft längre uppehållstid i marken än grundvattnet i grävda brunnar (ibland undantaget brunnar anlagda i slutna grundvattenmagasin i jord). De låga värdena på både pH och alkalinitet stämmer också väl in i bilden av att många brunnar i sydvästra Sverige (och speciellt grävda brunnar) uppvisar surt grundvatten. Områden inom kommunen med de lägsta medianvärdena i grävda brunnar (pH <6 eller alkalinitet <20 mg/l) var Kärre, Heljered, Risåsbacke, Dunsered, Berget, Berga, Barnsjön, Greggered, delar av Hällesåker, Ranered samt Inseros.

För områdena Källered, Hultet och Torkelsbohöj var medianvärdena för de bergborrade brunnarna 6,5 eller lägre och alkaliniteten <60 mg/l. Analyser från minst fem brunnar ingick för varje delområde. Sedan studien genomfördes har sannolikt antalet grävda brunnar där surt brunnsvatten används minskat. Fler bergborrade brunnar används idag och försurningstrycket vad gäller nedfall från atmosfären är lägre.

Källan söder om Lindome (tabell 5) visar på ett mycket jonsvagt grundvatten, med typisk kemisk sammansättning för ett ytligt eller relativt ytligt grundvatten i berg- och moränterräng. Några års analyser anges i tabellen för att visa på variationer i halter mellan enskilda år.

Inseros tillhör de områden där surt grundvatten i jord förekommer frekvent. Eftersom grundvattentillgången i isälvsavlagringen vid Inseros är av potentiellt intresse för grundvattenuttag, har grundvattenprov tagits för kemisk analys från det av SGU drivna observationsröret (tabell 6). Prov finns från nivåerna 8–9 m samt 19–20 m under markytan. Grundvattenytan ligger här nära markytan.

Analysresultaten i tabell 6 visar att det provtagna grundvattnet i Inseros har låg alkalinitet men relativt högt pH. Orsaken är sannolikt luftning i samband med provtagning ur observationsröret. Halterna av kalcium, magnesium, natrium och kalium är typiska för grundvatten i relativt kustnära

Tabell 5. Analyser från källan vid Gårda, söder om Lindome, från miljöövervakning av grundvatten som utförs av länsstyrelsen i Västra Götaland (lokal 717 Lindome).

Provtagningsdatum	pH	Alkalinitet mg/l mg/l	Ca mg/l	K mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l
1990-08-21	5,2	2	5					12
1991-09-04	5,6	4	7					22
1992-09-01	5,2	2	4		6			13
1993-09-13	5,3	2	4					13
1994-09-19	5,3	0	5	1	3	15	33	12
1995-09-21	5,5	3	3	3	1	13	21	12
1996-09-25	5,5	2	3	1	2	12	18	11
1997-09-11	5,7	7	4	1	2	13	19	11

områden, styrda av nederbördens sammansättning och en geokemisk markmiljö där en begränsad mängd lättvittrade mineral är tillgängliga. Klorid och sulfat uppvisar något förhöjda värden mot vad som kan förväntas från nederbörden. Det kan inte uteslutas att någon lokal källa till förhöjd kloridhalt förekommer. Kväve- och fosforhalterna är låga och indikerar att ingen påverkan sker. För de flesta elementen är halterna högre i det övre provet från 8–9 m djup än från 19–20 m djup. En förklaring kan vara en finkornigare sammansättning hos sanden på den övre nivån (se tabell 3), med lägre omsättningshastighet hos grundvattnet. Sammanfattningsvis anger analyserna en god vattenkvalitet vad gäller de analyserade elementen, men grundvattentillgången är så belägen att den kräver gott skydd vid ett större nyttjande.

Kemiska analyser från källorna vid Stensjön (tabell 6) visar på något jonstarkare vatten än i Inseros, med bland annat högre alkalinitet och högre halter av kalcium och magnesium. Viss lokal påverkan av klorid, nitrat och eventuellt sulfat förekommer, och är tydligast för Mustad källa.

Även vid Sinntorps vattentäkt är grundvattnet svagt buffrat med låg alkalinitet. Sulfat- och kloridhalterna är lägre än i Inseros. Den påverkan av bekämpningsmedel som nyligen konstaterats har inneburit att grundvattentäkten stängts. Vattenkvaliteten har annars, i ett tidigare driftsskede, ansetts vara mycket god i grundvattentillgången vid Sinntorp (Mölnads kommun 1990).

Höga halter av radon i grundvattnet är betingade av mineralsammansättningen i berggrunden. Sammanställning av radonhalter i brunnsvatten i Göteborgs kommun (Lång 2000), kompletterat med enstaka analyser från Mölnads kommun (Sundevall 2002) visar att i områden med graniter av RA-typ är de genomsnittliga radonhalterna i berggrundvattnet flera gånger högre än i andra bergarter. Graniter av RA-typ förekommer i västra delen av Mölnads kommun, se vidare den radonriskkarta som framtagits för kommunen (Sundevall 2002). Mycket höga radonhalter har dock även konstaterats i kommunen i vatten från brunnar anlagda i andra bergarter.

Vid sammanställningen av grundvattenanalyser i Göteborgs kommun (Lång 2000) visade halten av fluorid mycket god överensstämmelse med utbredningen av graniter av RA-typ (högt innehåll av mineralet flusspat) och därmed även med radonhalterna. Det kan inte uteslutas att även i grundvatten i jordlager som överlagrar granit av RA-typ kan förhöjda radon- och fluoridhalter förekomma lokalt.

Utbredningen av salt grundvatten i kommunen är inte sammanställd. Eftersom kommunen inte gränsar till havet är det i första hand rester av relik saltvatten som kan medföra höga kloridhalter i grävda och bergborrade brunnar inom kommunen. Det är i första hand i de större dalgångarna och i

Tabell 6. Resultat av analys av grundvattenprov tagna vid drivning av observationsrör i Inseros (SGU beteckning R0301). Från observationsröret 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. I tabellen ingår också exempel på analys av källvatten från Mustads källa och Nicklassons källa erhållna från Mölnads kommun.

