



SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING

Rapporter och meddelanden nr 10

Staffan Modig
Dokumentation av vattentäkter

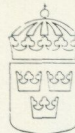
Gert Knutsson
**Grundvattnets roll för vattenförsörjningen
i Sverige**

Lars Nordberg
Grundvattenvariationer — ostörda och störda

Gösta Persson
Förening och skydd av grundvattnet

Särtryck ur Ymer 1978
Vattnet och bebyggelsen
Stockholm 1978

Staffan Modig Dokumentation av vattentäkter	70
Gert Knutsson Grundvattnets roll för vattenförsörjningen i Sverige	75
Lars Nordberg Grundvattenvariationer — ostörda och störda	97
Gösta Persson Förorening och skydd av grundvattnet	119



SFS 1975: 424

Utkom från trycket
den 17 juni 1975

**Lag
om uppgiftsskyldighet vid grundvattentäktsundersökning
och brunnborrning;**

utfärdad den 5 juni 1975.

Enligt riksdagens beslut¹ föreskrives följande.

1 § Den som yrkesmässigt utför borring, rördrivning, grävning eller liknande arbete i syfte att undersöka förekomst av grundvatten eller att utvinna sådant är skyldig att till Sveriges geologiska undersökning skriftligen lämna redogörelse för arbetet och dess resultat.

2 § Den som yrkesmässigt utför grundvattentäktsundersökning och därvid skriftligen sammanställer resultat av undersökning för uppdragsgivares räkning är skyldig att till Sveriges geologiska undersökning lämna en kopia av sammanställningen. Vad som har sagts nu medför ej inskränkning i skyldighet att lämna redogörelse som avses i 1 §.

3 § Redogörelse enligt 1 § skall innehålla uppgift om

1. tid och plats för arbetet,
2. ändamålet med arbetet samt dess omfattning och tekniska utförande,
3. jord- och bergarter som påträffats och dessas mäktighet.

Har grundvatten påträffats skall redogörelsen även innehålla uppgift om

1. grundvattentäktens nivå eller nivåer,
2. resultat av provpumpning, om sådan har skett,
3. resultat av vattenanalys, om sådan har företagits.

4 § Redogörelse enligt 1 § skall lämnas inom tre månader efter det att arbete har avslutats.

Sammanställning som avses i 2 § skall lämnas inom tre månader efter det att den har färdigställts.

5 § Regeringen eller myndighet som regeringen bestämmer får för visst fall medge undantag från denna lag, om särskilda skäl föreligger.

6 § Den som uppsåtligen eller av oaktsamhet underlåter att fullgöra uppgiftsskyldighet eller lämnar oriktig uppgift dömes, om ej gärningen är belagd med straff i brottsbalken, till böter. Allmänt åtal får väckas endast efter anmälan av Sveriges geologiska undersökning.

¹ Prop. 1975: 38, NU 25, rskr 153.

Denna lag träder i kraft den 1 januari 1976.

Lagen gäller ej arbete som har påbörjats före ikraftträdandet.

På regeringens vägnar

OLOF PALME

RUNE B. JOHANSSON
(Industridepartementet)

Fig. 1.

Dokumentation av vattentäkter

Av Staffan Modig

Vattentäkter för konsumtionsändamål har helt naturligt spelat en stor roll i människans tillvaro allt sedan tidig begynnelse. De första vattentäkterna utgjordes sannolikt av vattendrag och sjöar samt naturliga källor. Genom sitt primära ändamål att förse människor och djur med dricksvatten kom brunnarna sedermera att bli en slags tillvarons medelpunkt och på så sätt även få stor social och kulturell betydelse.

Dokumentation av vattentäkter — här lika med grundvattentäkter — i den betydelse som vi idag lägger in i begreppet dokumentation — är av relativt ungt datum. Av gamla skrifter kan man dock utläsa en hel del om forntidens vattenförsörjning. Bland annat från biblisk tid finns uppgifter om olika slags brunnar. I Palestina fanns två slags brunnar, nämligen sådana vilkas vatten kom från en källåder i botten (grundvattentäkter) och sådana som utgjordes av reservoarer för regnvatten uthuggna i berget eller murade i jorden. I många fall avsmalnade brunnen uppåt och kunde då täppas till genom en påvältrad sten. Med dåtidens anläggningsmetoder blev brunnarna grunda och därigenom periodvis utan vattenföring. Många berättelser främst från gammaltestamentlig tid erinrar om sinade brunnar som goda fångropar och gömställen. Både Josef och profeten Jeremia har suttit tillfångatagna i sådana brunnar.

Genom historiens gång kan man följa vilken central roll, som brunnarna kommit att spela. Med tiden möjliggjordes en transport av vatten i särskilda ledningar från de anlagda vattentäkterna. De gamla antika akvedukterna är välkända. Från Sverige kan nämnas en vattenledning från 1649 som anlades för att leda vatten från S:t Eriks källa till slottet i Uppsala. Källan har blivit välbekant genom diktverket *Gluntarne*.

De nutida vattentäkterna betraktas mer prosaiskt än sina föregångare. Sällan blir de besjungna, sällan blir de föremål för konstnärlig utsmyckning. Däremot har de under de senaste årtiondena uppmärksamats i annat dokumentationssammanhang. Med anledning av den tidigare ständigt stigande vattenkonsumtionen kom studiet av redan befintliga vattentäkter att spela en betydande roll. Från början var dock dokumentationen främst

en stratigrafisk dokumentation och hydrogeologiska fakta noterades mer i undantag (salt vatten, artesiskt vatten). En systematisk insamling av borrhovprover och borrhovprotokoll kan i Sverige knappast sägas ha bedrivits förrän i slutet av 1930-talet. Då startade Sveriges geologiska undersökning (SGU) undersökningar efter kol, olja, salt och gas i sydvästra Skåne. Efterhand kom undersökningsområdet att utsträckas till att gälla hela Skåne och sydligaste Halland. Så småningom inrättades ett brunnarsarkiv vid SGU.

Efter en utredning inom SGU och dåvarande Väg- och vattenbyggnadsstyrelsen tillkom den 1 januari 1966 en försöksverksamhet vid SGU i samarbete med länsingenjörskontoren med mer regelbunden insamlingsverksamhet. Verksamheten kom att koncentreras till Gotlands, Hallands, Kalmar, Örebro, Kristianstads och Malmöhus län. Redan när man utarbetade riktlinjerna för försöksverksamheten diskuterades möjligheten av en lagstiftning på området och under försöksarbetets gång blev det klart att en lösning på längre sikt av insamlingsfrågan var av vital betydelse för ett rationellt tillvaratagande av våra grundvattentillgångar och för ett effektivt fungerande brunnarsarkiv.

Efter utredningar fastslogs att en lagstadgad uppgiftsskyldighet skulle behövas för att säkerställa tillströmningen av data till brunnarsarkivet. En sådan lag är verklighet sedan den 1 januari 1976 — nämligen lagen om uppgiftsskyldighet vid grundvattentäktundersökning och brunnborrning (SFS 1975: 424) (figur 1). Av lagens första och andra paragrafer framgår, att den som yrkesmässigt utför borrhov eller liknande arbete i syfte att undersöka förekomst av grundvatten eller att utvinna sådant är skyldig att till SGU lämna en redogörelse för arbetet och dess resultat samt att den som yrkesmässigt utför grundvattentäktundersökning och för uppdragsgivares räkning skriftligen sammanställer resultat av undersökningen är skyldig att till SGU lämna en kopia av sammanställningen. Redogörelsen enligt paragraf 1 (figur 2) skall innehålla uppgifter om mäktigheten hos de genomborrade jord- och bergarterna samt om möjligt en uppfattning om vad slags jord- och/eller bergart som genomborrats. Om grundvatten påträffats skall det lämnas uppgift om grundvattenytans läge samt resultat av företagen vattenmängdsmätning och vattenanalys.

Lagen är landstäckande, vilket innebär att det nu kommer att komma in uppgifter inte bara från de tidigare försökslänen utan från hela landet.

Det utförs uppskattningsvis 7 000—10 000 borrhovningar per år här i landet och det kommer således att i brunnarsarkivet samlas ett betydande antal uppgifter om större eller mindre vattentäkter. Redan nu föreligger inalles ca 130 000 uppgifter från ca 20 000 borrhovningar. Med tanke på det stora antalet borrhovningar skulle det vara otroligt kostnads- och personalkrävande att genom besök på borrhovplatserna eller hos brunnborrarna samla in nödvändiga uppgifter. Därför lades uppgiftsskyldigheten på brunnborrarna.

Varför behövs då en lag om uppgiftsskyldighet? Det är helt klart, att

Borrfirma
 Västerköpings brunnsbormnings AB
 Västerköping

**BRUNNS- och BORR-
 PROTOKOLL**
 Utskriftsdatum
 1976-03-16
 Borrhörens utförd, fr o m : o m
 1976-02-15--16

SGU:s anteckningar (Ifylls ej)
Brunnsnummer
Ånkomstdatum

Uppgiftskyldighet enligt SFS 1975:424
 Exemplar 1 insänds till Sveriges geologiska undersökning, Brunnsarkivet, Box 2048, 183 02 TÄBY
 Exemplar 2 kan lämnas till uppdragsgivaren
 Exemplar 3 behålls av borrhörens

Fastighetsbeteckning Leråkra 3:23	Ort Vallby	
	Förnsamling Kungstena	Kommun Västerköping
Borrplatsens läge på fastigheten 10 m NV huvudingången		Länsbokstav B
Agares/Beställares namn Sven Johansson		Telefon (även riktnr) 0158/40000
Utdelningsadress (gata, nr, box, fack e d) Lundavägen 14		Ortsadress (postnr och ortnamn) 150 75 Vallby
Djup under markytan till	Jordart/Bergart	Anmärkningar (vattenförekomst, färg, släppor m m)
	0 - 0.5 m matjord	SGU:s anteckningar (Ifylls ej)
	0.5 - 3.0 m pinnmo	stenig, hård
	3.0 - 42.5 m granit	hård, grå
- m		vatten på 38 m
- m		
Schaktning (från - till)	diameter	Borrmaskintyp
0 - 5.0 m 110 mm	110 mm	Rock 660
5.0 - 42.5 m 110 mm	110 mm	
Totaldjup från markytan 42.5 m		Borrhålet utgör fördjupning av <input type="checkbox"/> grävd brunn <input type="checkbox"/> borrar brunn
Höjd - om avvägning företagits		Borrhålets djup (från - till)
Röröverkant Märkyte möh 1 hushåll		0 - 5.0 m
Typ av provpumpning <input checked="" type="checkbox"/> Blåsning <input type="checkbox"/> Flottör-mätning <input type="checkbox"/> Pumpning		plaströr mm
Borrtdjup under markytan Pumpdjup under markytan Pumptid		Tätning mellan foderrör och berg har skett med <input checked="" type="checkbox"/> cementering <input type="checkbox"/> extra plaströsfodring
42.5 m 42.5 m 2 tim	Vattenmängd	Analysresultat <input type="checkbox"/> bifogas <input checked="" type="checkbox"/> Nej
	360 lit/tim	
	8.0 - 42.5 m	
	lit/tim	
Stabil grundvattennivå under markytan Datum vid mätningstillfället	Mätning av grundvattennivån har skett	
8.0 m 1976-02-17	<input type="checkbox"/> före pumpning <input checked="" type="checkbox"/> efter pumpning ...	
Övriga anmärkningar (sprängning, gasförekomst, saltvatten m m)		antal timmar
Sprängning. Före sprängning var vattenmängden 200 lit/tim		18
Underskrift <i>Arne Pettersson</i> Arne Pettersson		X-koordinat
Blankettutgivare SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING		Top karta
Telefon 08 - 768 02 85		Y-koordinat
SGU:s anteckningar (Ifylls ej)		Z-koordinat
Vattenmängd	Jordart	Ekon karta
Avsänkning	Bergart	Jordartskarta
Spec kapacitet	Övr kartor	Berggrundskarta

SGU 34 Koncept 1975-11 10 000 Sveriges geologiska undersökning 53748 LF/ALLF 218 75 001

Fig. 2.

uppgifter från brunnborrningar sammantagna är av stort geologiskt och hydrogeologiskt värde och det finns flera skäl till att centralt samla in borrhingsuppgifter. Framför allt bedöms dessa uppgifter ge möjlighet till ökade kunskaper om våra förhållanden vad beträffar geologi och grundvatten — kunskaper som skall kunna användas inom en rad områden i vår samhällsplanering.

Grundvattnet spelar en viktig roll för våra samhällens och industriers vattenförsörjning. Goda kunskaper om grundvattentillgångarna krävs därför för såväl en rationell samhällsplanering som vattenresursernas rätta utnyttjande och skydd.

Som framgår av annan artikel (s. 88 ff.) baseras ca två tredjedelar av landets vattenförbrukning, om man bortser från Stockholm och Göteborg, på grundvatten. Bara detta faktum talar för nödvändigheten av att på alla sätt skaffa fram kunskaper om grundvattnet. Härtill skall läggas behovet av direkt information om grundvattnets uppträdande och om aktuell geologi vid vattenprospektering, upprättandet av skyddsområden för vattentäkter, anläggandet av deponeringsplatser, prospektering för konstbevattning och konstjord infiltration m. m. Arkivuppgifterna torde även kunna nyttjas i samband med reguljär geologisk kartverksamhet, malmprospektering, byggplanering m. m.

Organisatoriskt tillhör brunnarkivet SGU:s program för information och dokumentation. Målsättningen för detta program är att tillgodose allmänna och enskilda behov av sådan information som SGU:s kompetensområde som inte innefattas i de geologiska kartorna och som i huvudsak kan ges genom bearbetning av för SGU tillgängliga uppgifter. Här ligger arkivets andra viktiga funktion, nämligen den att göra arkivmaterialet tillgängligt och tillgängligt för ovan nämnda uppgifter. Arkivet är offentligt och det står således var och en fritt att ta del av dess innehåll.

Abstract

Documentation of water wells is of relatively late date. Not until the 1930's we can speak about a regular collecting of such data. At that point the Geological Survey of Sweden started an investigation for coal, petroleum, salt and gas in the southern parts of Sweden.

As a result of a thorough investigation a settled activity of data collection was started in six countries in 1966. As a result hereof a common law was made in 1975 stating that all persons making borings and excavations professionally with the purpose of finding groundwater or to investigate groundwater have to inform the Geological Survey about the geological and hydrogeological conditions from the borings. In the paper is discussed something about the new data collecting system, the reasons for the law and finally something about the application of data.

Grundvattnets roll för vattenförsörjningen i Sverige

Av Gert Knutsson

Bakgrund

Tillgången på konsumtionsvatten är en grundläggande förutsättning för mänsklig existens. En återblick på vattentäkternas centrala roll i kulturhistorien ges av Modig (1978). På senare tid har vattenförsörjningsproblemen blivit synnerligen akuta, främst inom de torra och varma områdena på jorden, där vattenförsörjningen i allmänhet måste baseras på tillgången av grundvatten. Inom industriländernas storstadsregioner är vattenbehoven så stora, att vattenförsörjningen oftast inte kan lösas med grundvatten eller lokala ytvattentillgångar, vilka dessutom i regel är kraftigt förorenade. Råvatten måste därför transporteras i ledningar eller tunnlar från avlägsna stora sjöar eller floder, ibland från särskilt anlagda vattenmagasin. Så t. ex. får Stuttgartregionen sitt vatten genom en 164 km lång ledning från Bodensjön. För Tokyoregionens vattenförsörjning avleddes vatten från fyra olika flodsystem, dessutom används en del grundvatten. Stora uttag av grundvatten görs dessutom i Tokyo — liksom i många andra storstäder — för kyländamål i luftkonditioneringsanläggningar och industrier. Grundvatten dominerar dock helt den kommunala vattenförsörjningen i många länder t. ex. Danmark, Frankrike, Italien, Västtyskland, varvid även flera storstäders vattenförsörjning (t. ex. Köpenhamns, Wiens) baseras på grundvatten.

Sverige har — vid jämförelse med många andra länder — stora vattentillgångar i förhållande till den ringa folkmängden. Huvuddelen av vattentillgångarna utgörs emellertid av ytvatten i de norra delarna av landet, där behoven för konsumtion är minst. Grundvattentillgångarna är — vid internationell jämförelse — begränsade inom stora delar av landet. Vattenförsörjningen för såväl Stockholms- som Göteborgsregionen har därför baserats på ytvatten (från Mälaren respektive Göta älv).

