

Grundvandet som drikkevandsressource

Beskrivelse af grundvand,
vandindvinding, vandforsyning
og grundvandsforurening





Grundvandet som drikkevandsressource

Udgivet af:

Amtsrådsforeningen,
Dampfærgevej 22
2100 København Ø
Marts 2002

Redaktion:

Materialet er oprindelig udarbejdet og udgivet af Jord- og Grundvandsafdelingen, Vejle Amt.
Denne udgave er redigeret af repræsentanter for Amternes Grundvands-Erfasamarbejde og Amtsrådsforeningen.

Grafisk

tilrettelæggelse:

CAT-productions aps
i samarbejde med
Jess Ingo Jensen, Vejle Amt
og Amtsrådsforeningen.

Fotos:

Jess Ingo Jensen,
Christina Fischer Laursen,
Jes Pedersen,
Jørn Nielsen,
Vejle Amt,
WaterTech,
GEUS,
Kolding Vandforsyning,
Esbjerg Vandforsyning,
CAT-productions aps.

Tryk:

Kerteminde Tryk

Papir:

Multiart Silk
Svanemærket

ISBN:

87-7723-275-5

Grundvandet i Danmark er en formidabel naturressource til vores allervigtigste levnedsmiddel, drikkevandet.

Igen gennem de seneste 20 år er stadig flere vandboringer blevet lukket på grund af forurening. En forurening, som ikke altid kan spores tilbage til et bestemt sted, fordi regndråberne har en lang og uforudsigelig vej til vandindvindingerne.

Vi skal beskytte grundvandet, og amterne gør derfor i disse år en stor indsats for at kortlægge vores vigtigste grundvandsressourcer. Denne kortlægning skal danne basis for en bedre grundvandsbeskyttelse.

Beskyttelsesindsatsen vil påvirke os alle og vores fælles omgivelser. Nogle steder vil der blive plantet skov, andre steder vil det være nødvendigt at ændre landbrugsdriften. Indretningen af vores bolig- og industriområder vil ændre sig og vi skal stoppe med at bruge pesticider i vores haver.

En øget beskyttelse vil også betyde, at rent drikkevand vil blive dyrere. Resultatet er, at vi sikrer en bæredygtig grundvandsressource for os og vores efterfølgere.

Grundlaget for indsatsen er en bedre forståelse af vores fælles undergrund. Med dette hæfte ønsker vi at give alle en bedre forståelse af de grundlæggende forhold ved grundvandsdannelse, grundvandskemi, magasinforhold, vandindvinding, forurening m.m.

Hæftet er særligt velegnet til undervisning i folkeskolen og på højere niveau, og som grundlag for den lokale politiske debat og de lokale indsatser for beskyttelsen af vores drikkevand.

På kort sigt kræver den lokale og regionale indsats, at der træffes beslutninger. Vi kan aldrig opnå en komplet viden om, hvordan grundvandet bevæger sig. De forureninger, der i dag truer grundvandet, betyder at vi skal handle på den viden vi har – og det er ikke så lidt endda.

Vi skal holde trusler og forureninger væk fra de indvindingsområder, vi bruger i dag, og dem, vi får brug for i morgen. Samtidig skal vi gøre vores adfærd mere miljøsikker, for vi kan ikke blive ved med at rydde op efter os selv. Tiden er ikke til, at usikkerheden tages til indtægt for mundheldet: "Det går nok". Tiden er til at sige: "Tænk dig om, du bor oven på dit drikkevand".

Med venlig hilsen
Kresten Philipsen

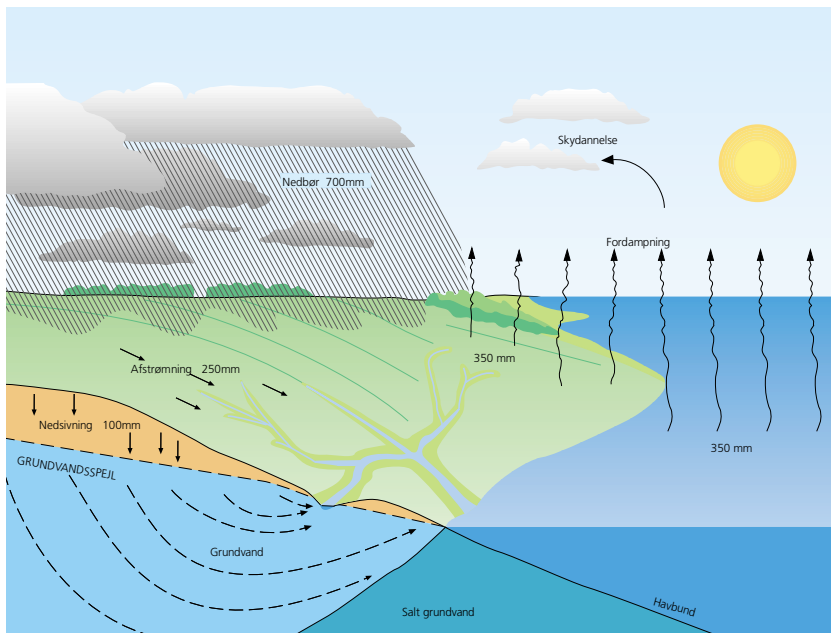
Indhold

Vandkredsløb,
grundvandsdannelse og
grundvandskemiside 4 – 13

Vandindvinding,
indvindingsoplande
og sårbarhedside 14 – 27

Forurening, stofferne og
forureningskildeneside 28 – 37

Vandkredsløbet



Alt vand er i stadig bevægelse. Der dannes ikke nyt vand, men vandet vandrer rundt i naturens store vandkredsløb under stadig forandring mellem fordampning, fortætning, nedbør og vandstrømme på og under jordens overflade.

Et eksempel. Havvand fordampner over Vesterhavet og Atlanterhavet, stiger til vejrs og føres ind over Danmark, hvor det falder som regn. Noget siver ned i jorden, noget fordampner fra planterne og andet strømmer overfladisk af gennem dræn og vandløb. Det, som siver ned i jorden, bliver til grundvand. Langsomt strømmer grundvandet gennem jorden til vandløbene og herfra videre til havet. Kredsløbet er fuldbragt.

Det går langsomt i grundvandet

Fra en regndråbe rammer jorden, siver ned til grundvandet og atter vender tilbage til havet, går der lang tid. Dråben, der rammer engen lige ved siden af åen, vender måske tilbage samme år. Men dråben, der falder i bakkerne længst væk fra åen, kan være både 5 og 10.000 år om at tilbagelægge turen tilbage til havet. I gennemsnit regner man med, at opholdstiden i grundvandet er 1.000 år.

Hvad bliver der af regnen?

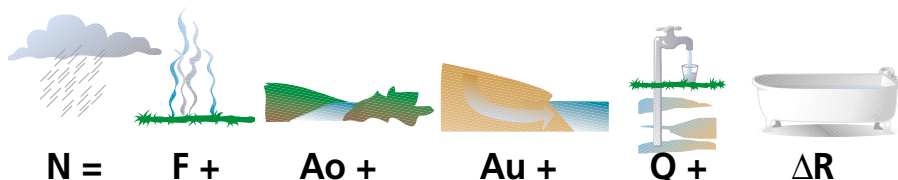
Noget regn fordampner, andet strømmer overfladisk af og noget siver ned i jorden til grundvandet, før det fortsætter til vandløbene og havet, – men hvordan hænger det sammen?

Matematisk kan vandkredsløbets store regnestykke udtrykkes i “vandbalance-ligningen”:

$$N = F + A_o + A_u + Q + \Delta R$$

hvor N er nedbør, F er fordampning (såvel fra overfladen som fra planter), A_o er overfladisk afstrømning, A_u er underjordisk afstrømning (altså grundvand), Q er en eventuel indvinding af vand og ΔR (læses delta R) er ændringer i grundvandsmængden. Vandbalance-ligningen udtrykker nogle enkle sammenhænge i naturen, og den er nyttig, blandt andet når følgerne af grundvandsindvinding skal beskrives.

Fordampningen udgør gerne omkring halvdelen af nedbøren. Den del af regnen, der siver ned og bliver til grundvand er lille, når regnen falder på lerjord, og stor, når regnen falder på sandjord.



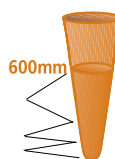
Dannelse af grundvand på en grund på 1000m²



Nedbør = 600 mm

Fordampning = 400 mm
Overfladevand = 150 mm
Grundvand = 50 mm

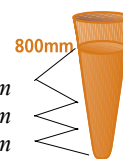
*I lerede, mere tørre egne som for eksempel Nordsjælland:
600 mm = 400 mm + 150 mm + 50 mm
Her dannes ca. 50 m³ grundvand om året, ca. 1/3 af en families behov.*



Nedbør = 800 mm

Fordampning = 400 mm
Overfladevand = 200 mm
Grundvand = 200 mm

*I sandede, regnfulde egne som for eksempel Midtjylland:
800 mm = 400 mm + 200 mm + 200 mm
Her dannes ca. 200 m³ grundvand om året, nok til en familie på 4.*



Nedbør og grundvandsdannelse

Selv om Danmark er et lille land, er der store forskelle i årsnedbøren fra egn til egn.

I dele af Midtjylland er årsnedbøren i disse år oppe omkring 1000 mm, mens den i Storebæltsområdet kun er halvt så stor.

I store dele af Jylland er jorden temmelig sandet. I forening med den høje nedbør giver det generelt en meget stor grundvandsdannelse i Jylland.

I de østlige egne af landet, Fyn og Sjælland og de mindre øer i øvrigt er jorden derimod gennemgående mere leret og kombineret med den lavere nedbør giver det en mindre grundvandsdannelse.

I Jylland kan grundvandsdannelsen nogle steder være oppe på 3-400 mm om året, mens den kun sjældent er over 100 mm om året på Sjælland.



Jorden er som en svamp

Når det regner på en tør svamp, suger svampen vandet op i lang tid, ind til den er vandmættet, derefter begynder der at dryppe vand neden ud – der dannes grundvand. Sådan er jorden efter en lang sommer, hvor planterne har forbrugt alt vand i jorden. Først langt hen i efteråret begynder nedsivningen til grundvandet, og der dannes nyt grundvand.