Lokal		RSG2004 040111910	RSG2004 04011910	Mustad källa	Nicklassons källa
Område		Inseros	Inseros	Stensjön	Stensjön
X-koordinat		6392455	6392455	6399245	6399420
Y-koordinat		1287682	1287682	1275407	1275610
Provtagningsdjup		8–9 m	19–20 m	0 m	0 m
Datum provtagning		2003-10-16	2003-10-16	2002-07-16	2002-07-16
Konduktivitet 25°	mS/m	26	23	43	36
pH		7,6	7,1	6,9	6,8
Alkalinitet (HCO ₃)	mg/l	22	26	44	59
Ca	mg/l	17	9,0	34	29
Mg	mg/l	8,8	3,6	10	10
Na	mg/l	12	19		
K	mg/l	4,3	2,4		
NH ₄ -N	mg/l	<0,01	0,19	0,02	0,01
NO ₂ -N	mg/l	<0,002	0,057	<0,002	<0,002
NO ₃ -N	mg/l	<0,2	<0,2	4,6	1,7
PO ₄ -P	mg/l	0,015	<0,005	<0,005	<0,005
F	mg/l	<0,1	0,15	<0,1	<0,1
Cl	mg/l	48	31	59	48
SO ₄	mg/l	33	31	47	28

övriga delar av kommunen under högsta kustlinjen (HK) som lokalt höga kloridhalter i grundvattnet (>100 mg/l) kan förväntas förekomma. Analyserna från grundvattentillgångarna i jord vid Inseros, Sinnorp och Stensjön visar inte på förekomst av salt grundvatten. Däremot kan lokal påverkan ha inneburit viss förhöjd kloridhalt.

SALT GRUNDVATTEN OCH MOTÅTGÄRDER

Förekomsten av salt grundvatten

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

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

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

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

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

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

Dessa värden får inte ses som största tillåtna borrhjup utan som relativa mått på risken att erhålla ett salt grundvatten. Detta beror på att en brunn inte måste nå ända ner till saltvattengränsen för att den skall kunna bli påverkad av det salta grundvattnet. Orsaken är att även om gränsen mellan sött och salt grundvatten ligger djupt ner, så har det salta vattnet en trycknivå som ligger avsevärt mycket högre. Detta förhållande illustreras i figurerna 28 och 29.

Om gränsen till det salta grundvattnet ligger 300 m under grundvattennivån (den söta) och salthalten motsvarar havens salthalt, så innebär de hydrauliska tryckförhållandena att det salta vattnets trycknivå inte ligger på 300 m djup utan endast 7 m lägre än grundvattennivån. Detta medför att salt grundvatten i många fall kan trycka upp i en brunn som endast via sprickor når ner till saltvattengränsen, om man genom pumpning dränerar ut sörvattnet i sprickorna (se figur 30). I de flesta fall får man emellertid inte ett "rent" saltvatten utan tillförsel av ytterligare sött vatten från en mycket oregelbunden sprickighet, vilket kan ge vilka blandningsförhållanden som helst. Det är ju inte heller så att det salta grundvatten man får upp vid pumpning i brunnar alltid har en viss bestämd salthalt.

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

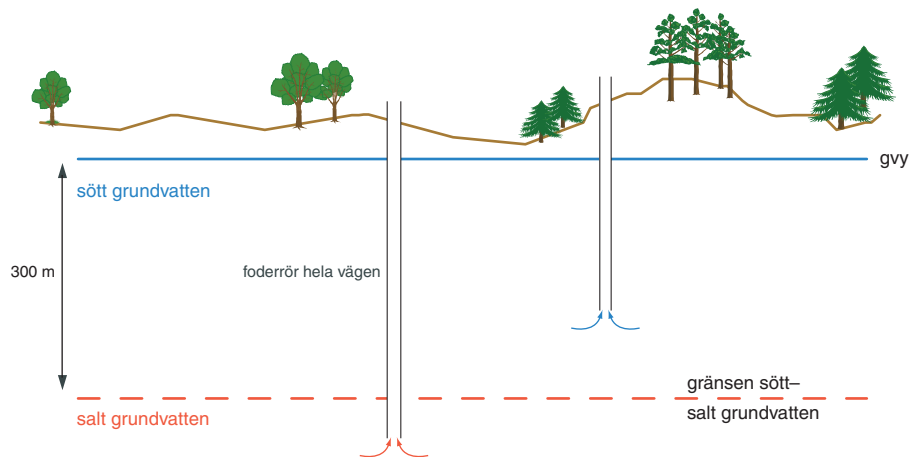


Fig. 28. Båda brunnarna utgörs av stålrör, där vattnet kommer in endast underifrån. Den högra brunnen får in sött vatten – vattennivån i brunnen blir densamma som omgivande grundvattennivå. In i den vänstra brunnen kommer bara salt grundvatten från drygt 300 m djup.

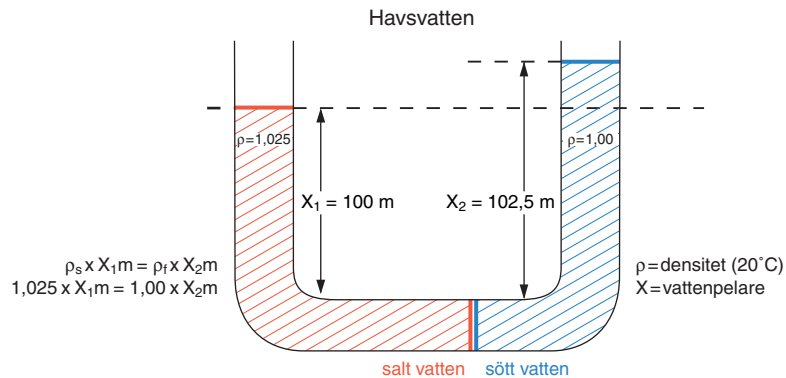


Fig. 29. Enligt principen om kommunicerande kärl balanseras en 102,5 m pelare med sött vatten av en 100 m pelare med salt vatten (3,5 %).

