

# GRUNDVANDET

*i danmark*

Kort fortalt

DANMARKS OG GRØNLANDS GEOLOGISKE UNDERSØGELSE  
MILJØ- OG ENERGIMINISTERIET



  
G E U S

# GRUNDVANDET

*i danmark*

- Kort fortalt

Ib Marcussen



Udgivet af Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS),  
Miljø- og Energiministeriet 1998.

*Billedet på omslaget viser Møglekilde i Roskilde*

ISBN : 87-7871-039-1

ISSN : 0905-894X

Kort fortalt nr. 5

Oplag: 3000

Repro: From & Co.

Lay-out: Gitte Nicolaisen

Foto: Peter Moors

Tegning: Gitte Nicolaisen

Tryk: From & Co.

Dato : 1. september 1998

Tekst: Ib Marcussen

Redaktion: Knud Binzer

Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS)

Thoravej 8, 2400 København NV

I kommission hos: Geografforlaget ApS

Ekspedition: Fruerhøjvej 43, 5464 Brenderup

Telefon: 63 44 16 83

# INDHOLD

---



Forord.....	4
Indledning.....	5
Vandets kredsløb.....	9
Hvor findes vandet i jorden?.....	11
Hvor gammelt er grundvandet?.....	15
Hvor meget grundvand bliver der dannet?.....	17
Vandets kemiske sammensætning.....	19
Det salte grundvand.....	22
Hvordan får vi vandet op?.....	24
Hvad sker der på vandværket?.....	29
Hvor meget grundvand indvinder vi?.....	31
Hvad bruger vi vandet til?.....	34
Hvor meget vand kan vi få op?.....	35
Truslerne mod grundvandet.....	37
Grundvand og politik.....	41
Billedfortegnelse.....	45
Udvalgte bøger og artikler til fortsat læsning.....	46

## FORORD

---

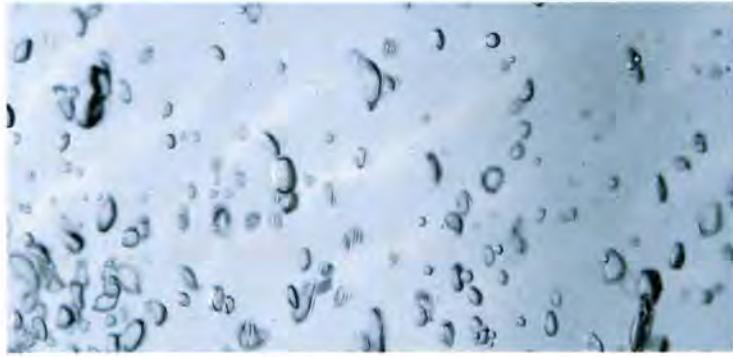
Når vi åbner for vandhanen strømmer rent og velsmagende vand ud. Det har vi vænnet os til, og betragtes af de fleste danskere som et værdifuldt og umisteligt gode. Vandet henter vi op af jorden, hvor det findes som grundvand. Grundvandet har været og er fortsat de aller fleste steder af en så høj kvalitet, at det efter simpel behandling kan sendes direkte ud til forbrugerne som drikkevand.

I mange år har det været den almindelige opfattelse, at grundvandet er godt og effektivt beskyttet mod forurening. Dybden til de vandførende lag og ikke mindst tykke, dækkende lag af ler blev anset som en garanti for, at kilden til vort drikkevand ikke blev forurennet. De seneste års mange eksempler på at forurenende stoffer er trængt ned i undergrunden, har for alvor ændret denne opfattelse. Vort dyrebare grundvand er truet. Denne utilsigtede forurening, som vedrører hele vandmiljøet, må stoppes. Men med de langsomme processer, der karakteriserer grundvandets strømning, tager det tid at vende udviklingen og genoprette en bæredygtig situation. Derfor er de initiativer, der i de senere år er taget til at beskytte vore grundvandsressourcer, så vigtige at få ført konkret og effektivt ud i livet, inden problemerne bliver uoverskuelige.

Som led i disse initiativer bliver grundvandets kvalitet og mængde nøje overvåget, og ny viden om grundvandsdannelsen og de processer, der foregår i jorden, bliver til stadighed frembragt gennem forskning.

En væsentlig del af den danske miljødebat dejer sig om drikkevandet, og det er derfor hensigten med bogen at oplyse om råvaren til dette vort vigtigste forbrugsgode, grundvandet.

*Bjarne Madsen  
Statsgeolog  
Sommer 1998*



## INDLEDNING

---

Den vigtigste bestanddel af alle levende væsner er vand.

Vandet indgår i opbygningen af organismerne, og i de processer, der foregår i dem.

Vand er derfor bogstavelig talt livsvigtigt for alle levende organismer.

Men vandet skal være ferskt, det vil sige, at det kun må indeholde ganske små mængder salt.

Det meste vand på jorden findes i havet, og det indeholder salt. Kun på landjorden og i nedbøren findes ferskvand. De dyr og planter, der lever i havet, kan fjerne saltet fra vandet, men det kan de, der lever på land, ikke.

Også vi mennesker skal have vand. De husdyr, vi omgiver os med, og de planter vi dyrker, skal have vand. Sådan har det altid været, og menneskene har gennem tiderne og i forskellige kulturer gjort sig mange anstrengelser for at få fat på vand. Hos os kan det nogle steder være lidt besværligt, men det er for ingenting at regne i forhold til, hvordan det kan være i ørkenområder rundt om i verden.

At have godt og rigeligt vand til rådighed er af stor betydning for samfundet. Vi mærker det først og fremmest i den daglige husholdning. Men vand er også vigtigt for produktionen i landbruget (korn, grøntsager, kød og mælk) og i mange industrier (papirfabrik-



ker, bryggerier, garverier, slagterier, mejerier og til fabrikation af kemiske produkter). Selvom vi udelukkende tænker på ferskvand, indeholder vandet forskellige opløste kemiske stoffer. Det kan også ske, at vandet indeholder bakterier eller andre mikroorganismer. Vi kan ikke altid se eller lugte forureningen, men den kan på forskellig vis påvirke vores helbred.

I 1853 hærgede en koleraepidemi København, fordi drikkevandet var forurenet. Byen blev for en stor del forsynet med vand fra søer i omegnen. Det blev ført ind til byen i åbne åløb og i utætte trærender, der var gravet lidt ned i jorden. Kloakvandet løb i rendestenene, og en del af det sivede ned og blandede sig med drikkevandet. Den al-

vorlige sygdom slog mange mennesker ihjel, og det blev klart for enhver, hvor vigtigt det var at sikre en forsyning af godt drikkevand til befolkningen. Fra den gang og til i dag har der været udfoldet store anstrængelser for at kunne forsyne befolkningen med rigeligt, rent og friskt drikkevand.

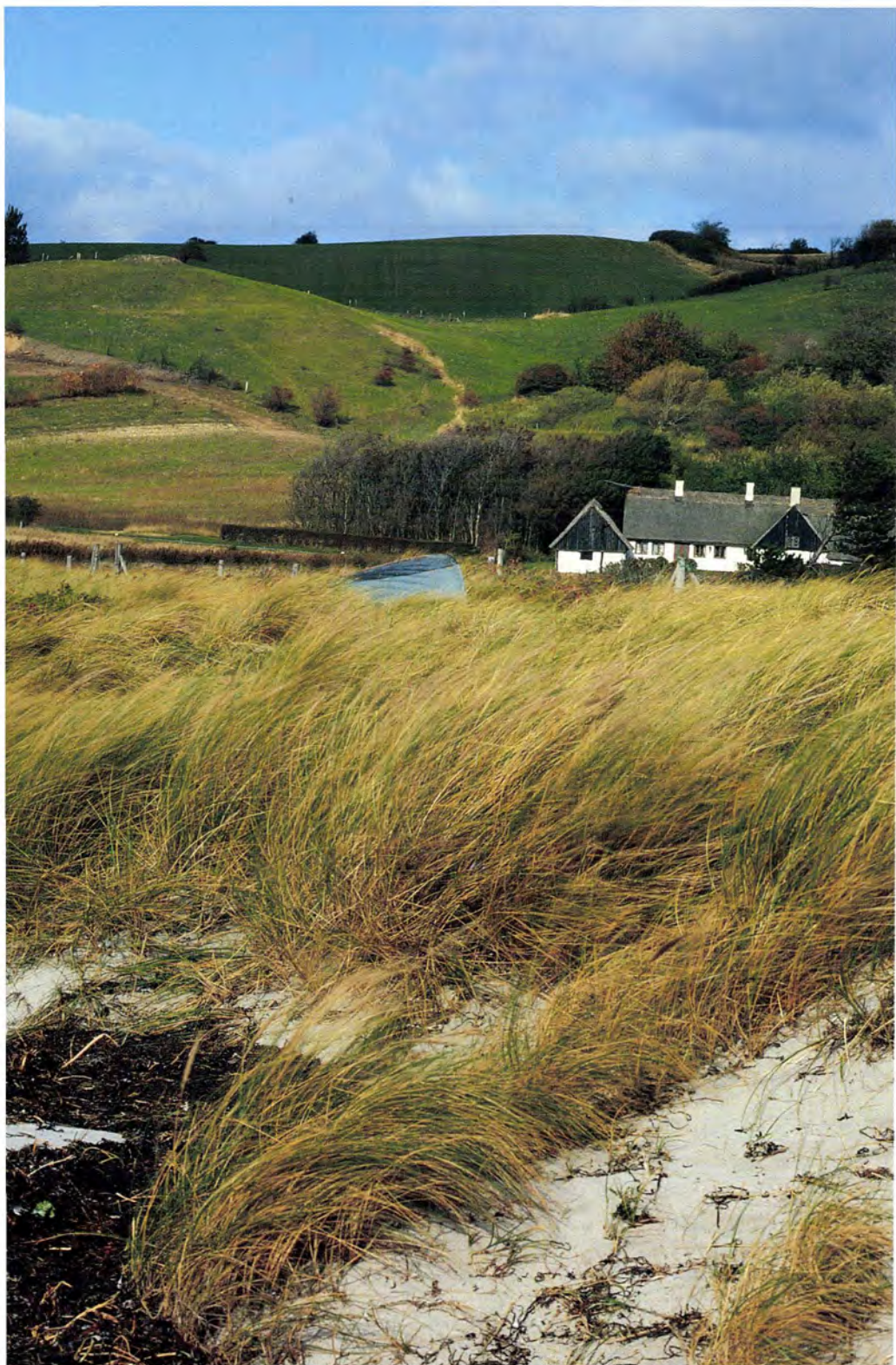
I Danmark har Folketinget vedtaget love, der giver regler og bestemmelser på dette område. Det er amtsråd og kommunalbestyrelser, der sørger for, at reglerne bliver overholdt.