Næsten alt grundvand dannes i de nedbørsrige vintermåneder. Om sommeren

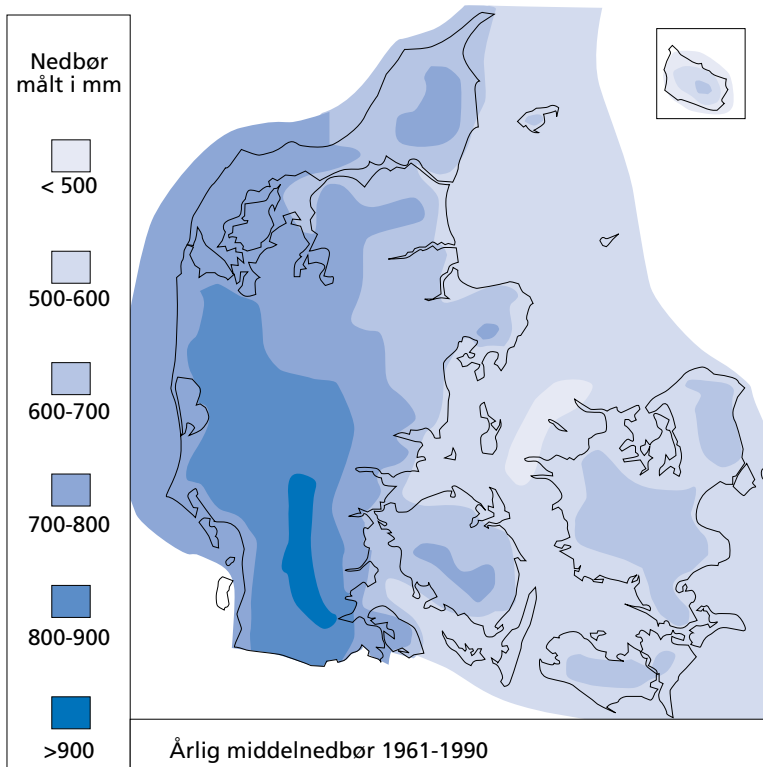
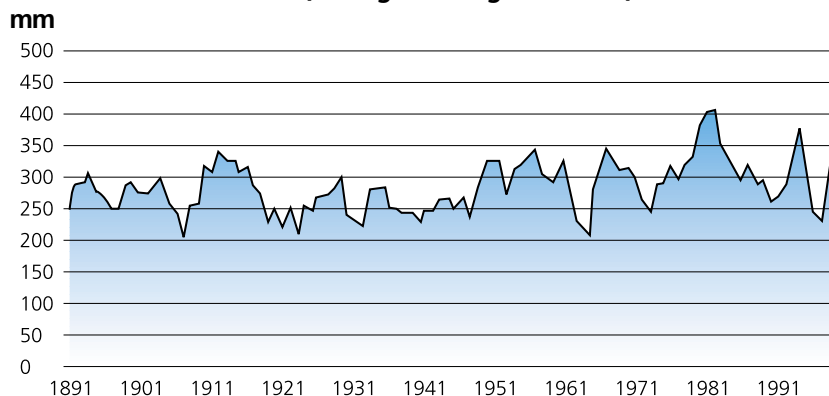
afgiver grundvandet så til gengæld langsomt vinterens overflod til planterne og til vandløbene.

Vi har været heldige med vejret de seneste 30 år

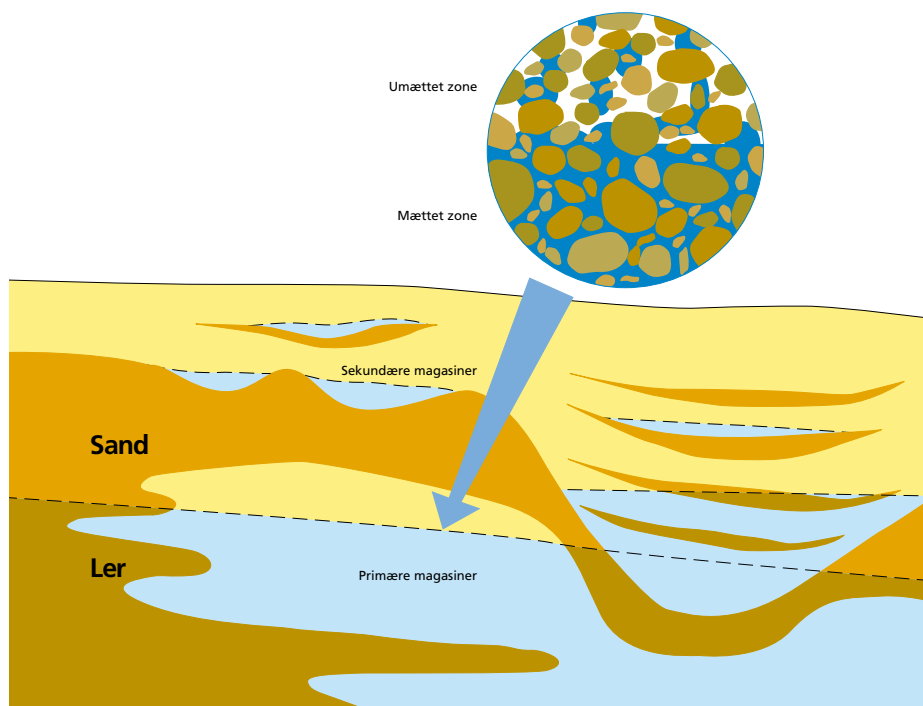
Kurven her nedenfor viser vinter nedbøren i Danmark gennem de seneste godt 100 år.

Fra 1960 har vi været begunstiget med rigelig vinter nedbør og en heraf følgende stor grundvandsdannelse. Men kik engang på vinter nedbøren i 1920'erne. Vi må være forberedt på, at det kan vende igen.

Vinter nedbør i Danmark (3 års glidende gennemsnit)



Jorden er fyldt med vand



Hvordan strømmer vandet i jorden? Er der underjordiske søer og vandløb?

Den øverste del af jorden er tør om sommeren og våd om vinteren, når regnvandet siver ned. Men fra en vis dybde – nogle steder 30 meter nede i jorden, andre steder lige under græsset – er jorden helt fyldt med vand. Jorden er vandmættet. Her begynder grundvandet.

Herfra prøver vandet at trænge væk, fra de højereliggende steder ned mod vandløb eller søer og mod havet. Det er tyngdekraften, der styrer det hele, ligesom regndråben, der falder eller åen, der løber mod havet. Men jorden yder forskellig modstand og hindrer vandet i at trænge væk. Derfor står grundvandet højere nogle steder, og derfor er nogle jordlag bedre end andre at indvinde grundvand fra.

Når brøndborene siger, de har fundet vand, har de altså ikke fundet en vandåre, en underjordisk flod eller sø. For i virkeligheden er der vand overalt i dybet. Men når man siger, at man har fundet vand, betyder det, at boringen er boret ned i et jordlag af grus og sand eller kalk, hvor grundvandet hurtigt kan strømme til boringen.

Sekundære og primære grundvandsmagasiner

Undergrunden er opbygget af mange lag. Nogle steder som lag, der ligger pænt oven på hinanden som i en lagkage. Men oftest som vekslende lag af ler og sand, der bølger og bøjer, så de nogle steder danner skålformer og andre steder underjordiske bakker.

Hvor et lerlag har dannet en skålform nede i jorden, kan der dannes et terrænnært (sekundært) grundvandsmagasin. Vandet har nemlig svært ved at trænge gennem leret, og det samler sig derfor i lerskålens sand, som det ses på tegningen herover. Under de sekundære magasiner kan jorden være tør igen, indtil vi når så dybt ned, at vi møder de dybereliggende (primære) grundvandsmagasiner.

De fleste brønde er blot gravet en 8-10 meter ned i jorden, til et sekundært magasin. Man kan derfor ofte opleve, at brønden løber tør om sommeren. Ofte har brøndvandet også en dårlig kvalitet, da vandet ligger så tæt på overfladen, at jorden – grundvandets rensningsanlæg – ikke har nået at virke i tilstrækkelig grad.

Det primære grundvandsmagasin ligger som regel dybere, og når i nogle

Vi taler om grundvand, når der er vand mellem alle jordpartiklerne. I de øverste jordlag er der også luft – det kaldes den umættede zone. Når der kun er vand mellem jordpartiklerne, taler vi om den mættede zone eller grundvandszonen. Kun det grundvand, der står i sand-, grus- og kalklag kan indvindes.

dele af Danmark en dybde op til 2-300 meter. I kalklagene i det østlige Sjælland ligger det primære grundvandsmagasin væsentlig højere. Alle jordlag i denne dybde er vandmættede. Der findes ikke tørre jordlag under. Endnu længere nede, under det primære, ferske grundvand findes salt og brunt grundvand.



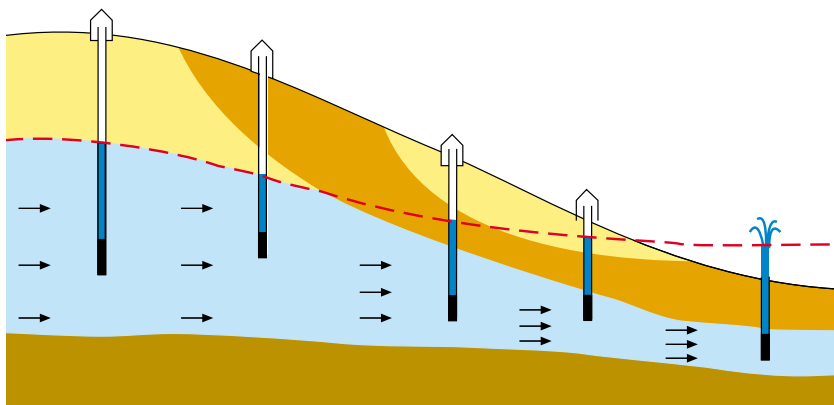
Ofte er jordlagene stærkt forstyrrede, foldede eller skrånstillede.

Frie, spændte og artesiske magasiner

Frit magasin Frit med dæklag

Spændt

Artesisk



Under jorden strømmer grundvandet langsomt fra det højereliggende terræn mod vandløb, søer eller havet. Vandet står næsten stille i undergrundens lerlag, men strømmer meget hurtigere i sand-, og grus- og kalklag, fordi disse lag ikke yder så megen modstand.

Ofte er undergrunden opbygget af vekslende ler- og sandlag. Når vandet strømmer i jorden sker det derfor ofte, at grundvand i et sandlag bliver "fanget" under tryk af et overliggende ler-lag. Et sådant grundvandsmagasin kalder man for et magasin med spændt grundvandsspejl. Nogle steder, for eksempel i store ådale, kan vandtryk-

ket blive så voldsomt, at vandet ligefrem springer op af boringen, når brøndborenen borer gennem lerlaget. Et sådant spændt magasin kalder vi "artesiske".

Et frit grundvandsmagasin er grundvand i et sandlag, hvor kun den nederste del af magasinet er vandfyldt.

Sådanne magasiner findes i store dele af Vest- og Midtjylland, hvor hele lagserien består af forskellige, sandede lag. De fleste sekundære magasiner er frie magasiner.

På tegningen vises de trykforhold, som kan gælde for et grundvandsmagasin. Længst til venstre har vi det frie magasin, uden eller med overliret dæklag af ler.

Det spændte magasin opstår, når grundvandets trykniveau befinder sig i eller over det overliggende lerlag. I dalområder er det almindeligt, at grundvandets trykniveau ligger højere end terrænoverfladen. Så taler vi om "artesiske grundvand". Sådanne steder vil grundvandet komme ud af jorden som kildevæld.