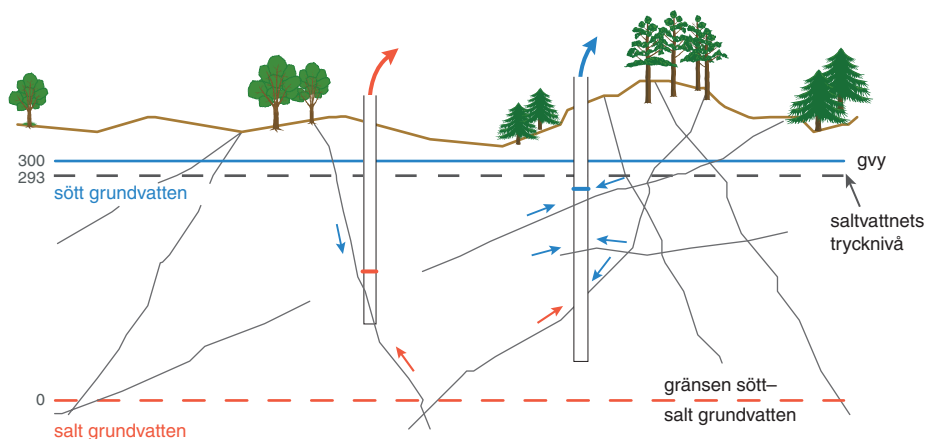


Fig. 30. Brunnen till vänster får vatten från i huvudsak en, dåligt vattenförande, spricka. Den övre delen av sprickan töms efter en tid på sitt söta vatten. Via den undre delen av sprickan trycks det salta vattnet upp utan att sina. Brunnen ger vatten med hög salthalt. Brunnen till höger får vatten från flera rikligt givande sprickor med sött vatten och det förhållandevis lilla bidraget av salt grundvatten från djupet medför att brunnen ger vatten med låg salthalt.

Åtgärder mot salt grundvatten

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

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

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

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

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

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

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

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

Risken ökar, som ovan framgått, med ökande brunnsdjup. Detta innebär bl.a. att risken för salt grundvatten är mycket liten i grävda brunnar. Har man råkat ut för salt vatten vid brunnsborrning, trots att åtgärderna ovan vidtagits, bör man undersöka möjligheterna att anlägga en brunn i jordlagren.

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

GRUNDVATTNETS SÅRBARHET

Grundvattenpåverkan

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

- Diffusa läckage av t.ex. dagvatten från vägar och samhällen, infiltrationsanläggningar, avfallsdeponier och via luftdeposition.
- Tillfälliga utsläpp vid en olyckshändelse där förorenande ämnen kan spridas med och kontaminera yt- och grundvattnet.
- Byggnations- och grundläggningsskeden.

Vid utsläpp av miljöfarliga ämnen är risken för allvarliga skador på grundvattnet störst i områden med genomsläppliga jordarter och med stora grundvattentillgångar. Här kan det vara nödvändigt att agera mycket snabbt för att förhindra omfattande och kostsamma skador.

Konsekvens- och riskanalys

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

På samma sätt kan risken för att grundvattnet förorenas beskrivas som en sammanvägning av sannolikheten att en olyckshändelse verkligen inträffar och den konsekvens händelsen får, se figur 31.

Med utgångspunkt i grundvattenkartan över Mölndals kommun och dess databaser kan en särskild underlagskarta för grundvattenskydd (sårbarhetskarta) tas fram. Dessa kartor (och databaser) kan sedan användas som underlag för risk- och konsekvensanalyser vid t.ex. förebyggande planering i händelse av olyckor, lokalisering av miljöfarliga verksamheter eller framtagandet av miljökonsekvensbeskrivningar (MKB).

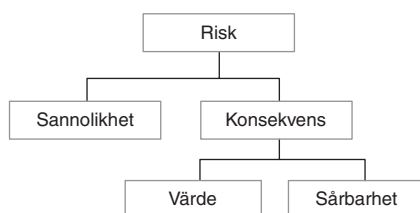


Fig. 31. Risk- och konsekvensanalys.

Skydd av grundvattnet

För att säkra grundvattnets kvalitet bör grundvatten som nyttjas eller kan komma att nyttjas för vattenförsörjning skyddas. Syftet med ett vattenskyddsområde är att förhindra att föroreningar når grund- eller ytvatten genom att begränsa verksamheter och markanvändning inom vattentäktens tillrinningsområde. Skulle en skada inträffa inom vattentäktens tillrinningsområde måste tiden för föroreningstransporten i mark och vatten vara så lång att markens naturliga reningsmekanismer hinner verka eller att åtgärder hinner vidtas innan föroreningen når uttagspunkten.

Ett vattenskyddsområde kan fastställas av kommun eller länsstyrelse. Utgångspunkten för den geografiska avgränsningen av ett vattenskyddsområde för en grundvattentäkt är att hela grundvattentäktens tillrinningsområde bör omfattas av vattenskyddsområdet. Eftersom omsättningen i ett grundvattenmagasin är långsam och det medför mycket stora svårigheter att rena ett förorenat grundvatten krävs en strategi med ett starkt förebyggande skydd. Det innebär att i första hand bör inte potentiellt förorenande verksamheter tillåtas inom vattenskyddsområdet; i andra hand ska en förorening hinna upptäckas i tid och marken saneras innan föroreningen når grundvattnet; i tredje hand ska föroreningen brytas ned, fastläggas eller spädas ut till acceptabla nivåer, eller kunna tas om hand innan den hinner transporteras med grundvattnet till uttagspunkterna av grundvatten.

Ett vattenskyddsområde kan delas in i zoner med bestämmelser som är anpassade efter skyddsbehovet i respektive zon. Vattenskyddsområdet kan delas in i vattentäktsson, primär skyddszon, sekundär skyddszon samt tertiär skyddszon. Syftet med vattentäktssonen är att säkra ett effektivt närskydd för uttagspunkterna. Området bör vara otillgängligt för andra än verksamhetsutövaren. Vattentäktssonen avgränsas som ett område kring uttagspunkten. Den primära skyddszonen ska avgränsas på sådant sätt att riskerna för akut förorening genom olyckshändelser minimeras. Särskilt känsliga inströmningsområden skall också beaktas vid avgränsningen av denna skyddszon. Vidare ska bestämmelserna göra att den primära skyddszonen skyddas mot sådan markanvändning och verksamheter som kan medföra risk för förorening av grundvattnet. Gränsen mellan primär och sekundär skyddszon sätts så att uppehållstiden i den primära skyddszonen till vattentäktssonens gräns beräknas vara minst 100 dygn. Den sekundära skyddszonen bör omfatta de delar av tillrinningsområdet där vattnet har en beräknad uppehållstid på väg mot uttagsbrunnarna från skyddsområdets yttre gräns till vattentäktssonen på minst ett år. Den tertiära skyddszonen kan omfatta de delar av tillrinningsområdet som inte omfattas av övriga zoner.

Hur stort område som behöver avgränsas som vattenskyddsområde för brunnar i jord beror huvudsakligen på grundvattenmagasinens och jordlagrens sammansättning och utbredning samt avståndet till grundvattendelare. För bergborrade brunnar måste hänsyn tas till t.ex. berggrundens spricksystem och täckande jordlager när skyddsområdesgränserna bestäms.