Så godt som alt drikkevand (99%) i Danmark hentes i dag op fra grundvandet nede i jorden. Det er i almindelighed af en god kvalitet (renhed), og skal ikke behandles eller kun behandles lidt, før det kan anvendes. Men grundvandet er truet, og vi må gøre hvad vi kan for at sikre, at vi også i fremtiden kan bruge denne værdifulde naturres-source, uden at det bliver nødvendigt at rense det for farlige stoffer.

I bogen fortælles om, hvorledes grundvandet dannes, hvordan det bliver pumpet op, og hvad det bliver brugt til. Der fortælles også om, hvor meget grundvand der dannes, og hvor meget der skønnes at være i undergrunden, samt om de trusler som forurening og overforbrug er mod det rene grundvand.







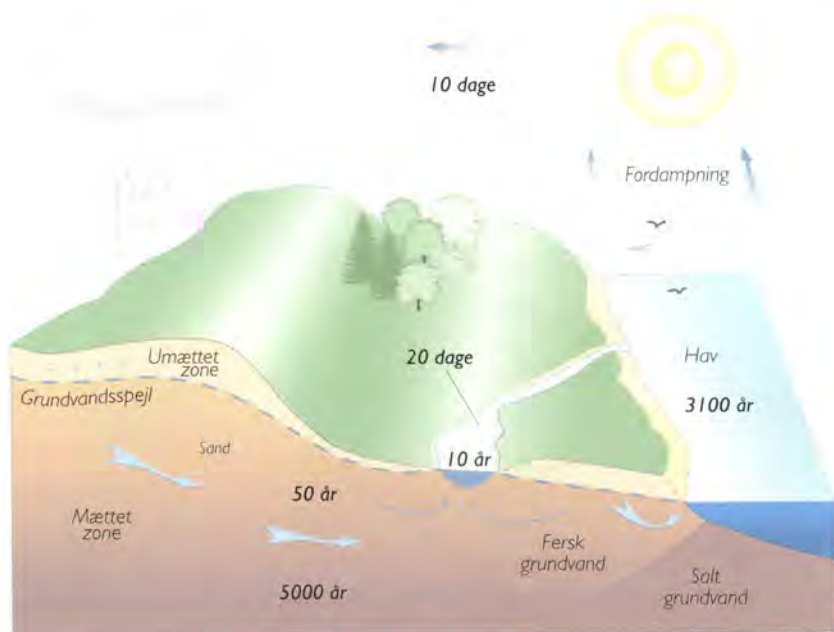
# VANDETS KREDSLØB

Vandet i naturen er aldrig i ro; det bevæger sig i et uendeligt kredsløb.

Fra havets, søers og vandløbs overflader sker der fordampning. Planterne optager vand fra jorden, og fra deres blade sker der også fordampning. Vanddamp kan vi normalt ikke se, men når den stiger til vejrs og kommer op i kolde luftlag, bliver den synlig som skyer. I skyerne forener de mikroskopisk små vandpartikler sig efterhånden til dråber eller iskrystaller. Når de er blevet tilpas store, falder de på grund af vægten ned mod jorden som regn og sne.

Fra jordoverfladen vil en stor del af vandet fordampe igen. Noget fordamper med det samme, og det kan man somme tider ses som "tynde" små dampskyer for eksempel på en landevej. En anden stor del af nedbøren bliver optaget af planterne, og er med til at opbygge rødder, stængler, blade og blomster. Men meget af vandet i planterne vil hurtigt fordampe fra bladene.

En del af den nedbør, der ikke fordamper, strømmer på jordoverfladen og gennem drænrør til vandløb, søer og havet. En anden del af nedbøren siver ned i jorden gennem dyrkningslaget og bliver til grundvand.



I den øverste del af jorden bevæger vandet sig omtrent lodret nedefter. Hvis jorden er ensartet opbygget af sand, er vandets bevægelse cirka 4 meter om året. Hvis det er ler er bevægelsen cirka 1/2 meter om året. Denne del af jorden kaldes den umættede zone.

Et stykke nede i jorden ligger grundvandszonen. Her er alle hulrum fyldt med vand. Toppen af grundvandszonen kaldes grundvandsspejlet. I grundvandszonen bevæger vandet sig mere eller mindre vandret mod områder, hvor grundvandsspejlet ligger lavere. En stor del af det allerøverste vand i grundvandszonen strømmer med en ganske svag

hældning mod vandløb og søer.

I grundvandszonen bevæger vandet sig ganske langsomt.

Ovenpå lerlag, der ligger højere oppe i jorden end grundvandszonen (hovedgrundvandszonen), kan der dannes en grundvandszone, eller som det ofte kaldes et grundvandsmagasin. Sådanne grundvandsmagasiner har sædvanligvis en lille tykkelse og en lokal udbredelse.

I dette store kredsløb bevæger vandet sig med meget forskellig hastighed eller sagt på en anden måde: En vandpartikel opholder sig ikke lige længe de forskellige steder i kredsløbet. På figuren angiver tallene den omtrentlige opholdstid.



## HVOR FINDES VANDET I JORDEN ?

Lagene i jorden er opbygget af mineral-korn af forskellig størrelse og form. I sand og grus er kornene runde eller uregelmæssigt kantede. Kornenes forskellige facon betyder, at de aldrig kan ligge helt op til hinanden, men at der er hulrum imellem dem. I disse hulrum, porer, ligger vandet. Størrelsen, antallet og formen af hulrummene har stor betydning for, hvor meget vand der kan være i aflejringerne, og hvor let og hurtigt det kan bevæge sig. Normalt vil der i sand- og grusaflejringer være god forbindelse mellem hulrummene, og man siger derfor, at vandtransportevnen er stor. Sand og grus kan altså indeholde meget vand, der let kan bevæge sig. Sand og grus er derfor vigtige jordarter for grundvandets bevægelse i jorden.

Ler og kalk er anderledes. Kornene er meget små, og de ligger pakket tæt sammen. Ler og kalk har mange men meget små hulrum, og forbindelsen mellem dem kan være dårlig. Der kan være meget vand i ler og kalk, men det "siddes fast", og kan kun vanskeligt bevæge sig. Ler og kalk kaldes derfor ofte vandstandsene. Men det er kun rigtigt, når lagene af ler og kalk er massive og ensartede, og sådan er det ikke altid. Ved undersøgelser har man opdaget 5 til 6 meter dybe sprækker i de lerlag, der

ligger øverst i jorden. I sprækkerne kan vandet bevæge sig hurtigt. Sprækkerne har derfor stor betydning for spredningen af en forurening, der sker på jord-



Foto: K. E. Klint, GEUS

overfladen eller i den øverste del af jorden. I åbne profiler kan vi se, at hyppigheden af sprækkerne aftager nedefter. Da det er vanskeligt at undersøge de dybereliggende lag for sprækker, har vi i dag kun en lille viden om, hvordan forholdene er længere nede.

I kalk, der ligger i undergrunden i store områder i Nord- og Østdanmark, kan der også være sprækker; endog så mange at kalken er helt gennemsat af dem.

Vægten af gletscherisen, der lå over Danmark i istiderne, har brudt den øverste del af kalken op i blokke. I den knuste kalk er der mange hulrum, hvor vandet let kan bevæge sig. Derfor hentes meget drikkevand netop fra denne knusnings-zone i kalken i de nævnte egne af landet.

I den øverste del af jorden findes både luft og vand i hulrummene mellem kornene; det kaldes den umættede zone. Længere nede i jorden er alle hulrum fyldt med vand, og derfor kaldes det den mættede zone eller grundvandszonen. Grænsen mellem de to zoner kaldes grundvandsspejlet. Fra jordoverfladen bevæger vandet sig i den umættede zone, som følge af tyngdekraften, nedad

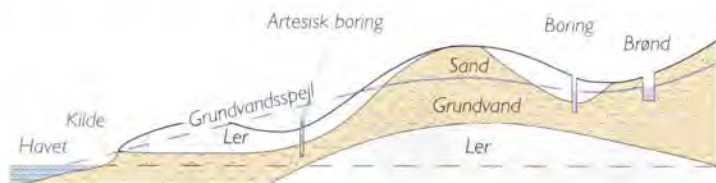
mod grundvandsspejlet. Under grundvandsspejlet, i den mættede zone eller grundvandszonen, kan den lodrette bevægelse fortsætte eller bevægelsen kan være sideværts og ske over en bred front. Der er ikke tale om, at vandet lige som på jord-overfladen samler sig i "floder".

Et lille forsøg kan vise, at det forholder sig sådan. Vi skal undersøge en grusbunke, der ligger på et fast underlag som for eksempel en asfalteret vej. I regnvejrbliiver grusbunken våd ligesom omgivelserne. Et stykke tid efter regnens ophør, vil asfalten være tør, og det vil overfladen på grusbunken også være; den har fået en lysere farve. Men det er kun den øverste del af grusbunken, der

*Vandet i jorden findes i mellemrummene mellem sand- og gruskornene. Over grundvandsspejlet er der både luft og vand i hulrummene. Under grundvandsspejlet er der kun vand.*



## Grundvandsspejl i forskelligt terræn



er tør. Nede ved asfalten er gruset stadig vådt. Hvis vi graver lidt i gruset, vil vi opdage, at et stykke inde er gruset fugtigt. En lidt større gravning vil vise, at toppen af det fugtige grus danner en kuppel, en "bakke", inde i grusbunken. Indtil flere dage efter regnvejrets ophør bliver der ved med at sive vand ud for nedden rundt om hele grusbunken. Det lille forsøg viser, at vandet - grundvandet - er jævnt fordelt inde i grusbunken, og at toppen af det fugtige grus, grundvandsspejlet, nogenlunde følger overfladeformen af grusbunken. Det billede kan vi bruge, når vi skal se på, hvorledes grundvandet optræder nede i jorden.

Landskabet består af bakker og dale, og grundvandsspejlet vil også have bakker og dale, fordi grundvandsspejlet i store træk følger jordoverfladens former. Grundvandet vil bevæge sig ned ad bakke fra toppene mod dalene i grundvandsspejlet. De lavtliggende områder af grundvandsspejlet vil befinde sig i lave områder af landskabet. Her kommer grundvandet frem i åer, søer og

Grundvandsspejlet følger i store træk landoverfladen, når vandet frit kan bevæge sig. Hvis lerlag hindre bevægelsen kan vandet blive "holdt nede", men hvis lerlaget gennembøres vil det komme op som et springvand. Man taler da om en artesiske boring. Også kilder kan opføre sig på den måde (se nederst på siden). Efter Ødum, 1935, DGU.

vådområder. Ved kysten kommer grundvandet frem i stranden. Hvis landskabet ud mod kysten er meget højt, som for eksempel syd for Frederikshavn, kan grundvandet komme frem et stykke fra kysten ude i havbunden. Nu er jorden ikke så ensartet opbygget, som grusbunken vi undersøgte.