På 1980-talet kommer tätorterna i sydvästra Skåne att förses med vatten från sjön Bolmen i Småland, genom det s. k. Sydsvattenprojektet. Råvattnet skall transporteras i en 80 km lång tunnel — som nu börjat byggas — till ett centralt vattenverk i Perstorp. Därifrån avses konsumtionsvattnet distribueras till de olika tätorterna i rörledningar med en sammanlagd längd på 300

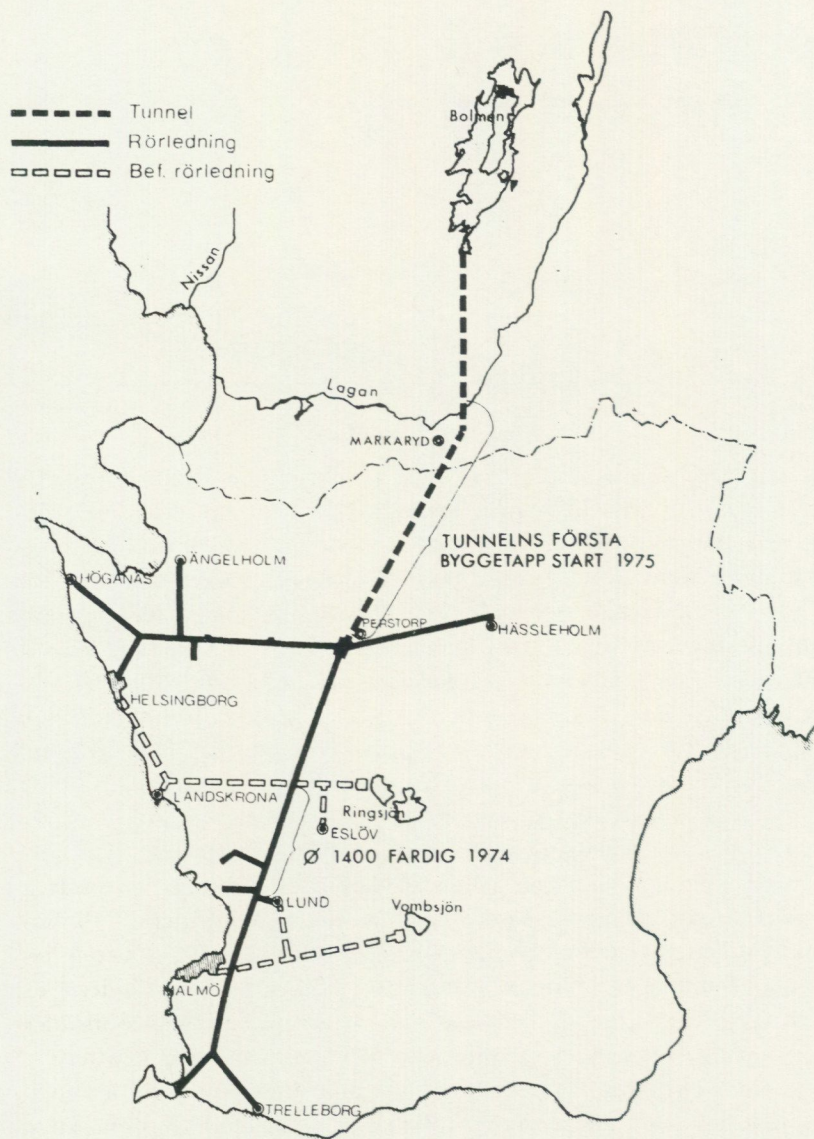


Fig. 1. Karta över tunnel och huvudvattenledningar för det s.k. Sydsvattenprojektet (från Sjöstrand—Stanfors 1975).

Fig. 1. Map of the tunnel and the pipe-lines for the future water supply of south-western Scania.

km (fig. 1). Genom dylik fjärröverföring av ytvatten kan vattentillgången i allmänhet tryggas för lång tid framåt för en tätortsregion. Från teknisk synpunkt anses lösningen ofta vara att föredra framför ett alternativ med många mindre vattentäkter, t. ex. ett stort antal brunnar spridda över hela

regionen. Investeringarna blir dock mycket stora vid genomförandet av ett dylikt ytvattenprojekt — för det s. k. Sydvattenprojektet ca 400 milj. kronor enligt 1968 års beräkningar. Vidare finns risk för att miljöproblem uppstår dels vid anläggningsarbetena, dels genom regleringen av och vattenavledningen från flodsystemet i fråga. Kvalitetsmässigt är dessutom ytvatten ofta underlägset grundvatten, vilket i allmänhet har jämn och låg temperatur, för människan lämplig kemisk sammansättning samt låg eller ingen bakteriehalt. Grundvatten är dessutom bättre skyddat mot föroreningar än ytvatten. Tillgång på grundvatten innebär sålunda, att det ofta med ringa eller mycket måttliga behandlingsåtgärder är möjligt att erhålla ett gott och billigt dricksvatten.

Vissa kvalitativa problem finns dock även när det gäller grundvatten. Inom urbergsområden har grundvattnet ställvis höga halter av järn och mangan och därtill ofta aggressiva, ledningsangripande egenskaper. I kalkstensområden — liksom inom områden med kalkhaltiga leror, t. ex. i Uppland — är å andra sidan grundvattnet ofta hårt och försakar bl. a. pannstensbildning. I samtliga fall kan i regel tillfredsställande vattenbeskaffenhet åstadkommas genom relativt enkla behandlingsåtgärder. Ett mera svår-
bemästrat problem är de tilltagande halterna av nitrat i vissa jordbruksområden, särskilt i Kristianstads, Hallands och Gotlands län (se Persson 1978).

Grundvattentillgångarna i Sverige

Grundvattnets bildning är främst beroende av nederbörds- och infiltrationsförhållandena samt de geologiska förutsättningarna för vattnets nedträngning, strömning och magasinering i grunden. Nordberg (1978) berör klimatets och markens betydelse för grundvattenbildningen. Här avses grundvattnets beroende av de geologiska förhållandena kort beskrivas (se vidare Knutsson — Morfeldt 1973).

Det geologiska temat i Sverige är tämligen unikt vid internationell jämförelse. Det kan symboliseras av ett foto, som visar det fasta urberget, slipat av inlandsisen och täckt av en hårt packad jordart, pinnmon eller moränen, som är inlandsisens direkta avlagring. Denna lagerföljd återfinns inte i många länder utanför "Fennoskandia". Närmaste motsvarigheten finns i de nordliga delarna av Kanada. Tre fjärdedelar av Sveriges yta består av urberg, som domineras av hårda kristallina bergarter, främst graniter och gnejser. I Finland har urberget total dominans. Det har relativt stor utbredning också i Norge, men utanför denna s. k. urbergssköld finns i huvudsak lösa, sedimentära bergarter med helt annorlunda egenskaper än de bergarter, som finns i det s. k. fennoskandiska urberget.

Berggrundvatten

I det "homogena" urberget kan det inte förekomma något vatten alls i fri form. Vattnet uppträder enbart i berggrundens system av tunna sprickor, som i granit är väl utbildade i både vertikal och horisontell riktning. I andra bergarter t. ex. grönstenar är förekomsten av sådana sprickor mindre. Vattenmängderna i urbergets normala spricksystem är sålunda i allmänhet små och det är dessa vattenmängder, som erhålls, om man borrar en brunn på en slumpmässigt vald plats. Genom geologiska undersökningar och med hjälp av geofysiska mätningar kan dels bergarter med gynnsamma vattenförande egenskaper lokaliseras, dels djupgående större sprickor och sprickzoner fastställas. I dylika avsnitt av berggrunden finns förutsättningar för större mängder vatten att samlas. Efter borring i någon lämplig punkt samt provpumpning och vattenanalys kan slutligen avgöras om en vattentäkt kan byggas ut. Det har på senare år varit möjligt att på detta sätt lokalisera vattentäkter för mindre tätorter (fig 2). I stort sett kan dock sägas att det svenska urberget inte innehåller några större grundvattentillgångar. Sådana kan lättare påträffas inom områden med sedimentär berggrund, främst i vissa delar av Skåne, Gotland, Östergötland, Västergötland, Närke och Dalarna. Av största intresse från grundvattenutvinnings synpunkt är framför allt porösa och samtidigt sprickrika kalkstenar och sandstenar. Dessa bergarter kan magasinera och transportera stora mängder vatten. Särskilt är detta fallet då partier av kalksten blivit utlöst av vattnet, så att det bildats un-

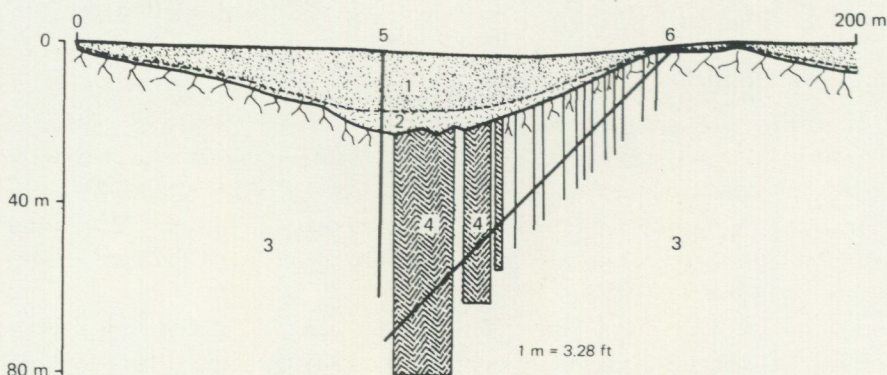


Fig. 2. Tvärsektion av dalgång i granitområde vid Karlshamn. Lera (1) och grus (2) täcker berggrunden, som delvis är tät (3), delvis är utbildad med ett par större öppna sprickzoner (4) och flera mindre. En äldre bergborrad brunn (5) i den täta graniten ger mycket lite vatten, medan borrhålet genom sprickzonerna (6) vid provpumpning gav cirka 10 liter vatten per sekund, vilket är tillräckligt för försörjningen av en mindre tätort. (från Larsson 1971)

Fig. 2. Cross-section of a valley in a granite-area at Karlshamn, South-Sweden. Clay (1) and gravel (2) cover the bedrock which has solid parts (3) and tensional fracture zones (4). The yield of an old well (5) in the solid granite is very low, whereas the yield of a test hole (6) through the fracture zones is about 10 liters per second.



Fig. 3. Källa i karstområde vid Ekelunda, Öland. Den av Linné beskrivna källan vid Resmo rinner fram, där en smal karst-zon mynnar vid landborgsbranten. Källan ger vatten till Mörbylånga tätort. Färjestadens vattenförsörjning baseras också på grundvatten från ett karstliknande område vid Tveta. (foto G. Knutsson 1964)

Fig. 3. Spring in a karst area at Ekelunda on the island of Öland.

derjordiska hålrum — grottor och kanaler, i vilka underjordiska bäckar och t. o. m. små floder kan uppstå. I Jämtland finns ett dylikt vattendrag. Bjurälven, som försvinner ner i berget och är borta någon kilometer. Denna typ av bildningar är tyvärr ganska ovanlig i Sverige men utnyttjas på några få ställen för vattenförsörjning (fig. 3). Däremot är det internationellt sett en vanlig och för vattenförsörjningen mycket viktig företeelse. Porösa och sprickrika kalk- och sandstenar har också begränsad utbredning i Sverige. Sydvästra Skåne upptas av sprickrik kalksten med betydande grundvattentillgångar, vilka bl. a. utnyttjas för Trelleborgs vattenförsörjning. Av regional betydelse för vattenförsörjningen är främst grundvattentillgångarna i dels kalk- och sandsten på Kristianstadsslätten (varifrån bl. a. Kristianstad får sitt vatten), dels kalksten på Gotland.

Jordgrundvatten

Den i Sverige dominerande jordarten är morän, som är en mer eller mindre tät jordart. Den dominerar ytan över hela sydsvenska höglandet, de högre



Fig. 4. Utströmning av grundvatten ur tjälad schaktvägg i morän. Vattnet strömmar i linser och skikt av sorterat sandigt-grusigt material i en f. ö. tät moränmassa; det är sålunda fråga om verkliga vattenådror. (foto G. Knutsson 1965)

Fig. 4. Outflow of water from arteries in till to an excavation (in wintertime).

delarna av Mellansverige samt i Bergslagen och Norrland och beräknas sammanlagt uppta tre fjärdedelar av landets yta frånsatt torvarealen. Denna jordart finns i regel också närmast berget under täckande yngre avlagringar. Moränen har växlande kornstorlekssammansättning och struktur. Vanligen är den osorterad och inhomogen och kan endast ge ifrån sig små vattenmängder, men i vissa moränbildningar finns uthålliga skikt av sorterat material av sand och grus, som leder vatten (fig. 4). I dylika bildningar kan brunnar och källor ha tillräcklig vattenkapacitet för försörjning av mindre byar.

De jordlager, som har bäst grundvattenförande egenskaper, är sand- och grusavlagringar, framför allt de som bildats av istidens älvar. Utmärkande för sand- och grusjordarter är de stora och fria porutrymmena där vatten kan magasineras och strömma. Dessa avlagringar har emellertid ganska begränsad utbredning. De uppträder dels i smala åsstråk, kanske med någon mils avstånd från varandra, t. ex. i Mellansverige, dels i ställvis utbredda deltan eller fält, dels som terrasser i dalgångar, t. ex. i Norrland. I vissa delar av landet är isälvsavlagringar mindre vanliga. På Västkusten är det t. ex.

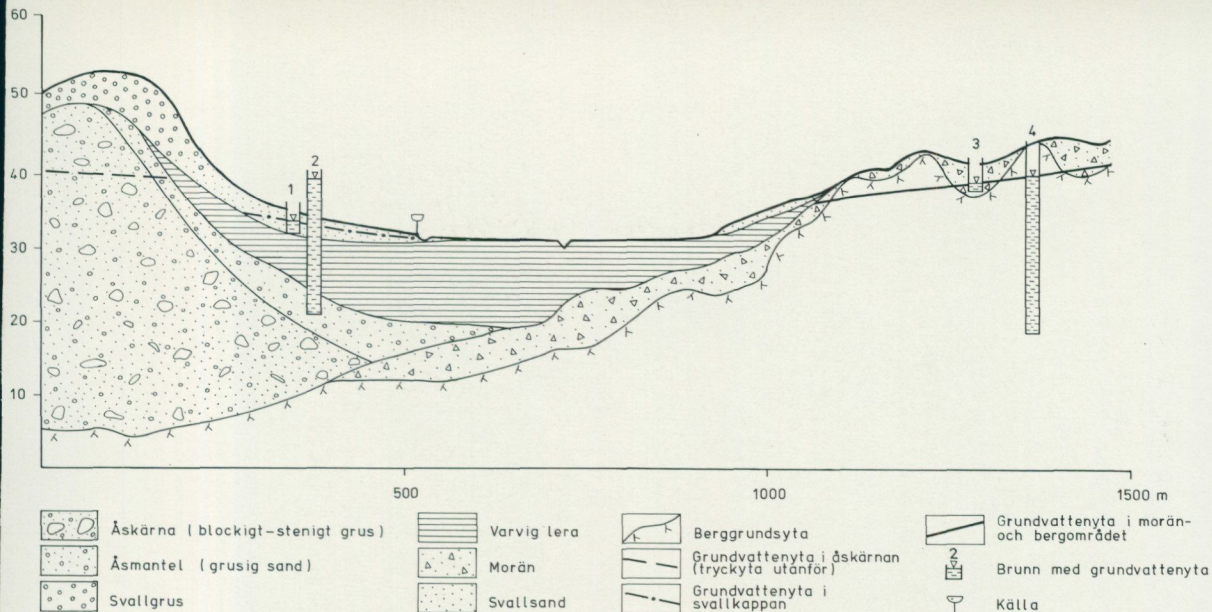


Fig. 5. Principskiss över jordlagerföljd och grundvattenytor i och omkring en ås bildad under högsta kustlinjen t. ex. i mellansvenska sänkan. Brunn 1 är grävd i svallsand och har begränsad vattenkapacitet, brunn 2 däremot är nedförd i det primära isälvs materialet och ger rikligt med vatten, som dessutom står under artesiskt tryck. Brunn 3 är grävd i morän och lämnar lite vatten; brunn 4 är borrarad i berg och ger måttligt med vatten (modifierad efter plansch utarbetad av L. Nordberg och G. Persson, SGU, 1975)

Fig. 5. Sketch of the sequence of strata and the ground-water levels in and around an esker formed below the highest shore line.



Fig. 6a. Åskärna och åsmantel i rullstensås bildad under högsta kustlinjen (foto G. Knutsson 1956)

Fig. 6a. Central part of an esker formed below the highest shore line.



Fig. 6b. Åsrygg med horisontell skiktning bildad ovanför högsta kustlinjen (foto G. Knutsson 1961)

Fig. 6b. Esker ridge with horizontal strata formed above the highest shore line.

mycket ont om vanliga åsar, men där förekommer spridda isälvsavlagringar och komplicerade s. k. israndbildningar.

I en ås av mellansvensk typ består den centrala delen, kärnan, av block, sten och grus. Här finns stora möjligheter för vatten att ansamlas. Utanför kärnan har sand avlagrats och på sanden ligger i allmänhet ett lager lera på åssidorna. Ovanpå leran finns i regel utsvallad sand (fig. 5, 6a). Dessa isälvsbildningar är vanligen mäktiga; Uppsalaåsen är över 100 meter mäktig på vissa ställen. De har god kontinuitet, vilket är viktigt för grundvattnets strömning och kan ofta följas i terrängen flera tiotal mil utan några större avbrott; grundvattendelare förekommer dock. Bebyggelsen är ofta knuten till dessa åsstråk och grundvattnet utnyttjas intensivt. Som exempel på de mellansvenska åsarnas betydelse kan nämnas, att 65 % av befolkningen i Kopparbergs län får sitt vatten från rullstensåsar, varav nära hälften kommer från en enda ås, Badelundaåsen.