METODBESKRIVNINGAR

Georadar

Grundläggande principer

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

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

Geologiska förutsättningar

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

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

Tillämpningsområden

Georadar används bl.a. för att:

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

Kriging och variogramanalys

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

Kriging bygger på att viktning sker av data från omgivande punkter. Storleken på vikterna beror på hur variogrammet (semivariogrammet) ser ut. Vikterna standardiseras så att summorna av dem blir 1

(unbiased estimation). Den interpolerade noden får då värdet från omgivande punkter multiplicerad med respektive beräknad standardvikt:

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

Y_o är det beräknade värdet

w_i är de beräknade standardvikterna

Y_i är värdena för omgivande punkter

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

Figur 32 visar ett exempel på ett variogram, 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 de data man har kan man beräkna krigingvikterna.

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

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

Särskilt viktigt är att tröskelvärdet 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

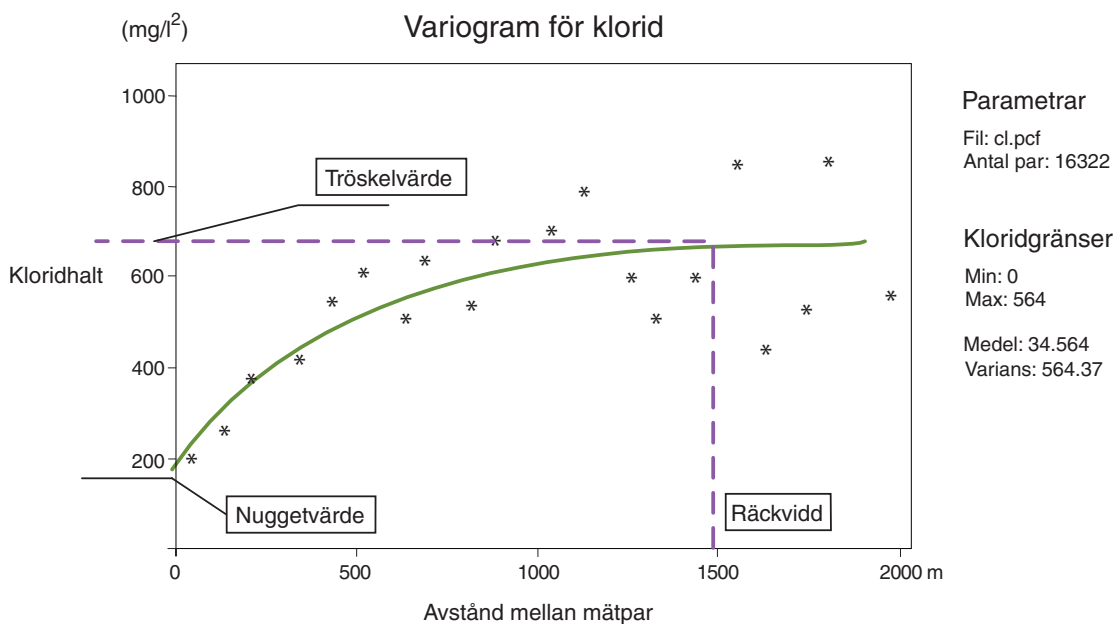


Fig. 32. Ett exempel på variogramanalys. Här är variansen på kloridhalten plottad mot avståndet. I figuren framgår autokorrelationens räckvidd, tröskelvärdet för observationer som är oberoende av varandra samt nuggetvärdet, den lägsta variansen.

än t.ex. sulfatkoncentrationen i samma brunnar. Det faktum att grundvattenytan har en högre rumslig kontinuitet kommer att påverka utseendet på variogrammet. Kriging tar därför hänsyn till två viktiga aspekter när man interpolerar, nämligen avstånd och den rumsliga fördelningen.

DOKUMENTATION AV FÄLTUNDERSÖKNINGAR

Förutom följande dokumentation finns geofysiska mätningar, borrhningar, inventerade brunnar och observationsrör, källor, skyddsområden etc. dokumenterade som databaser.

Geofysiska mätningar

I undersökningen har utförts ett antal mätningar med georadar. I tabell 7 framgår läget för dessa mätlinjer.

Tabell 7. Läget för geofysiska undersökningar utförda i Mölndals kommun. Under "Profil" anger "R" georadarmätningar och "-03" året för mätning (2003).

Profil	X-start	Y-start	X-slut	Y-slut	Plats
R375-03	6392163	1286308	6392541	1287935	Skåregärde–Inseros
R376-03	6392203	1285319	6392357	1286307	Ålgårdsbacka–Skåregärde
R377-03	6392030	1284595	6392209	1285537	Hällesåker–Ålgårdsbacka
R378-03	6391916	1284070	6392358	1284282	Hällesåker
R379-03	6391452	1280074	6392261	1283850	Strekered–Hällesåker
R380-03	6390669	1280563	6391384	1281408	Hassungared–Kättered
R381-03	6389530	1278691	6390096	1278958	Lindome kyrka
R382-03	6309769	1278806	6389854	1279237	Lindome kyrka
R383-03	6392856	1277081	6393270	1277351	Stretered
R384-03	6393692	1278438	6394026	1278641	Tulebo
R385-03	6392805	1277945	6393478	1278175	Tulebo
R386-03	6393200	1278157	6393248	1278496	Tulebo

Utförda och inventerade borrhningar

I tabell 8 redovisas de undersökningsborrningar och sonderingar som utförts av SGU inom ramen för kartläggningen. Ett urval av andra borrhningar där uppgift om lagerföljd funnits tillgängliga ingår också.

Tabell 8. Uppgifter om lagerföljder. "Namn i databas" anger unik beteckning i SGUs Parameterdatabas (PDB), medan "Obs.namn" är den beteckning som en undersökningsborrning eller sondering ges vid fältarbetet. Under "Obs.typ": Spetsar är 2-tums- eller 1-tumsrör som står kvar i marken och där grundvattennivån går att mäta och vattenprov tas. Sondering är borrning enbart med kontroll av jordlagerföljden och där borrhålet kollapsar efter borrningen. "Från m" och "Till m" anger nivå i meter under markytan. "Utf" anger utförare av borrningen.