Trykforhold og sårbarhed

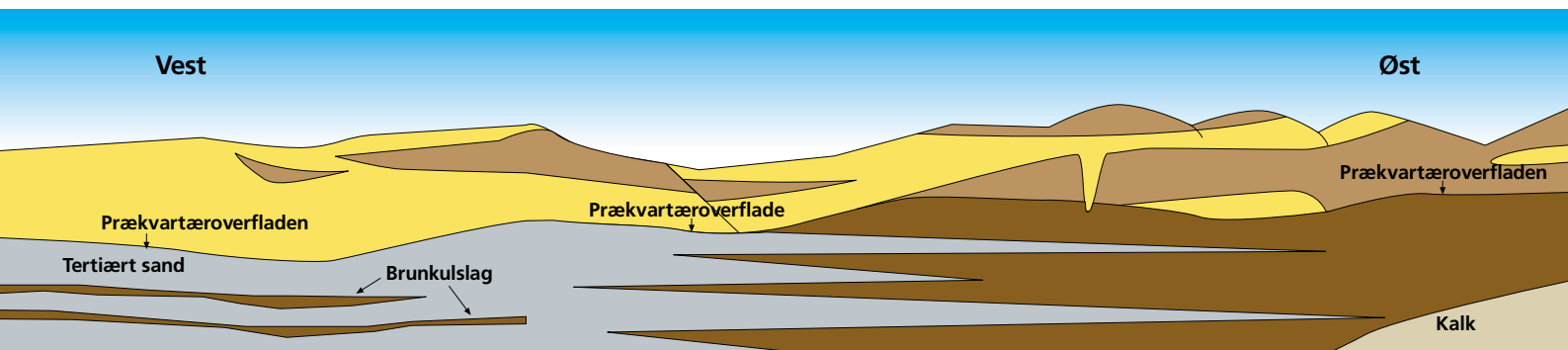
Generelt er de frie magasiner uden dæklag meget sårbare over for nedtrængende forurening. Hvor sådanne magasiner findes, er det almindeligt at finde nitrat i grundvandet, selv i relativt stor dybde.

De mindst sårbare magasiner er de spændte magasiner med trykniveau over de dækkende lerlag. Her strømmer grundvandet faktisk nedefra og opad ("omvendt lækage") og en eventuel forurening kan ikke trænge dybere ned.



Artesisk boring anbragt i kildevæld. Vandet stiger af egen kraft op over terræn og vælter ud af røret.

Geologi og indvindingsmuligheder



Når vi borer os vej ned i jorden, er det som at bladre i en historiebog, jordens historiebog. Forenklet sagt: jo dybere vi borer, jo ældre historieblade støder vi på.

Kvartærlagene

De øverste lag, vi gennemborer, er de yngste, og de stammer fra den geologiske periode, vi lever midt i, kvartærtiden. Det er perioden med de mange vekslende kulde- og varmeperioder (istider og mellemistider). Jordlagene består typisk af usorterede lag (moræner), ofte med et betydeligt indslag af ler. Leren medfører, at vandet strømmer langsomt og normalt er morænerne derfor uegnede til vandindvinding.

Imellem morænelagene kan der ligge betydelige sortererede lag af sten, grus og sand. Det er lag afsat af smeltet vandet fra isen. I disse lag er indvindingsmulighederne gerne gode. Her ved halvdelen af al vandindvinding i Danmark sker fra disse lag.

Når vi siger "lag", kan man nemt forledes til at se lagene ligge pænt stablet oven på hinanden, som i en lagkage. Men det behøver langt fra at være tilfældet.

Oftentimes ligner jorden mest en lagkage efter en meget voldsom børnefødselsdag. For når tunge gletschere senere har bevæget sig hen over den frosne jord, er den blevet trykket og mast og presset op og væltet rundt, så lagene i dag ligger foldede og skråtstillede, med store revner og forskydninger.

Det forklarer, at nogle gange kan vi sætte to borer med kort afstand og efterfølgende se, at de jordlag, som vi

har gennemboret, slet ikke ligner hinanden.

Tertiærlagene

Før kvartærtiden, som foreløbig kun har været i 2 millioner år, har vi tertiærtiden, der strækker sig over ca. 60-65 millioner år. De ældste lag fra denne periode er overvejende fede lerer, afsat på stor dybde i havet. Der er ingen indvindingsmuligheder i disse lag. Derimod er de yngre tertiære lag mange steder af overordentlig stor betydning for vandindvindingen. De blev i sin tid aflejret tæt på den daværende kyst. Vi finder derfor flere gode sandlag af stor tykkelse. Vandet, der løber i disse lag, har som regel en høj alder (flere tusinde år).

Skematisk tegning af de øverste jordlag som det kunne se ud et sted i Jylland. Øverst moræne og smeltevandaflejringer fra kvartæret, derunder aflejringer fra henholdsvis yngre og ældre tertiær, og nederst kalken fra kridttiden. Andre steder i landet kan lagserien se meget anderledes ud. I nogle dele af landet ligger kalken højere, der spiller den ofte en dominerende rolle for vandindvindingen.

De oprindeligt, vandret aflejlrede lag er senere af istryk vredet op.



De unge, tertiære sandlag af indvindingsmæssig betydning findes i Jylland fra Limfjorden og sydover.

Der arbejdes i disse år ihærdigt på at øge kendskabet til disse lags udbredelse. Endnu kommer kun godt 10% af vandindvindingen fra disse lag, men andelen vil givetvis vokse i de kommende år.

Lag af kalk og kridt

Før tertiærtiden har vi kridttiden, der strækker sig over en periode af 70 millioner år. Området, hvor Danmark i dag ligger, var havdækket, og lagene på havbunden blev opbygget af kalk fra kalkskallede organismer.

Kalk- og kridtlagene kan være af stor indvindingsmæssig betydning. Godt en trediedel af vandindvindingen i Danmark stammer fra kalklag.

I størstedelen af Danmark, ligger kalken imidlertid så dybt, at den ingen indvindingsmæssig betydning har. Men i Nordjylland, på Djursland og Østfyn, i Nord- og Sydsjælland og på Møn, Lolland og Falster ligger kalken højere, og i disse områder kommer vandindvindingen primært fra disse lag.

Begravede dale

Vi kender alle til eksistensen af store sammenhængende dallandskaber i det Danmark, vi kender i dag. Mere overraskende er det måske, at der også nede i jorden, usynligt for vore øjne, befinder sig "dale", de såkaldte begravede dale.

Begravede dale er, som ordene anty-

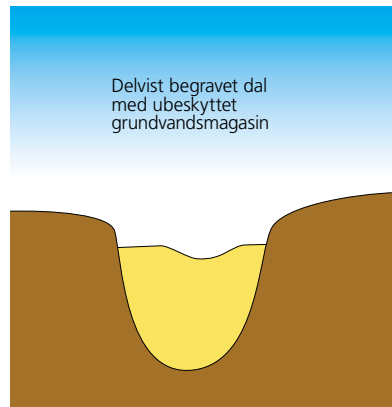
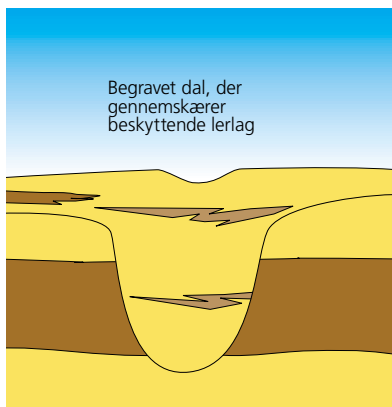
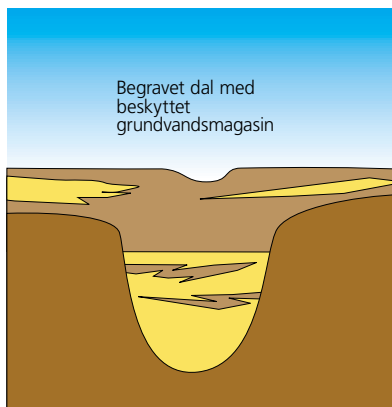
der, dale fra tidligere tiders landskaber, der i dag er blevet begravet (fyldt op) af istidernes gletscheraflejringer. Mange af dalene har eksisteret i de forrige mellemistider, ligesom nutidens dale eksisterer i den mellemistid, vi befinder os i nu. Måske vil kommende gletsjere i Danmark begrave vores ådale og tunneldale med smeltevandsaflejringer og moræner og omdanne dem til begravede dale.

Man mener, at de fleste begravede dale er dannet ved, at smeltevand under en gletscher har spulet sig dybt ned i de underliggende jordlag. Andre dale kan være opstået ved vanderosion i mellemistiderne eller som følge af indsynkning mellem forkastninger i jordlagene.

De ældste af disse begravede dale er helt fyldt op og kan ikke ses i nutidens landskab. Yngre dale er ofte kun delvist opfyldt og udgør altså stadig dale i vores landskaber. Set med vandindvindingens øjne er det meget vigtigt at have et godt kendskab til de begravede dale. Mange af de begravede dale er fyldt med betydelige lag af smeltevandssand og -grus, og fra disse lag kan der indvindes meget store mængder drikkevand. Nogle dale gennemskærer tykke, beskyttende lerlag og skaber dermed kontakt mellem højtliggende, måske forurenede grundvandsmagasiner og de dybereliggende. Tilstedeværelsen af en begravet dal vil som regel påvirke grundvandets strømning i jorden væsentligt. Uden et godt kendskab til dalenes udbredelse, retning og dybde kan det være meget vanskeligt at gennemføre en fornuftig grundvandsbeskyttelse.

Nogle af de begravede dale har været kendte i mange år, påvist af borer. Undersøgelser i de senere år viser, at de er meget mere udbredte, end vi tidligere forestillede os. De fleste af de begravede dale findes i Jylland. Derfor har de jyske amter igangsat et arbejde med at kortlægge dem. Dette arbejde kan få stor betydning for fremtidige vandindvindingsmuligheder og for grundvandsbeskyttelsen.

Karakteristisk for de begravede dale er de ofte meget stejle sider. Dalene er fyldt op af kvartære jordlag. Er der tale om betydelige sandlag, har dalen stor indvindingsmæssig betydning.



Jorden er grundvandets rensningsanlæg

Når vi går en tur, tænker vi sjældent på, at vi færdes oven på et unikt rensningsanlæg, jorden!

Fra regnen falder, til den når grundvandet, sker der en enestående rensning, der filtrerer regnvandets og overfladejordens urenheder fra og uskadeliggør smittekim.

Rensningen af regnvandet på vej ned igennem jorden er en kompleks blanding af biologiske og kemiske processer.

Det levende muldlag

Første vigtige trin i rensningen sker i muldlaget, jordens øverste 30-40 cm. Muldlaget er karakteriseret ved et stort indhold af organisk materiale (humus), levende og dødt plantemateriale, og et hav af store og små organismer, ikke mindst bakterier.

Muldlaget og de øverste meter af jorden er desuden rig på luft og dermed ilt. Vi kalder det et aerobt (iltholdigt) miljø, i modsætning til det anaerobe (iltfattige) miljø, som hersker længere nede i jorden og i grundvandet. Ilten indgår i bakteriernes forbrænding, hvorved mere sammensatte organiske stoffer (blandt andet miljøfremmede stoffer) nedbrydes til simple forbindelser.

Bakterierne er i stand til at nedbryde mange af de ubehagelige stoffer, som vi med vilje eller ved uheld spreder på jordoverfladen. For eksempel bliver spild af olie og benzin spredt på jordoverfladen nedbrudt på kort tid. Også sprøjtemidler nedbrydes for en stor del i muldlaget, men, som vi nu ved, desværre ikke helt.

Overfladevand indeholder almindeligvis bakterier, heriblandt også sygdomsfremkaldende bakterier. Sådanne bakterier overlever ikke turen ned gennem jordens øverste meter, hvor iltindholdet gradvis aftager.



Lerets beskyttende egenskaber

Regnvandets passage gennem ler foregår meget langsomt. Denne forsinkelse er i sig selv en beskyttende egenskab, for herved bliver der længere tid til de kemiske og biologiske processer.

Mange steder er leret dog i de øverste 8-10 meter gennemsat af sandfyldte sprækker. Her trænger vandet hurtigt ned.