Nogle steder er der vandstandsende lerlag i jorden, og det vil betyde, at vandets bevægelse ikke er så simpel som i grusbunken. Hvis vandet på vej nedad møder et lerlag, vil det samle sig på toppen og begynde at bevæge sig ud til

siderne. Når lerlaget ikke er længere, vil vandet igen give sig til at sive lodret ned. Hvis en dal i landskabet krydser lerlaget, vil grundvandet ovenpå lerlaget komme frem som kilder i dalsiden.

## Porøsitet

I jordarter og bjergarter er der ofte hulrum mellem kornene, *porer*. **Porøsitet** er et udtryk for, hvor stor en del af bjergarten der er hulrum. **Porøsiteten** angiver porernes andel (rumfanget/volumen) af bjergartens samlede rumfang. **Porøsiteten** angives i procent.

## Permeabilitet

Hvor hurtigt vand kan bevæge sig gennem en jordart eller bjergart kaldes **permeabiliteten** eller **vandtransportevnen**. Permeabiliteten er afhængig af kornstørrelsen, kornstørrelsesfordelingen, kornformen og porøsiteten. I faste bjergarter er permeabiliteten meget afhængig af tilstedeværelsen af sprækker. Permeabiliteten angiver hvor mange kubikmeter vand, der kan passere gennen fladen på en kubikmeter af jord- eller bjergarten i sekundet. Permeabiliteten angives i  $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{sek}$ , hvilket forkortes til  $\text{m}/\text{sek}$ .

# HVOR GAMMELT ER GRUNDEVANDET ?

---

Vandet siver fra overfladen ned i jorden. Vandet bevæger sig på en sådan måde, at der ikke, eller kun i meget ringe omfang, sker opblanding mellem vand fra forskellige år. Derfor vil det ældste vand som regel ligge nederst i grundvandszonen. Bevægelsen tager tid, og det vand der ligger længst nede kan derfor være meget gammelt.

Ved at benytte tre fysiske metoder, er det muligt at bestemme alderen på grundvandet. Det meste af det grundvand, der pumpes op og bruges til drikkevand, har en alder på mellem 5 og 50 år.

Nogle steder i landet hentes grundvandet fra meget dybtliggende lag, og undersøgelser har vist, at dette vand kan være mere end 2000 år gammelt, ja helt op til 7000 år eller mere.

## Aldersbestemmelse af grundvand

Der benyttes i dag tre metoder til aldersbestemmelse af grundvand. Metoderne er baseret på, at nedbøren optager stoffer, der findes i atmosfæren, og fører dem med ned i jorden. Så længe vandet er i kontakt med atmosfæren og jordluften i den umættede zone, er der ligevægt mellem koncentrationen i vandet og i luften. Men når vandet kommer ned under grundvandspejlet isoleres det fra luften, og der sker ikke længere nogen udveksling.



## Kulstof-14 metoden

Den radioaktive isotop kulstof-14, C-14, dannes til stadighed i atmosfæren som følge af den kosmiske stråling. C-14 indgår i atmosfærens kuldioxid og optages i nedbøren. På grund af radioaktiviteten nedbrydes C-14. I vandet, der er isoleret fra atmosfæren, bliver mængden af C-14 derfor stadig mindre. Da man ved hvor hurtigt C-14 falder hen (halveringstiden), kan man regne alderen ud ved at bestemme hvor meget C-14 der er i en prøve.

## Tritium metoden

Tritium er en sjældent forekommende, tung og radioaktiv isotop af brint. Ved kernevåbenforsøg i 1950'erne og 1960'erne blev tritium imidlertid spredt i atmosfæren. Tritium har de samme kemiske egenskaber som brint, og kan derfor erstatte almindelig brint i for eksempel vand. I vandmolekyler i atmosfæren er tritium derfor blevet indbygget. Tritium er på den måde også kommet ned i grundvandet. På grund af tritiums radioaktivitet bliver mængden i grundvandet hele tiden mindre. Aldersbestemmelsen ved hjælp af tritium følger de samme principper, der ligger bag ved C-14 aldersbestemmelsen.

## CFC metoden

CFC-gasserne eller freon gasser findes ikke naturligt i atmosfæren. Freon har været anvendt i køleskabe, fryserne og som drivgas i spraydåser siden 1930. Freon er kommet ud i atmosfæren i en stigende mængde. Det har været muligt at beregne en kurve for, hvor meget freon der har været i atmosfæren fra 1940 til i dag.

Ved at bestemme mængden af freon i prøver af grundvandet, kan man ved sammenligning med kurven bestemme alderen med 2 års nøjagtighed.

# HVOR MEGET GRUNDVAND BLIVER DER DANNET?

Når vi færdes ude i regnvej, kan vi se at regnvandet ikke bliver liggende på jordoverfladen; sneen bliver liggende, men kun indtil den er smeltet til vand. Hvor bliver det af?

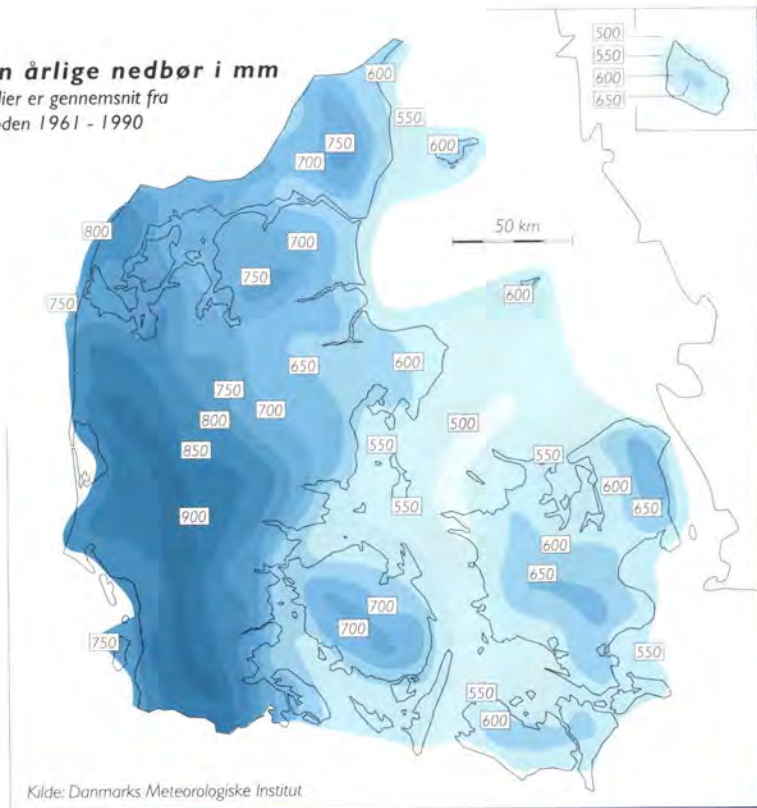
Vandet forsvinder fra jordoverfladen ved fordampning, afstrømning og ned-sivning. For at finde ud af hvor meget de

hver især betyder, må vi først se på, hvorledes de kan måles.

Regn, hagl, slud og sne kaldes nedbør, og den måles med en regnmåler. Mængden af nedbør angives i millimeter. Det vil sige, man angiver i millimeter hvor tykt et lag vand, der ville ligge på jordoverfladen. Det regner ikke lige meget i hele

## Den årlige nedbør i mm

Værdier er gennemsnit fra perioden 1961 - 1990

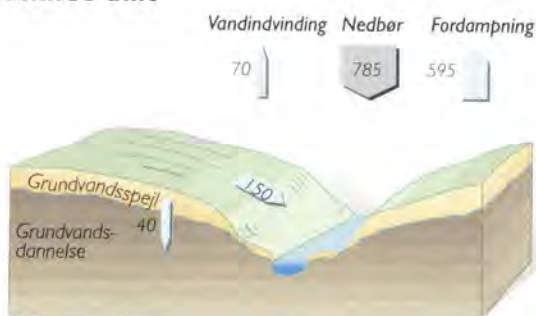


Danmark. I Syd- og Sønderjylland regner og sneer det mest, og mindst nedbør kommer der i Storebæltsområdet.

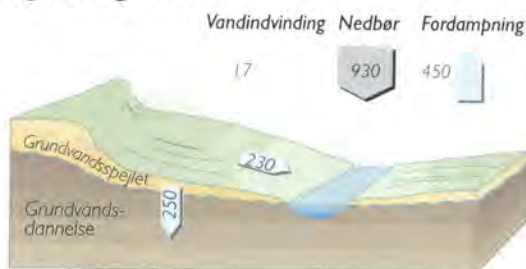
Afstrømningen kan måles i vandløbene, der løber ud af det område, man ønsker at kende afstrømningen fra. Der findes flere forskellige måder at måle hvor meget vand, der strømmer i et

Fordampningen sker fra jordens overflade, søer og fra planterne. Det er meget vanskeligt at måle fordampningen, fordi den er afhængig af mange forskellige forhold. Ved at sammenholde meteorologiske observationer og landskabets bevoksning og dyrkningsmønster kan man skønne størrelsesordenen af fordampningen.

### Roskilde amt



### Ringkøbing amt



vandløb. Når man har målt mængden, der strømmer bort, og kender arealets størrelse, kan afstrømningen i millimeter beregnes.

Fordampningen og afstrømningen varierer også fra egn til egn.

I figuren er fordampning, afstrømning og nedsivning angivet i millimeter vand. Desuden er angivet hvor mange millimeter vand oppumpningen svarer til.

Når vi sammenholder størrelserne af nedbør, fordampning og afstrømning, vil vi opdage, at nedsivning og dermed dannelsen af grundvand, er meget forskellig rundt om i landet. De største forskelle finder vi, hvis vi sammenligner et vestjysk område med et sjællandsk.

At disse forhold har betydning for hvor meget grundvand, der kan indvindes, er klart. Dette beskrives i et senere afsnit.

## VANDETS KEMISKE SAMMENSÆTNING

Grundvandet indeholder forskellige opløste stoffer, og mængden af disse stoffer kan være forskellig fra egn til egn, og ned gennem jorden.