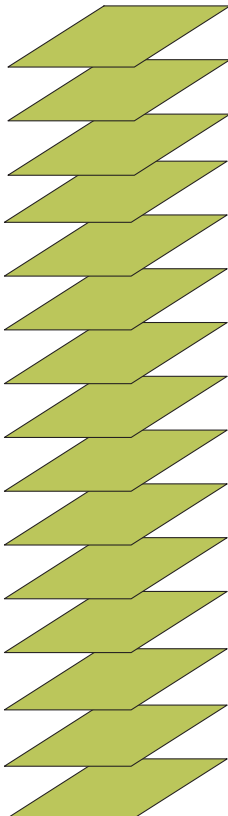
Namn i databas (Obs.namn)	X	Y	Obs.plats	Obs.typ	Från m	Till m	Jordart	Utf.
RSG2004011901 (SGU 503301)	6392298	1281733	Löjsåker	sondering	0 36,2 38,7 41,5	36,2 38,7 41,5 44,8	lera siltig lera finsand diamikton/morän	SGU
RSG2004011902 (SGU 50302)	6391647	1280774	Hassungared	sondering	0 35,3	35,3 35,6	lera diamikton/morän	SGU
RSG2004011903 (SGU 50303)	6390893	1279718	Sinntorp	sondering	0 43,4	43,4 44,5	lera diamikton/morän	SGU
RSG2004011910 (SGU 120301)	6392455	1287682	Inseros	spets	0 1 2 4 5 17 19 21 23 25	1 2 4 5 17 19 21 23 25,8	lera lerig mellansand mellansand sandig lera mellansand grusig mellansand mellansand sand grusig sand diamikton/morän	SGU
TPN2004011604	6391938	1284054	Hällesåker Idrottsplatsen	sondering	0 15	15 23	friktionsjord lera (troligen)	GF
TPN2004011605	6391938	1284054	Hällesåker Idrottsplatsen	sondering	0 10	10 15	friktionsjord lera (troligen)	GF
TPN2004011606	6392164	1284339	Hällesåker	sondering	0 1	1 25	sand sandig lera	GF
TPN2004011607	6392233	1283233	Hällesåker Gamla skolan	sondering	0 10	10 30	friktionsjord lera (troligen)	GF
TPN2004011608	6390197	1278938	Sinntorps vattentäkt rörbrunn	rörbrunn	1 10 14	10 14 23,5	lera sand, något grus grusig sand	VIAK
TPN2004011609	6390389	1278878	Sinntorp	spets	0 6	6 10	lera-silt friktionsjord	
TPN2004011610	6390540	1278741	Sinntorp	spets	0 19 22	19 22 25	lera-silt sandig lera friktionsjord	
TPN2004013006	6389608	1278469	Lindome	sondering	0 5	5 22	lera-silt friktionsjord	GF
TPN2004013007	6389502	1278474	Lindome	sondering	0 7	7 18	lera-silt friktionsjord	GF
TPN2004013008	6389220	1278657	Lindome	sondering	0 8,5	8,5 23,5	lera-silt friktionsjord	GF
TPN2004013009	6391772	1277687	Dvärred. f.d. kom- munal vattentäkt	rörbrunn	0 18	18 19,5	siltig sand + grus sandig silt	VIAK
TPN2004013010	6391220	1280635	Hassungared f.d. kommunal vattentäkt	rörbrunn	0 13,3	13,3 19,2	lera siltig sand + grus	VIAK

DATABASSTRUKTUR

Den digitala informationen om grundvattentillgångar i Mölndals kommun finns tillgänglig i SGUs databaser och presenteras översiktligt nedan i figur 33. Informationen är framtagen i formaten MapInfo och ArcInfo, men kan erhållas även i andra format. Data är lagrade i RT90 2,5 gon V.

Övriga data med anknytning till kartan "Grundvattenförekomster i Mölndals kommun" som finns tillgängliga på SGU är bl.a.

- bilder på georadargram,
- anpassade symbolfiler i formatet MapInfo och
- postscriptfiler för utplottning av data.



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

Fig. 33. Översiktlig databasstruktur.

REFERENSER, LITTERATUR OCH GRUNDVATTENKARTOR

Referenser

- Adriellsson, P. & Fredén, C., 1987: Beskrivning till jordartskartan Marstrand SO/Göteborg SV. *Sveriges geologiska undersökning Ae 72*, 103 s.
- Adriellsson, P. & Klingberg, F., 1989: Beskrivning till jordartskartorna Kungsbacka NV och SV. *Sveriges geologiska undersökning Ae 95–96*, 73 s.
- EG, 2000: *Europaparlamentets och rådets direktiv 2000/60/EG av den 23 okt. 2000 om upprättande av en ram för gemenskapens åtgärder inom vattenpolitikens område*, 72 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.
- Fredén, C., 1983: Beskrivning till jordartskartan Kungsbacka NO. *Sveriges geologiska undersökning Ae 34*, 125 s.
- Göteborgs Förorter, 1971: *Erforderliga åtgärder för laglighetsprövning av vattentäkterna Sinnorp 2:4 och Dvärred 2:56*. Rapport till Mölndals kommun.
- Göteborgs Förorter, 1991: *Sinnorps vattentäkt, Objekt nr 5465, Teknisk beskrivning*, 12 s.
- Göteborgs Förorter, 1993: *Hällesåker, Översiktsplan, Utlåtande över geoteknisk undersökning*. Rapport till Mölndals kommun, 4 s.
- Janovskis, J., 1985: Surt vatten i enskilda vattentäkter Mölndals kommun. *Rapport Mölndals kommun*.
- Laaksoharju, M., Smellie, J., Nilsson, A.-C., & Skärman, C., 1995: Groundwater sampling and chemical characterisation of the Laxemar deep borehole KLX02. *SKB Tec. Rep.95-05*, 74 s.
- Livsmedelsverket, 2001: Livsmedelsverkets föreskrifter om dricksvatten. *Statens livsmedelsverks författningssamling, SLVFS 2001:30*, 33 s.
- Magnusson, E., 1978: Beskrivning till jordartskartan Göteborg SO. *Sveriges geologiska undersökning Ae 26*, 154 s.
- Mölndals kommun, 1990: *Vattenöversikt*. Mölndals kommun och GF Miljö & Natur, 163 s.
- Nordberg, L. & Persson, G., 1974: The national groundwater network of Sweden. *Sveriges geologiska undersökning Ca 48*, 160 s.
- Nurmi, P.A., Kukkonen, I.T. & Lahermo, P.W., 1998: Geochemistry and origin of saline groundwaters in the Fennoscandian Shield. *Journal of Applied Geochemistry vol. 3*, 185–203.
- Samuelsson, L., 1978: Beskrivning till berggrundskartan Göteborg SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 117*, 85 s.
- Samuelsson, L., 1982: Beskrivning till berggrundskartan Kungsbacka NO. *Sveriges geologiska undersökning Af 124*, 100 s.
- SGU, 1985: Grundvattennätet. Svenskt vattenarkiv. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 44*, 115 s.
- Socialstyrelsen, 2003: Försiktighetsmått för dricksvatten. *Socialstyrelsens författningssamling, SOSFS 2003:17 (M) Allmänna råd*, 16 s.
- Sundevall, S.-E., 2002: Metodbeskrivning och radonriskkarta över Göteborgs och Mölndals kommuner. *Sveriges geologiska undersökning rapport 2002:27*, 64 s.
- Vattenfall, 1991: Scientific Summary Report of the Deep Gas Drilling Project in the Siljan Ring Impact Structure. *Swedish State Power Board, U(G) 1991/14*, 257 s.