En annan typ av rullstensås, som är vanlig i områden ovanför högsta kustlinjen, är den s. k. getryggsåsen (fig. 6 b). Den uppbyggs vanligen av grovkornigt, ibland dåligt ursköljt isälvsmaterial, vilket ställvis underlagras av morän (fig. 7). Åsryggen omges vanligen av morän, som ställvis överlagras av tunna gruslager, ställvis av torvlager. Den smala getryggsåsen, liksom mera plana åsar och terrasser med likartad uppbyggnad, innebär i regel begränsade möjligheter för uppkomsten av större grundvattenmagasin, vilket bl. a. framgår av att grundvattenståndets årstidsfluktuation i dylika åsar är tämligen stor med en amplitud på ca 1 m (jämför Nordberg 1978, fig. 8). Infiltrationsytan på åsen är liten och omgivande jordarter tämligen

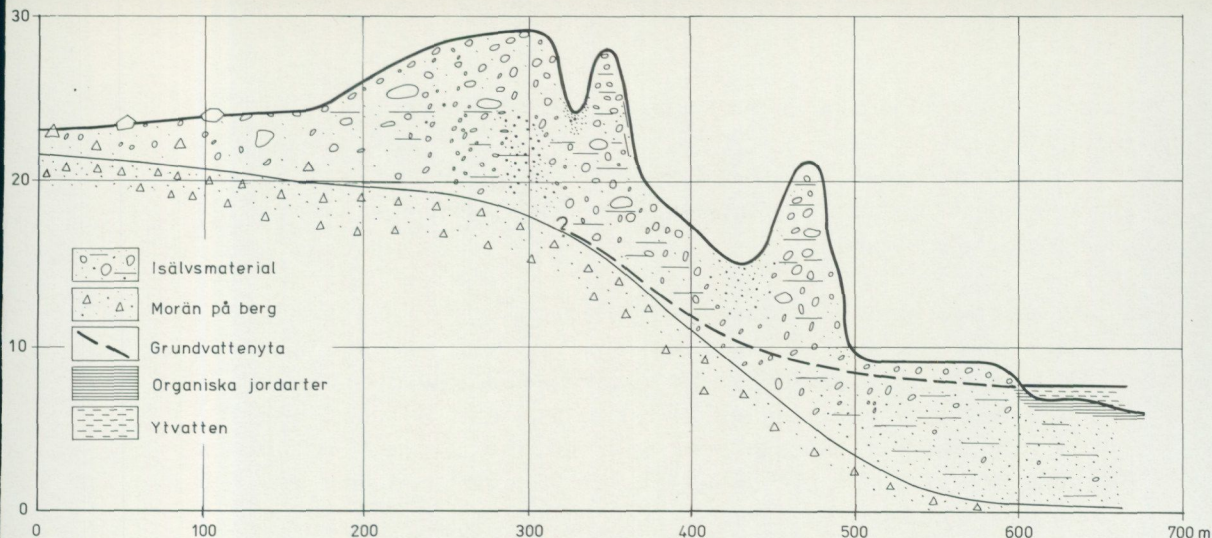


Fig. 7. Schematisk tvärprofil av isälvavlagringar på morän- och bergsluttning ovanför högsta kustlinjen på Sydsvenska höglandet. Grundvatten saknas i den högre delen av isälvavlagringarna. Provpumpningen visar, att goda uttagsställen kan erhållas vid den lägsta åsfoten men att den naturliga grundvattentillgången är begränsad. Möjligheterna för konstgjord infiltration är emellertid utmärkta — lämpligt ytvatten finns i anslutning till området och infiltrationsbassänger kan med fördel anläggas på den högst belägna platån. (efter Hörberg et al 1973)

Fig. 7. Profile of glaciofluvial deposits on a hillside above the highest shore line. Groundwater is lacking in the higher part of the glaciofluvial deposits. The conditions are very suitable for the arrangement of artificial recharge with infiltration basins at the highest plateau and wells at the lowest.

täta. Grundvattenströmningen kan ställvis vara riktad transversellt åsens längdriktning. Trösklar av berg eller morän kan förekomma inne i åsen och innebära en uppdelning av åsen i ett antal mindre grundvattenmagasin. För att lokalisera större vattentäkter i getryggsåsar krävs sålunda att noggranna undersökningar utförs. Ett stort antal medelstora och mindre tätoter, t. ex. på Sydsvenska höglandet, förses med vatten från dylika åsar.

I vissa områden har isälvsmaterialet större utbredning i form av parallellåsar, åsnät, kullar och platåer, vilket gör att större grundvattenmagasin utbildas. De mest utbredda avlagringarna är delta- och sandurbildningar, vilka kan innehålla mycket betydande grundvattentillgångar. Som exempel kan Brattforsheden i östra Värmland nämnas. Det totala läckaget i form av källor uppgår till 200 l/sek. (De Geer, 1970). En hel rad deltabildningar från Bredåkradeltat i söder till Kallaxheden i norr utnyttjas för kommunal vattenförsörjning.

Sand- och grusavlagringar med annat bildningssätt än genom isälvar har i Sverige hittills haft ringa betydelse från grundvattenutvinningssynpunkt. Troligt är att de kommer att öka i betydelse. Detta gäller t. ex. utbredda och mäktiga sandavlagringar, som bildats i issjöar och ishav eller av yngre

stadier av älvar. Vidare kan nämnas sand- och gruslager under lera respektive morän.

Sammanfattningsvis kan sägas, att möjligheterna att utnyttja sand- och grusavlagringar för grundvattenutvinning kan bedömas genom att följande geologiska faktorer beaktas:

1. Avlagringens kornstorlekssammansättning (egentligen dess porositet- och permeabilitetsförhållanden), lagerföljd, mäktighet och kontinuitet. De gynnsammaste betingelserna för grundvattenbildning, grundvattenmagasinerings, grundvattenuttag och s. k. konstgjord infiltration föreligger i utbredda och enhetliga avlagringar med hög permeabilitet och tämligen stort avstånd mellan markyta och grundvattenyta samt mäktiga lager under grundvattenytan.
2. Avlagringens terrängläge samt omgivande jordarter. Dessa faktorer kan vara av stor betydelse dels för grundvattnets beskaffenhet, speciellt förekomsten av torvjord omkring avlagringen, dels för grundvattenbildningens storlek. Ett gynnsamt läge för grundvattenbildning och magasinering är t. ex. en grusavlagring belägen nedanför ett större höjdområde och omgiven av genomträngliga jordarter i kontakt med ytvatten. En ogynnsam förutsättning är däremot en grusavlagring belägen på en dalsida eller uppe på ett höjdområde. (fig. 7). En dylik avlagring kan i och för sig ha en gynnsam uppbyggnad men kan t. o. m. i sin helhet vara belägen ovanför grundvattenytan och därmed vara ointressant från grundvattensynpunkt.
3. Avlagringens mineralogiska-petrografiska sammansättning. Denna faktor är i större eller mindre utsträckning avgörande för vattnets kemiska sammansättning (se Persson, 1978).

Kännedom om ovannämnda faktorer kan för begränsade delar av landet erhållas från geologiska och hydrogeologiska kartor samt från SGU:s brunnsarkiv (se Modig, 1978). I stora delar av landet måste dock ännu översiktliga hydrogeologiska undersökningar utföras för att nöjaktigt underlag för en bedömning av de geologiska möjligheterna att utvinna grundvatten skall kunna erhållas. I samband med dylika undersökningar är det också viktigt att klargöra dels aktuella avlagringars belägenhet i förhållande till befintliga och presumtiva föroreningskällor, dels motstående intressen vad beträffar markanvändningen i området. Därefter kan detaljerade hydrogeologiska och vattentekniska undersökningar inledas i de terrängpartier, som från olika synpunkter förefaller vara gynnsammast utbildade och belägna.

Konstgjord grundvattenbildning

Grundvattentillgången är — förutom av ovan uppräknade geologiska faktorer — också beroende av nederbörds- och infiltrationsförhållandena. När en vattentäkt lokaliserar måste därför också de hydrometeorologiska förhållandena studeras, framförallt bör storleksordningen av den naturliga grundvattenbildningen om möjligt fastställas. Om grundvattenmagasinen är begränsade, kan inte mer grundvatten tas ut än vad som bildas kontinuerligt. Om det finns mycket stora magasin, kan däremot en längre period av "torrår" överbryggas genom att magasinet utnyttjas. Det finns emellertid inte många sådana stora grundvattenmagasin i Sverige. Det är framför allt på Kristianstads-slätten samt i de största sand- och grusavlagringarna, som magasinerna kan tänkas utnyttjas. Därför måste i regel vattenuttaget anpassas efter det naturliga vattentillskottet under ett år, varvid torråren blir dimensionerande. I torra delar av landet, främst i östra Syd- och Mellansverige, är den naturliga grundvattenbildningen ringa eller mycket måttlig. I andra delar kan grundvattenmagasinen vara mycket begränsade. Uttagsmöjligheterna kan emellertid ofta vara goda i de grovkorniga delarna av olika typer av isälvsavlagringar. Om grundvattentillgången sålunda inte är tillräcklig, kan den naturliga grundvattentillgången förstärkas genom konstgjord infiltration av ytvatten. Härvid förädlas också ytvattnets beskaffenhet. Svenska vattentekniker såsom J. G. Richert och V. Jansa har varit föregångsmän, när det gällt att använda denna enkla och billiga metodik. Richert anlade den första infiltrationsanläggningen i Göteborg redan på 1890-talet och den användes oavbrutet ända fram till 1960-talet.

En infiltrationsbassäng eller i enklare fall ett dike eller en grop, anläggs på avlagringen på ett visst avstånd uppströms platsen för grundvattenuttaget. Ytvatten pumpas upp i bassängen och infiltrerar igenom sandlager i bassängens botten (fig. 8). Därvid uppstår dels en mekanisk rening i yt-skiktet, dels en intensiv biologisk aktivitet, dels fysikalisk-kemiska processer. Resultatet blir ett bakteriefritt, välsmakande vatten utan besvärande lukt. Huvuddelen av denna förändring försiggår i det allra översta markskiktet, sålunda efter kort uppehållstid i grunden. Det anses emellertid eftersträvsvärt att förlänga vattnets uppehållstid genom att utföra infiltrationen på ett avstånd från uttagspunkten, som är så stort, att det infiltrerade vattnet uppehåller sig i grunden minst sextio dygn. Eventuellt kvarvarande bakteriologiska föroreningar i det infiltrerade ytvattnet bryts då säkert ned och temperaturen utjämnas till stor del. För en fullgod förädling av ytvatten till grundvatten krävs ca 200 dygns uppehållstid (Winqvist 1970). Noggranna undersökningar måste genomföras, dels för att fastställa bl. a. strömningsbilden mellan bassängen och brunnen, dels för att på rimligt avstånd finna ett ytvatten av tillfredsställande beskaffenhet och i tillräcklig mängd. De flesta vattendragen i södra och mellersta Sverige är förorenade och de naturliga magasinerna ofta förstörda. I vissa fall måste därför däm-



Fig. 8. Infiltrationsbassäng vid Traryds grundvattentäkt, Kronobergs län. Vatten från Lagan (i bakgrunden) förädlas genom infiltration och förstärker den naturliga grundvattentillgången i åsen. (foto R. Elfvig 1972)

Fig. 8. The arrangement for artificial recharge at Traryd, the county of Kronoberg. Water from the river Lagan (in the back-ground) is infiltrated in the basin and improved to ground water.

ningar göras och ytvattenmagasin tillskapas för att tillräcklig vattenmängd för infiltration skall erhållas. Vatten måste då ibland överledas från ett vattensystem till ett annat. Tekniken med konstgjord infiltration har fått allt större betydelse för den kommunala vattenförsörjningen i Sverige. Ofta har vattenförsörjningen i en tätort från början baserats på den naturliga grundvattentillgången i t. ex. en ås eller ett delta. Genom att såväl innevånareantalet i tätorten som vattenkonsumtionen per innevånare ökat kraftigt har vattenbehovet vid en viss tidpunkt kommit att bli större än vattentillgången. Då har förstärkning av grundvattentillgången i regel kunnat åstadkommas genom konstgjord infiltration, i gynnsamma fall i anslutning till befintliga brunnar och vattenverk. Med tanke på att denna utveckling varit mycket vanlig, synes det vara en klok åtgärd vid planering av nya grundvattentäkter i sand- och grusavlagringar att redan i samband med undersökningarna utreda möjligheterna till konstgjord infiltration. Några större och åtskilliga medelstora tätorter baserar nu vattenförsörjningen huvudsakligen på konstgjord infiltration t. ex. Malmö—Lund, Uppsala, Västerås, Örebro, Eskilstuna, Gävle, Umeå, Karlstad och Kalmar.

Grundvattnets utnyttjande — nu och i framtiden

Vattenförbrukningen vid de kommunala vattenverken i Sverige har på de senaste trettio åren fyrfaldigats och är nu i medeltal ca 380 liter per person och dygn (1/pd). Förbrukningen i 1/pd är högre i de större tätorterna än i de mindre och likaså högre i flerfamiljshus än i enfamiljshus. I förbrukningssiffrorna ingår vatten till hushåll, vissa industrier, social och annan service (sjukhus, skolor, bad- och idrottsanläggningar m. m.) samt till vattenverkens egna anläggningar. Dessutom medräknas de icke obetydliga vattenförluster, som uppstår genom läckor i ledningar m. m. Fördelningen mellan olika användningsområden framgår av tabell 1.

Tabell 1. Nuvarande vattenproduktion samt förväntad vattenproduktion år 2000 vid kommunala vattenverk

Användnings- område	1970—1973			2000		
	M(m ³)	l/pd	%	M(m ³)	l/pd	%
Hushållsförbrukning	508	205	54	625	220	55
Industriförbrukning	170	68	18	200	70	17
Allmän förbrukning	125	51	13	160	55	14
Verkens förbrukning	38	15	4	45	15	4
Förluster	104	42	11	110	40	10
Summa	945	381	100	1 140	400	100

(från VAV P 30, 1975)

Vattenförbrukningen för vattenslukande industrier, framförallt massa- och pappersindustrin samt gruv- och stålindustrin ingår inte i de angivna siffrorna. Vattenförsörjningen för dylika industrier löses i regel separat med ytvatten. Industriförbrukningen är nästan sju gånger så stor som förbrukningen vid de kommunala vattenverken men har minskat på senare tid. I många länder är förbrukningen för konstbevattningen större än för industrin. Tidigare har konstbevattning varit av obetydlig omfattning i Sverige men på de allra senaste åren har det blivit en mycket snabb ökning av konstbevattningen i jordbruksområdena i södra och mellersta Sverige. I första hand används därvid sjöar och vattendrag, ja t. o. m. Östersjön, som vattentäkter men i vissa slättbygder, framförallt Kristianstadsslätten är grundvatten av stor betydelse. Med tanke på att vattenförsörjningen också är baserad på grundvatten, finns risk för framtida konflikter, när det gäller utnyttjandet av denna naturtillgång. Det är därför mycket angeläget,

att resurser ges för ingående undersökningar av grundvattenförhållandena i dylika områden, så att planering för vattentillgångarnas optimala utnyttjande kan göras.

Även andra intressen är knutna till de grundvattenförande geologiska bildningarna, också de i allmänhet berättigade samhällsintressen, t. ex. grusexploatering för att få fram material till byggnads- och anläggningsverksamhet samt gruvdrift. Det gäller därvid, att i vattenförsörjningens intresse dels reservera vissa bildningar för framtida vattenförsörjningsändamål, dels tillse att befintliga vattentäkter inte förorenas. En omdiskuterad fråga är om grustäkter under grundvattenytan kan tillåtas i närheten av grundvattentäkter. Problemet är nu föremål för en större undersökning av en forskargrupp, som arbetar på uppdrag av statens naturvårdsverk och statens råd för byggnadsforskning. Oavsett resultatet av denna undersökning borde det emellertid stå klart, att om det inte finns några aktuella eller presumtiva vattentäktintressen i grusavlagringen i fråga, kan grustäkt under grundvattenytan tillåtas. Det kan t. ex. gälla isolerade grusförekomster långt ifrån tätorter och annan bebyggelse.

I några län har viss planering genomförts för tätorternas framtida vattenförsörjning (se t. ex. Länsstyrelsen i Kronobergs län 1970, 1973). De geologiska förhållandena kring varje tätort har undersökts och därvid har framgått att vissa bildningar måste reserveras för vattenförsörjningsändamål, medan andra kan lämnas till grusexploatering. Därutöver framgår kanske att vissa geologiska bildningar bör bevaras från naturvårdssynpunkt. Andra samhällsintressen, som kan ta grusmark i anspråk, är byggandet av hus och vägar. Därigenom har faktiskt en hel del grusavlagringar blivit låsta såväl för vattenförsörjning som för grusexploatering. I andra länder har man börjat planera för att förhindra sådant. I England satsar staten ca fem miljoner kronor per år på grusundersökningar för att kunna planera samhällsutbyggnaden, så att man undviker att låsa grustillgångarna och därmed också grundvattentillgångarna. I Danmark pågår ett likartat arbete.

Fördelningen mellan ytvatten och grundvatten för tätorternas vattenförsörjning är enligt tillgänglig statistik (VAV 1975) f. n. följande: Något mindre än hälften av vattenförsörjningen baseras på grundvatten, varav naturligt grundvatten fortfarande dominerar något över "konstgjort" sådant. Andelen grundvatten, som framställs genom konstgjord infiltration, har dock ökat snabbt de senaste årtiondena. Mer än hälften av ytvattnet förbrukas enbart inom Stockholms- och Göteborgsregionerna. Vattenförsörjningen i gles- och fritidsbebyggelse är — å andra sidan — nästan helt baserad på grundvatten. Av Sveriges befolkning kan därför betydligt mer än hälften beräknas vara beroende av grundvatten för sin vattenkonsumtion.

Den regionala fördelningen av grundvattenförbrukningen i landet fram-

går av fig. 9. Det finns län, där praktiskt taget enbart naturligt grundvatten används — speciellt i Kristianstad län men även i Västernorrlands och Kopparbergs län. I de mellansvenska länen dominerar däremot konstgjord infiltration trots grundvattnet från de stora åsarna. I andra, stora områden klaras hälften av vattenförbrukningen med grundvatten. Slutligen finns det områden, där nästan enbart ytvatten används. Det är framför allt — som ovan nämnts — Stockholms- och Göteborgsregionerna, men t. ex. också de stora tätorterna i landskapen omkring Vänern och Vättern. I synnerhet från Vättern har regionala vattenledningssystem byggts ut. I Jämtlands län dominerar ytvatten genom att den enda stora tätorten Östersund tar vatten från Storsjön.

Stora delar av landet är sålunda beroende av grundvattentillgångarna för vattenförsörjningen. Ofta föredrar man grundvatten på grund av dess i allmänhet bättre kvalitet och därmed billigare behandling. Ett aktuellt exempel på detta är Bollnäs tätort, där man övergått från ytvatten till grundvatten (Romson, 1968). Därtill kommer att grundvattnet, trots allt, är bättre skyddat än ytvattnet särskilt mot tillfälliga föroreningar, men även mot t. ex. den försurning, som nu drabbar ytvattnen i Syd- och Västsverige och som i något fall redan håller på att spoliera en kommunal ytvattentäkt (sjön Län vid Lessebo).

På senare år har emellertid åtskilliga utmärkta grundvattentäkter övergivits och presumtiva grundvattentäkter ej tagits i anspråk p. g. a. att mindre tätorters vattenförsörjningssystem anslutits till ytvattenverk i centralorterna. Skälet till dylika lösningar har ibland varit att förenkla driften, ibland att utnyttja den rikliga bidragsgivningen till ledningsarbeten. Konsumenterna har oftast upplevt det som att de genom övergången fått ett vatten av sämre kvalitet. De "övergivna" grundvattentäkterna bör åtminstone hållas i stånd som reservvattentäkter och för speciellt kvalificerade ändamål.