De opløste stoffer kommer fra atmosfæren, fra aflejringer i jorden og fra menneskenes aktiviteter.

I atmosfæren kan regnvandet optage ilt, kuldioxid, og salt fra havet. Fra røg fra skorstene og fra bilernes udstødningssgas kan regnen optage kuldioxid, svovloxid og kvælstofilter. De to førstnævnte stoffer vil øge regnvandets surhed, medens kvælstofilterne vil indgå i forureningen på lignende måde som gødning gør.

Ved nedsivningen gennem jorden opløser vandet stoffer, der dels forekommer naturligt i jorden, dels stammer fra menneskelige aktiviteter. I dette afsnit taler vi kun om naturligt forekommende stoffer. Disse stoffer er normalt ufarlige for mennesker og dyr, men de kan give anledning til besvær med smag og lugt i vandet.

I den øverste del af jorden, der kaldes rodzonen, frigøres kuldioxid ved planterøddernes aktivitet og ved forrådnelse. Denne kuldioxid opløses i det i forvejen kuldioxidholdige, nedsivende vand. Vandet indeholder nu kulsyre og er surt.

Man siger, at vandet er blevet aggressivt. Det sure vand er i stand til at opløse mineraler i jorden. I Østdanmark er der



Foto: I. Marcussen, GELIS

kalk i jorden, og det sure vand opløser kalken. Herved mister vandet sin sure egenskab; det bliver neutralt, men det har til gengæld fået et indhold af kalk (kalciumbikarbonat). Som drikkevand kaldes dette vand hårdt, og det giver anledning til kedelsten ved kogning, og et øget forbrug af vaskemiddel ved tøjvask.

I jorden vil det kalkholdige vand fortsætte med at sive ned. Hvis vandet når ned til lag, hvor der er mindre kuldioxid i hulrummene mellem kornene, vil kuldioxid forlade vandet, og kalken bliver atter udfældet som hvide lag.



De hvide kalkudfældninger kan ses i sand- og gruslag i klinter og i væggene i grusgrave. Grundvandet kan også komme frem til jordoverfladen som kilder, og dér vil der ske det samme; kalken udfældes. Denne type kalk kaldes kildekalk, og den har været brugt som bygningssten langt tilbage i tiden. Nogle af vore ældste kirker og fæstningsværker er bygget af kildekalk.

I Vestjylland er vandet i rødzone også surt. Da mængden af kalk i disse egne er lille, angriber vandet i stedet jern- og manganholdige mineraler, og vandet vil komme til at indeholde jern- og mangansalte. Når vandet kommer ud i søer, moser eller i kilder, vil der ske en udfældning af jern- og manganholdige sedimenter. De løse, bløde jordarter kaldes okker, medens de hårde aflejringer kaldes myremalm.

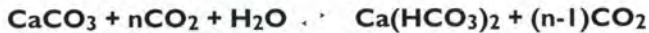
Forekomsterne af myremalm har været udnyttet industrielt, idet myremalm har været råvare ved fremstilling af jern. Desuden har den været brugt til rensning af gas på gasværker.

Ofte kan man i klinter og grusgrave se gruslag, der er røde af okker. Det skyldes, at nedsivende, jernholdigt grundvand i de grovkornede lag er blevet blandet med iltet vand, som har "fundet en hurtig genvej" ned i jorden. Ved blandingen er jernforbindelserne blevet iltede og udfældet, fordi de ikke længere er opløselige. Undertiden kan man i grusgrave også se lag, hvor gruskornene har fået en sort belægning. Det skyldes, at mangan er blevet udfældet på kornene, på samme måde som jernet.

## Kildekalk, okker og myremalm

Kuldioxiden ( $\text{CO}_2$ ) i atmosfæren og i jordluften opløses i nedbøren, og der dannes kulsyre  $\text{H}_2\text{CO}_3$ . Kulsyren angriber mineraler i jorden, og det vil navnlig sige kalk og jern/manganholdige mineraler.

Kalkbjergarter består af calciumcarbonat  $\text{CaCO}_3$ . Processen vil være følgende:



Ligningen forskydes til højre (opløsning af kalk), når der er overskud d.v.s. partielt overtryk af kuldioxid. Hvis der derimod er partielt undertryk af kuldioxid, vil ligningen forskydes mod venstre, og der vil ske udfældning af calciumkarbonat.

Når jern- og manganholdige mineraler angribes af kulsyren, dannes ferro- og manganobikarbonat og -karbonat, der er opløselige i vand. Når vandet kommer frem på jordoverfladen, sker der en oxidation, og der dannes ferrihydroxid og manganihydroxid. Oxidationen kan fortsætte til oxider. Herved dannes hård myremalm.

Hvis det karbonatholdige vand kommer frem under reducerende forhold i for eksempel moser, sker der udfældning, og der dannes løse sedimenter af jern- og mangan-karbonater. Ved senere oxidation omdannes karbonaterne til oxider.



# DET SALTE GRUNDVAND

Nede i jorden, under det ferske grundvand, findes salt grundvand. Det ferske grundvand har en lavere massefylde end det salte grundvand, og ligger derfor som en pude ovenpå det salte grundvand. Kun i Jordklodens landområder og i atmosfæren forekommer ferskt vand. Vand, der indeholder salt, er det almindeligste, og udgør cirka 98% af alt vand på Jorden.

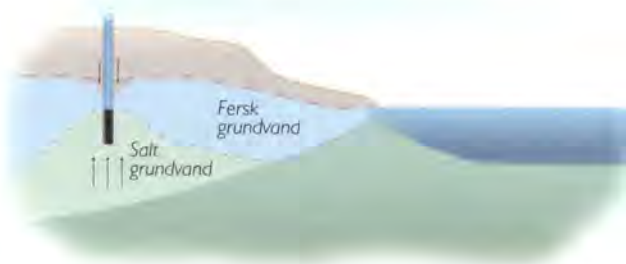
Saltvandet inde under landområderne stammer dels fra aflejringer, der i en ikke så fjern fortid blev afsat i havet, dels fra vand, der kommer op gennem sprækkezoner i jorden fra dybtliggende, gamle aflejringer. I lavtliggende områder tæt på kysten er der også risiko for, at havvand kan trænge ind i brønde og borer.

I aflejringer, der er blevet afsat i havet, kan der findes små rester af salt eller saltvand; det kaldes blandt fagfolk residualvand (residual kommer fra latin og betyder rest).

Mange steder er saltet dog vasket ud eller saltvandet fortyndet, så vi i dag kan indvinde ferskvand fra aflejringerne. I Vendsyssel og det vestlige Sønderjylland findes saltvand i geologisk unge havaflejringer fra kvartærtiden.

Saltvandet, der kommer op gennem sprækkezoner, stammer fra meget gamle aflejringer, der ligger dybt nede i jorden. Rundt om i landet er der sprækkezoner i undergrunden. Langs disse zoner har blokke af jorden bevæget sig i forhold til hinanden. I zonerne er bjergarterne mere eller mindre knuste, og

Tæt ved kysten ligger toppen af det salte grundvand højere oppe end længere inde i landet. Hvis der pumpes kraftigt fra boringen kan saltvandet trækkes ind. Som vandforsyningsboring vil boringen være uden værdi langt ind i fremtiden.





derfor kan vand let bevæge sig i dem. Denne type vand kaldes mineralvand. Det kan nogle steder komme helt op til jordoverfladen, og vise sig som kilder. I de fleste tilfælde bliver mineralvandet fortyndet med ferskvand nede i jorden, og vi vil kun kunne påvise det som grundvand med forhøjet indhold af salt. På grund af mineralvandets indhold af forskellige salte er det blevet tillagt en helbredende evne overfor sygdomme.

Inde i landet, hvor landskabet er højt, findes det ferske grundvand også højt oppe, og "puden" af ferskvand trykker med sin vægt det salte grundvand ned.

Ude ved kysten, hvor landskabet er lavt, er laget af ferskvand tyndt, og derfor kommer saltvandets overflade højere op.

Ved kraftig pumpning fra boringer tæt ved kyster kan det derfor let ske, at saltvand trækkes ind i boringerne.

Tegningen viser forholdene i et kystområde. Her ser man, at toppen af det salte grundvand er "trukket" opefter under boringen. En fortsat pumpning fra boringen kan medføre, at saltvandet når op til boringens filter, og man vil da få saltvand i boringen.





## HVORDAN FÅR VI VANDET OP ?

---

Grundvandet er nede i jorden, og for at få fat på det er det nødvendigt at grave en brønd eller bore et hul.

Tidligere gravede man brønde for at sikre sig drikkevand. Et åbent hul i jorden vil skride sammen, og for at hindre det, blev siderne sikrede med træ, mursten eller kampesten. Senere brugte man store betonringe, der blev stillet ovenpå hinanden. Vandet blev taget op med spand eller pumpe. Pumpen var hyppigt en håndpumpe, men også vindmøller har været brugt til at drive pumpen. I nyere tid bruges elektriske pumper. Pumpen står i de fleste tilfælde på jordoverfladen oven for brønden, men kan også stå på en afsats nede i brønden. Pumpen trykker vandet ind i en lukket

jernbeholder (en hydrofor). Over vandet i hydroforen bliver luften trykket sammen, og det er dette lufttryk, der driver vandet gennem vandrørene frem til vandhaner og toilet.

Der findes ikke så mange brønde mere, og der bliver stadig færre. Det skyldes tre ting: For det første er brøndene sårbare over for forurening, da vand fra overfladen let kan sive ned i dem. For det andet var brøndene i mange tilfælde gravet ned



til lokale, små grundvandsmagasiner, tæt ved jordoverfladen, og højere oppe i jorden end hovedgrundvandszonen. Brøndene kunne derfor ikke yde tilstrækkeligt vand, til det vandforbrug vi har i dag. Endelig har grundvandsspejlet i almindelighed været faldende gennem mange år, og mange brønde er derfor løbet tørre.

I dag henter vi i de fleste tilfælde vandet længere nede i jorden, i hovedgrundvandszonen.

At grave dybe brønde er besværligt, farligt og dyrt. Derfor vælger man at bore vandforsyningsboringer ned i jorden.

Der findes flere forskellige boremetoder, men fælles for dem alle er, at jord- og bjergartsmateriale løsgøres i bunden af hullet, og derfra bringes op til jordoverfladen. Det løse materiale føres op

med vand, trykluft eller med specialværktøjer, f. eks. en snegl.

Under borearbejdet presses et stålrør (gråt, øverst på tegningen s. 27) ned i hullet, samtidigt med at materialet gøres løst i bunden. Stålrøret eller arbejdsrøret skal hindre, at hullet falder sammen under borearbejdet, og det fjernes, når boringen er færdig.