Litteratur

- Aastrup, M., 1994: Grundvattenövervakning inom PMK. Rapport från verksamheten 1994. *Naturvårdsverket. Rapport 4128*, 28 s.
- Aastrup, M., Thunholm, B., Johnson, J., Bertills, U. & Berntell, A., 1995: Grundvattnets kemi i Sverige. *Naturvårdsverket. Rapport 4415*, 52 s.

- Agerstrand, T., 1973: Praktisk geohydrologi. Praktisk miljökunskap. I P. Brink, T. Cewé, E. Olerud, C. Ramel, H. Sjörö & M. Falkenmark (red.): *Vattenmiljön. Praktisk miljökunskap*. Natur och Kultur, Stockholm, 53–80.
- Andersson, A.C., Andersson, O. & Gustafson, G., 1984: Brunnar: undersökning – dimensionering – borrning – drift. *Byggnadsrådet R 42:1984*, 260 s.
- Andersson, S., Eriksson, A. & Åbyhammar, T., 1980: Utvinning av värme ur bergborrade brunnar. Förstudie. *Byggnadsrådet R 142:1980*, 93 s.
- Annadotter, H., 1993: Algtoxiner i dricksvatten: en undersökning vid två svenska vattenverk samt en litteraturstudie. *VAV. VA-Forsks rapportserie 1993:03*, 110 s.
- Bengtsson, L., Larsson, M., Nilsson, Å. & Stjernman, I., 1981: Grundvatten och förorening i Göteborgs och Bohus län. *Rapport. Länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län*, 116 s.
- Bengtsson, M.-L., 1996: Hydrogeologisk sårbarhetsklassificering som verktyg i kommunal planering. Med exempel från Lerums kommun. *Chalmers tekniska högskola, Geologiska institutionen Publ. A81*, 123 s.
- Bengtsson, M.-L. & Gustafson, G., 1996: Bedömning av grundvatten utgående från grundvattenmiljöer. *Chalmers tekniska högskola, Geologiska institutionen Publ. B426*, 27 s.
- Berg, C., 1993: Grundvattnets tillstånd i Göteborgs och Bohus län. *Länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län, Miljövårdsenheten Publ. 1993:2*, 70 s.
- Berg, C. & Sterner, M., 1994: Skyddsområden för vattentäkter i Göteborgs och Bohus län. *Länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län. Miljövårdsrapport 1994:14*, 45 s.
- Bergman, G., 1972: *Bestämning av infiltrationskoefficienter för bergytter och perkolationsbanor i jordlager*. Stockholms universitet. Kvartärgeologiska institutionen. Även STU 69-519/U386, 87 s.
- Bergstedt, O., Paxéus, N. & Rydberg, H., 1999: Miljöföroreningar i dricksvatten. *VAV. VA-forsks rapportserie 1999-2*, 69 s.
- Bergström, S., 1993: *Sveriges hydrologi – grundläggande hydrologiska förhållanden*. SMHI, Norrköping, 138 s.
- Bertills, U., von Brömssen, U. & Sarr, M., 1989: Föroreningsläget i enskilda vattentäkter i Sverige. *Naturvårdsverket. Rapport 3567*, 157 s.
- Brink, R. & Tullberg, H., 1982: Att utvinna och lagra värme i mark och vatten. Juridiska aspekter. *Byggnadsrådet T 44:1982*, 75 s.
- von Brömssen, U., 1968: *Grundvattenbildning i geologiskt olika terrängavsnitt: försök till bestämning av infiltrationskoefficienter*. Särtryck ur: Teknik Metod Analys. Stockholm. 33–110.
- Byggnadsrådet, 1982: Bergvärme, grundvattenvärme och geotermi. BFR-seminarium maj 1982. *Rapport R130:1982*, 178 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., vol. 7*, 71–84.
- Carlsson, L., 1970: Metoder för praktisk bestämning av grundvattnets strömningshastighet. *Chalmers tekniska högskola, Inst. för vattenförsörjnings- och avloppsteknik, Serie B 70:1*. Göteborg, 113 s.
- Carlsson, L. & Carlstedt, A., 1976: Estimation of transmissivity and permeability in Swedish bedrocks. *Nordic Hydrology* 8, 103–116.
- Carlsson, L. & Gustafson, G., 1984: Provpumpning som geohydrologisk undersökningsmetodik. *Byggnadsrådet R41:1984*, 124 s.
- Coordinating committee for hydrology in Nordic Countries (COHYNO), 1984: *Nordic Glossary of Hydrology*. Almqvist & Wiksell International, Stockholm. 224 s.
- Cedhagen, M. & Vikner, B., 1985: Förorening 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*, 103 s.
- De Geer, J., 1970: Några hydrogeologiska synpunkter på jordtäckets akviferer främst åsarnas. I E. Eriksson, Y. Gustafsson & K. Nilsson (red.) *Grundvatten*. Norstedt & Söner förlag, Stockholm. 82–109.
- Dressie, Z., 1987: Recharge and soil water studies using different models and methods. Uppsala universitet. *Naturgeografiska institutionen. Avdelningen för Hydrologi. Report Series A, Nos 2 and 39*, 93 s.