Leret indeholder som regel store mængder kalk og svovlkis (pyrit), som kan neutralisere vandets indhold af syre og nitrat.

Leret indeholder også forskellige salte. Undervejs gennem leret kan de salte, der er i regnvandet, bytte plads med de salte, der er i jorden (ionbytning). Disse processer kan finde sted selv i stor dybde.

Sand beskytter ikke så godt

I modsætning til ler har sand og grus næsten ikke nedbrydende egenskaber. Det grovkornede sand kan ikke tilbageholde regnvandet. I områder, hvor sandlagene dukker op lige under mulden, synker regnvandet hurtigt og eventuelle forureninger kan derfor hurtigt trænge langt ned.

Én fordel har sandet dog. Atmosfærisk luft og dermed ilt vil som regel trænge meget længere ned i sandjord end i lerjord. Derved kan bakteriernes nedbrydning af organiske stoffer, blandt andet sprøjtemidler, virke længere og dermed modvirke det uheldige ved vandets hurtige nedsivning i sandjorden.

Slutproduktet

Når vandet endelig når helt ned i de dybe grundvandsmagasiner, er vandet rent og sterilt, befriet for de fleste ubehagelige stoffer og samtidig beriget med salte og mineraler i et passende omfang. Et enestående produkt. Klart, koldt og velsmagende udkonkurrerer det næsten alt drikkevand, der serveres i resten af verden.

Grundvand, der egner sig til drikkevand, kan faktisk hentes direkte op fra jorden og drikkes uden videre.

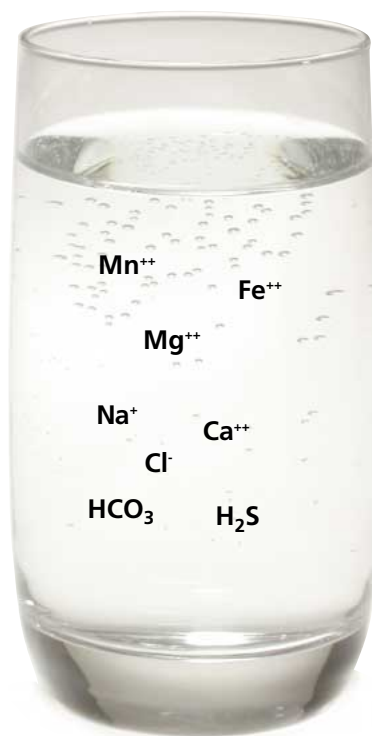
Grundvandstyper

Grundvandets indhold af opløste gasser og salte varierer meget fra sted til sted. På baggrund af grundvandets indhold af visse stoffer og hvor meget ilt, der er til stede i vandet, inddeles grundvandet i forskellige typer. Man taler for eksempel om oxideret (iltet) eller reduceret (iltfrit) grundvand, og om hårdt (højt kalkindhold) eller blødt (lavt kalkindhold) grundvand.

En fuldstændig vandanalyse af grundvand er derfor et vigtigt redskab. Den fortæller blandt andet hvilken vandtype, vi står overfor, og dermed også om, hvordan vandet blev dannet, om dets alder og magasinets sårbarhed.

I nogle tilfælde indeholder grundvand naturligt så store mængder af et stof, at det ikke egner sig til fremstilling af drikkevand. Under en vis dybde, gerne flere hundrede meter, er alt grundvand meget saltholdigt og helt udrikkeligt. I nogle områder, hvor grundvandet findes i kalklag, kan der forekomme et skadeligt højt indhold af fluorid.

Endelig er der, for eksempel i dele af Nordsjælland, Vest- og Midtjylland, steder, hvor grundvandet indeholder så meget organisk materiale, at vandet er så bruntfarvet som kaffe, at det kun kan anvendes til markvanding.



Grundvandet er fyldt med kemi fra naturens side, men ikke farlig kemi.

Oversigt over forskellige grundvandstyper og deres karakteristika.

Grundvandstyper

Kalkligevægt	Hårdhedsgrad °dH	pH	HCO ₃ ⁻ mg/l	Agg.CO ₂ mg/l
Blødt	<8	<7	<100	>5
Middelhårdt	8-18	7-8	100-300	<5
Hårdt	>18	7-8	200-400	<5

Redoxforhold	O ₂	NO ₃ ⁻	Fe ²⁺	SO ₄ ²⁻	H ₂ S	CH ₄
			mg/l			
Oxideret	0,5-10	1-150	<0,1	20-120	<0,05	<0,05
Reduceret	<0,5	<1	0,1-5	20-250	<0,1	<0,1
Stærkt reduceret	<0,5	<1	0,1-2	<20	0,1-5	0,1-5

Specielle vandtyper	Karakteristisk ionsammensætning
Ionbyttet grundvand	Kendes på et overskud af natrium i forhold til klorid samt et tilsvarende overskud af hydrogenkarbonat i forhold til calcium og magnesium målt i meq/l
Brunt grundvand	Bruntfarvet vand med et forhøjet indhold af organisk stof (NVOC >6 mg/l eller >20 mg KMnO ₄ /l) og typisk et højt indhold af hydrogenkarbonat (>300 mg/l) og pH >7,2.
Salt grundvand	Karakteriseret af et forhøjet indhold af klorid (>100 mg/l) og ofte høje koncentrationer af natrium.

Mange fordele, få ulemper

Vandforbruget i Danmark er baseret på indvinding af grundvand. Det er der mange fordele ved. For folkesundheden – og for demokratiet. Og så er der nogle ulemper, men de opvejes af fordelene.

Rent grundvand kan findes så godt som overalt i Danmark. Danmark er jo – med undtagelse af dele af Bornholm – opbygget af jordlag, som regnvandet kan passere igennem, hurtigt eller langsomt.

Som beskrevet på de foregående 2 sider, er regnvandet, når det er nået ned til grundvandet, dels blevet befriet for ubehagelige bakterier og sygdomsskim, og samtidig beriget med salte og mineraler, som gør smagen af vandet god og giver kroppen en del af det bidrag af næringsstoffer, som den skal bruge.

Det er de færreste steder i landet, at der i grundvandet er for meget af et eller andet naturligt forekommende stof, som gør det uanvendeligt som drikkevand.

Anvendelsen af rent, uforurenet grundvand overalt i landet til drikkevandsformål er med andre ord et væsentligt grundlag for en høj folkesundhed.

Også godt for demokratiet

Den kendsgerning, at grundvand overalt i landet kan hentes op af jorden og uden vanskelig eller dyr teknologi kan leveres til enhver bolig eller virksomhed, er grunden til, at organiseringen af produktion og distribution af rent drikkevand i Danmark i den grad er overladt til forbrugerne selv. I de større byer som regel organiseret i kommunale forsyningsenheder, i mindre byer og landsbyer i private fællesvandværker.

Den decentrale vandforsyning, som de mange tusinde kommunale og private vandselskaber landet over udgør, er således vigtige brikker i det lokale netværk af demokratiske institutioner.



Drikkevand baseret på rent grundvand er af største betydning for folkesundheden.

På grund af de nu så kendte og ofte omtalte forureningstrusler mod grundvandet har vandværkerne i de senere år fået en ny opgave. De er på en måde blevet miljøvogtere på det lokale plan. For forbrugernes skyld må vandværkerne være med til at overvåge, hvad der foregår i nærheden af kildepladsen og i indvindingsoplandet.



En af lokalsamfundets vigtigste institutioner, vandværket.

Der er også ulemper

Blandt ulemperne ved grundvandsindvinding er naturligvis i første række, at selve indvindingen forårsager afsænkning af grundvandsspejlet og dermed kan medvirke til dræning og udtørring af naturlige vådområder og vandløb, hvis der ikke passes på. Se nærmere herom på side 16.

Nogle grundvandstyper er i kemisk forstand sådan sammensat, at det er vanskeligt med simpel vandbehandling at opnå god drikkevandskvalitet. De indeholder måske aggressiv kuldioxid, for meget organisk stof eller de er for salte. Problemer, som mange vandforsyninger landet over må tackle. Se nærmere herom på side 17.

Det lokale kan have sin pris

Enhver medalje har sin bagside. Bagsiden af den decentrale vandforsyning er desværre, at der nogle steder ikke er den rette forståelse for, hvor vigtig en opgave det er at have ansvaret for lokal-samfundets vigtigste levnedsmiddel.

Det er naturligvis ikke rimeligt, at nogle vandværker her omkring år 2000 har tilbagevendende problemer med bakterier i drikkevandet, overskridelser af nitrat-grænseværdien eller overskridelser på simple behandlingsparametre som jern, mangan eller aggressiv kuldioxid. Eller at der nogle steder kan konstateres nedslidte bygnings- og behandlingsanlæg, ubeskyttede boringsanlæg eller vandværksgrunde, der ligefrem renholdes med sprøjtemidler.

Har Danmarks søer også indirekte lidt under grundvandsindvindingen?

I udlandet, for eksempel Tyskland, hvor vandindvinding fra store søer er ganske almindelig, er der opsat meget omfattende beskyttelsesbestemmelser for søer, der tjener drikkevandsformål.

Arealerne omkring søen må ikke udsættes for forurening, hverken fra landbrug, byer eller industri, og rekreativ anvendelse af søen er indskrænket til ikke-forurenende aktiviteter. Følgelig er søer, der er reserveret til drikkevandsformål, i natur- og miljømæssig henseende i særklasse.

I Danmark, hvor overfladevandene i løbet af det 20. århundrede helt mistede betydning for drikkevandsforsyningen, har beskyttelsen af søernes miljø følgelig været meget lavt prioriteret. Søerne har derfor i det meste af et århundrede modtaget store mængder urensset spildevand fra byer, spredt bebyggelse og industri og næringssalte fra landbruget. En ødelæggelse, som først for alvor blev bremset op med vandmiljøplanen.



Det er ikke foreneligt med drikkevandsforsyningens betydning for folkesundheden at selve produktionsstedet ser sådan ud.

Vandindvindingen i Danmark – fra overfladevand til grundvand

Kampen mod farlige vandbårne sygdomme som tyfus, kolera og diarré har ført os i dybet, hvor det rene, sterile, kølige grundvand findes.

I året 1854 hærgede i London en alvorlig epidemi af kolera med mange dødsopfre. På dette tidspunkt kom vandforsyningen til byens borgere fra centralt placerede vandpumper på gaden. Lægen John Snow fandt frem til, at koleratilfældene udelukkende opstod i familier, som hentede deres vand fra én bestemt pumpe. Det viste sig ved en nærmere undersøgelse, at en kloak, som passerede pumpen, var utæt, og at drikkevandet blev forurenet af udsivende kloakvand.

Man fandt altså ud af sammenhængen, endnu uden dog at vide, at det var bakterier i vandet, der udløste sygdommen. Kolera-bakterien blev først opdaget i 1883, tyfus-bakterien året efter.

I de sidste årtier af det 19. århundrede var der i Europa udviklet store byvandværker, der benyttede sig af en langsom sandfiltrering af kilde- og søvand. Filtreringen gav en god sikkerhed mod sygdomsfremkaldende bakterier i brugsvandet, men helt undgå risikoen, så længe man benyttede sig af overfladevand, kunne man ikke.

Først med anvendelsen af borer, der muliggjorde udnyttelsen af grundvandet, før det nåede jordoverfladen, kom det afgørende gennembrud i kampen mod de farlige epidemier.