Når man er nået den dybde, man vil ned til, sætter man et mindre rør, et forerør (sort på tegningen), inden i arbejdsrøret.

I det nye rør, forerøret, er der nederst skåret et stort antal riller. Rillerne er så smalle, at grus og groft sand ikke kan komme igennem. Denne del af forerøret kaldes filtret. Forerøret er almindeligvis af plastik(PVC). I kalkaflejringer, hvor der er mange sprækker, sættes normalt ikke noget filter.



Når forerøret med filtret nederst er sat på plads, begynder brøndboreren at trække det store arbejdsrør af stål op. Mens han gør det, hælder han groft sand ned mellem de to rør. På den måde kommer der til at ligge groft filtersand udenfor rillerne i filtret. Det grove sand hindrer finkornet sand fra jorden udenom boringen i at komme hen og tilstoppe rillerne.

Filtret er anbragt under grundvandspejlet, og derfor vil grundvandet strømme ind i røret. I forerøret vil overfladen af vandet stille sig i samme højde som overfladen af grundvandet (d.v.s. grundvandspejlet) i jordlagene udenfor røret.

For at få vandet op til jordoverfladen, sænker man en elektrisk pumpe (ofte en dykpumpe som på tegningen) ned i boringen. Når pumpen sættes igang, vil grundvand strømme ind i forerøret gennem rillerne i filtret, og ude i jorden udenom vil vandet strømme hen mod boringen.

Når der pumpes fra boringen vil grundvandspejlet omkring boringen blive sænket; mest tæt ved boringen og min-

dre udefter. Grundvandspejlet vil blive tragtformet omkring boringen. Det kaldes en sænkningstragt. Tragtens størrelse vil afhænge af, hvor meget vand der pumpes, og hvor hurtigt vandet strømmer hen til boringen; det vil sige lagenes vandføringsevne eller transmissivitet (se side 28).

Hvor meget vand, der kan pumpes fra en boring, er afhængig af i hvilke jordarter filteret sidder og af disse jordarters vandtransportevne, permeabilitet (se side 14). I sand og navnlig i grus kan vandet strømme meget let, og derfor kan boringer, hvor filteret sidder i sådanne aflejringer yde meget vand. Omvendt forholder det sig, hvis filteret sidder i et lerlag.

I almindelighed kan man sige, at hvis filtret sidder i groft grus eller den knuste kalk i toppen af kalken i Øst- og Norddanmark, yder boringen meget. Modsat yder en boring dårligt, hvis filtret sidder i finkornet materiale som fint sand eller ler.

Man kan nu stille spørgsmålet: Hvor dybt skal man bore for at nå ned under grundvandspejlet? Det er et vanskeligt spørgsmål at besvare på en enkel måde.

Grundvandspejlet har "bakker og dale" der nogenlunde følger landskabets former på den måde, at under bakkerne i landskabet ligger grundvandspejlet



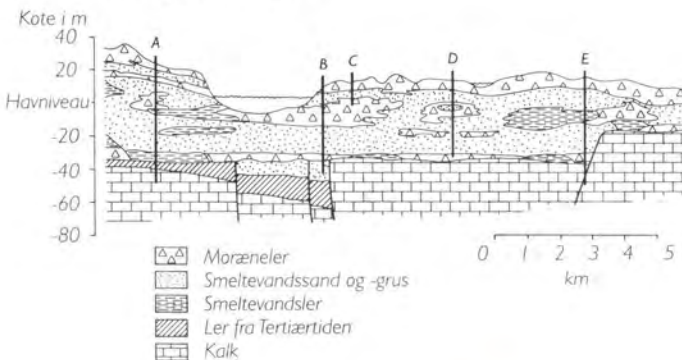


Inden i filterrøret (sort) hænger pumpen (grøn). Øverst ses det nederste af arbejdsrøret. Vandet kommer ind i filterrøret gennem rillerne. Pumpen består af en stabel af skovlhjul over hinanden. Skovlhjulene drives rundt af en elektromotor, der sidder længst nede.

sædvanligvis højt, medens det ligger lavt i dalene. I landskabet kommer grundvandet ofte frem i moser, søer og åer. Som det her er beskrevet, forholder det sig, hvis jorden er ensartet, lagdelt opbygget, men det er den langt fra alle steder. Aflejringer fra istiderne udgør

de øverstliggende aflejringer i Danmark, og disse aflejringer er ofte opbyggede af skiftende lag af ler, sand og grus. Det medfører, at der nogen steder kan dannes lokale grundvandsmagasiner (ofte betegnes de fejlagtigt som sekundære) ovenover hovedgrundvandszonen.

### Geologisk profil



Et geologisk profil som dette tegnes på grundlag af oplysninger fra borer og andre geologiske undersøgelser.

Andre steder kan lerlag "trykke" hovedgrundvandszonen "ned", så grundvandet kommer under tryk; man siger det bliver artesiske (se tegningen side 13).

Brøndborerens viden og erfaring er vigtig ved vurderingen af, hvor en vandforsyningsboring skal placeres, og hvor dybt det er nødvendigt at bore. Men ofte bistår geologerne brøndboreren i denne vurdering.

Geologerne samler oplysninger fra hele landet om, hvorledes lagene ligger nede i jorden, og hvad de består af. Desuden samles oplysninger om grundvandsspejlets beliggenhed, og hvor meget vand de vandførende lag kan yde. Ved hjælp af disse mange oplysninger kan man tegne kort over grundvandsspejlets højdeforhold, og grundvandets strømningsretning. Derved kan man også vurdere, hvor store mængder af grundvand, der findes i jorden.

### Vandføringsevne eller transmissivitet

Til planlægning har man brug for at kunne udtrykke jordlagenes evne til at yde vand. Denne evne er afhængig af jordarternes vandtransportevne, permeabiliteten og jordlagenes tykkelse. Ved at multiplicere disse størrelser med hinanden får man vandføringsevnen. Denne talværdi er udtryk for, hvor mange kubikmeter vand per sekund der kommer ud af et ét meter bredt profil ned gennem jordlaget. Vandføringsevnen bliver derfor jordlagets tykkelse i meter gange  $m^3/m^2/sek$ , hvilket kan forkortes til  $m^2/sek$ .

### Artesisk vand

Hvis jorden er opbygget på en sådan måde, at et "vandstandsende" lag (f. eks. et lerlag) hindrer grundvandsspejlet i at være på sit naturlige niveau, men "holdes nede", vil vandet under lerlaget stå under et hydrostatisk tryk. Hvis der ved en boring laves hul i lerlaget, vil vandet strømme op gennem boringen, og vandoverfladen vil stille sig i det niveau, hvor grundvandsspejlet ville have stået, hvis det ikke var holdt nede. Hvis boringen er udført nede i en dal, kan man opleve, at vandet kommer op af borerøret som et springvand. (Se tegningen side 13)

## HVAD SKER DER PÅ VANDVÆRKET ?

Boringer og brønde på gårde på landet forsyner almindeligvis kun en enkelt husholdning med vand, mens et vandværk sørger for vandforsyningen til mange husholdninger. Vandværket må derfor have mere vand end "enkeltvandforsyningen", og vandet hentes derfor ofte fra flere boringer.

På mange vandværker sker der en behandling af vandet på følgende måde:

Først luftes vandet ved at lade det risle ned over for eksempel en trappeformet opbygning. Det gør man for at ilte det jern og mangan, der ofte er i vandet. Ved luftningen fjerner man tillige de luftarter, der også kan findes i vandet. Ved luftningen bliver vandet grumset, fordi jern- og manganforbindelserne danner små fnug.

Efter luftningen filtreres vandet gennem sandfiltre, der er store bassiner fyldt med sand. I sandfiltrene opfanges fnugene, og vandet bliver klart igen.

Efter denne enkle behandling har vandet fået en frisk smag, og er langt de fleste steder i landet klar til at blive sendt ud til forbrugerne som drikkevand.

I nogle områder er grundvandet surt, eller indeholder stoffer, der giver drikkevandet en ubehagelig smag, farve eller lugt. På vandværket foretages da en mere kompliceret vandbehandling.



Ulykkeligtvis er det blevet sådan en del steder, at grundvandet fra en eller flere af et vandværks boringer indeholder forurenende stoffer (f. eks. organiske opløsningsmidler, pesticider eller nitrat). Nogle vandværker vælger at lukke de forurenede boringerne og undlader at tage vand fra dem. Andre vandværker fortynder det forurenede vand med ikke-forurenede vand fra andre boringer.



Derved kan mængden af det eller de forurenende stoffer i drikkevandet holdes under grænseværdierne.

Grænseværdien for et stof er den højst tilladte mængde af stoffet i drikkevandet. Indeholder drikkevandet mere end grænseværdien, anses det for at kunne skade sundheden at drikke det.

Fra vandværket pumpes vandet op i store tanke. Tankene ligger ofte i et vandtårn, der er placeret på toppen af en bakke. Ved at pumpe vandet herop får man det tryk i vandrørene, der driver vandet ud til vandhanerne. På nogle vandværker styres vandtrykket dog direkte af pumper.



# HVOR MEGET GRUNDEVAND INDVINDER VI ?

Vandforsyningen i Danmark er næsten udelukkende (99%) baseret på grundvand. Overfladevand bliver kun brugt i Københavnsområdet og som regel kun i spidsbelastningsperioder for eksempel om sommeren.

I 1996 blev der i alt indvundet 981 millioner kubikmeter vand. Hvis vi tænker os denne store mængde vand hældt i en tank, der har form som en terning, skal den måle cirka en kilometer på alle sider.

Mængden af vand, der bliver indvundet, svinger fra år til år. Det skyldes hovedsagelig, at en meget stor del af vandet bruges til vanding af markerne. Hvor meget vand, det er nødvendigt at anvende til markvanding, er afhængigt af hvor meget det regner og de typer af afgrøder, der er på markerne.

Der er lidt under 3000 vandværker i

**Vandværksvandet blev i 1996 brugt til følgende formål**



## Vandindvinding i Danmark i 1996

Markvanding	417 millioner m <sup>3</sup>	
Indvinding ved vandværker	493	-
Indvinding til forsyning af enkeltejendomme f.eks. landejendomme, industri, gartnerier, dambrug, sportspladser og institutioner.	71	-
<b>Samlet indvinding</b>	<b>981</b>	<b>-</b>

Kilde: Grundvandsovervågning 1997; GEUS.