- Engqvist, P., Olsson, T. & Svensson, T., 1978: Pumping and recovery tests in wells sunk in till. *Nordic Hydrological Conference and Second Nordic IHP meeting, Hanasaari, 1978, Papers of workshops*. Helsinki. 42–51.
- 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. (red.), 2002: *Berg och jord*. Tredje upplagan. Sveriges nationalatlas. 208 s.
- Frycklund, C., Jacks, G., Johansson, P.-O. & Lekander, K., 1994: Konstgjord grundvattenbildning– Processer vid inducerad infiltration och bassänginfiltration. *VAV. VA-forsks rapportserie 1994-08*, 55 s.
- Granberg, G., 1934: Den kalendärt fixerade källdrickningen. *Folkminnen och folktankar* 21, 20–34, 56–75.
- Grip, H. & Rodhe, A., 1988: *Vattnets väg från regn till bäck*. Hallgren & Fallgren Studieförlag AB. Uppsala. 155 s.
- Gustafson, G., 1974: A method of calculating the hydraulic properties of esker aquifers. *Nordic Hydrologic Conference, Aalborg 1974*, 525–543.
- Gustafson, G., 1976: A method of calculating the hydraulic properties of leaky esker-aquifer systems. *Nordic Hydrologic Conference, Reykjavik 1976, IV* 47–64. Även i: *Nordic Hydrology* 8, 1977, 65–82.
- Gustafsson, Y., 1970: Topografins inverkan på grundvattenbildningen. I E. Eriksson, Y. Gustafsson & K. Nilsson (red.). *Grundvatten*. Norstedt & Söner förlag. Stockholm. 15–33.
- Göteborgsregionens kommunalförbund, 2003: *Vattenförsörjningsplan för Göteborgsregionen*, 133 s.
- Horneby, G., 1996: Ökad säkerhet och beredskap inom vattenförsörjningen. Inventering av befintliga vattentäkter. *Överstyrelsen för Civil Beredskap. Forskningsrapport 1996:7*, 81 s.
- Hult, A., 1991: *Källan till vattnet*. Anders Hult & Gidlunds Bokförlag, Värnamo. 197 s.
- Hydén, H., 1983: Energiutvinning ur kommunala grundvattentäkter. *Bygghörsningsrådet 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. *Kungl. tekniska högskolan. Institutionen för kulturteknik. Meddelande TRITA-KUT 1045*, 19 s.
- Johansson, P.-O., 1987: Spring discharge and aquifer characteristics in a sandy till area in southeastern Sweden. *Nordic Hydrology* 18, 203–220.
- Janovskis, J., 1986: Grundvatten i O-län 1985. *Länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län, Naturvårds-enheten Publ.* 1986:2, 58 s.
- 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. & 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 grundvat-tenskydd. *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* 33.2, 96–101.
- Lerner, D.N., Issar, A.S. & Simmers, I., 1990: Groundwater recharge. *A guide to understanding and estimating natural recharge*. Internat. Assoc. of Hydrogeologists. Hannover, Heise. (International contributions to hydrogeology. Vol. 8.) 345 s.
- Lindman, E.-K. & Mattson, E., 1982: *Försurningens inverkan på korrosionen i vattenledningar av kop-par*. Korrosionsinstitutet. Stockholm. 79 s.
- Lång, L.-O. & Swedberg, S., 1988: Karta över grundvattnets surhet i Göteborgs och Bohus län. *Läns-styrelsen i Göteborgs och Bohus län, Naturvårdsenheten Publ* 1988:1, 33 s.
- Lång, L.-O., 1995: Geological influence upon soil and groundwater acidification in southwestern Sweden. *Göteborgs universitet, Geologiska. institutionen A6*, 15 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. *Länstyrelsen Västra Götaland* 1998:25, 46 s.
- 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. Uppsala Universitet, Naturgeografiska Institutionen. Rapport Nr* 53, 135–142.
- Naturvårdsverket, 1999: Bedömningsgrunder för miljö kvalitet – Grundvatten. *Rapport 4915*, 140 s.
- Naturvårdsverket, 1999: Metodik för inventering av förorenade områden. *Rapport 4918*, 150 s.
- Naturvårdsverket, 2003: *Vattenskyddsområde: handbok med allmänna råd. Handbok 2003:06*, 110 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 rapport 35*, 153 s.
- Olofsson, B. & Ericsson, L.O., 1985: Miljöförändringar vid värmeutvinning ur berg och grundvatten. *Bygghörsningsrådet R* 149:1985, 142 s.
- Pousette, J., 1994: Shallow groundwater in Sweden – a vulnerable resource. *Water Down Under '94, Preprints of Papers, Volume 2 – Part B*, 723–726. IEAust, Barton, Australia.
- Programmet för övervakning av miljö kvalitet (PMK), 1986: *Monitor: Sura och försurade vatten*. Statens naturvårdsverk. 180 s.
- Rodhe, A., 1987: The origin of streamwater traced by oxygen-18. *Report Series A, No 41, Division of Hydrology, Uppsala univ.*, 260 s.
- Samuelsson, M., 1983: Ytligt grundvatten – kemi och omsättning. En studie av källor i skogsmark. *Kungliga tekniska högskolan. Institutionen för kulturteknik. Meddelande TRITA-KUT* 3023, 54 s.
- Sandberg, B., 1982: *Korrosion på markförlagda konstruktioner – påverkan av markförsurning*. Korrosionsinstitutet. Stockholm. 36 s.
- Saxena, R. & Dressie, Z., 1983: Estimation of groundwater recharge and moisture movement in sandy formations by tracing natural O-18 and injected tritium profiles in the unsaturated zone. I: *Isotope hydrology (Proceedings of Symposium in Vienna, 1983)*, IAEA, Vienna, 139–150.
- Statens offentliga utredningar, 1994: Reglering av vattenuttag ur enskilda brunnar. Delbetänkande av Grundvattenutredningen. *SOU* 1994:97, 130 s.
- Sundlöf, B. & Kronqvist, L., 1992: Konstgjord grundvattenbildning. *Va-forsks rapportserie* 1992-13, 53 s.
- SGU, 1985: Svenskt vattenarkiv, Grundvattennätet. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden* 43. Uppsala. 115 s.
- Svenska vatten och avloppsverksföreningen, 1997: Skydd av vattentäkter. *Meddelanden, VAV* M98, 57 s.
- Svensson, C., 1996: Litteraturlöf för grundvatten i urban miljö på Internet. *Va-forsks rapportserie* 1996-12, 12 s.
- Swedberg, S., 1989: Groundwater acidification in southwestern Sweden. Long-term changes in groundwater chemistry. *Chalmers tekniska högskola/Göteborgs universitet, Geologiska institutionen Publ. A* 67, 27 s.
- Söderström, M.L., 1987: Inventering av skyddsvärda källor i Göteborgs och Bohus län. Miljö fakta i Göteborgs och Bohus län. *Länstyrelsen i Göteborgs och Bohus län, Naturvårdsenheten. Rapport* 1987:12, 101 s.
- Tekniska nomenklaturcentralen, 1970: Vattenordlista 2. *TNC* 45. Uppsala. 77 s.
- Tekniska nomenklaturcentralen, 1988: Geologisk ordlista. *TNC* 86. Stockholm. 482 s.
- UNESCO, 1983: *International legend for hydrogeological maps*. UNESCO, Paris. 51 s.
- Winqvist, G., 1953: Groundwater in Swedish Eskers. *Kungliga tekniska högskolans handlingar nr* 61, 91 s.
- Överstyrelsen för Civil Beredskap, 1998: *Kommunal översiktsplanering för grundvattenförsörjning i krislägen*. Forskningsrapport. Stockholm. 35 s.