I Danmark gik alle større byer i løbet af de sidste årtier af det 19. århundrede over til indvinding af grundvand, og i det hele taget udvikledes i disse år alle de teknologier, som også nutidens vandforsyning og -behandling benytter sig af (iltning, filtrering, pumper og vandtårne).

I de mindre byer og det åbne land klarede man sig endnu længe med brøndvand. I takt med befolkningsøgning og velfærdsudvikling øgedes



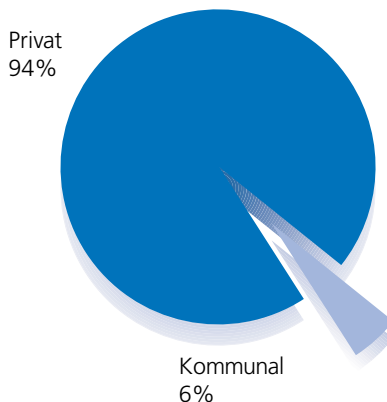
vandforbruget dog efterhånden så meget, at brøndene ikke kunne følge med. Fra 1930 til 1970 fik alle mindre byer og landsbyer efterhånden egne fælles vandværker, der indvinde grundvand fra borer i mindre eller større dybde, op til 50 meter under terræn.

Klostergade i Kolding år 1870. Til venstre ses den offentlige vandpumpe

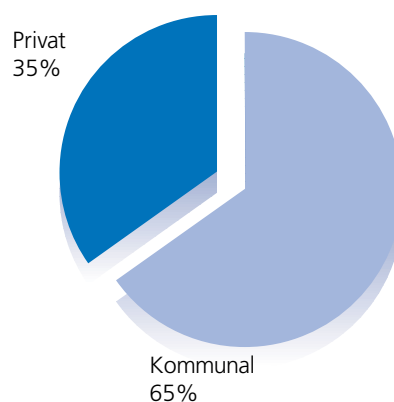
I dag er der kun meget få brønde i anvendelse til drikkevandsforsyning, og efterhånden er der langt mellem alvorlige hændelser med bakterieforurenet drikkevand. At det dog stadig er et alvorligt problem, som vi skal have opmærksomheden rettet mod, vidner blandt andet debatten om forurenet drikke- og badevand på vore sygehuse os om.

Langt hovedparten af de fælles vandværker i Danmark er privatejede. Men de knap 300 store offentlige vandforsyninger leverer 65% af drikkevandet.

Antalsmæssig fordeling af almene vandforsyninger



Andel af indvinding



Offentlig og privat fælles vandforsyning

I Danmarks større byer har vandforsyningen på linje med en række andre forsyningsopgaver altid været offentligt organiseret, som et led i det kommunale forsyningsvæsen. Den dag i dag er hovedparten af al vandforsyning i de større byer et offentligt anliggende.

I de senere år har der dog været tendenser i retning af, at de offentlige forsyningsopgaver organiseres i selvstændige, mere eller mindre privatiserede virksomheder.

Den fælles vandforsyning i de mindre byer og bymæssige bebyggelser har derimod fra starten været privat organiseret, typisk som interessentselskaber eller andelsselskaber.

Selv om de fleste vandværker er organiseret som private selskaber, gælder det som princip, at vandværkerne ikke må tjene penge på at levere drikkevand til deres forbrugere.

Driften af værket skal "hvile i sig selv", som det hedder. Der må dog gerne opspares en kapital af en vis formue til dækning af nyinvesteringer og til sikring af vandværkets indvindingsinteresser.

Strukturelle forandringer

Siden 1970, hvor antallet af vandværker var på sit højeste, er antallet af fælles vandværker faldet kraftigt, fra over 4000 til nu knap 2900. Hovedparten af disse, 2700, er private vandværker.

Det er især de mindre og mindste vandværker, der nedlægges/sammenlægges med større. Nogle gange er sammenlægningen udløst af forurening og vanskeligheder med at finde rent grundvand lokalt, andre gange har det blot ligget lige for.

Vandforbruget er på vej ned

I starten af 1980'erne nåede vores forbrug af grundvand et højdepunkt. Den årlige oppumpning i Danmark nåede op på 1200 millioner kubikmeter. Vi tilskrev det dengang velstandsudvik-

lingen og troede, at forbruget ville fortsætte med at stige.

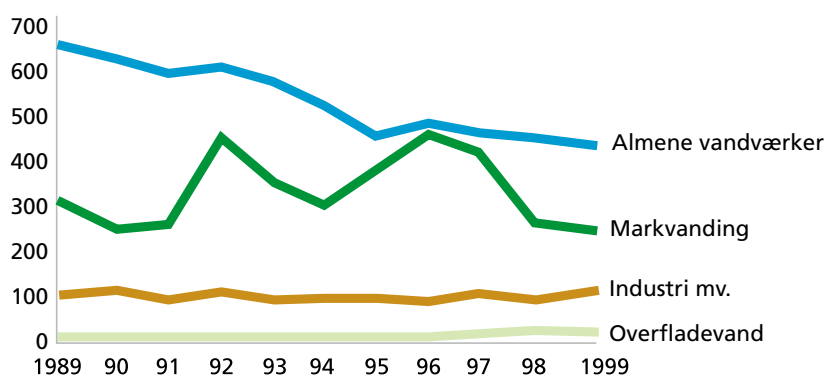
I virkeligheden skyldtes en stor del af forbrugsudviklingen sløseri med utætte ledninger og en dårlig teknologi i vore boliger og virksomheder.

I dag, hvor velstanden er langt højere, er vandforbruget væsentligt lavere. Vandprisen og vandmålere har trykket egentligt vandspild helt i bund (på mange vandværker nu kun omkring 5%), og vandbesparende teknologier i husholdning og virksomheder har trukket forbruget væsentligt ned.

Enhedsforbruget for en gennemsnitsfamilie lå i 1980'erne i nærheden af 200 m³ årligt, i dag er det ikke sjældent nede omkring 120-130 m³. I København er målet 100 m³ nu inden for rækkevidde.

Udviklingen i vandforbruget i Danmark

millioner m³ vand pr. år



Det kan gå ud over naturen, når vi indvinder grundvand



Vore største natur- og landskabsoplevelser er meget ofte knyttet til områder, hvor vandet er et vigtigt element: søer, vandløb, enge, fjorde og hav. Vores forbrug af grundvand må tage hensyn til bevarelsen af de sårbare dele af naturens kredsløb.

Når vi henter vand op fra jorden, lader den ubrudte vandstrøm os nemt glemme, at vi foretager et indgreb i naturens kredsløb. Vandet bliver jo tilsyneladende ved og ved med at komme ud af hanen. Men grundvandet hænger sammen med det, vi ser på overfladen, regnen, åerne, søerne og havet. Grundvandet fungerer i naturen som en stor lagertank. En tank, der om vinteren langsomt fyldes op og der om sommeren langsomt afgiver vinterens overskud til vandløbene. Det skaber en stabil, mindste vandføring i vandløbene om sommeren. Ændrer vi grundvandsmængden ved indvinding, så bliver der mindre tilbage til afstrømning i vandløbene. En bæredygtig vandindvinding må derfor tilpasses naturen.

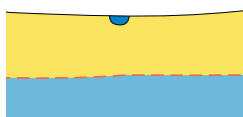
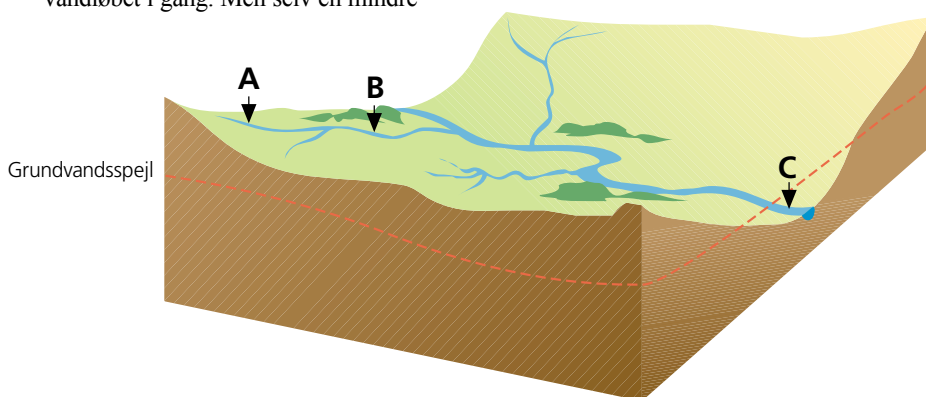
Det vand, der løber i vores vandløb, består dels af grundvand, dels af drænvand og overfladeafstrømmende regnvand og endelig af tilledt spildevand. Vandløbets sårbarhed over for indvinding af grundvand er afhængig af vandløbets "kontakt" til grundvandet (lækageforhold). Hvis vandløbet ligger over grundvandsspejlet, hvilket er

typisk for de øverste dele af et vandløbssystem, vil vandløbet naturligt tørre ud i løbet af sommeren, når regn- og drænvand ophører med at løbe. Disse vandløb tørrer altså ikke ud som følge af indvinding.

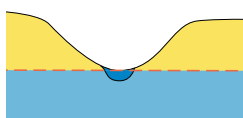
Hvis vandløbet ligger, så bunden lige er i kontakt med grundvandsspejlet, vil grundvandet sommeren igennem holde vandløbet i gang. Men selv en mindre

sænkning af grundvandet som følge af indvinding, vil kunne medføre tørlægning af vandløbet.

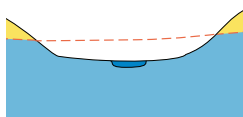
Hvis vandløbet ligger under grundvandsspejlet, hvad der er typisk for de nedre strækninger i vandløbssystemet, vil selv større indvindinger kun påvirke vandføringen i vandløbet i mindre grad. Generelt gælder, at vandindvindingen så vidt muligt skal placeres i stor afstand fra vandløbet, fordi indvindingens påvirkning på vandløbets vandføring vil blive udjævnet over året. Især markvandingsboringer, der i sagens natur anvendes mest i tørkesituationer, hvor også vandmængden i vandløbet er lav, skal holde en god afstand til vandløbene. Søer og øvrige vådområder påvirkes naturligvis også negativt, hvis indvindingen medfører større permanent afsænkning af grundvandsspejlet. I Nordsjælland, hvor grundvandssænkninger på op til 10-15 meter som følge af grundvandsindvinding ses, er de ferske vådområder, søer og vandløb naturligvis påvirkede.



A Vandløbet ligger over grundvandets trykniveau. Der er typisk tale om vandløbssystemets øverste grene, de små kilder og bække, som ligger nær vandskellene. Vandet i disse vandløb stammer fra overfladeafstrømning, hvorfor sommerudtørring, som hyppigt ses, sjældent skyldes indvinding af grundvand.



B Vandløbet ligger omkring grundvandets trykniveau. I sommerhalvåret holdes sådanne vandløb i gang af grundvandsbidraget. Selv mindre sænkninger af grundvandsspejlet som følge af indvindinger kan derfor medføre udtørring af vandløbet.



C Vandløbet ligger under grundvandets trykniveau. Der er typisk tale om vandløbssystemernes nedre dele med en stor og rigelig vandføring. Indvinding af grundvand påvirker kun vandløbet i begrænset omfang.

Kraftig indvinding kan også forværre vandkvaliteten

Hvis indvindingen i et område gennem længere tid er større end grundvandsdannelsen, vil det resultere i et stadigt fald i grundvandsspejlet.