© Kort & Matrikelstyrelsen (A. 173-98)

I 1996 var vandindvindingen i Danmark på 981 millioner kubikmeter. Denne mængde vand vil omtrent fylde en terning, der er en kilometer på hver led. På et luftfoto af København er en terning af denne størrelse lagt ind.

Danmark, og de leverer drikkevand til 92% af alle husstande. De sidste 8% af husstandene bor på landet, og de har ofte egen vandforsyning i form af brønd eller boring.

## Men hvad bliver alt det vand brugt til?

Fra de store vandværker findes opgørelser, der viser fordelingen af forbruget til husholdning, erhverv og institutioner. Den mængde, der ikke kan registreres som egentligt forbrug, kaldes tab, og den omfatter, hvad der går tabt i utætte ledninger, vand til brandslukning og forbrug på vandværkerne til skylning af sandfiltre.

Figuren side 31 viser et gennemsnitsbillede af, hvorledes vandet bruges i landet som helhed. Hvis vi ser på, hvorledes vandet bruges i de enkelte byer, vil vi opdage, at der er store forskelle. Forskellene fortæller noget om byerne; deres erhverv, deres boliger, om der er institutioner og andre forhold. I skemaet findes oplysninger om vandforbruget i nogle danske byer.

Kommuner	Forbrugsfordeling %				Totalforbrug l/pers./døgn	Husholdningsforbrug l/pers./døgn
	hus-hold	er-hverv	insti-tution	tab		
Fredericia	50	50	*	*	473	237
Grindsted	31	*	*	*	470	144
Fanø	67	6	5	22	381	257
Holstebro	48	37	9	6	314	150
Rønne	45	37	*	16	281	133
Ålborg	68	21	*	11	273	185
Herning	59	27	5	9	272	161
Esbjerg	49	35	9	7	262	128
Odense	57	16	17	10	249	147
Hjørring	46	39	9	6	249	116
Korsør	53	19	11	17	243	130
Århus	60	19	10	12	237	142
Maribo	63	29	7	1	228	144
Gentofte	79	6	8	8	221	174
Slagelse	61	16	11	12	216	132
København	65	22	8	5	206	134
Haderslev	64	17	12	7	187	119
Lands gennemsnit	60	23	9	8		139

\* angiver at tallet ikke foreligger.

Kilde: Vandforsyningsstatistik 1996.

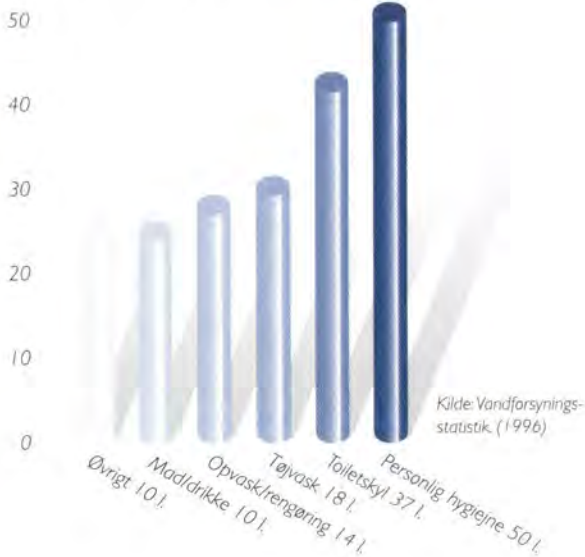
## HVAD BRUGER VI VANDET TIL ?

Der er uden tvivl stor forskel på, hvor meget vand der bruges til forskellige formål i de enkelte familier. Vaner og traditioner spiller en stor rolle, men også boligens indretning har betydning. I mange ældre lejligheder, der typisk lig-

skal også nævnes, det er tøjvask. Hos familier med børn vaskes hyppigere end i familier uden børn. På andre områder er der uden tvivl også forskelle, og det kan hver enkelt læser sikkert give eksempler på.

### Forbrug i husholdningen

(139 l pr. pers i døgn)



ger i de store byer, er der ikke bad, medens det er almindeligt i al nyere bebyggelse. Det er et forhold af væsentlig betydning for vandforbruget. Også typen af de "hårde hvidevarer", der findes, har indflydelse på vandforbruget. Et forhold, som sikkert har stor betydning,

I figuren er angivet nogle størrelser for vandforbruget til forskellige formål i husholdningen.

Hvis du ikke mener at tallene er rigtige for din familie, kan du forsøge at finde de rigtige tal.

## HVOR MEGET VAND KAN VI FÅ OP ?

---

Som tidligere nævnt, indgår grundvandet som en del af vandets store kredsløb. Der dannes hele tiden grundvand, men der dannes ikke lige meget overalt i Danmark og året rundt.

Af kortet (side 17) kan vi se, at mængden af nedbør ikke er ens over hele landet, og det har selvfølgelig betydning for, hvor meget grundvand, der dannes. Tegningerne (side 18) viser, at der dannes meget mere grundvand i Vestjylland end på Sjælland.

Dannelsen af grundvand sker hovedsagelig i vinterhalvåret. Det kan lyde ejendommeligt, når vi i løbet af en måned får mere nedbør om sommeren end om vinteren. Når grundvandsdannelsen er størst om vinteren skyldes det dels, at fordampningen er meget mindre end om sommeren, dels at nedbøren som regel kommer som "stille" regn og sne og ikke som de heftige sommerbyger.

Som det kan ses på tegningen af vandets kredsløb (side 9) bevæger grundvandet sig mere eller mindre direkte ud mod søer, åer og havet. Selvom bevægelsen kan være ganske langsom betyder det, at der sker en naturlig fornyelse af grundvandet. Grundvandet er således et råstof, en ressource, der stadig fornyes.

Det er blevet beregnet, at vi kan indvinde op til 1,8 milliarder m<sup>3</sup> om året, uden at det påvirker afstrømningen i vandløb og vandstanden i søer og vådområder på en måde, vi ikke synes om. I 1996 var indvindingen cirka det halve. Men disse tal angiver et gennemsnit for hele landet, og dækker over store forskelle mellem landsdelene.

Af tegningerne på side 18 kan vi se, at i Ringkøbing amt dannes meget mere grundvand end der bliver pumpet op til vandforsyning.

I Vestjylland er der derfor ikke problemer med hensyn til vandbalancen i naturen.

I Østsjælland, indvindes forholdsvis meget vand. Det har medført at grundvandspejlet i Nordsjælland og Københavnseggen er sunket flere meter; op til 15 meter i nogle områder.

Da grundvandet i den sidste ende søger ud i vandløb, søer og vådområder, har den store indvinding betydet en mindre vandføring i vandløbene, sænkning af vandspejlet i søer og en udtørring af vådområderne. Desuden har sænkningen også betydning for risikoen for forurening af grundvandet.

Hvor meget vand der skal reserveres til vandindvinding, vandløb og vådområder, afgøres af politikerne i Folketinget, amtsråd og kommunalbestyrelser. Det har været og er stadig et politisk mål at mindske indvindingen af grundvand ved at begrænse vandforbruget.

Med brochurer, udstillinger, omtale i pressen og på andre måder er der givet mange oplysninger om miljøforhold til

tallene for vandforbruget. I 1986 var forbruget 174 liter pr. person pr. døgn i gennemsnit for landet, men i 1996 var det formindsket til 139 liter pr. person pr. døgn.

Også industrien har mindsket vandforbruget kraftigt som følge af de stigende omkostninger til vandforsyning og spildevand.



befolkningen. Det har gjort, at bevidstheden om miljøet og herunder grundvand, drikkevand og forurening er blevet stor.

Endvidere er udgifterne til forbruget af vand steget voldsomt de senere år på grund af afgifter på drikkevand og spildevand. Resultatet kan tydeligt ses af

Indvindingen af grundvand til markvanding varierer fra år til år afhængigt af vejrforholdene. Hvis vi ser på indvindingen over en årrække, er der ikke sket nogen formindskelse.

For bedre at kunne vurdere hvor meget grundvand, der er til rådighed i fremtiden, og for geografisk bedre at kunne bedømme, hvor ressourcerne findes,

udvikles i øjeblikket en "Danmarksmodel for grundvandet". Med denne EDB-model vil det også være muligt at vurdere, hvilke egne af landet der i fremtiden kan få problemer med at klare vandforsyningen på basis af grundvand. Modellen skal desuden tage højde for trusler-

ne om forurening af grundvandet som følge af nedsivning af nitrat, sprøjtemidler (pesticider) og andre stoffer.

## TRUSLERNE MOD GRUNDVANDET

---

Det rene grundvand trues af nedsivende, miljøfremmede stoffer. Og der er ikke tale om tomme trusler. De seneste to år er der lukket over 500 vandforsyningsboringer, fordi vandet var forurenet.

Man taler sædvanligvis om at forurening af grundvandet sker på tre måder; fladeforurening, punktforurening og linieforurening.

### Fladeforurening

Cirka 90% af Danmarks areal er åbne områder, der ikke er bebyggede. Landbrugsjord udgør omkring 60%, medens skove, gartnerier, haver og parker dækker de resterende 30%.

For at fremme planternes vækst tilføres gødning til jorden (i skove dog i et

stærkt begrænset omfang). Gødningen kan dels være staldgødning eller gylle fra dyrene, dels en kemisk fremstillet, granulert (kornet) kunstgødning eller flydende ammoniak (ren kvælstofgødning). Gødningen indeholder stoffer, der er vigtige for, at planterne kan trives og give et stort udbytte. Det stof i gødningen, der giver problemer i forhold til grundvandet, er nitrat. Hvis planterne ikke har opbrugt de letopløselige nitratsalte, når vækstsæsonen er forbi, vil overskuddet sive med vandet ned gennem jorden. Et for stort indhold af nitrat i drikkevandet kan være sundhedsskadelig især for spædbørn.

Insekt- og svampeangreb kan nedsætte udbyttet og i værste fald ødelægge afgrøderne. Ukrudt konkurrerer med nytteplanterne om næring og plads. For

at give afgrøderne de bedste vilkår sprøjtes markerne med plantebeskyttelsesmidler (pesticider). Det er giftige, der hæmmer eller udrydder de skadelige insekter og svampe og begrænser væksten af ukrudtsplanterne.



De aktive stoffer (giftene) og hjælpestofferne i sprøjtemidlerne kan følge med det nedsivende vand, og nå ned til grundvandet. Nogle af stofferne omdan-



nes i jorden, og der kan opstå kemiske forbindelser, der er endnu mere sundhedsfarlige end de stoffer, der oprindeligt var i sprøjtemidlerne.