SGUs Rapporter och meddelanden, valda exempel

Nr

17. Modell för simulering av utbytesförlopp i ett sand-bentonitskikt. 1980.
21. Groundwater-level fluctuations as a measure of the effective porosity and groundwater recharge. 1980.
27. Intruded and relict groundwater of marine origin. SWIM -81. 1981.
30. Radon – geological aspects of an environmental problem. 1982.
37. Geokemisk kartering. 1984.
39. Salt grundvatten i Sverige. 1985.
42. Geokemisk kartering. Bäcktorv. 1985.
43. Grundvattennätet. Svenskt vattenarkiv. 1985.
44. Grundvattenkvalitet. Svenskt vattenarkiv. 1985.
57. Karbonat i jord. Del 4. Försurning i äldre sedimentlagerföljder med anknytning till och i jämförelse med nutid. 1990.
86. Miljögeologi. Kartor för samhällsplanerare och miljövårdare. Exempel från Mittnordenområdet. 1996.
87. 14th Salt Water Intrusion Meeting, Malmö, SWIM -96. 1996.
99. Grundvattnets tillstånd i Sverige. Årsskrift från miljöövervakningen 1999.
114. Fördjupad utvärdering 2003. Grundvatten av god kvalitet. 2003.
115. Identifiering av geologiska formationer av nationell betydelse för vattenförsörjning. 2004.

Ej tryckta utredningar

Datum	Titel	Företag
1967-03-30	Yttrande över grundundersökning och avvägning för Gastorps-skolan i Lindome.	Rolf Tellstedt AB
1967-04-28	Arbetsplan för Göteborgsvägen i Mölndal. Delen Göteborgs stadsgräns – Gunnebogatan. Geoteknisk utredning. Reviderad.	Kjessler & Mannerstråle AB
1967-10-03	Utlåtande över grundförhållande för planerad gångtunnel inom Valåsdalen, Lindome Kommun.	Brodefors & Mattson
1969-09-10	Sagsjöns industriområde, grundundersökning.	Yngve Kullenbergs Byggnads
1970-10-01	Motorvägen inom Mölndal, delen Göteborgs stadsgräns Åbro. Geoteknisk utredning.	Kjessler & Mannerstråle AB
1971-12-08	Utlåtande över grundundersökning för planerad transformatorstation XT 321 i Kålleröd, Heljered.	Orrje & CO, Scandiakonsult
1974-09-03	Stadsplan för norra Lived. Geoteknisk undersökning.	Göteborgs Förorter
1975-	Yttrande över grundundersökning för planerat barndaghem, Åby, Mölndals kommun.	Rolf Tellstedt AB
1977-08-11	Mölndals kommun industriområde Sandbäck. Geoteknisk undersökning.	Göteborgs Förorter
1983/1988	Planerad friidrottsanläggning på Åbyfältet, Mölndals kommun. Geotekniskt utlåtande.	Rolf Tellstedt AB
1984-05-07	Förenade Bil, Mölndal. Tillbyggnad. Geoteknisk undersökning, underlag för projektering.	Bo Alte AB
1984-09-04	Inventron AB. Nybyggnad och avstånd från STG6688, Mölndals Kommun. Geoteknisk undersökning.	Bikonol Konsult AB

1986-02-05	Källered Eken 1:8 m.fl., stadsplan. PM betr geotekniska förutsättningar för planen.	Göteborgs Förorter
1986-10-23	PM beträffande geotekniska förutsättningar för utvidgning av stadsplanen vid Lindome Annestorp 5:13 m.fl. (område vid brogården) i Mölndals Kommun.	Göteborgs Förorter
1987-01-07	PM angående grundförhållandena inom nordvästra delen av Fässbergsdalen.	VBB
1987-07-10	Aminogatan, delen Riskulla – Bifrostgatan. gatu- och VA-anläggning, geoteknik, plan och borrhål 1, 218, 223.	VBB
1988-11-21	Utlåtande över de geotekniska förhållandena för planerad nybyggnad av fönsterfabrik inom Lindome 2:30, Mölndals Kommun.	Bikonol Konsult AB
1992-05-07	Projekteringsutlåtande över geoteknisk undersökning inom östra Eklanda i Mölndal.	Skanska Teknik AB
1997-05-23	Väg E6, E20/E6.20 Åbromotet. Teknisk beskrivning Geoteknik (TBv/geo).	Göteborgs Förorter
1998-01-22	PM angående grundförhållandena inom västra Eklanda, Fässbergsdalen.	VBB
1998-08-14	Toyota Center i Göteborg AB. Fastigheten Grönmutan 1, Kronogården, Mölndals Kommun. Geoteknisk undersökning.	AB Jacobsson & Widmark

Grundvattenkartor

SGU serie Ag, grundvattenkartor i skala 1:50 000

Nr

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

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

Nr

1. Kalmar län
2. Västmanlands län
3. Gotlands län
4. Blekinge län
5. Uppsala län
6. Stockholms län
7. Södermanlands län
8. Hallands län
9. Skaraborgs län
10. Kronobergs län
11. Jönköpings län
12. Västra Götalands län, västra delen, f.d. 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).

Nr. 2	Hässleholm
Nr. 3	Strängnäs
Nr. 4	Upplands-Bro
Nr. 6	Söderhamn
Nr. 7	Katrineholm
Nr. 8	Karlstad
Nr. 9	Laxå
Nr. 10	Norrköping
Nr. 13	Bollnäs
Nr. 14	Höganäs

SGU serie K

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

K44	Umeå
K49	Västerås-Hallstahammar
K50	Kristinehamn

Dessutom finns följande kartdatabaser tillgängliga:

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