Bedömningar av det framtida vattenbehovet är nödvändiga för att tätorternas vattenförsörjning skall kunna tryggas i god tid samt vatten- och avloppsanläggningar skall kunna utformas rationellt. Som underlag för dylika bedömningar upprättas i allmänhet en prognos för respektive tätort, varvid befolknings- och industriutvecklingen samt den förväntade specifika vattenförbrukningen ($1/pd$) är de viktigaste parametrarna. Med kännedom om befintliga vattentäkters kapacitet framgår vid vilken ungefärlig tidpunkt, som vattenbehovet blir större än vattentillgången (fig. 10). Beträffande befolkningsutvecklingen skiljer sig ofta de bedömningar, som görs på olika nivåer. Bedömningar på kommunal nivå är i regel de mest optimistiska.

Förändringarna i specifik vattenförbrukning har analyserats i ett par utredningar på det senaste årtiondet, dels i utredningen om Skånes och Hallands vattenförsörjning (SOU 1965: 8) dels i rapporten Vattenprognos 1975—2000 (VAV P 30, 1975). I den förra utredningen förväntas vatten-

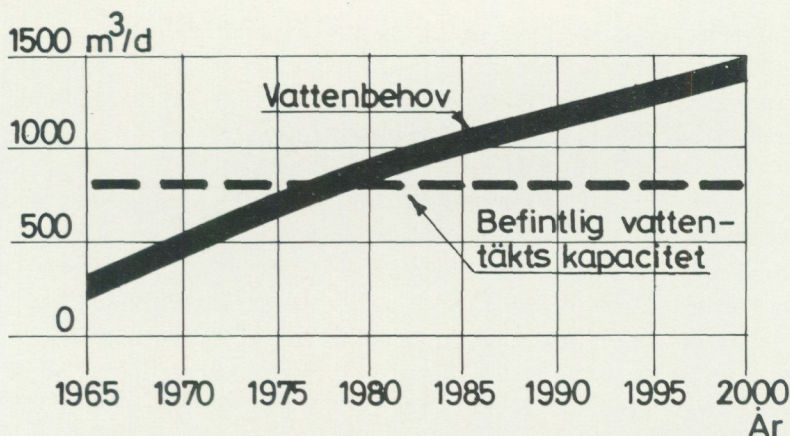


Fig. 10. Prognos över vattenbehovet i Braås tätort, Kronobergs län samt bedömd kapacitet vid befintlig grundvattentäkt (från Kinnerberg—Knutsson 1974)

Fig. 10. Prognosis of the requirements of water for the village of Braås, the county of Kronoberg (continuous line) and the yield of the existing wells (dashed line).

förbrukningen år 2000 uppgå till 450 l/pd, i den senare till 330 l/pd (industriförbrukningen genom kommunala vattenverk oräknad i bägge fallen). Den äldre prognosen upprättades under en mycket expansiv period i samhällsutbyggnaden och utvecklingen följde till en början prognosen väl. Efterhand har emellertid förbrukningen stagnerat eller t. o. m. minskat något under de senaste åren. Detta förklaras dels av att den sanitära standarden i bostäderna nu snart nått ett mättnadsvärde, dels av det kraftigt ökade vattenpriset. Hushållsförbrukningen bedöms därför öka måttligt fram till år 2000, likaså den allmänna förbrukningen. Inom industrin strävar man numera efter vattensnåla processer och därför väntas industriförbrukningen öka obetydligt. Vattenverkens förbrukning samt förluster beräknas minska något, bl. a. genom ökad användning av effektiva metoder att lokalisera och laga läckor. Effekten av dylika åtgärder har t. o. m. visat sig kunna kompensera den ökade förbrukningen i vissa orter. Den genomsnittliga medeldygnsförbrukningen år 2000 uppskattas i den senare prognosen till 400 l/pd, jämfört med ca 380 l/pd för närvarande. Fördelningen på olika användningsområden framgår av tabell 1.

Avslutningsvis kan sålunda konstateras, att vattenförbrukningen — frånsett den för konstbevattning — sannolikt kommer att öka långsamt under den närmaste 25-årsperioden, vilket bör vara gynnsamt för ett fortsatt och ökat utnyttjande av grundvattentillgångarna i vissa delar av landet. Tid och resurser krävs nämligen för att förbättra kunskapsunderlaget om grundvattenförhållandena, vilka f. n. endast är kända inom begränsade områden eller helt punktvis. En första ansats till en beskrivning av grundvattentillgångarna har nu framlagts (Knutsson—Fagerlind 1977) inom den översikt-

liga kartläggning av landets vattentillgångar och vattenutnyttjande, som pågår vid statens naturvårdsverk inom ramen för det fortsatta riksplanearbetet. Av denna översikt framgår vissa regionala särdrag beträffande grundvattentillgångarna i landet. Vidare presenteras ett förslag till program för en systematisk kartläggning av grundvattenförhållandena. De s. k. hydrogeologiska kartor, som därvid planeras att framställas, kan sedan bilda underlag för detaljerade undersökningar bl. a. vid lokalisering av nya grundvattentäkter för tätorternas vattenförsörjning.

Som en parentes med anledning av temat för denna årsskrift bör kanske tilläggas något om vattenförsörjningsanläggningarnas roll för stadsbilden. I äldre tider anlades gemensamma brunnar eller vattenposter, som nu utgör ett pittoreskt inslag i gatubilden (fig. 11a). Vid sekelskiftet och i början av 1900-talet byggdes vattenreservoarer i romantiserad arkitektur i form av utsmyckade tegeltorn och slottsliknande byggnader, t. ex. i Helsingborg. Numera präglas stadsbilden ofta av högtrycksreservoarer i betong med djärv arkitektonisk utformning. Stilbildare för svampformen (fig. 11b) har Örebros vattentorn varit. Om de moderna vattentornen skriver författaren Stig Sjödin: . . . ”graciösa, pampiga, formade som svampar i en jätterejnskog, plötsligt överblickande, havande med vatten, gnistrande bollar vid horisonten, lyftande bågare under vårhimlen”.



Fig. 11a.



Fig. 11b. I äldre tider fick städernas innevånare hämta vatten från en stadsbrunn, i våra dagar distribueras vattnet i rörledning från en högtrycksreservoar. Fotografierna visar gamla stadsbrunnen i Mariefred (a) och det nya vattentornet i Uppsala med en volym på 18 000 m³ (b) (foto a G. Knutsson 1973 och b E. Julner 1975)

Fig. 11b. The old well of the town of Mariefred (a) and the new water tower of the city of Uppsala (b).

Summary

The main feature of the geology of Sweden is that till and other soils of the last glaciation cover very old crystalline bedrock, mostly granite and gneiss. Sedimentary rocks occur only in limited areas. Glaciofluvial deposits are rather irregularly distributed. They are almost lacking on the west coast of Sweden. Above the highest shore line in the South Swedish Uplands and the inner part of northern Sweden, they are formed as rather low, but steep and narrow eskers. In the eastern part of central Sweden, however, the eskers are the most striking morphological phenomena in the landscape. High ridges (sometimes thicker than 100 m) extend for more than 300 km. Wide deltas and large kames are other important types of glaciofluvial deposits that occur in some other regions of Sweden.

The hydrogeological conditions in Sweden are mostly unfavourable for municipal water supply owing to the predominance of hard crystalline rocks and more or less impermeable till. The yield of wells drilled in large fracture zones in e.g. granite rocks may, however, be sufficient for the water supply of small villages. Porous and fissured sandstone and limestone are good aquifers but occur only in limited areas, for instance in Scania and on the island of Gotland.

The most important aquifers for municipal water supply are the glaciofluvial deposits, especially the large, continuous eskers in the eastern part of central Sweden and the deltas. They also serve as artificial recharge basins for the infiltration of surface water for the purpose of increasing the available amount of water and improving the quality. Ground water is generally superior to surface water as regards quality, especially taste and odour. But the content of iron, manganese and aggressive carbon dioxide may be too high in some areas and the water must be treated before use. Ground water in limestone areas mostly has a considerable degree of hardness.

The technique of artificial recharge was established in the 1890's by J. G. Richert in Gothenburg and has been increasingly used in Sweden. The water supply of many medium sized cities is nowadays based on this technique. Nearly half the water volume distributed in Swedish cities and towns is natural and artificial ground water.

Litteratur

- De Geer, J.* 1970: Några synpunkter på jordtäcket akviferer, främst åsarnas. Ur "Grundvatten", Norstedt, Stockholm.
- Hörberg, I., Kinnerberg, H., och Kylefors, L.* 1973: Uppvidinge kommun, Lenhovda samhälle Översiktlig vattenförsörjningsutredning. K-Konsult, Växjö.
- Kinnerberg, H. och Knutsson, G.* 1974: Vattenförsörjningsplanering i Kronobergs län. Sammanfattning av utförd utredning. Ur "Nordisk Hydrologisk Konferens 1974", København 1974.
- Knutsson, G. och Morfeldt, C.-O.* 1973: Vatten i jord och berg. Ingenjörskörlaget, Stockholm.
- Knutsson, G. och Fagerlind, T.* 1977: Översiktlig beskrivning av grundvattentillgångar i Sverige. Sveriges Geologiska Undersökning "Rapporter och meddelanden nr 9", Stockholm. Rapporten har också publicerats av Statens Naturvårdsverk.
- Larsson, I.* 1971: Groundwater in cataclastic rocks and tectonic models. Ur "Symposium on Groundwater in Crystalline Rocks", Cagliari.

- Länsstyrelsen i Kronobergs län 1970, 1973: Översiktlig utredning rörande samhällellas vattenförsörjning i Kronobergs län, del 1 och 2, Växjö.
- Modig, S.* 1978: Dokumentation av vattentäkter. Ymer 1978.
- Nordberg, L.* 1978: Grundvattenvariationer — ostörda och störda. Ymer 1978.
- Persson, G.* 1978: Förening och skydd av grundvattnet. Ymer 1978.
- Romson, B.* 1968: Bollnäs byter vattentäkt. Stadsbyggnad 3/1968.
- Sjöstrand, B. och Stanfors, R.* 1975: Geologiska undersökningar av Syd-vattentunneln. Väg- och vattenbyggaren 8—9/1975.
- Statens offentliga utredningar 1965: Skånes och Hallands vattenförsörjning. SOU 1965: 8.
- Svenska vatten- och avloppsverksföreningen 1975: Vattenprognos 1975—2000. Publikation VAV P 30.
- Svenska vatten- och avloppsverksföreningen 1975: VA-verk 1974. Statistiska uppgifter över kommunala vatten- och avloppsverk. Statistik VAV S 74.
- Winqvist, G. 1970: Konstgjord infiltration. Ur "Grundvatten", Norstedt, Stockholm.

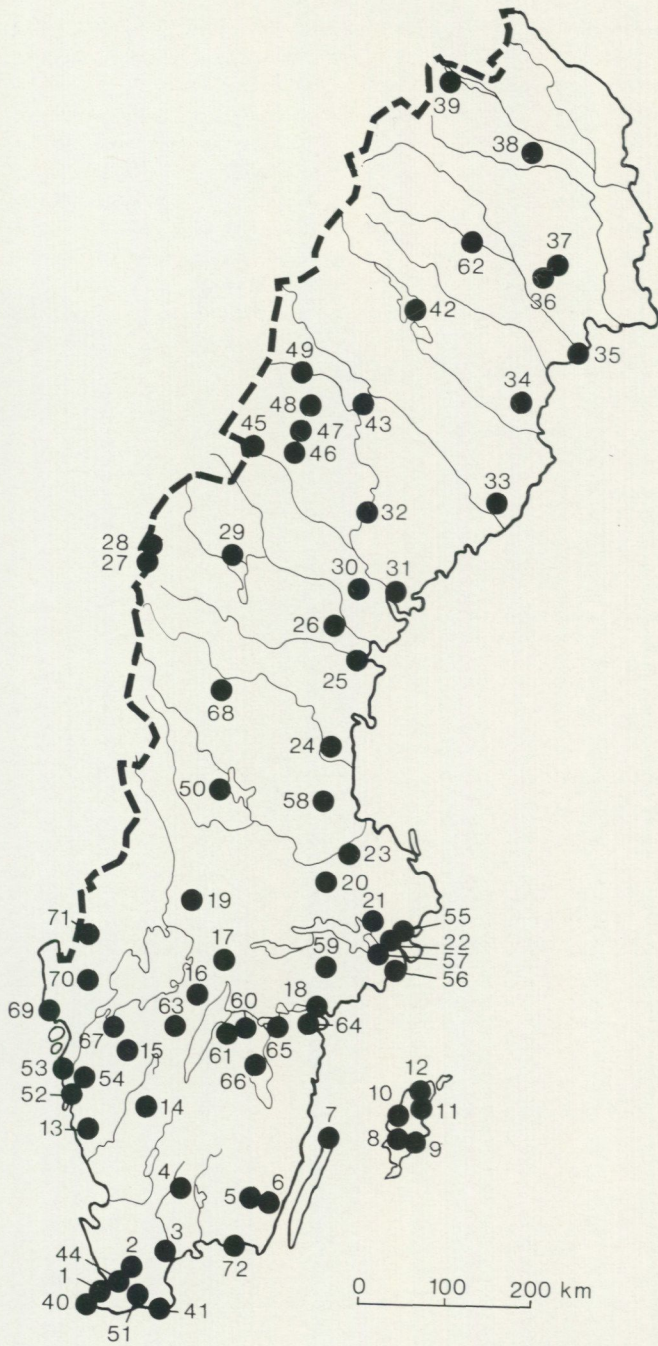


Fig. 1. SGU:s grundvattennäts observationsområden 1977-01-01.

Fig. 1. Observation areas in the groundwater network of the Geological Survey of Sweden 1977-01-01.

Grundvattenvariationer — ostörda och störda

Av Lars Nordberg

Bakgrund

En del av nederbörden som inte direkt avdunstar eller avrinner på markytan, infiltrerar genom markskiktet och transporteras nedåt av gravitationen. Under vegetationsperioden når en stor del av detta vatten inte djupare än till växternas rotzon, varifrån det återgår till atmosfären via växternas transpiration. På grund av växtlighetens förmåga att tillgodogöra sig vatten från även mycket fina porsystem i grunden sker en avsevärd avtappning av vatten från rotzonen under vegetationsperioden. Då vattenhalten når den s. k. vissningspunkten återstår endast smärre vattenmängder i rotzonen och detta vatten är starkt bundet till mineralpartiklarnas ytor. Därför uppkommer i regel ett underskott i den zonen vid vegetationsperiodens slut. Detta underskott måste i princip kompenseras innan det underliggande grundvattenmagasinet kan få något tillskott genom perkolation (sippring) från markytan genom den omättade zonen. Då underskottet är kompenserat råder s. k. fältkapacitet i den omättade zonen, dvs. porerna innehåller så mycket vatten att ytterligare tillskott förorsakar en nedåtriktad transport av vatten, som kan komma grundvattenmagasinet tillgodo. I grundvattenmagasinet råder full vattenmättnad, dvs. alla porer är helt fyllda med vatten. Begreppen vissningspunkt, fältkapacitet och full vattenmättnad bestäms till sin storlek av framför allt geologiska egenskaper hos materialet.

Väderleken och det hydrologiska tillståndet i framför allt rotzonen spelar således en avgörande roll för perkolationen genom den omättade zonen. Därför kommer grundvattenståndets årstidsmässiga fluktuationer att bestämmas av de meteorologiska faktorerna nederbörd och avdunstning (evaporation och transpiration = evapotranspiration). Avrinningen från grundvattenmagasinet varierar på motsvarande sätt men med mer eller mindre stor dämpning och fasförskjutning.

Sålunda beskrivs grundvattenståndets variationer i regel av ett årstidsbundet mönster, som p. g. a. klimatberoendet är olika i olika delar av landet. Mönstren modifieras naturligt av geologiska och topografiska egenskaper i terrängen. På senare tid har man kommit till allt större insikt om att

de av människan ostörda variationsmönstren ingår som en del i en miljö där vegetation, mark och vatten befinner sig i någon form av balans. Man har samtidigt kunnat observera att människan genom sina ingrepp i naturen alltmer kommit att störa eller t. o. m. förstöra de naturliga mönstren. Effekterna av dessa störningar är ännu ofullständigt kända. Grundläggande för bedömning av dessa frågor är emellertid kunskapen om de naturliga, ostörda grundvattenförhållandena. Grundvattnets kemiska egenskaper utsetts också för naturliga och antropogena förändringar. Dessa förhållanden belyses av Persson (1978).

Referensnät för ostörda grundvattenvariationer

Sveriges geologiska undersökning (SGU) har inom ramen för Internationella Hydrologiska Dekaden/Programmet (IHD/IHP) etablerat ett observationsnät för grundvatten. Nätet består av uppemot 70 observationsområden med inalles över 700 mätstationer (se fig. 1). Vid stationerna mäts regelbundet — var fjortonde dag eller kontinuerligt registrerande — grundvattenstånd. Vid vissa av stationerna mäts också grundvattentemperatur, tjäle och snödjup samt tas prover för kemisk analys (inkl. tritium). Insamlade data bearbetas med avseende på bl. a. årstidsmönster, flerårstrender, medelvärden, nederbördsberoende, geologiberoende och topografiberoende. En allmän presentation av grundvattennätet har gjorts av Nordberg och Persson (1974).