Indtil slutningen af 1980'erne anså man ikke sprøjtemidlerne for et problem, da de aldrig var fundet i grundvandet. Men da fandt man de første spor, og siden er pesticider påvist i flere borer. Fundene er gjort mange steder, og det viser, at der ikke er tale om lokale forureninger som for eksempel nedgravede dunke. Den almindelige landbrugs- og gartneridrift, hvor store arealer sprøjtes, er årsagen til hovedparten af fundene af pesticider i grundvandet.

I mange parcelhushaver er der også brugt gødning og sprøjtemidler. Ofte er det sket i et sådant omfang, at de miljøfremmede stoffer er nået ned til grundvandet. Det viser analyser af grundvandet fra villaområder udenom de store byer som for eksempel i Københavns vestegn.

### Punktforurening

Ud over landet er tusinder af gamle grus-, ler- og mergelgrave gennem årtier blevet brugt som lossepladser for affald. På gamle industrigrunde kan man finde nedgravede dunke, tromler og lignende med forskellige kemiske stoffer. Jorden kan også være gennemvædet af miljøfremmede stoffer som et resultat af et almindeligt spild ved den tidligere produktion. På tankstationer kan der være sket spild, eller tanke i jorden kan have været utætte. Utætte tanke med fyringsolie ved parcelhuse forekommer

også nu og da. Disse afgrænsede steder betegnes som punktkilder for forurening. I tidligere tid (1950erne, 60erne og 70erne) anså man ikke faren ved disse steder for særligt stor. Det var den almindelige opfattelse, at når blot materialerne var gemt ned under jordoverfladen, var der ingen fare. Det var i øvrigt ikke i strid med lovgivningen at grave affaldet ned. Men vi har fået en større viden, og i dag er der meget strammere regler for, hvorledes affald og udslip skal håndteres.

Vandet, der siver ned gennem det nedgravede affald kan opløse eller transportere stoffer, som vi absolut ikke ønsker at finde i grundvandet. Man er derfor nu i gang med at rydde op på de forurenede grunde og kemikaliedepoter, og fjerne det gamle affald; et meget stort og bekosteligt arbejde.

Nogle steder er forureningen så omfattende, at det vil være nødvendigt at foretage yderligere oprensning. Som vi har hørt tidligere, bevæger grundvandet sig under grundvandsspejlet sideværts mod laveliggende områder. Det forurenede vand vil følge den almindelige strømning i grundvandet. Af hensyn til vandindvindingen eller vandløb og søer kan det være nødvendigt at forhindre det forurenede grundvand i at komme frem. Fra forureningskilden breder forureningen sig vifteformet i grundvands-

strømmen. For at afskære spredningen udfører man tværs over spredningsviften (eller forureningsfanen) en række boringer. Det er boringer af samme type som vandforsyningsboringer. Fra boringerne kan det forurenede vand pumpes op. Sådanne boringer kaldes "afværgboringer", da de afværger, at forureningen breder sig yderligere. Det oppumpede vand renses som regel på stedet til et forsvarligt niveau, inden det ledes ud i et vandløb eller tilbage i jorden.

### Linieforurening

Denne type af forurening adskiller sig kun fra de to andre ved, at de forurenende stoffer bliver spredt langs linier i landskabet. Det kan være langs veje og jernbaner. En særlig type forurening sker fra utætte kloakledninger.

Et i pressen meget omtalt eksempel på linieforurening indtraf ved Ejstrupholm i Midtjylland i 1994. Sprøjtgift til ukrudtsbekæmpelse var blevet benyttet på en banestrækning. På grund af hurtig nedsivning i sandede aflejringer, og fordi boringerne i området ikke var ret dybe, viste giften sig hurtigt i grundvandet og i drikkevandet. Denne hændelse satte stærkt gang i diskussionen om brugen af giftstoffer til bekæmpelse af ukrudt, og var medvirkende til at staten, mange amter og kommuner ophørte med at anvende sprøjtning på deres arealer. I mange byområder kan der være pro-





blemer med utætte kloakledninger. Forvitring og planterødder kan skade rørene. I kloakvandet er der blandt andet bakterier, der kan være sygdomsfremkaldende. Kloakvand kan, under uheldige omstændigheder gennem grundvan-

det, komme ind i drikkevandsforsyningen. Det er alvorligt, og det er derfor nødvendigt at lukke borer eller et vandværk indtil skaden er udbedret, og der er foretaget en rensning.

## GRUNDVAND OG POLITIK

---

I 1853 udbrod en koleraepidemi i København, og næsten 5000 mennesker døde af sygdommen. Smitten blev spredt med drikkevandet, der fra søer i omegnen blev ført ind til byen i åbne grøfter og utætte trærender. Begivenheden satte yderligere gang i arbejdet med planlægningen af en bedre vandforsyning til byen, og i 1859 blev Københavns Vandværk sat i drift. Vandet kom fra boringer og blev ført frem i lukkede rør.

Eksemplet viser, hvor vigtigt det er, at der sikres rent drikkevand til befolkningen, hvis sundheden skal bevares.

Rent drikkevand findes ikke alle steder i verden, og meget dansk bistandsarbejde i "den tredje verdens" lande har derfor til formål at hjælpe med til etablering af gode vandforsyninger.

I Danmark fik vi i 1926 en lov, der havde til formål at sikre vandforsyningen. Loven er løbende blevet moderniseret i takt med samfundsudviklingen. I loven og i de regler, som følger af loven, er der bestemmelser om at grundvandet skal beskyttes mod forurening, og bestemmelser om hvor store mængder (grænseværdier) der højst må være i drikkevandet af en lang række stoffer.

Udviklingen af det moderne samfund har blandt andet medført, at risikoen for at grundvandet kan blive forurenet er langt større end man antog det for muligt for bare nogle årtier siden. Det hænger sammen med at antallet og mængden af de kemiske stoffer, der bruges i industri, landbrug og husholdning, er steget voldsomt.

Det er en udvikling, der begyndte i 1950erne og fortsatte med stigende hast i de følgende årtier. At vi netop nu finder forureningen af grundvandet skyldes, at meget af det vand, vi henter op fra jorden, faldt som regn for 40 - 50 år siden. Det betyder, at en yderligere stigning i antallet af forurenede grundvandsboringer kan forventes, da brugen af gødning og pesticider blev forøget markant op gennem 1980erne.

I 1981 redegjorde miljøministeren i Folketinget for de trusler mod grundvand-et og overfladevandet, der lå i tilførslerne af kvælstof (N), fosfor (P) og organisk stof (o). Årsagen til redegørelsen var, at der var påvist en stigning i grundvandets nitratindhold gennem de seneste årtier, og at der var stigende problemer med at overholde grænseværdierne for nitrat i drikkevand. I Folketinget blev der udtrykt betænkelighed ved udviklingen,

og i 1985 vedtog man NPo-handlingsplanen, der påbyder landbruget og kommunerne at begrænse udslippet.

Også det stadigt stigende forbrug af bekæmpelsesmidler var betænkeligt, og i 1986 fremsatte regeringen pesticid-handlingsplanen. Virkningerne af anvendelsen af pesticiderne kunne iagttages i miljøet, men på det tidspunkt var de endnu ikke påvist i grundvandet.

Med iltsvindsproblemer i Kattegat som aktuell baggrund vedtog Folketinget i 1986 Vandmiljøplanen.

Målet med planen var, at industrien, landbruget og husholdningerne skulle halvere udledningen af kvælstof og formindske udledningen af fosfor med 80% inden 1992. Det indgik også i planen, at der skulle foretages en overvågning af vandmiljøet og herunder grundvandet, så udviklingen kan følges.

Der blev udarbejdet et Grundvands-overvågningsprogram. Hovedelementet i dette program er grundvandsovervågningsoplandene.

I 67 områder spredt ud over landet skulle udviklingen følges nøje både hvad angår mængden af grundvand, og de



stoffer der er i grundvandet. Områderne blev omhyggeligt udvalgt, således at alle væsentlige jordbundstyper og egne med forskellige nedbørs- og fordampningsforhold blev inddraget. De løbende målinger fra områderne samles fortsat af amtskommunerne, og offentliggøres hvert år. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS) samler materialet fra hele landet i en rapport, som også udsendes hvert år. Det nævnte materiale, samt tilsvarende materiale fra undersøgelser i andre dele af vandmiljøet samles i en årlig rapport, der udsendes af Miljøstyrelsen. I en oversigtlig og forkortet form indgår materialet i en årlig rapport om hele miljøets tilstand; den har navnet Miljøindikatorer.

I Vandmiljøplanen er der især lagt vægt på forureningen med nitrat og fosfor, men med fundene af pesticider stod det klart, at der måtte gøres noget mere. Regeringen fremlagde da i 1994 det såkaldte "10-punkts-program". Dette program indeholder mere vidtgående bestemmelser end Vandmiljøplanen.

Reglerne for godkendelse af pesticider blev strammet meget, og det medførte at 170 sprøjtegifte blev forbudt. Ifølge programmet er det tanken at der kan udlægges beskyttelsesområder for grundvandet; det vil sige områder, hvor der kan iværksættes stærke begrænsninger for, hvorledes jorden må dyrkes.

I programmet har regeringen den målsætning, at der inden 10 år skal ryddes op på de affaldsdepoter, der ligger i de fremtidige vandindvindingsområder, og hvorfra nedsivning truer grundvandet.



For "nye" depoter er der med kemikalieaffaldsdepotloven fra 1983, nu affaldsdepotloven indført stramme regler. Lossepladserne skal være udformet på en bestemt måde i bund og sider for at forhindre, at der sker udsivning. For at formindske forureningen er det vigtigste dog, at mængden og typerne af affald, der skal deponeres, begrænses. Det sker ved, at affaldet sorteres, således at så meget som muligt forbrændes, komposteres eller genanvendes.

Kemisk affald skal afleveres på særlige steder (modtagestationer) kommunerne

har oprettet. Derfra køres det til behandling på Kommunekemi ved Nyborg. Her sker der en nedbrydning af stofferne og derefter en deponering af resterne på særligt indrettede lossepladser.



Ved en opgørelse udarbejdet af Miljøstyrelsen i 1997 er der kun opnået en begrænset reduktion af mængden af kvælstof, der udledes fra de dyrkede marker. For grundvandets vedkommende er der ingen forbedringer sket. Hvis det oprindelige mål skal nås, må der ske en reduktion af kvælstof, der kan sive ned til grundvandet. I rapporten vises det endvidere at målene for udledningerne fra industrien og fra rensningsanlæg er nået.