En sådan permanent sænkning af grundvandsspejlet kan udløse kvalitetsforringelser i det oppumpede grundvand.

Sænkningen kan for det første medføre, at et ellers velbeskyttet spændt magasin ændrer karakter til et frit magasin. Herved kan forurenende stoffer fra ungt grundvand i højereliggende magasiner få adgang til det dybereliggende magasin, hvorfra indvindingen sker. Resultatet kan blandt andet måles som en stigning i nitrat-indholdet.

Iltning af jorden

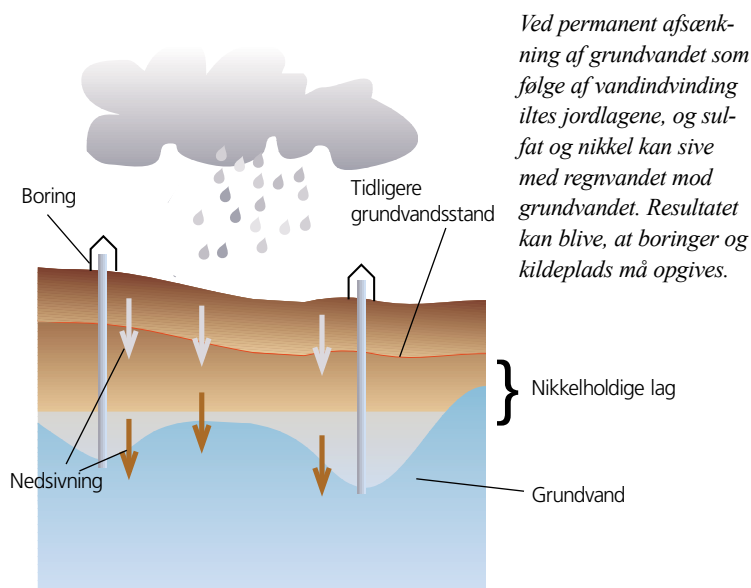
Ved en permanent afsænkning af grundvandet kan der desuden ske det, at jordlag, der hidtil har befundet sig i den mættede, iltfrie zone, nu blotlægges for iltpåvirkning. Jordens indhold af mineraler kan derved udsættes for en iltning, der kan frigøre stoffer til jorden, som så kan føres med regnvandet nedad til grundvandet.

For eksempel indeholder visse jorder store mængder af mineralet svovlkis (pyrit). Ved iltning af svovlkis dannes blandt andet sulfat og nikkel, som derpå kan udvaskes til grundvandet. Sulfat ses ofte i grundvand i små mængder (10-30 mg./liter), men hvis sulfatindholdet nærmer sig den maksimale grænseværdi på 250 mg./liter, er vandet ikke længere egnet til drikkevand. Nikkel optræder normalt kun i grundvand i meget små mængder.

Saltvandsindtrængning

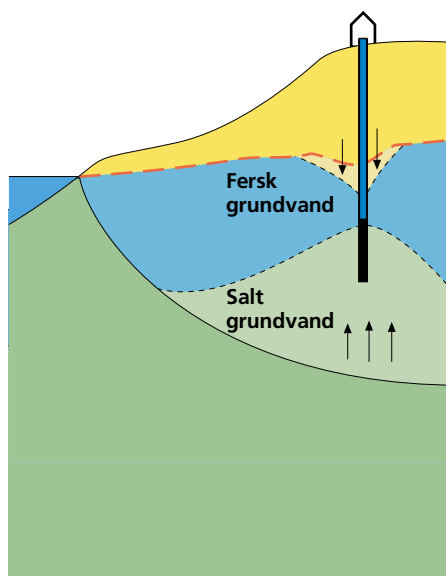
Det ferske grundvand, som vi er interesseret i til drikkevandsformål, har en lavere vægtfylde end salt grundvand. Derfor ligger det ferske grundvand som en slags pude oven på det salte grundvand i dybet.

Ved indvinding fra det ferske grundvand skabes der et undertryk omkring boringen, der medfører, at grænsen mellem det ferske og salte grundvand forskydes kraftigt.



Det er ikke noget problem under normale indvindingsforhold, fordi det salte grundvand ligger meget dybt.

På øer og i nærheden af kysten ligger det salte grundvand imidlertid højt, og her skal man være meget omhyggelig med ikke at pumpe (= suge) for kraftigt, for så kan det salte grundvand suges op i boringen.



Hvordan bliver grundvandet til drikkevand?

Vandværket er ansvarlig for grundvands rejsen fra boringen i grundvandsmagasinet, gennem vandværket, via eventuel højdebeholder og ledningsnet ud til din bolig. Du er dog selv ansvarlig for det sidste stykke af vejen, fra skel til din taphane.

Det er altså vandværkets ansvar, at drikkevandet, der leveres fra værket, er rent og sundt og overholder de gældende krav til godt drikkevand.

På dette opslag er vist hovedprincipperne i opbygningen af et vandforsyningsanlæg fra boringen til din taphane.

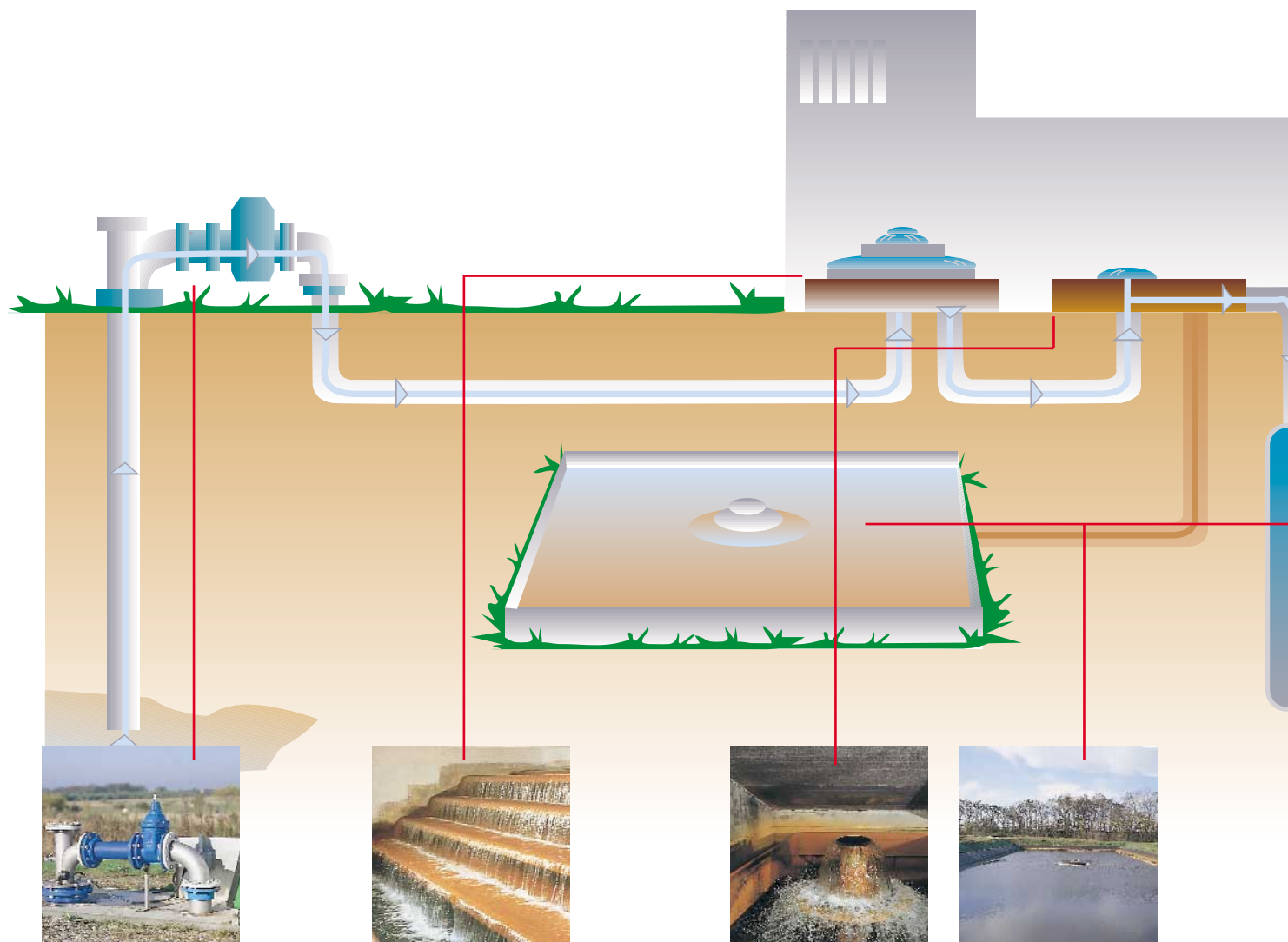
Der kan være variationer over temaet. Mange vandværker har ikke længere åbne iltningssystemer og åbne sandfiltre. På sådanne vandværker ser man faktisk ikke vandet. Derved kan vandet undgå at blive forurenet fra luften.

Helt små vandværker kan klare sig uden den store underjordiske rentvandsbeholder. Forbruget er ikke større end at de klarer sig med, hvad hydroforen (trykbeholderen) kan rumme.

Hvis boringerne er meget korte (10-15 meter), er råvandet ofte helt fri for jern og mangan. Så pumpes vandet direkte

ud til forbrugerne uden forudgående filtrering.

Sådanne vandværker bliver der færre og færre af, fordi det unge, nydannede grundvand, som de indvinder som regel indeholder nitrat og måske også miljøfremmede stoffer som sprøjtemidler.



Fra vandværkets boringer pumpes grundvandet op.

I vandværket sendes vandet i kaskader ud over iltningstrappen, hvor luftarter som svovlbrinte damper af og vandet iltet.

Vandet sendes gennem sandfiltre, hvor jern og mangan udfældes og filtreres fra.

Filtrene skylles jævnligt rene, og det jernholdige slam samles op i bundfældningsbassinet.

Kontrol af vandkvaliteten

Vandværket analyserer løbende vandet for en lang række naturligt forekommende stoffer. Der udtages prøver af råvandet (det ubehandlede vand) fra hver boring, prøver af det behandlede vand på vandværket og prøver af vandet i ledningerne på vej til forbrugerne. I de senere år er det på grund af forureningstruslerne blevet en regel, at råvandet fra hver boring analyseres for en lang række miljøfremmede stoffer



Det rene vand løber over i rentvandsbeholderen, hvorfra pumperne sender det ud i ledningsnettet.



Vandet skal have det rette tryk for at nå ud til dig. Det klarer pumpestationer eller vandtårne.



Til sidst kan du åbne for hanen, og vørs 'go!

Sikring af drikkevandets kvalitet



Det overrasker ofte folk, der besøger et vandværk, hvor relativt enkel behandlingsteknologien på vandværket er. Ofte tror folk, at vandet, når det kommer "op fra jorden", er beskidt, lugter og måske endda er forurenset, og at der på vandværket må foregå en større rensning af vandet lidt i stil med den, man ser på et renseanlæg.

Sådan er det jo heldigvis ikke. Det grundvand, der kommer ind i vandværket ude fra boringen, er normalt klart og rent, og det indeholder i hovedsagen kun stoffer i mængder, som vores krop kan tåle.