Naturliga grundvattenståndsvariationer

Korttidsvariationer

Med korttidsvariationer förstås i detta sammanhang tillfälliga fluktuationer som inte påverkar årstidsmönstren. Dessa fluktuationer är i regel små och spelar ur hydrologisk synvinkel en liten roll. De är emellertid intressanta som indikationer på olika geofysiska samband. Nilsson (1970) har grovt indelat dessa fluktuationer i två grupper enligt påverkande faktorer: direkta och indirekta. Av naturliga korttidsvariationer som kan hänföras till direkta faktorer nämns kortvariga nederbörds- och torrperioder, avdunstning och förändringar i närbelägna ytvattenmagasin, medan som indirekta faktorer nämns gravitation, lufttryck, förändringar i närbelägna ytvattenmagasin och tillfälliga belastningar. De flesta av dessa korttidsvariationer berör mindre tid än ett dygn. Mycket snabba variationer kan i vissa akviferer (grundvattenförande formationer) uppträda till följd av kraftiga jordbävningar. Den svåra jordbävning (intensitet 6.9 på Richterskalan) som drabbade några norditalienska byar 1976-05-06 förorsakade en tryckvåg i berggrunden, som sannolikt gjorde sig gällande som en snabb grundvattenfluktuation i bl. a. en observationsbrunn i grundvattennätets område 16 Velen i

rer på ringa djup under markytan, medan i stora akviferer, som dessutom vanligen ligger på relativt stort djup, dessa variationer kraftigt dämpas. Sådana stora akviferer finns i t. ex. flertalet av de mellansvenska åsarna. Den oömtådda zonens starkt varierande mäktighet i många åsar förstärker utjämnningen i grundvattenbildningen, så att man i vissa akviferer helt saknar årstidsbundna variationer i grundvattenstånd. Av detta framgår att årsamplituden kan variera från ett fåtal centimeter till flera meter i olika akviferer. Dessa förhållanden belyses något mer på sid. 102.

Ur grundvattennätets rika material har tidsserier bearbetats med avseende på genomsnittliga årstidsmönster. Det bearbetade materialet omfattar de senaste 5—10 åren. Med tillgång till längre mätserier kan mönstren och deras utbredning komma att modifieras, eftersom enstaka extremår kan ha förryckat medelvärdena. Med denna reservation kan fyra huvudmönster urskiljas i Sverige, se fig. 3. I norra Sveriges inland är den huvudsakliga grundvattenståndsstigningen knuten till senvårens intensiva snösmältning. Under den långa vintern, då nederbörden faller som snö och marken är tjälad, sker i regel ingen grundvattenbildning. Därför stiger grundvattenståndet snabbt i april—maj—juni och når sitt maximum under försommaren. Under resten av sommaren, hösten och vintern sker inget tillskott till grundvattenmagasinet, utan detta avtappas kontinuerligt med sjunkande grundvattennivåer som följd. Minimum nås omedelbart före snösmältningen.

I Norrlands kustland och i södra Norrland samt i nordvästra Svealand förekommer en sekundär period med nettogrundvattenbildning under hösten, då avdunstningen är låg och nederbörden faller som regn på otjälad mark. Detta resulterar i ett variationsmönster med två maxima och två minima varje år. Högsta grundvattenstånd uppnås i samband med snösmältningen och lägsta under senvintern. Denna variationstyp återfinns också i södra Norrlands fjälltrakter, där det atlantiska klimatinflytandet kan medföra relativt milda och regniga höstar.

I södra Sverige är hösten den dominerande perioden för stigande grundvattenstånd, medan sensommaren uppvisar de lägsta grundvattennivåerna. I inlandet uppträder ett sekundärt vinterminimum, men i kustlandet är vintern vanligen så kort och mild att tillskott till grundvattnet kan ske under hela vintern. Därför visar variationskurvan i kustlandet endast ett maximum (vår) och ett minimum (sensommar — förhöst) varje år.

De här redovisade fyra typmönstren för grundvattenståndets årstidsvariation har beräknats ur månadsmedelvärden. För enstaka år kan givetvis variationsmönstren avvika avsevärt beroende på hydrometeorologiska förhållanden. Detta framgår väl av material redovisat av Nordberg och Persson (1974).

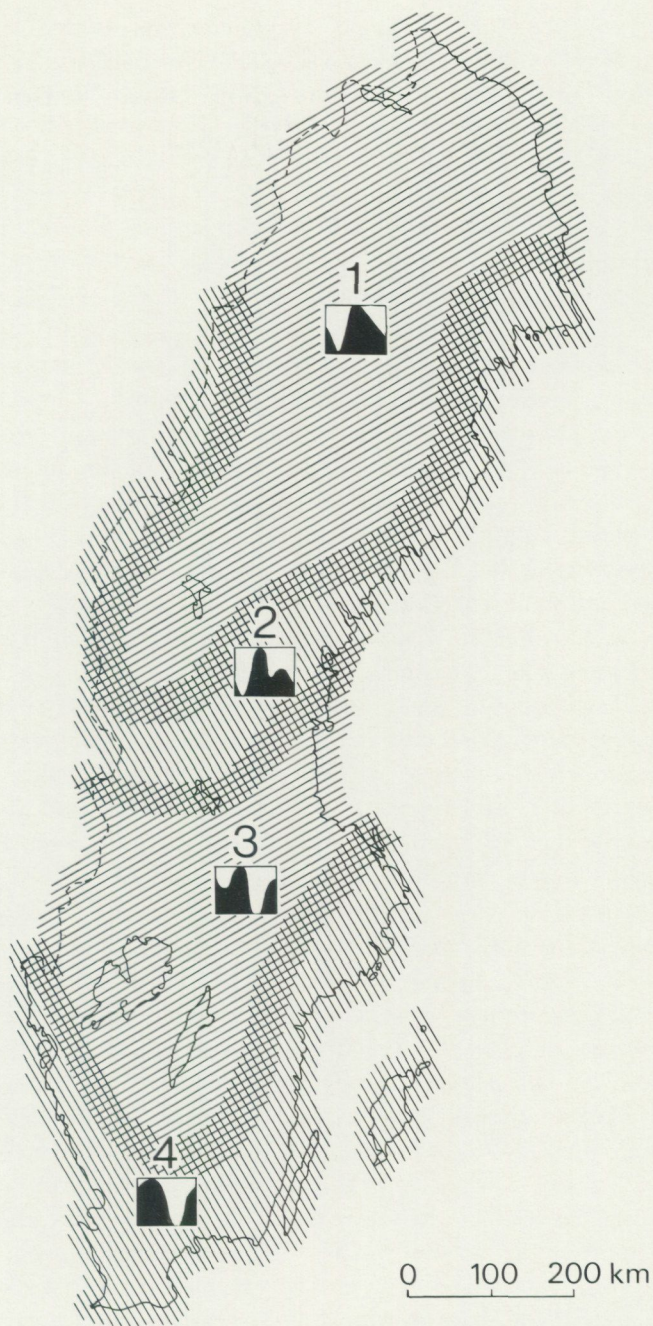


Fig. 3. De fyra huvudmönstren för årstidsmässiga variationer i grundvattenstånd. Diagramrutornas höjd motsvarar skillnaden mellan högsta och lägsta månadsmedelvärde. Diagrammens längd är kalenderåret.

Fig. 3. The four main seasonal patterns of groundwater level variation.

Flerårsvariationer

Ur grundvattennätets material framgår att vissa trender för grundvattenstånd återfinns i olika delar av landet. På grund av tidsseriernas ännu relativt ringa längd kan emellertid inga verkligt långsiktiga förändringar belysas. Utvecklingen under flerårsperioder har dock ett stort vetenskapligt och praktiskt intresse, varför några drag här skall beröras.

I snabbreagerande akviferer där årstidsmönstret har stor genomslagskraft döljs lätt flerårsförändringarna av de mer tillfälliga och lokala fluktuationerna. De långsamt reagerande akvifererna återger däremot de långsiktiga förändringarna på ett iögonenfallande sätt. Så är fallet med grundvattnet i t. ex. Enköpingsåsen och Söderålaåsen, där väderlekens inflytande är nästan omärkbart. Grundvattenståndet där visar inom områdena 23 Tärnsjö och 24 Rengsjö (se fig. 1) för praktiskt taget varje månad sjunkande tendens från 1967 resp. 1968 till 1975. I absoluta mått kan sjunkningen anges till 0.5—2.5 m för den aktuella perioden. Dessa tendenser kan hänföras till stora nederbördsöverskott under 1965—1969, vilka resulterat i höga grundvattenstånd. Perioden 1970—1975 uppvisar däremot nederbördsvärden för dessa områden som sammanlagt är nära de normala. Den rikliga nederbörden under andra halvåret 1974 medförde, att grundvattenståndets årsmedelvärde för 1975 steg något, varefter sjunkningen fortsatte 1976.

I de snabbreagerande akvifererna med klara årstidsmönster gör sig tendenserna gällande främst som fortlöpande och konsekventa förändringar i maximi- och minimivärdena eller i ett av dem. Motsvarande medelvärden påverkas i enlighet därmed. I östra Svealand och östra Götaland har sålunda en klart sjunkande tendens konstaterats från 1967 till 1976 även i små morän- och sandakviferer. Miniminivåerna 1976 ligger 1.0—2.0 m under motsvarande nivåer 1967. Åren 1968—1973 och 1975—1976 visar samtliga avsevärda nederbördsunderskott. Det ackumulerade underskottet från 1969-07-01 till 1973-12-31 uppgår för Stockholmstrakten till drygt 500 mm, dvs. i stort sett en normal årsnederbörd. Den osedvanligt rikliga nederbörden under andra halvåret 1974 återförde mångenstädes grundvattennivåerna till de höga lägena från slutet av 1960-talet, men det under 1975 och 1976 åter ökande underskottet medförde en återgång till den sjunkande tendensen. Vintern 1976—1977 var emellertid så nederbördsrik och snösmältningen 1977 så gynnsam för grundvattenbildning, att grundvattenmagasinen i större delen av landet återhämtade sig mycket markant.

En regional sammanställning av de relativa flerårsvariationerna har gjorts med data från grundvattennätet. För att i någon mån eliminera effekterna av geologi, omättad zon, mätintervall etc. har grundvattenståndets årsmedelvärden relaterats till den under mätperioden uppmätta största amplituden. I enlighet med Konoplyantsev (1970) har en koefficient beräknats för relativt grundvattenstånd (λ) enligt ekvationen

$$\lambda = \frac{H_i - H_{\min}}{H_{\max} - H_{\min}}$$

där H_i = grundvattnets medelnivå för ett givet år

H_{\min} och H_{\max} = minimi- och maximinivåer uppmätta under observationsperioden.

I fig. 4 visas de på detta sätt beräknade förändringarna på ett urval av representativa stationer i grundvattennätet. På grund av mätperiodernas olika längd är diagrammen inte helt jämförbara med varandra. Allmänt kan dock en i huvudsak sjunkande tendens konstateras under de senaste åren i östra Sverige från Hälsingland till Blekinge. I delar av Norrland finns däremot en stigande tendens. I övriga delar av landet föreligger ingen konsekvent flerårstrend.

De på fig. 4 redovisade, representativa diagrammen visar att grundvattenståndet i hela landet sjönk från 1975 till 1976 — med undantag av Abisko, där en viss stigning ägde rum, sannolikt främst betingad av riklig vinter- och vårnederbörd. Denna förändring torde vara representativ för nordvästra fjälltrakterna. För 1977 kan en klar stigning förutses särskilt i södra Sverige.

Naturliga tjäldjupsvariationer

För grundvattenståndets naturliga årstidsmönster spelar den omättade zonen tillstånd en betydande roll. Är alla porer i rotzonen frusna sker normalt ingen perkolation till grundvattenmagasinet. Beroende på vinterns stränghet tillförs således grundvattenmagasinen i olika hög grad perkolationsvatten. Vid snösmältningen kan stora vattenmängder bilda grundvatten under förutsättning att en djup och kompakt tjäle inte förhindrar detta. Studier vid grundvattennätet har visat att tjälen i regel inte har förhindrat grundvattenbildning i samband med snösmältningen under de senaste åren. Medan tjäle ställvis fortfarande kan konstateras, sker en betydande perkolation till grundvattenmagasinen. Detta torde bero på att tjälen är mycket ojämnt utvecklad inom ett område på grund av geologi och exposition. Mycket av smältvattnet kan också tänkas tillfälligt magasineras i markskikten under tjällossningen, varefter det infiltrerar och perkolerar (eller avdunstar). Av största betydelse för tjälutvecklingen är snödjupet. Under för övrigt lika betingelse tränger tjälen ned djupare med avtagande snötäcke. Snöns välkända, isolerande förmåga kan nästan helt förhindra tjälbildning även under kalla vintrar. Av denna anledning är det mycket svårt att ange värden på normal tjäle i ett område. Däremot kan värden på maximalt tjäldjup lättare anges (Jansson, 1968). Detta exemplifieras av fig. 5 som

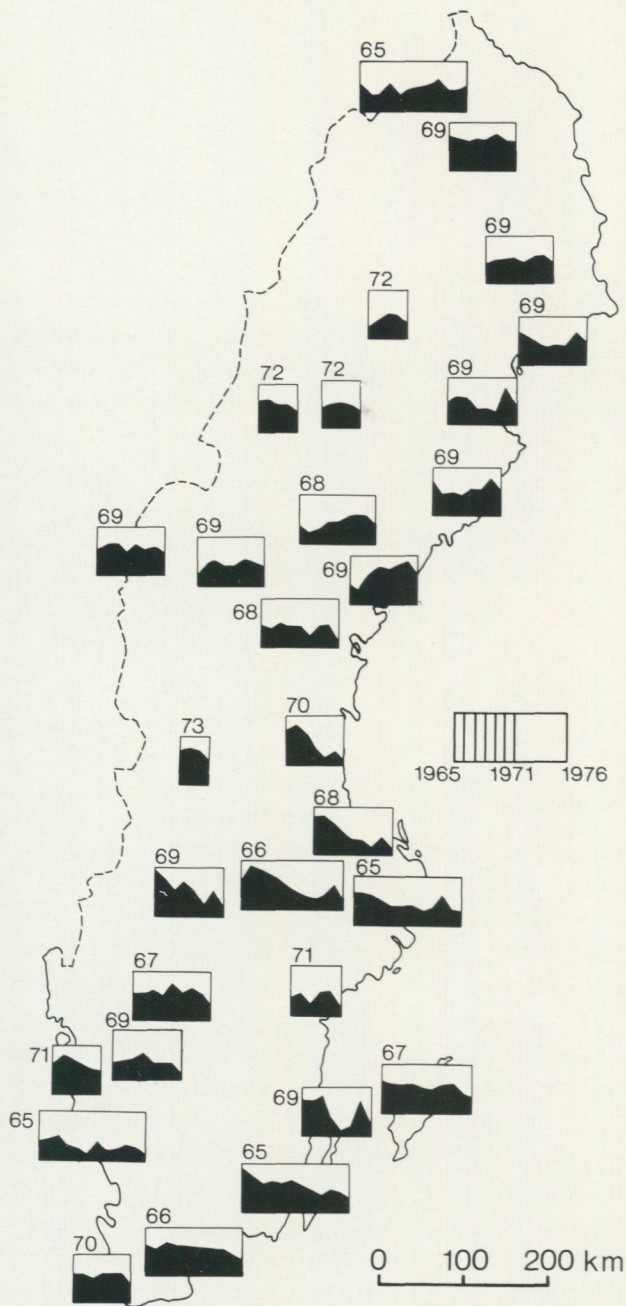


Fig. 4. Flerårsförändringar i grundvattenstånd vid ett urval av representativa stationer. Det svarta fältet visar förändring i årsmedelvärde i relation till maximala variationsamplituden. Siffrorna vid resp. diagram anger årtal för första beräknade värde. Senaste värde avser 1976.

Fig. 4. Multiannual variations of relative groundwater levels at selected stations.

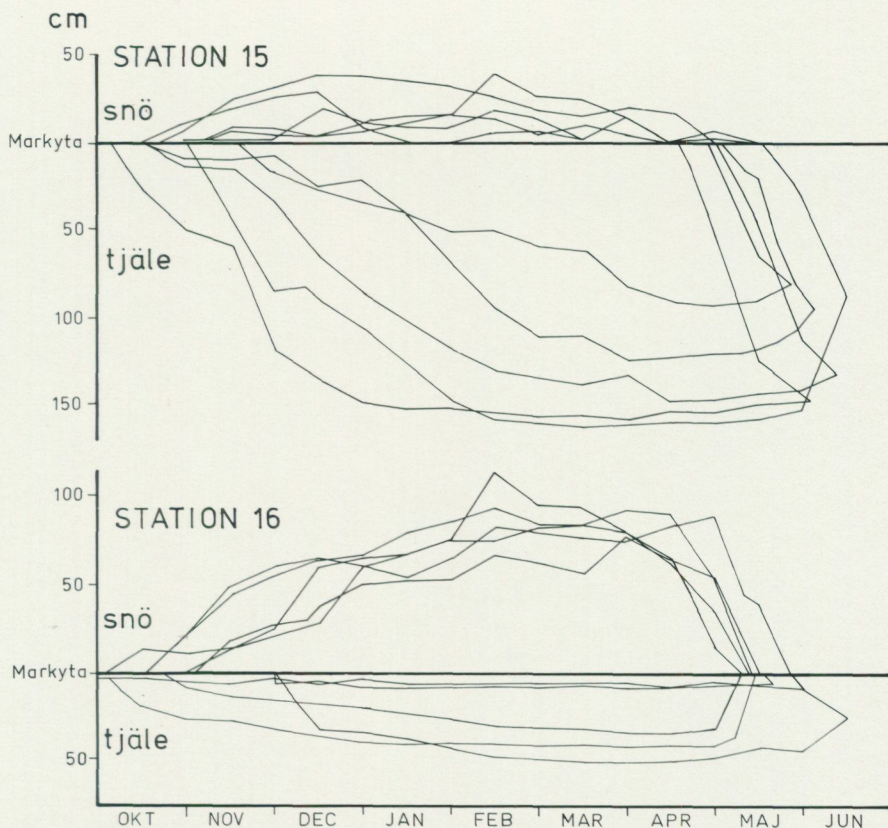


Fig. 5. Snödjup och tjäle 1971—1976 vid två stationer i Stensele, station 15 på vindexponerad äng och station 16 i skog.

Fig. 5. Depth of snow (*snö*) and penetration of frozen ground (*tjäle*) at two stations at Stensele, southern Lapland. Station 15 is exposed to the wind, station 16 is in woods. *Markyta* is ground level.

visar snötäcke och tjäldjup under fem vintrar på två närläggna stationer i område 43 Stensele. Båda är placerade i sand, men den ena (nr 16) är omgiven av träd och den andra (nr 15) står i öppen ängsmark, exponerad för vinden. Av denna anledning blir snötäcket på den senare mycket mindre med åtföljande av avsevärt djupare tjäle.