I begyndelsen af 1998 vedtog Folketingets partier en ny vandmiljøplan (II),

hvor den tidligere målsætning fastholdes, og der sker en stramning af reglerne for udbringning af kvælstofgødning på markerne. Det pålægges endvidere amtskommunerne i regionplanerne at udpege særligt sårbare områder, hvor grundvandet skal beskyttes mod nedsivning af pesticider, nitrat og andre fremmede stoffer. Planen indeholder en del andre bestemmelser der vil formindske nitratbelastningen af miljøet.

### Rent grundvand i fremtiden

Det er vigtigt for os alle og for vor natur, at vi søger at holde grundvandet og hele vandmiljøet rent og stabilt. Der er stor vilje til at gøre dette, og der gøres meget; men spørgsmålet er, om det der gøres er tilstrækkeligt; det diskuteres ivrigt.

I Folketinget er der bred enighed om vigtigheden af at sikre tilstrækkeligt og rent grundvand til de kommende generations vandforsyning; men der er uenighed om, hvorledes det kan gøres, og hvor kraftige tiltag der er nødvendige.

Målet er, at det vand, vi tapper af hanerne, under ingen omstændigheder må indeholde rester af pesticider eller andre kemiske stoffer, som overskrider grænseværdierne for drikkevand.

## BILLEDFORTEGNELSE

- Side 6** Vandmølle ved Hellebæk. I tidligere tid havde vandløbene stor betydning som drivkraft i industrien. På dette sted til et krudtværk.
- Side 7** Boretårn ved vandforsyningsboring.
- Side 8** Landskab ved Vejrhøj i Odsherred.
- Side 9** Tegningen viser vandets kredsløb i naturen. Tallene angiver omtrentlig i hvor lang tid en vandpartikel opholder sig på stedet.
- Side 10** I ældre grusgrave kan grundvandet af og til ses som en sø. Risikoen for forurening er stor, og derfor har det i mange år ikke været muligt at få tilladelse til at grave under grundvandsspejlet. Farum Grusgrav.
- Side 11** Moræneler blev indtil for få år siden anset for at kunne danne en tæt barriere til beskyttelse af grundvandet. Nye forskningsresultater viser, at lodrette sprækker kan få en forurening på jordoverfladen til hurtigt at brede sig dybt ned i jorden.
- Side 13** Ved hovedvejen vest for Kolding findes denne springkilde.
- Side 18** Tegningen viser vandbalancen i Roskilde og Ringkøbing amter.
- Side 19** Klinterne vest for Næstved består af moræneler. I den øverste del er kalken blevet udvasket, og leret er blevet mørkebrunt. Længere nede er leret lyst, og her er kalken udfældet i delvis vandrette horisonter, der fremtræder hvide.
- Side 20** Bastrup tårn i Nordsjælland blev bygget i 1400-tallet af kildekalk udenpå en kerne af kampesten.
- Side 21** På nordkysten af Fur findes dette eksempel på, at udfældede jernsalte har kittet smeltevandsgrus sammen til en hård "klippe".
- Side 23** Røsnæs fyr. Tæt ved kysten kan der komme saltvand i brønde og borer, navnlig når landet er lavtliggende.
- Side 24** Brønd ved en gård fra Læsø. Med vippestangen kan en vandspand hæves op af brønden. Frilandsmuseet i Lyngby.
- Side 25** Borearbejdet er i gang. Manden til højre står ved toppen af arbejdsrøret. Skråt over hans hoved sidder en hydraulisk motor, der får borestammen til at rotere. Manden til venstre styrer motoren og trykket på borestammen.
- Side 26** Med deres karakteristiske udseende er de mindre vandværker let genkendelige. Gønløse Nordre Vandværk i Nordsjælland.
- Side 29** Iltningstrappe på vandværket ved Sønder sø. Københavns Vandforsyning.
- Side 30** Til Slotssøen i Hillerød er der tilstrømning af fosfor- og nitratholdigt vand. Forureningen skaber gode vækstbetingelser for algerne, og derfor bliver vandet grønt.
- Vandtårn i Nivå.
- Side 36** Kunstvanding med vandkanon.
- Side 38** Mark bliver sprøjtet med pesticider.
- Sprøjtning og gødning i haver og i gartnerier har bidraget til forureningen af grundvandet.
- Side 40** Oprydning efter punktforurening ved benzintankstation.
- Side 42** Christiansborg.
- Side 43** Kommunekemi A/S, Nyborg.

# UDVALGTE BØGER OG ARTIKLER TIL FORTSAT LÆSNING

---

## Sådan laver man drikkevand

Bejder, P., 1997  
Forlaget Manana

## Natur og Miljø 1997

Danmarks Miljøundersøgelser, 1998  
Udkom i. gang 1993. Planlagt at udkomme  
hvert 4. år

## Grundvandsovervågningen 1997

Danmarks og Grønlands Geologiske Under-  
søgelse, 1997  
Udkommer hvert år. I. gang 1990

## Temahefte om drikkevand

Geografisk Orientering, 1988, nr. 1

## Geologi for enhver

Hansen, J. M., 1984  
Danmarks Geologiske Undersøgelse/Geograf-  
forlaget

## Kampen for rent vand, om natur og økonomi

Hansen, K. E. og A. Tuxen, 1992  
Geografiforlaget

## Den blå planet. Vandets uransagelige veje

Hinsby, K., 1994  
Årsberetning fra Danmarks Geologiske  
Undersøgelse, 1993

## Natur- og miljøpolitisk redegørelse 1995

Miljø- og energiministeriet, 1995  
Planlagt at udkomme hvert 4. år

## Natur og Miljø 1997. Udvalgte indikatorer

Miljø- og energiministeriet, 1998  
Denne oversigt udkommer hvert år. I. gang  
1991

## Vejen til rent vand

Hunding, C., 1997  
Miljø-Tema nr. 16  
Miljøstyrelsen

## Vandmiljø-97

Redegørelse fra Miljøstyrelsen, nr. 4, 1997.  
Er udkommet hvert år siden 1990

## Vandbesparende foranstaltninger

Kjellerup, M. og A. M. Hansen, 1994  
Teknisk forlag

## Danmarks jordarter, Kort fortalt, nr. 1

Marcussen, I., 1990  
Danmarks Geologiske Undersøgelse/Geograf-  
forlaget

## Grundvand og drikkevand, Kort fortalt, nr. 2

Marcussen, I. og N. Kelstrup, 1991  
Danmarks Geologiske Undersøgelse/Geograf-  
forlaget

## Vand til folk og fæ

Michelsen, P., 1985  
Nationalmuseet

## Miljøindikatorer 1996

Miljø- og Energiministeriet, 1996

## Grundvand - vandforsyning og vådområder.

Nielsen, H., 1993  
Danmarks Naturfredningsforening

## Danmarks grundvand - en truet ressource

Det strategiske miljøforskningsprogram  
Nielsen, R. Haugaard, 1997  
Grundvandsgruppen

## Grundvand i Danmark.

### Kvalitet, fordeling og alder

Nygaard, E., Nygaard, P. og Hinsby, K., 1995  
Årsberetning fra Danmarks Geologiske  
Undersøgelse, 1994

## Drikkevand - en truet ressource

Petersen, S. og P. Løgstrup Bjerg, 1989  
NOAH's Forlag

**Danske helligkilder og lægedomskilder**  
Svane, S., 1984. København

**Drikkevand - rent vand, men hvordan?**  
Teknologirådet, 1997

**Vandforsyningsstatistik 1996**  
Vandteknisk Forening  
Udkommer hvert år

**Det danske vand. Vandet i jorden**  
Villumsen, A., 1991  
Gyldendal

**Tidsskriftet DGU Information**  
har haft artikler om grundvand.  
I hæftet fra juni 1994 findes en oversigt

**Fra 1996 har tidsskriftet ændret navn til:  
Geologi, Nyt fra GEUS**

I følgende hæfter findes artikler om vand:  
Nr. 4, november 1996: J. Aamand, Pesticider  
og grundvand  
Nr. 1, maj 1997: I. Marcussen, Bryggerens  
vand  
Nr. 2, oktober 1997: H. J. Henriksen og B.  
Madsen, Den globale vandressource og Dan-  
marks Vandressource  
Nr. 4, december 1997: Temanummer om  
Grundvand og pesticider

Under arbejdet med bogen har Niels Kelstrup været en hjælpsom vejleder. Anders Bækgaard, Bjarne Madsen har kritisk gennemlæst manuskriptet og givet værdifulde kommentarer. Arne Dinesen har ved kritisk gennemgang af manuskriptet på meget konstruktiv måde bidraget til forbedringer.

Det grafiske arbejde er udført af Gitte Nicolaisen og Peter Moors. Jeg takker på det varmeste for det gode samarbejde.



År siden	Æra	Perioder	Epoker	Vandførende lag	Betydning
10.000 år	Nyere tid	Kvartær	Efter istiden	Sandaflejringer afsat af havet og vinden	
			Istider og mellem istider	Smeltevandssand og -grus	
2-3 Mill. år		Tertiær	Pliocæn	Kvartssand og -grus Glimmersand og -grus	
			Miocæn		
			Oligocæn		
			Eocæn		
			Paleocæn	Mo-ler, Vulkansk aske og Kalksten	 
65	Middelalder	Kridt	Skrivekridt, Robbedalesand Sandsten		
130		Jura			
180		Trias			
230	Oldtid	Perm			
270		Karbon			
400		Devon			
		Silur			
500	Urtid	Ordovicium	Skjfre og kalksten		
600		Kambrium	Sandsten		
		Prækambrium	Granit		

Kilde: Grundvandsressourcer i Danmark 1982

Oversigten viser hvilke aflejringer i Danmarks undergrund, der har særlig betydning for indvindingen af grundvand.

- Lokalt større betydning
- Lokalt mindre betydning
- Regionalt større betydning
- Regionalt mindre betydning

Kort fortalt nr. 5  
ISBN 87-7871-039-1  
ISSN 0905-894X

Mennesket er en del af naturen - miljøet, som man ofte siger.

Vi er afhængige af naturen omkring os, for dels skal vi leve af den, dels skal vi have vores føde og råstoffer fra den. Råstoffer er ikke kun jern- og kobbermalm, grus, ler og mange andre stoffer.

Det er også vand.

I bogen fortælles om, hvorfra og hvordan vi får vand til vore hjem, til landbruget og til industrien i Danmark

### **Kort fortalt**

*- er tænkt som en række af små bøger, der præsenterer geologiske emner på en lettilgængelig måde.*

*Det er håbet, at den glæde fagfolkene har ved geologien kan smitte af på læserne, så geologiske synsvinkler i højere grad end hidtil vil indgå i naturforståelsen og diskussioner om miljøet.*

GRUNDVANDET I DANMARK