Det er en meget vigtig pointe, at grundvand som udgangspunkt ikke skal underkastes en vanskelig behandlingsproces. For det er simpelthen forudsætningen for den decentrale indvindings- og forsyningsstruktur, vi har i Danmark.

Behandlingsparametre

Enkelte af stofferne i grundvandet skal vi have begrænset mest muligt i det behandlede vand. Det drejer sig for eksempel om gasserne metan og svovlbrinte, der afgasser ved den beluftning, der finder sted på iltningstrappen. Grundvandet kan også indeholde for meget jern, mangan og ammonium. Det meste jern og mangan fjernes, når vandet sendes gennem sandfiltrene. Jern og mangan er ikke sundhedsfarlige stoffer, men de giver anledning til

kedelige misfarvninger på sanitet og vasketøj og ubehagelige aflejringer i rørene. Ammonium omdannes, når råvandet iltes ved beluftning, til nitrat. Nogle steder i landet, indeholder grundvandet naturligt relativt store mængder aggressiv kuldioxid. Det må ikke være i det vand, der forlader vandværket, da det tærer på rørmateriale. Stoffet fjernes helt ved at tilsætte et kalkprodukt til filtrene.

De øvrige stoffer i råvandet – forskellige salte og mineraler – påvirkes ikke nævneværdigt ved den normale vandbe-

handling på vandværket. De optræder normalt i acceptable mængder.

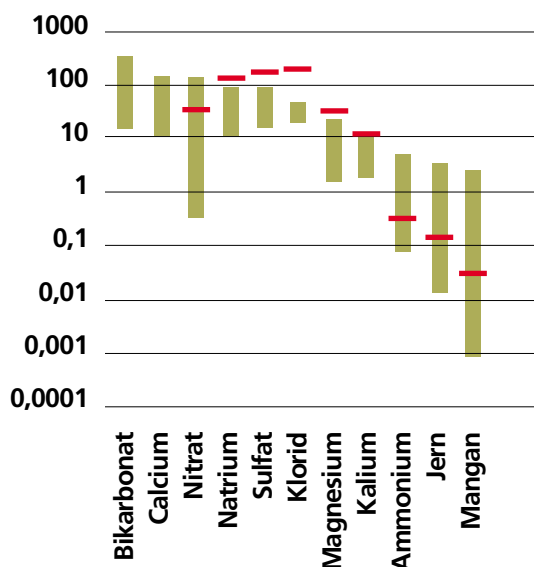
Grænseværdier

Drikkevand er et uundværligt kvalitetslevnedsmiddel. Vi er alle afhængige af det, dagligt, livet igennem. Og vi kan ikke vælge mellem forskellige produkter. Derfor er der fastsat meget skrappe krav til drikkevandets indhold af forskellige stoffer. Disse krav skal vandværkerne leve op til, når de leverer drikkevandet til deres forbrugere.

Alle fælles vandværker i Danmark har derfor et program for vandanalyser, der løbende skal udføres.

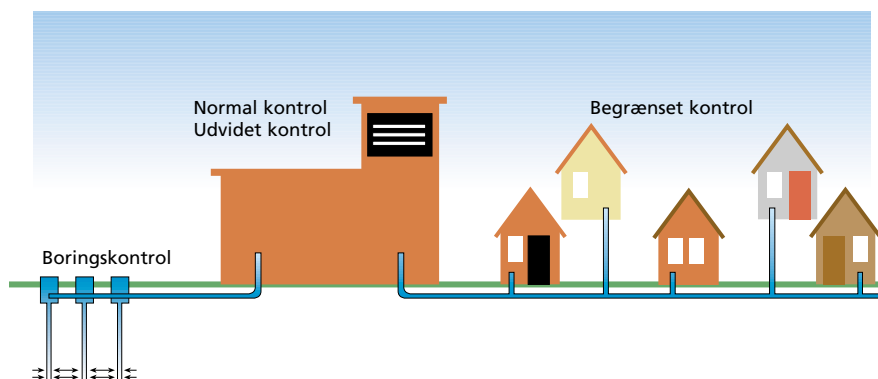
Langt de fleste vandværker leverer vand af en god kvalitet, hvor grænseværdierne for alle vandets stoffer overholdes.

Koncentration i mg pr. liter



Oversigt over råvandets indhold af forskellige stoffer, med angivelse af de intervaller, de normalt optræder i og med angivelse af den maksimale grænseværdi (rød markering).

Oversigt over vandanalyser, omfang og udtagelsessted



Vi ser dog hyppigt overskridelser af grænseværdierne. Nogle steder i landet kan et bestemt stof være det tilbagevendende problem. For eksempel nikkel i Køge Bugt-området, fluor på Djursland eller nitrat i det såkaldte nitrat-bælte i den nordlige del af Jylland.

Nogle overskridelser skyldes snarere tilfældigheder, dårlige borer eller dårlig vandværksdrift. Det kan være høje kintal, nogle gange endda med et indhold af colibakterier (tarmbakterier), et højt nitrat-indhold eller jævnligt overskridelser af grænseværdien for jern, mangan og aggressivt kuldioxid.

Det er kommunerne, der skal holde øje med kvaliteten af vandværkernes vand. Når der er overskridelser, må kommunen efter samråd med embedslægen tage stilling til, hvad der skal foretages. Hvis vandværket ikke selv tager ansvaret for, at drikkevandet lever op til kvalitetskravene, kan kommunen påbyde vandværket at gøre noget for at løse problemet.

De miljøfremmede stoffer

Indtil for få år siden var alle analyser bygget op om de stoffer, der naturligt er eller kan være i grundvandet. Efter flere og flere ubehagelige fund af miljøfremmede stoffer som sprøjtemidler, opløsningsmidler og aromater i grundvand og drikkevand, skal vandværkerne nu supplere deres vandanalyser med kontrol af uorganiske sporstoffer (tungmetaller) i ledningsnettet og kontrol af organiske mikroforureninger (for eksempel sprøjtemidler) på vandværket. Det sker efter en konkret vurdering af, hvad der kan være i vandet.

Der er også fastsat grænseværdier for indholdet af miljøfremmede stoffer i drikkevandet. Hvis der konstateres for eksempel rester af et sprøjtemiddel i vandet fra en boring, tages boringen som regel straks ud af produktion.

Fund af miljøfremmede stoffer i grundvandet har i de senere år kostet vandværkerne mange penge. På landsplan er flere hundrede borer blevet lukket,

og nye produktionsboringer må udføres. I nogle tilfælde skal vandværket finde et helt nyt magasin at indvinde fra.

I de tættest bebyggede områder af landet, i hovedstadsregionen, kan det være meget svært helt at undgå at anvende grundvand med et lille indhold af miljøfremmede stoffer.

I enkelte tilfælde er der da givet tilladelse til at anvende videregående vandbehandling, for eksempel aktiv kul-filtrering, så drikkevandskvaliteten er i orden. Men generelt er vi meget tilbageholdende her i landet med at anvende mere vidtgående behandlingsteknikker for at fjerne forureninger fra vandet. Vi vil hellere forebygge end rense.

Oversigt over de regelmæssige undersøgelser af drikkevandet:

Parametre i hver boring	Boringskontrol på vandværket	Normal kontrol på vandværket	Udvidet kontrol i ledningsnettet	Begrænset
Subjektiv bedømmelse		Vandets udseende Lugt og smag	Lugt og smag	Vandets udseende Lugt og smag
Mineraler og salte	Ledningsevne Temperatur pH Inddampningsrest 18 stoffer	Ledningsevne Temperatur pH 10 stoffer Inddampningsrest 20 stoffer	Ledningsevne Temperatur pH Farve Turbitet Inddampningstest 20 stoffer	Ledningsevne Temperatur pH 3-5 stoffer
Bakterier		Coliforme bakterier Escherichia coli (E.Coli) Kintal ved 37°C Kintal ved 22°C (Enterokokker) (Clostridium perfriges)	Coliforme bakterier Escherichia coli (E.Coli) Kintal ved 37°C Kintal ved 22°C (Enterokokker) (Clostridium perfriges)	Coliforme bakterier Escherichia coli (E.Coli) Kintal ved 37°C Kintal ved 22°C
Uorganiske stoffer og forureninger	5 stoffer			(1 stof)
Organiske samleparametre	NVOC	NVOC	NVOC	(PAH)
Specifikke organiske stoffer	Fastsættes i forhold til forureningskilder			
Pesticider og nedbrydningsprodukter	23 stoffer			

Fra grundvandsskellet til boringen

Indvindingsoplandet er et afgørende begreb i vandindvindingslæren. Beskyttelse af et vandværks indvinding mod forurening forudsætter, at indvindingsoplandet er kendt.

Til enhver vandindvindingsboring findes der et indvindingsopland, som er det område, hvorfra grundvandet strømmer hen til boringen.

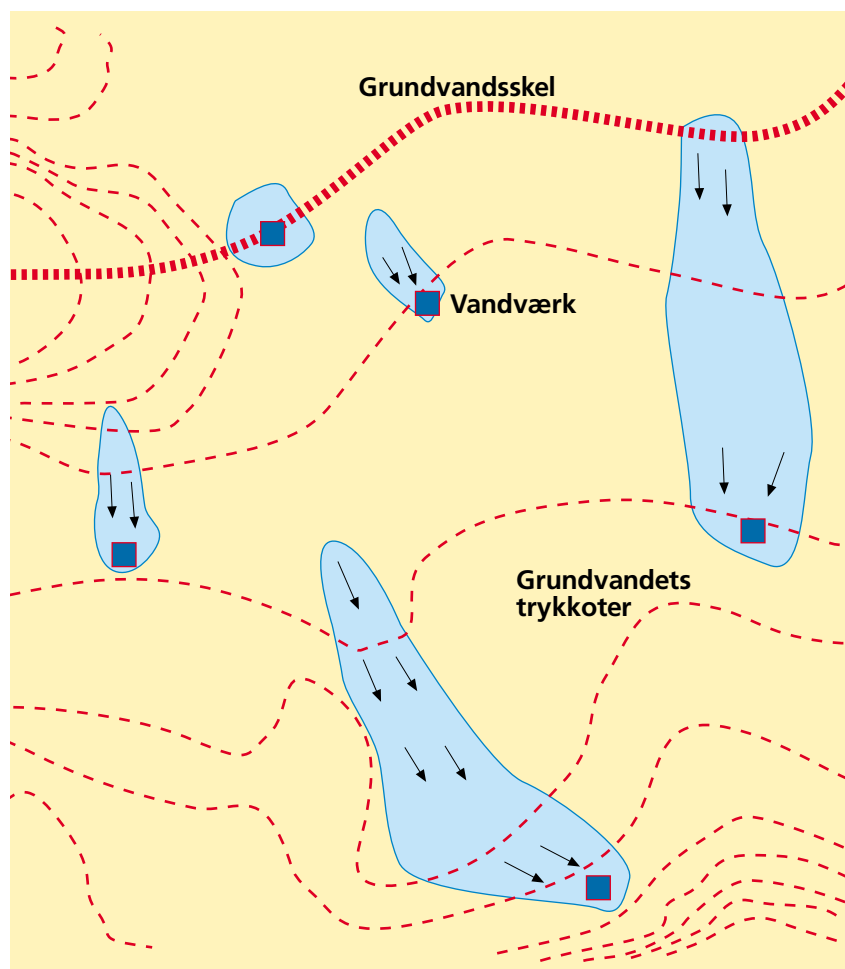
Først falder regnen på jordoverfladen. Herfra begynder en lodret nedsvivning af vandet, alene styret af tyngdekraften. Når vandet når ned til grundvandet, begynder en strømning, hvis endemål er havet.