Vid lika snötäcke går tjälen djupare i grovkorniga jordarter än i finkorniga, förutsatt att högt grundvattenstånd inte påverkar utvecklingen. Där-
emot kvarstannar tjälen längre i finkorniga jordarter. Ur grundvattenbildningssynpunkt innebär detta att inom ett heterogent område (till geologi och exposition) sker en viss temporal utjämnning av infiltrations- och perkolationsförlopp.

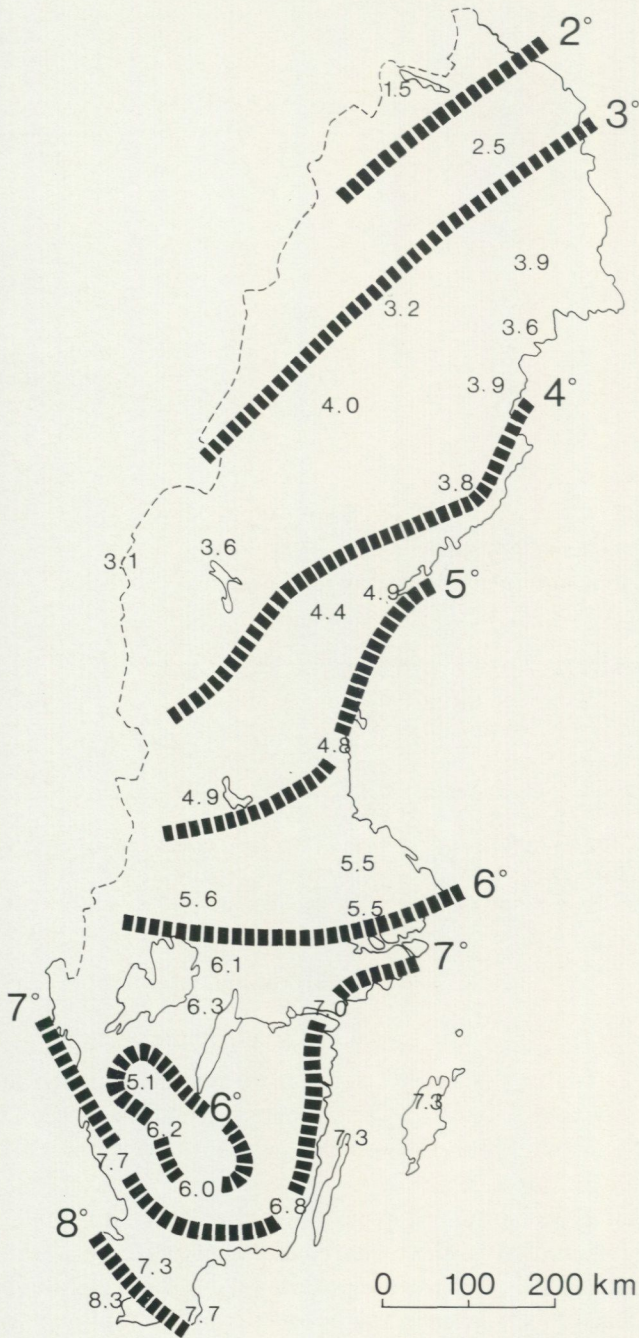


Fig. 6. Isothermer för grundvattentemperaturer i Sverige.
Fig. 6. Isotherms for groundwater temperature in Sweden.

Naturliga variationer i grundvattentemperatur

Ett allmänt kriterium på ett grundvatten i Sverige är att det bl. a. skall hålla en jämn och låg temperatur. På ett djup av 5—10 m under markytan uppvisar grundvattentemperaturen i regel ett från år till år nära konstant variationsmönster med ett medelvärde som nära anknyter till lufttemperaturens årsmedelvärde. I nordligaste Sverige, där luftens årsmedeltemperatur är under $\pm 0^\circ$, är av lätt förklarliga skäl (snötäckets isolerande verkan) grundvattnets medeltemperatur några grader högre. I fig. 6 visas grundvattnets årsmedelvärden från ett antal stationer med relativt långa mätserier (1968—1975). De Geer (1970) har med utgångspunkt från annat material angett medelvärden för vissa delar av landet, vilka väl faller inom ramen för de här redovisade värdena.

Exempel på grundvattentemperaturens medelförändring under ett år vid fem observationsstationer visas i fig. 7. I förhållande till motsvarande förändring i lufttemperatur framträder en mycket markant dämpning och färförskjutning. De siffermässiga förhållandena mellan grundvatten- och lufttemperatur vid dessa fem stationer framgår av nedanstående tabell 1.

Tabell 1

Station	Lufttemperatur °C			Grundvattentemperatur °C			
	Årsme- deltem- peratur	Årsme- delam- plitud	Månad med lägsta temp.	Årsme- deltem- peratur	Årsme- delam- plitud	Månad med lägsta temp.	Mät- djup
Böda	7,5	18,4	feb.	7,3	1,3	maj	9 m
Nissafors	5,8	19,2	feb.	6,2	0,5	sept.	16 m
Kassjöän	1,8	25,9	jan.	4,4	5,6	april	4 m
Kallaxheden	2,0	26,2	feb.	3,6	1,0	juli	8 m
Svappavaara	-1,3	30,1	jan.	2,5	3,3	juni	3 m

Geologisk inverkan på grundvattenståndets variationsförlopp

De av klimat och väderlek bevingade variationerna i grundvattenstånd får olika utslag i olika geologiska miljöer. De viktigaste faktorerna är knutna till egenskaper hos topografi, markyta, omättad zon och akvifermaterial. Medan topografien och markytans beskaffenhet särskilt styr infiltrationen, bestämmer den omättade zonen perkulationsförloppet. Akvifermaterialiets sammansättning och utsträckning avgör slutligen responsen i själva grundvattenmagasinet. Alla faktorerna är starkt knutna till varandra, eftersom de tillsammans utgör de fysikaliska förutsättningarna för en sammanhängande hydrologisk process, vilken i sin tur är en delprocess av det hydrologiska kretsloppet. Topografien, dvs. i huvudsak markytans lutning, bestämmer i

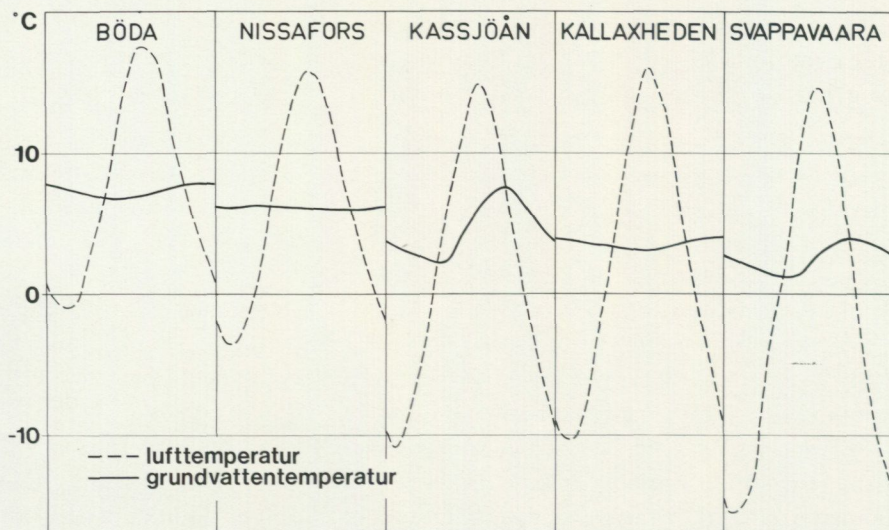


Fig. 7. Relation mellan grundvattentemperatur och lufttemperatur under året vid fem olika stationer. De förra värdena hänför sig till medelvärden 1968—1975 och de senare till referensnormalen 1931—1960. Mättdjup under markytan för grundvattentemperatur är för område nr 7 Böda 9 m, nr 14 Nissafors 16 m, nr 26 Kassjöån 4 m, nr 35 Kallaxheden 8 m och för nr 38 Svappavaara 3 m. För läge, se fig. 1.

Fig. 7. Relation between groundwater temperature (solid line) and air temperature (broken line) at five stations in Sweden. For location, see Fig. 1.

viss terräng hur stor del av den ej avdunstade nederbörden som avrinner direkt till ytvattendrag. Denna faktor hänger intimt samman med markytans beskaffenhet, inklusive dess vegetationstäcke. I detta sammanhang bortses från vegetationens avskärmande effekt på nederbörden.

Den glaciala och postglaciala lera som flerstädes täcker dalar och slätter i Sverige är ur praktisk synvinkel tät. Från sådana ytor sker ytavrinning vid större nederbördstillfällen, såvida inte leran kan fånga upp vattnet i torksprickor i sin övre del. Flerstädes bildas mer eller mindre tillfälliga grundvattenmagasin i lerans övre delar. Dessa magasin står dock vanligtvis inte i kontakt med underliggande grundvattenmagasin. För övrigt är i regel grundvattenmagasinen under de centrala delarna av dalar och slätter artesiska, varför någon grundvattenbildning genom leran likväl inte äger rum. En markyta bestående av grovkorniga sediment som sand och grus kan däremot i regel släppa igenom all den nederbörd som är tillgänglig för infiltration. I moränterräng torde huvudparten av infiltrationen ske på bred front, medan den fortsatta perkolationen styrs av heterogeniteter som enstaka skikt med sorterat material, sprickor, rotkanaler och blockkontakter. Vattentransporten underlättas av att den övre markhorisonten regelmässigt utsätts för uppluckrande tjälningprocesser. Kontakterna mellan berghällar och jordlager är också effektiva infiltrationsvägar. Infiltrationen till berggrun-

den sker nästan uteslutande via de spricksystem som når markytan eller som står i god förbindelse med vattenförande jordlager. Genom erosion och vitting har de största spricksystemen kommit att bli lågpunkter i terrängen, varför dessa är naturliga uppfångningsytor för nederbördsvattnet.

När vattnet trängt genom markytan avgörs den vidare perkolationen av den omättade zonens egenskaper. Betydelsen av det hydrologiska tillståndet i denna zon har tidigare berörts, och behandlas här icke ytterligare. Det geologiska materialets textur och struktur bestämmer graden av vattengenomsläpplighet. Den viktigaste hydrauliska faktorn är den effektiva porositeten dvs. den del av porositeten som utgör den aktiva transportvolymen. Ju finkornigare ett material är, desto större är skillnaden mellan total och effektiv porositet. Undersökningar av Nordberg och Modig (1974) tyder på att den vanligt förekommande moränen i Sverige har en totalporositet på 25—30 % men en effektiv porositet på blott 5—10 %, medan sand- och grusavlagringar kan ha en totalporositet på 30—40 % och en effektiv porositet endast några få procent mindre. Medan perkolationen i sorterade jordarter (sand och grus) sker på bred front och i morän delvis på bred front och delvis längs diskontinuitetsytor, sker den i berggrund nästan uteslutande längs spricksystem och skiktfogar. I det senare fallet övergår perkolationen lätt till flöde under mättade förhållanden. Annars sker perkolationen under omättade förhållanden som "displacement" med dispersion (Andersen och Sevel, 1974).

Den omättade zonens mäktighet avgör mycket av tidsfördröjningen mellan infiltration och grundvattenreaktion, medan zonens varierande mäktighet över ett grundvattenmagasin avgör en del av dämpningen.

De hydrauliska egenskaperna hos själva akviferen betyder också mycket för grundvattenmagasinets respons. Den effektiva porositeten spelar stor roll liksom akviferens horisontella och vertikala utsträckning. Avstånd till grundvattendelare och utströmningsområde påverkar också responsen. Variationsamplituden är vanligen större i ett vattendelarläge än i ett utströmningsläge. Hydrauliska gränser, t. ex. ytvattenkontakter och berggrunds-trösklar, påverkar också grundvattenmagasinets dynamik.

De ovan flyktigt berörda, geologiskt betingade faktorerna samspelar vid grundvattenbildningsprocessen. För varje grundvattenmagasin gäller att de naturliga variationsmönstren kan återföras till för resp. magasin och omgivning specifika fysikaliska egenskaper. Grundvattenreaktionen visar den samlade effekten av dessa faktorer i förhållande till en given nederbörds-mängd. Gottschalk och Nordberg (1977) har med matematiska modeller visat hur responsfunktionen varierar med varierande geologi och akvifer-egenskaper. I fig. 8 visas ett exempel på naturliga grundvattenvariationer i fyra olika akviferer vid Tärnsjö, Västmanlands län. Grundvattnet i granit och överliggande morän utsätts för snabba och stora fluktuationer p. g. a. en tunn omättad zon och närvaron av genomsläppliga transportkanaler samt

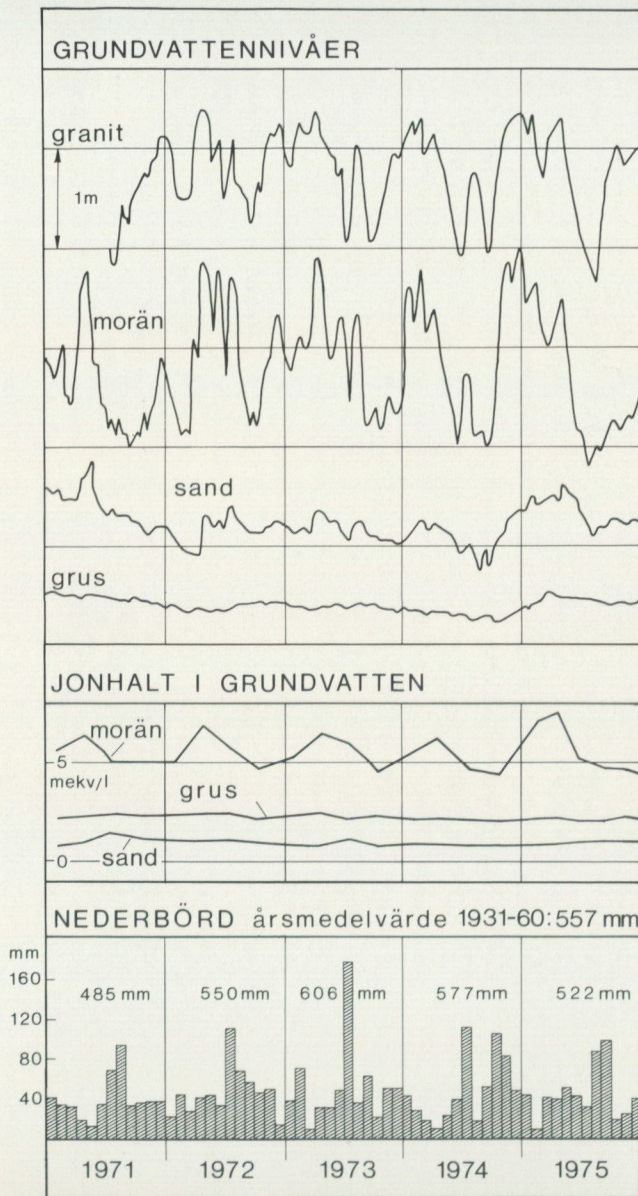


Fig. 8. Grundvattenvariationer i fyra akviferer i observationsområde 23 Tärnsjö. De olika variationsmönstren avspeglar geologins fundamentala betydelse för grundvattenresponsen. Grundvatten i granit och överliggande morän karakteriseras av stora och snabba fluktuationer på grund av närvaron av få men relativt genomsläppliga transportvägar. I den djupa åsakkviferen är fluktuationerna däremot små och långsamma, eftersom den effektiva porositeten är hög i akviferen och i överliggande, ställvis mycket mäktiga, omättade zon. Motsvarande variationsmönster för grundvattnets jonhalt är också för handen. I den schematiskt ritade geologiska sektionen anges grundvattenytorna med streckade linjer.

(Modifierad från Nordberg och Persson 1976).

Fig. 8. Geologically controlled groundwater variation patterns in four aquifers in area 23 Tärnsjö. Groundwater levels (*grundvattennivåer*) in granite (*granit*), till (*morän*), sand and gravel (*grus*). The total ion content in groundwater (*jonhalt i grundvatten*) from three aquifers. Precipitation (*nederbörd*) is also shown.

relativt låg effektiv porositet. I den djupt liggande grusakviferen är däremot fluktuationerna små och långsamma, medan de är måttliga i sandakviferen. Storleksordningen på årsamplituderna torde vara representativ för svenska förhållanden. Årsamplituder på upp till 25 m har av Fagerlind och Nordberg (1973) rapporterats från grundvattenmagasin i kalksten på Gotland. Sådana amplituder är emellertid synnerligen extrema för Sverige.

Störda grundvattenvariationer

Människan förändrar på många olika sätt den naturliga miljön. Därmed förändras också i flera fall de ostörda betingelserna för det hydrologiska kretsloppet. Detta drabbar inte sällan grundvattenförhållandena. Effekterna av ingreppen är heller i regel inte tillfullo kända då de görs. En systematisk konsekvensanalys av ett planerat ingrepp i naturen utförs endast undantagsvis. En sådan analys måste innefatta en bedömning av processerna och magasinen i det hydrologiska kretsloppet och de därtill knutna ekosystemen. En sådan nödvändig helhetssyn börjar nu växa fram och olika slags modeller för simulering av förändringar börjar tillämpas. Till strävan efter ett långsiktigt optimalt resursutnyttjande hör framsynt forskning rörande inte bara ostörda och störda system utan också rörande möjligheterna till prognostisering av alla konsekvenser av ett mänskligt ingrepp i naturen. Nedan lämnas summariskt några exempel på ingrepp med mycket påtaglig effekt på grundvattenförhållandena.

Hårdgöring av ytor

Den från grundvattensynpunkt kanske viktigaste enskilda urbaniseringsåtgärden utgörs av hårdgöring av ytor. I den moderna stadsbebyggelsen avskärmas markytan effektivt av hustak, trottoarer och gator. Nederbördsvattnet avleds som dagvatten till ytvattenrecipienter och kommer i mycket liten omfattning grundvattenmagasinet till del. Med minskad infiltration följer minskad grundvattenbildning, vilket medför på sikt sjunkande grundvattennivåer. Detta kan leda till sinande brunnar men framför allt till svåra och kostsamma sättnings-skador där hus och gator är grundlagda på lera. Även en mycket måttlig grundvattensänkning kan i en artesisk akvifer medföra att lerans bärförmåga minskar och — beroende på olika grundläggningssätt för byggnader och gator — förorsaka sättnings-skador. De naturliga variationsmönstren hos grundvattenståndet är i stadsmiljö mer eller mindre störda. Det är emellertid inte alltid lätt att urskilja den faktor som har den största störningseffekten, eftersom stadsmiljön i sig innefattar flera ingrepp med likartade effekter.

Tunnlar, bergrum och gruvor

Medan hårdgöring av ytor innebär en minskad infiltration, medför de

ökande tunnel- och bergrumsanläggningarna i många fall en dränering av befintligt grundvattenmagasin. Eftersom dessa tunnlar (för T-bana, tele, vatten och avlopp m. m.) och bergrum (för t. ex. lagring av olika produkter) aldrig kan göras helt täta och ofta nedföres till under grundvattenytan, avsänks grundvattnet i närheten av anläggningen, i värsta fall till dess golvnivå. Denna nivå blir då reglerande för grundvattennivån, vars naturliga variationsmönster helt förstörs. Liknande förhållanden gäller också flera gruvor. Effekterna kan bli desamma som de som berörts å sid. 111.

Djupa schakt

I stadsmiljön sker ett avsevärt byggande under jord. I Stockholm t. ex. finns exempel på byggnader som förts ned 20—30 m under markytan (Knutsson och Morfeldt, 1973). Av byggnadstekniska skäl måste man i regel tillgripa omfattande läns-pumpning under byggnadstiden, vilket naturligtvis starkt bidrar till de i regel redan störda grundvattenförhållandena. För Stockholm och flera andra tätorter har fastställts gränsvärden, mellan vilka grundvattennivån måste vidmakthållas, för att skador på befintliga byggnader skall kunna undvikas. Knutsson och Morfeldt (op. cit.) belyser olika möjligheter att minska de negativa effekterna med t. ex. invallningar och slitsmurar under byggnadstiden. Till djupa schakt kan i detta sammanhang också föras gruvor (dagbrott), stenbrott och grustäkter. De två förra är inte sällan nedförda till under den naturliga grundvattenytan, varför läns-pumpning måste tillgripas. Detta kan medföra avsänkta grundvattenytor i omgivningen. Vid grustäktsverksamhet schaktas normalt inte under grundvattenytan, men borttagandet av en stor del av den omättade zonen innebär att fördröjnings- och dämpningseffekten vid grundvattenbildningen kan komma att minska. Detta medför framför allt risk för försämrad grundvattenkvalité.

Brunnar

Pumpning ur brunnar innebär en lokal avsänkning av grundvattennivåerna. Denna avsänkning kan vara helt obetydlig eller mycket omfattande. I de senare fallen kan pumpningen få effekter av samma slag som berörts å sid. 98 f. Dock är de allra flesta stora grundvattentäkterna anlagda i akviferer, vilka inte påverkar någon känslig lerterräng. Pumpningen resulterar i allmänt avsänkt grundvattennivå inom brunnens s. k. influensområde. Eftersom många brunnar är etablerade i rullstensåsar som före pumpningen varit läckande, kan stora grundvattenuttag medföra att källor sinar och våtmarker torkar ut. Dessa konsekvenser kan i många fall förutsägas genom undersökningar. Förutom att pumpningen verkar allmänt avsänkande på grundvattenytan inom influensområdet, blir variationsmönstret styrt av en kombination av klimat- och pumpningseffekter. Eftersom vattenkonsumtionen i regel är störst under sommaren förstärks den i större

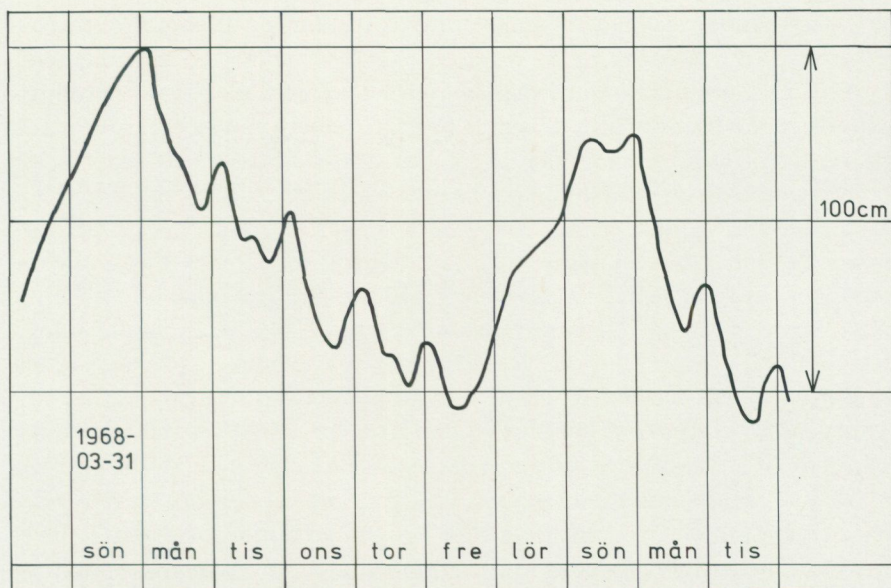


Fig. 9. Dygnsfluktuation i grundvattennivå på grund av processberoende pumpning i en närlägen industrivattentäkt.

Fig. 9. Diurnal fluctuations in groundwater level due to extraction of water from an adjacent industrial well.

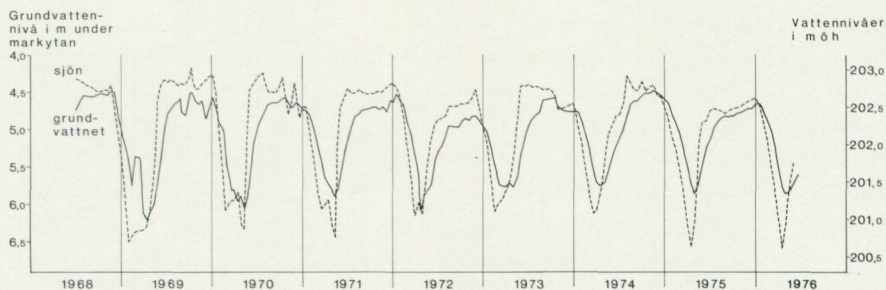


Fig. 10. Relation mellan en reglerad sjövattnenytta och grundvatten vid område nr 30 Viksmon.

Fig. 10. Relation between levels of a regulated lake (broken line) and groundwater (solid line) in area 30 Viksmon.

delen av Sverige då naturliga sänkningstendensen av det samtidigt ökade uttaget.

Även de mer kortsiktiga pumpningsvariationerna kan prägla helt antropogena fluktuationsmönster. I fig. 9 visas ett sådant mönster från Kristianstadstrakten. Diagrammet åskådliggör hur grundvattenståndet stiger under ett veckoslut för att därefter konsekvent sjunka på dagtid under den följande veckan, medan en viss återhämtning sker nattetid. Återhämtningen under det följande veckoslutet är inte tillräcklig för att återföra grundvattennivån till föregående söndags nivå. Mönstret reflekterar vattenförbrukning och pumpning under en arbetsvecka vid en stor slakterianläggning i Kristianstad. Registrering av grundvattenstånd gjordes i en observationsbrunn cirka 900 meter från slakteriets produktionsbrunn. Brunnarna, som är drygt 100 m djupa, är nedförda i områdets huvudakvifer dvs. glaukonit-sandstenen. Grundvattnet är normalt artesiskt med sin tryckyta något över markytan (markytan 1.5 m ö h). Vid själva produktionsbrunnen var vid registrerstillfället grundvattennivån genom pumpningen avsänkt till ca —11 m, medan nivån i observationsbrunnen stod ca 10 m högre. Här registrerades således ett industribetingat fluktuationsmönster, som överlagras av människan långsiktigt avsänkt grundvattennivå.

Regleringsmagasin och torrläggningar

Grundvattnet avrinner normalt mot vattendrag, sjöar och hav. I de strandnära områdena reglerar ytvattnet grundvattenstånden i större eller mindre omfattning beroende på geologi och topografi. Människan har tillgripit en långt driven konstgjord reglering av vattendrag för att uppnå en utjämning av flöden och ett bättre tillvaratagande av energi, och stora kraftverksmagasin har tillskapats i många älvar. Genom regleringarna har också flera älvsträckor torrlagts — permanent eller tidvis. Grundvattenförhållandena har därmed radikalt förändrats med i många fall negativa effekter på bl. a. vegetation och brunnar. Ett principiellt exempel på samspelet mellan en reglerad vattenyta och närbeläget grundvatten visas i fig. 10. Vattenytan i Graningesjön/Hultsjön, som tillhör Ångermanälvens vattensystem, regleras för att vårflo den skall dämpas och vatten lagras till hösten—vintern.

Normalt visar grundvattnet i regionen sjunkande tendens under andra halvåret (se fig. 3), men i grundvattenstationer i Viksmon 200—400 m från Graningesjön visas stigande tendens eller stabilt högt läge. Av diagrammet framgår också att under perioder med snabbt stigande sjövattnestånd (maj) ligger grundvattenståndet under sjöns vattenyta. Detta förhållande gäller också för högvattenperioden under sommaren—hösten. Under senvinterns sjunkande och låga sjövattnestånd återfinns däremot grundvattenytan på högre nivå än sjöns yta. Grundvattenmagasinet reagerar mot betydande tidsfördröjning gentemot sjön, vilket antyder ett dåligt

hydrauliskt samband mellan sjön och grundvattnet. Detta kan förklaras av närvaron av finkorniga sediment (finmo—mjäla) i akviferen.

Konstbevattning och konstgjord grundvattenbildning

Förutom att den alltmer ökande uppfordringen av grundvatten för bevattningsändamål förorsakar avsänkta grundvattennivåer, kan alltför riklig bevattning öka grundvattenbildningen med stigande grundvatten som följd. Denna företeelse är sannolikt föga aktuell i Sverige, men i t. ex. delar av norra Indien har den långvariga konstbevattningen med ytvatten lett till avsevärda grundvattenståndsstigningar med åtföljande försumpning och försaltning av stora jordbruksarealer.

En i Sverige vanligt förekommande åtgärd är konstgjord grundvattenbildning. Med sådan förstärks de naturliga grundvattenresurserna. I anslutning till infiltrationsdammar och brunnar höjs därmed de naturliga grundvattenytorna samtidigt som variationsmönstren påverkas. Effekterna av dessa förändringar är emellertid ännu mycket begränsade. I många fall återställer t. o. m. den konstgjorda grundvattenbildningen delvis de naturliga grundvattenytorna som avsänkts genom pumpning.

Snöröjda ytor

Inom tätorter sker vintertid snöröjning av såväl hårdgjorda som naturliga ytor. Som berörs å s. 103 ff. tränger tjälen betydligt djupare under en snöfri mark än under en snötäckt sådan. Under redan hårdgjorda ytor påverkas inte grundvattenbildningen ytterligare av tjälen, medan däremot grundvattennivån under såväl hårdgjorda som naturliga ytor kan påverkas av olika lufttemperatur och tjäldjup. Denna påverkan betingas av förändrade tryckförhållanden i grunden.

Gandahl (1967) har visat hur i vissa jordarter grundvattennivåerna snabbt förändras med stora belopp under tjälperioden på grund av dessa faktorer. Dessa förhållanden måste beaktas vid mätning av grundvattenstånd under snöröjda ytor, eftersom grundvattnets naturliga variationer kan störas av snöröjningen.

Modernt skogsbruk

Det mekaniserade skogsbruket kan tidvis medföra stora och snabba förändringar i markanvändningen. Vid kalhyggen ändras avdunstningsbetingelserna radikalt, och på dåligt dränerad mark kan grundvattnet stiga så högt att t. o. m. försumpning kan inträda. Årstidsvariationerna i grundvattenstånd kan också komma att dämpas avsevärt. Dessa förhållanden är ännu föga studerade, varför de långsiktiga konsekvenserna inte är kända. All-

mänt kan dock sägas att kalhuggningar i vissa avseenden torde motsvara skogsbränder, vilka utgör naturliga föryngringsfenomen i skogen.

Skogsdikningar och andra dikningar medför, att vatten avleds till vattendrag och sjöar istället för att som tidigare magasineras i marken och i grunden. På detta sätt minskas grundvattenbildningen, vilket särskilt torde visa sig som lägre och mindre varaktiga toppnivåer hos grundvattnet.

Avslutning

Med de ökande tekniska resurserna och med kravet på rationell, ekonomisk drift av samhället får de mänskliga ingreppen i naturen allt större räckvidd. Eftersom ekosystemen reagerar långsamt, kan alla konsekvenser av ingreppen inte förutses. Ett förbättrat bedömningsunderlag kan tillskapas endast genom ett grundläggande och långsiktigt studium av de naturliga systemen. För grundvattnets del görs detta bl. a. genom SGU:s grundvattennät. Befarade eller ifrågasatta effekter av mänskliga ingrepp kan där refereras till ostörda förhållanden. Övervakning av grundvattenförhållanden i tätorter är angelägen, särskilt med hänsyn till eventuella konflikter mellan motstående exploaterings- och bevarandebestånden. Den s. k. STEGA-gruppen har bedrivit forskning rörande sambandet mellan byggande och grundvatten och kunnat peka på att stora samhällsekonomiska vinster kan göras genom ett planmässigt hänsynstagande till befintliga och framtida grundvattenförhållanden (Lindskoug och Nilsson, 1974). STEGA har också initierat observationsområden, s. k. grundvattenkors, över Stockholm och Göteborg för studium av de naturliga grundvattenförhållandena i anslutning till dessa tätorter. Grundvattenkorsen ingår numera till största delen i SGU:s riksnät.

Det kan förmodas att grundvattenfrågorna i framtiden kommer att tillmätas allt större betydelse. Det till sin karaktär permanenta grundvattennätet kommer att utbyggas, sannolikt bl. a. inom ramen för miljövårdens informationssystem (MI), vilket syftar till en långtgående dokumentation av förändringar i en rad miljöparametrar. Med stöd från Statens Naturvetenskapliga Forskningsråd kommer i särskilt utvalda fältforskningsområden de naturliga grundvattenförhållandena att studeras i deras sammanhang med hela det hydrologiska kretsloppet. Fältforskningsområden med urbanhydrologisk inriktning kommer också att etableras.

Abstract

The Geological Survey of Sweden has established a national observation network for studies of the natural groundwater regime in various geological and climatological regions of Sweden. Climatologically controlled seasonal variation patterns have been found

concerning groundwater level and temperature. The patterns are modified according to geology and topography. Also multiannual variations have been found, showing regional significance. They are explained by variations in precipitation conditions.

Being part of a natural environment where vegetation, ground, and water interact in long-term balance, the groundwater is a fundamental asset. It is a renewable resource that can be utilized for the benefit of man. But by various measures of urbanization, man also disturbs and destroys the natural groundwater conditions. Examples are given of different anthropogenic activities that hamper the groundwater variations.

Having a permanent character, the national groundwater network is a tool for the surveillance of the natural groundwater in Sweden. Questions concerning changed groundwater conditions supposedly caused by urbanization can be referred to the natural background for determination.

SGU:s grundvattennät 1977-01-01

1 Vellinge	37 Lappträsket
2 Rövarekulan	38 Svappavaara
3 Kristianstad	39 Abisko
4 Liatorp	(40) Skanör-Falsterbo
5 Emmaboda	41 Sandhammaren
6 Nybroåsen	42 Arjeplog
7 Böda	43 Stensele
8 Hemse	44 Hyby
9 Lau	45 Ströms Vattudal
10 Isums	46 Flåsjön
11 File Hajdar	47 Tåsjön
12 Hångars	48 Ormsjön
13 Djurarpsdalen	49 Malgomaj
14 Nissafors	50 Siljansfors
15 Ölanda	51 Näsbyholm
16 Velen	52 Sandsjöbacka
17 Vissboda	53 Harestad
18 Dammtorp	54 Härskogen
19 Brattforsheden	55 Bogesund
20 Sätra-brunn	56 Berga
21 Bärmö	57 Bornsjön
(22) Ugglevik	58 Jädraås
23 Tärnsjö	59 Flinkesta
24 Rengsjö	60 Motala
25 Tunaby	(61) Furåsa
26 Kassjöån	62 Jokkmokk
27 Rundhögen	63 Karstorp
28 Visjövalen	64 Kuddby
29 Ytterån	65 Gistad
30 Viksmon	66 Kinda
31 Lo-Frök	67 Vara
32 Hälla	68 Sveg
33 Sävarheden	69 Stångenäs
34 Drängsmark	70 Ödskölt
35 Kallaxheden	71 Lefsebäcken
36 Mårdudden	72 Ronneby

Litteratur

- Andersen, L. J. och Sevel, T., 1974: Six years' environmental tritium profiles in the unsaturated and saturated zones, Grønhøj, Denmark. — *Isotope Techniques in Groundwater Hydrology 1974. Vol. I.* International Atomic Energy Agency. Wien, 3—20.
- De Geer, J., 1970: Några hydrogeologiska synpunkter på jordtäckets akviferer, främst åsarnas. — *Grundvatten.* Stockholm, 82—109.
- Fagerlind, T. och Nordberg, L., 1973: Variation of groundwater levels and a calculation of the effective fissure porosity at File Hajdar, Gotland. — *Geol. Fören. Stockh. Förh.*, 95. Stockholm, 317—327.
- Gandahl, R., 1967: Tjäl- och grundvattenundersökningar vid Braån. — *Teknik och Natur. Studier tillägnade Gunnar Beskow den 30 juni 1967.* Göteborg, 177—189.
- Gottschalk, L. och Nordberg, L., 1977: Mathematical modelling of groundwater level response in different geological environments. — *Sver. Geol. Unders. C 728.* Stockholm 56 pp.
- Jansson, L.-E., 1968: Tjäl djupet i Sverige. — *Information från Statens Naturvårdsverk, V 4.* Solna, 64 pp.
- Knutsson, G. och Morfeldt, C.—O., 1973: Vatten i jord och berg. Stockholm, 172 pp.
- Konoplyantsev, A. A., 1970: Evaluation of the ground water balance of large territories. — *Symposium on world water balance. Vol. I.* IASH-Unesco, Publ. 92, 71—77.
- Lindskoug, N.-E. och Nilsson, L. Y., 1974: Grundvatten och byggande. *Bygghälsan, R 20.* Stockholm, 163 pp.
- Nilsson, L. Y., 1970: Grundvattenståndets korttidsvariation och dess orsaker. — *Grundvatten.* Stockholm, 72—81.
- Nordberg, L. och Modig, S., 1974: Investigation of effective porosity of till by means of a combined soil moisture/density gauge. — *Isotope Techniques in Groundwater Hydrology 1974. Vol. II.* International Atomic Energy Agency. Wien, 313—340.
- Nordberg, L. och Persson, G., 1974: The national groundwater network of Sweden. — *Sver. Geol. Unders. Ca 48.* Stockholm, 160 pp.
- Nordberg, L. och Persson, G., 1976: On the regional and temporal groundwater variations in Sweden. — *Nord. Hydr. Konf. Reykjavik, IV-1—IV-19.*
- Persson, G., 1978: Förorening och skydd av grundvattnet. — *Ymer.* Stockholm, 1978, s. 119—124.

Förorening och skydd av grundvattnet

Av Gösta Persson

Grundvattnets naturliga sammansättning

De salter och andra lösta ämnen som naturligt finns i grundvattnet härstammar dels från nederbörden dels från marken och grunden. Vattnets förmåga att ur mark och grund lösa ut skilda ämnen är beroende av ett flertal faktorer. Väsentliga i sammanhanget är naturligtvis nederbörsvattnets kemiska egenskaper, framför allt dess surhetsgrad, den biologiska aktiviteten i markzonen, jord- och bergartsmaterialets kemiska sammansättning samt kornstorleks- och sprickfördelning. Mycket väsentlig är naturligtvis också vattnets uppehållstid i grunden.

Alla dessa faktorer, av vilka en del är tidskonstanta, medan andra kan variera med tiden, styr således grundvattnets kemi. Den naturliga sammansättningen hos grundvattnet varierar sålunda i både rummet och i tiden. Tidsvariationen visar ofta ett årstidsberoende variationsmönster, likartat det som grundvattennivåerna uppvisar (Nordberg, figur 3). Figur 1 visar ett typiskt exempel på årstidsvariationer hos grundvattenkemi och -nivå.

Dessa variationer torde i stor utsträckning bero på att vattnets uppehållstid i grunden är olika under olika tider på året p. g. a. att grundvattenbildningen är mycket ojämnt fördelad över året, medan avrinningen från grundvattenmagasinet är mer konstant.

Variationerna i rummet i grundvattnets sammansättning är också mycket stora, beroende på att grundvattenmagasinen i den för Sverige typiska morän- och urbergsterrängen i regel är små, och lokala förhållanden helt styr strömningsmönster och uppehållstider för grundvattnet.

Föroreningskällor för grundvattnet

En mängd olika typer av mänsklig aktivitet kan förändra grundvattnets naturliga tillstånd. Tillförsel av olika ämnen till vår miljö innebär en risk för att grundvattnets kvalitet påverkas. Påverkan kan nå en sådan grad att vattnet blir förorenat. Andra typer av ingrepp i miljön kan leda till störningar i

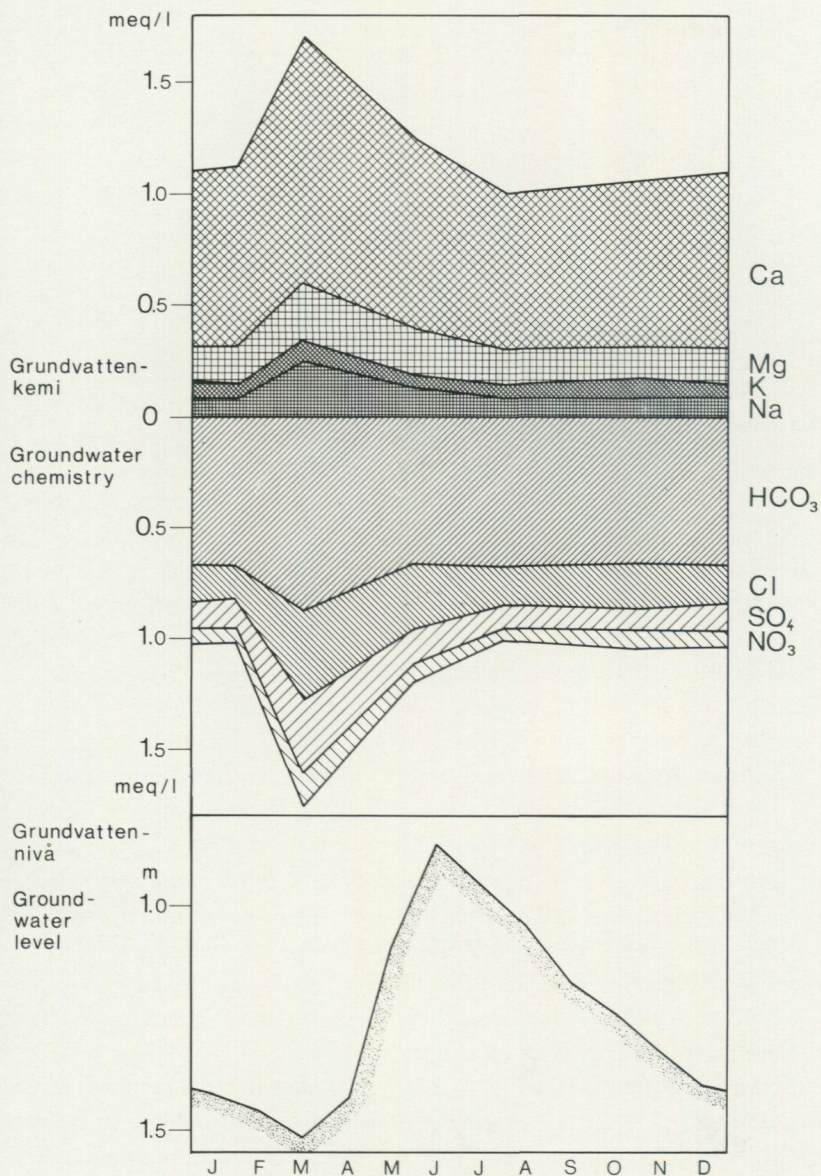


Fig. 1. Årstidsvariationer i grundvattenkemi och -nivå vid två mätstationer vid Svappavaara i SGU:s grundvattennät (Nordberg och Persson 1976). Kurvorna visar medelvärden från perioden 1968—74. I kemidiagrammet har positiva joner redovisats över och negativa joner under 0-linjen. Grundvattennivåerna refereras till markytan.

Seasonal variations in groundwater chemistry and level at two observation stations at Svappavaara, northern Sweden. The curves show mean values from the period 1968—74. In the chemistry diagram positive ions are shown above and negative ions below the zero line. The groundwater levels refer to land surface.

grundvattenbildningen eller i grundvattnets strömningsförhållanden. Dessa förändringar kan få oönskade konsekvenser, dels genom att i vissa fall grundvattenmängderna ökar (kan leda till försumpning, dräneringsproblem i källare o dyl), dels genom att i andra fall grundvattenmängderna minskar (sinande brunnar, sättningsskador m. m.). Dessutom kan grundvattnets kemi påverkas genom rubbningar i grundvattenbalansen. Vissa ämnen kan utlösas ur grunden (t. ex. järn och mangan vid höjt grundvattenstånd) och förorena grundvattnet. En förändring av strömningsmönstret för grundvattnet kan naturligtvis också få den effekten, att föroreningar i ett grund- eller ytvatten får möjlighet att sprida sig till andra tidigare skyddade grundvattenmagasin.

Att en förorening av grundvattnet i sådana magasin som utnyttjas eller i framtiden kan tänkas utnyttjas för vattenförsörjning är olämplig och i största möjliga utsträckning bör förhindras är uppenbart. Förorening av grundvattnet påverkar emellertid inte endast dess användbarhet som konsumtionsvatten, utan kan ha en rad andra negativa konsekvenser. Bland dessa finns några som kan vara särskilt värda att uppmärksamma i bebyggda områden. Sålunda kan tillförsel av salter till grundvattnet öka dess korroderande egenskaper, vilket kraftigt kan nedsätta livslängden hos pålar och andra bärande delar i byggnaders och anläggningars grundkonstruktioner. Vidare finns tecken som tyder på att förorening av grundvattnet kan nedsätta hållfastheten och därigenom utlösa skred i vissa leror.

Tabell I visar en översikt över olika typer av föroreningskällor och skadeförebyggande åtgärder. I tabellen är de aktiviteter som kan leda till grundvattenförorening indelade i fyra principiellt olika grupper.

Grupp nr 1 omfattar oavsiktlig spridning av ämnen som kan förorena grundvattnet. Det kan sägas vara fråga om olyckor i vidsträckt bemärkelse. De skadeförebyggande åtgärderna måste i första hand inriktas på ett förebyggande av olyckor genom förbättrad teknik och information, vidare måste från vattenförsörjningssynpunkt känsliga områden skyddas genom effektiva föreskrifter för och avgränsningar av vattentäckernas skyddsområden.

Grupp nr 2 omfattar deponering och spridning av olika ämnen i syfte att bli av med avfallsprodukter. Framför allt är deponeringsanläggningar för hushålls- och industriavfall av olika slag en källa till grundvattenförorening. Strävan måste naturligtvis vara att minska mängden avfall och eliminera speciellt farliga ämnen ur avfallet före deponeringen. Återanvändning bör tillämpas i så hög grad som möjligt. Tekniska lösningar som förhindrar eller minskar spridningen av olika ämnen till grundvattnet bör sökas. Mycket väsentligt är också kriterier för och utväljande av lämpliga platser för deponering eller utsläpp av avfall. Kunskap om de hydrogeologiska förhållandena krävs för att det potentiella föroreningsområdet skall kunna fastställas.

Grupp	Exempel på föroreningskällor	Typ av förorening	Skadeförebyggande åtgärder
1. Oavsiktlig spridning	Spill vid hantering	Oljeprodukter	Förbättrad teknik, information och kontroll
	Trafikolyckor	Kemikalier	Bättre beredskap för sanering efter olyckor
	Läckande tankar och avlopp	Kväveföreningar Bakterier Virus	
2. Deponering eller spridning i syfte att bli av med avfallsämnen	Avfallsupplag	Bakterier	Minskning av avfallsmängder genom rening och återanvändning
	Avloppsinfiltration	Virus	
	Rök- och stoftutsläpp	Tungmetaller	Förbättrade tekniska lösningar för deponering och infiltration
		Kväveföreningar Svavelföreningar	Utförligare undersökningar av hydrogeologiska förhållanden av påtänkta platser för deponering och infiltration
3. Avsiktlig spridning för speciella ändamål	Gödsling av åker och skog	Kväveföreningar	Bättre avvägning av mängden tillförda ämnen med hänsyn till åtgärdens nytta och risk för grundvattenskador
	Vägsaltning	Salt	
	Kemisk bekämpning	Biocider	Renare preparat, mindre giftiga och lätt nedbrytbara preparat
4. Ingrepp som mobiliserar ämnen i mark eller grund	Skogsavverkning	Kväveföreningar	Bättre avvägning mellan ingreppens nytta och risk för grundvattenskador
	Vattenreglering	Järn	
	Dikning	Mangan	
	Grundvattenuttag		
	Täkter o byggn.verks.		
	Bevattning		

Tabell 1. Föroreningskällor för grundvattnet och skadeförebyggande åtgärder.

Föroreningskällor hänförliga till grupp nr 3 är principiellt svårare att bemästra. I denna grupp ingår aktiviteter som innebär utspridande av ämnen för att nå speciella effekter. Exempel på denna typ av verksamhet är utspridning av gödsel- eller bekämpningsmedel för att få högre avkastning inom jord- och skogsbruk. I vissa fall kan en förändring av använda ämnen genom att preparaten görs renare eller mindre giftiga minska riskerna för grundvattenförorening. I andra fall är detta ej en framkomlig väg. När det gäller gödselmedlen är det ju just kväveföreningarna som är önskvärda för växtligheten och samtidigt oönskade i grundvattnet. I sådana fall måste en avvägning mellan nyttan för växtligheten och skadan för t. ex. grundvatten göras. En sådan avvägning kräver ökade kunskaper om olika kemiska föreningars transport i mark och grund och de processer som kan förändra dem i skilda geologiska miljöer.

Till grupp nr 4 har förts ingrepp som i och för sig inte innebär tillförsel av ämnen till mark och grund men där ingreppet kan orsaka att ämnen frigörs och transporteras till grundvattnet. I gruppen ingår främst aktiviteter som påverkar vattenbalansen. Skadeskyddet måste bestå främst i en avvägning av ingreppens nytta gentemot risken för grundvattenskador.

Staden som förorenare av grundvattnet

Städer och tätorter påverkar naturligtvis grundvattnets sammansättning i hög grad dels direkt i det bebyggda området dels i omgivningarna. Grundvattenföroreningarna inom de bebyggda områdena är i stor utsträckning orsakade av sådant som faller inom grupp 1 ovan (oavsiktlig spridning). Främsta föroreningskällan torde vara läckande avloppsledningar, som till stor del torde svara för de förhöjda halter av kväveföreningar och salter man ofta påträffar i grundvattnet i bebyggda områden. Även läckande tankar, spill vid hantering av olika ämnen, vägsaltning (som bör inräknas under grupp 3 ovan) spelar naturligtvis en viss roll. Den minskning av grundvattenbildningen, som asfaltering och annan hårdgöring av ytor orsakar utgör på sitt sätt ett skydd för stadens grundvatten genom att förorenade ämnen som sprids på ytan ej får tillfälle att transporteras ner till grundvattnet. Vid minskad grundvattenbildning får dock föroreningar som nedförs direkt i grunden (utläckande avloppsvatten m. m.) större effekt på grundvattenkvaliteten genom att utspädningsgraden blir mindre.

I samhällenas omgivning är det framför allt avfallsprodukterna som kan orsaka föroreningar. Föroreningar av mer regional karaktär kan orsakas av utsläpp av rök och stoft från bostadsuppvärmning och industri. Framför allt torde det finnas risker för spridning av tungmetaller och förorening genom svavelföreningar. Dessa föroreningar träffar i första hand mark och ytvatten men kan kanske på sikt skada också grundvattnet, även om effekterna på detta f. n. torde vara obetydliga i vårt land.

Mer lokala men påtagligare och betydligt vanligare effekter på grundvattnet har man konstaterat i anslutning till deponeringsanläggningar för avfall. En förorening av grundvattnet i anslutning till deponeringsanläggningar kan knappast helt undvikas. Mycket väsentligt är därför att omfattande förundersökningar görs för att klarlägga konsekvenserna av påtänkta anläggningar. Tidigare har ofta gamla grustag fått tjäna som mottagare av avfall, vilket i de flesta fall varit klart olämpligt då många av våra mest betydande grundvattentillgångar finns i just sand- och grusavlagringar. Föroreningarna kan spridas långa sträckor och kvarstå under mycket lång tid.

Summary

Groundwater pollution and protection.

The natural content of salts and other solved substances in the groundwater derives partly from the precipitation and partly from the ground. Seasonal fluctuations in the chemical composition are found (Fig. 1). These fluctuations are caused by variations in the turnover time of the water in the ground due to seasonal differences in the groundwater recharge.

In the typical Swedish landscape, consisting of glacial deposits resting on crystalline bedrock the aquifers are small and the groundwater conditions are controlled by local factors. These conditions cause a great spatial variability in the composition of groundwater.

The natural composition of groundwater can be changed by man's activity to such a degree that the water becomes polluted.

The pollutants can be spread in the environment as a result of accidents, including leaky oil tanks and waste water pipes. Another source of pollutants are solid, liquid or gaseous wastes, introduced into the environment as a result of disposal activities.

A third source are substances spread in the environment to obtain certain desired effects (fertilizer, pesticides, road salts).

Groundwater pollution should be avoided for several reasons. The most obvious reason of course is that the groundwater in some aquifers is used or can be used in the future as drinking water. Other reasons, which are important in urban areas, are that polluted groundwater can increase corrosion of building foundations and pile-works, and, that in certain cases it seems to decrease the stability of clay which can cause land-slides.

Referenser

Nordberg, L. och Persson, G., 1976: On the regional and temporal groundwater variations in Sweden. — *Nord. Hydr. Konf.* Reykjavik. IV—1—IV—19.

Nordberg, L., 1978: Grundvattenvariationer — ostörda och störda. — Ymer. Stockholm 1978, s. 97—118.



I SGU:s serie Rapporter och meddelanden
har tidigare utgivits:

- *1. Utredning rörande det svenska jordbrukets kalkförsörjning
1—2. 1931.
- *2. **Sahlström, K.E.** Sveriges lodade sjöar. 1945.
- *3. **Ödman, O.H.** Rapport över manganmalmsletningen i
Jokkmokks socken 1940—48.
4. **Stålhös, G.** Bidrag till kännedomen om den radioaktiva
strålningens fördelning inom den svenska berggrunden. 1959.
5. **Johansson, H.G. & Ericsson, B.** Grusutredningen —74.
Översiktlig inventering av sand- och grusförekomster —
Försöksverksamhet. 1976.
6. **Knutsson, G. m.fl.:** Grustillgångarna i Östersundsområdet.
Del 1 Inventering. 1976.
7. **Ericsson, B.** Svallgrustillgångar längs Kilsbergen, Örebro län.
1977.
8. **Gustafsson, O. & De Geer, J.** Skånes större grundvatten-
tillgångar. 1977.
9. **Knutsson, G & Fagerlind, T.** Grundvattentillgångar i
Sverige. 1977.

* Utgången

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING

Biblioteket

Fack, 104 05 Stockholm

Telefon 08-15 09 50

Cirkapris 20 kr inkl. moms.

ISBN 91-7158-1499