Grundvandet ligger ikke vandret i jorden. Groft sagt ligger det højest langt inde i landet og lavest ved kysten, hvor det er i niveau med havvandet. De højeste områder i grundvandet kaldes for grundvandsskellet. Herfra "skilles vandene" og bevæger sig i hver sin retning nedad mod udstrømningsområderne, åer, søer eller i sidste ende havet.

Undervejs kan noget af grundvandet blive fanget ind i en boring. Det vil sige, at indvindingsoplandet principielt altid starter ved grundvandsskellet og derfra strækker sig ned til boringen. Vandets strømning i jorden forløber imidlertid ikke "pænt". Nogle jordlag er meget lerede, som vandet helst løber udenom eller gennemstrømmer meget langsomt. I sandede lag sker strømmingen hurtigt. Nogle steder "falder" grundvandet brat, andre steder sker faldet meget langsomt. Alt dette har betydning for indvindingsoplandets form.

Endelig har størrelsen af vandindvindingen i boringen selvfølgelig betydning. Jo større indvinding, jo bredere indvindingsopland.

Det er selvfølgelig ikke al grundvandet inden for indvindingsoplandet, der pumpes op ved boringen (boringen kører jo ikke døgnet rundt, året rundt). Men enhver regndråbe, der falder inden for indvindingsoplandet, kan havne i boringens filter. Og enhver forurening på jordoverfladen inden for indvindingsoplandet kan havne i vandværkets



drikkevand. Derfor skal vi holde øje med, hvad der foregår inden for vandværkets indvindingsopland.

Borejournalen og pejledata

Grundlaget for vor viden om grundvandets strømning i jorden og dermed om indvindingsoplandets form stammer fra de borejournaler, der skal udfyldes og indberettes for enhver boring, der udføres herhjemme. På borejournalen oplyser brøndboreren blandt andet hvilke jordlag, der gennembøres, og det såkaldte "rovandspejl", som er det niveau, grundvandet indstiller sig i i boringen, når der ikke pumpes.

Indvindingsoplandenes form og udstrækning bestemmes af grundvandets trykkoter (potentialelinjer) og boringens afstand til grundvandsskellet.

Når alle disse punktvisse data indtegnes på kort, kan kortet over grundvandets "overflade" tegnes. Vi kalder det for et potentialekort.

Nogle vandværker udfører herefter regelmæssige pejlinger af rovandsspejlet i deres borer, og på denne måde kan vi se, om grundvandsspejlet i jorden stiger eller synker over årene.

I det store og hele er grundvandsspejlet i de nedre magasiner meget stabilt, men er der flere år i træk med meget nedbør eller tørke, så kan det ses på grundvandsspejlet.

Usikkerheder ved bestemmelse af indvindingsoplandet

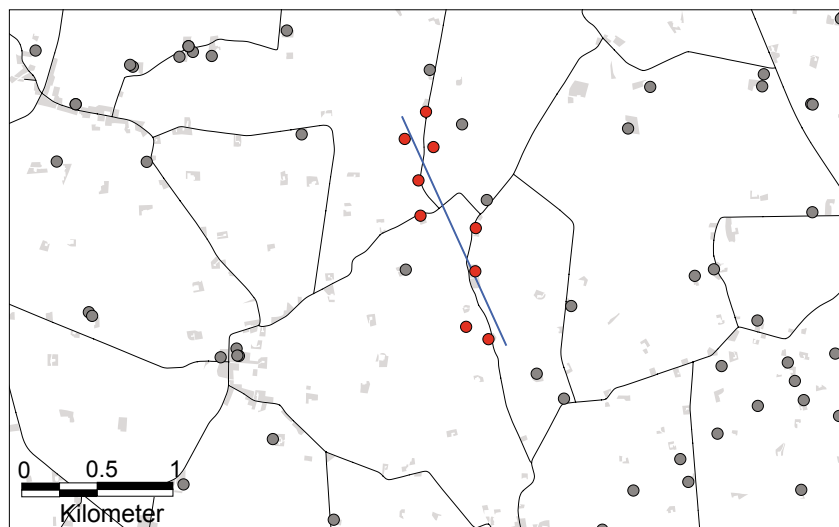
De indvindingsoplande, som vi med vor nuværende viden kan tegne, kan nogle gange være meget usikre. Det er vigtigt at vide.

Usikkerheden kan skyldes flere forhold. I nogle områder har vi kun meget få borer, at støtte vores viden til. Specielt gælder, at hvis indvindingsboringen er meget dyb, måske sat i et dybt magasin, som ingen andre indvinder fra eller som har en meget stor udstrækning, så er vores usikkerhed meget stor.

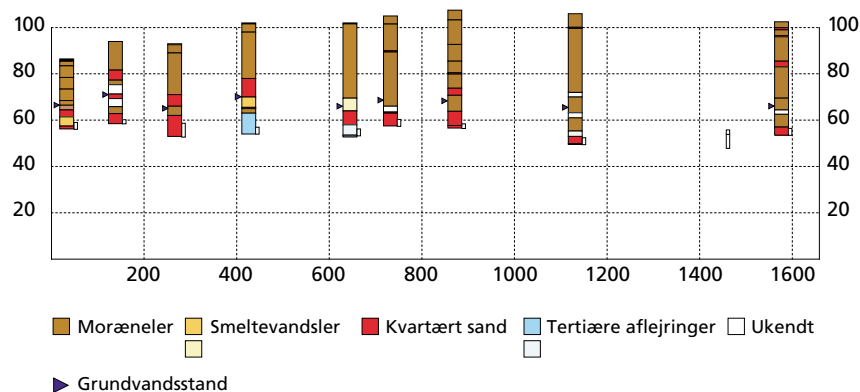
Hvis området har mange magasiner adskilt af lerlag, og indvindingsmagasinet derfor er spændt, kan grundvandets strømning også være meget svær at bedømme. Hvis boringen indvinder vand fra en begravet dal, kan strømningsbilledet være helt anderledes end potentialekortet lægger op til.

Usikkerheden om bestemmelsen af indvindingsoplandet er mindst, hvis boringen er placeret tæt på et grundvandsskel, eller hvis boringen indvinder fra et frit magasin i generelt sandede områder. Frem for alt er det godt, hvis der samtidig er mange velbeskrevne borer i området, som kan støtte vores opfattelse af, hvordan områdets jordlag hænger sammen.

En effektiv beskyttelse af de vigtigste grundvandsområder og vandværkernes indvindingsoplande kan kun lade sig



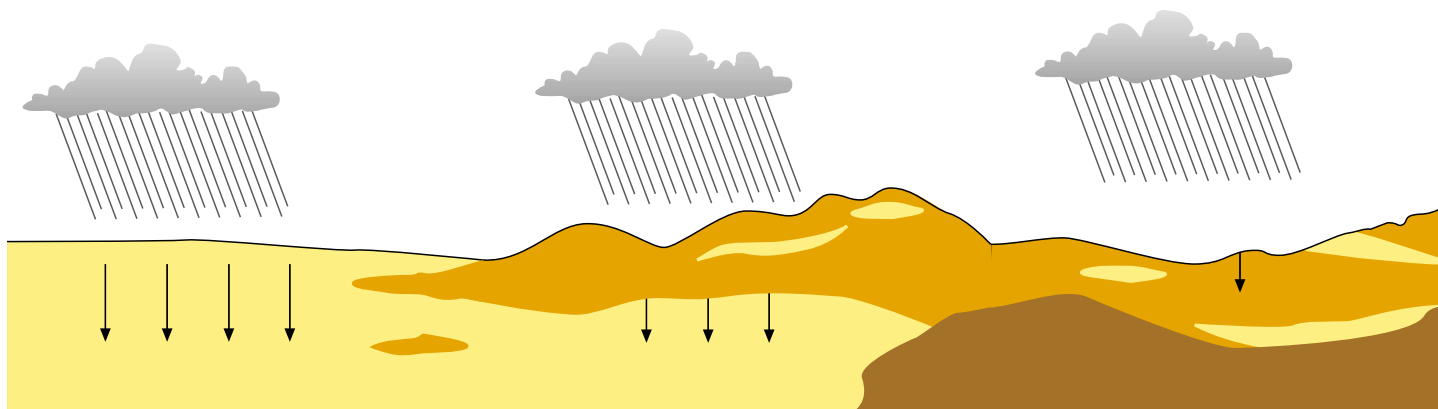
Meter over havet



gøre, når de geologiske forhold er velkendte. Derfor er der i dag i hele landet et meget stort behov for en nøje kortlægning af magasinforhold, geologi og sårbarhed.

Borejournalernes data er indberettet i en landsdækkende database, PC-Jupiter, som alle kan trække på. Heraf kan vi udtegne profilsnit som det ovenstående, og heraf danne os et billede af jordlag og grundvandets trykniveau. På kortet øverst ses alle indberettede borer. Vi "lægger" et snit på kortet (blå streg) og "trækker" de nærmest liggende borer (røde) ind på dette snit. På snittet neden for kan vi derpå aflæse boredata fra hver boring.

Grundvandsmagasiners sårbarhed



**En tommelfingerregel:
Hvor der dannes grundvand, vil
der altid være en vis sårbarhed
over for forurening. Jo større
grundvandsdannelse, jo større
sårbarhed!**

Når vi taler om grundvandets sårbarhed, er det altid i forhold til risikoen for en nedtrængende menneskeskabt forurening. Stor sårbarhed er lig med stor risiko for forurening. Men i virkeligheden er sårbarhed jo en indirekte måde at udtrykke, at grundvandsdannelsen i det pågældende område foregår hurtigt. Vandet synker hurtigt gennem jorden ned til grundvandet. Og grundvandsdannelsen er stor.

Grundvandsdannelsen er altid stor dér, hvor jordlagene er sandede eller grusede. I sådanne lag siver regnvandet hurtigt igennem. Hvis alle lagene er sandede, når vandet hurtigt grundvandsmagasinet.

I de frie magasiner, hvor grundvandsspejlet frit kan bevæge sig op og ned, er grundvandet mest sårbart. Nogle frie magasiner har lerlag over, men grundvandsspejlet står i sandlaget. Så taler man om, at der er nedadrettet "lækage" (læ-ka-sje) i lerlaget, og magasinet er stadig meget sårbart.

På steder, hvor vandindvindingen skal foregå fra højtliggende, frie magasiner, tæt på terrænoverfladen, er sårbarheden selvsagt meget stor.

Spændte magasiner er generelt mindre sårbare. Jo tykkere det overlejrede lerlag er, jo mindre sårbart er magasinet. Hvis magasinet ligefrem er artesiske

(trykkniveauet er over terræn), er der opadrettet lækage, og magasinet er mindst sårbart.

Normalt siger vi altså, at jo tykkere lerlag, der beskytter et magasin, og jo højere trykniveauet i grundvandsmagasinet er, jo mindre er sårbarheden. Men der er flere forhold, der skal tages i betragtning.

Ler er mange ting

Ler er ikke bare ler. Moræneler er for eksempel en meget uensartet jordtype, som i hvert fald ikke besidder samme beskyttende egenskaber som de finkornede, meget ensartede plastiske lerer, vi kender fra de ældre lag fra tertiærtiden.

I moræneler ses desuden ofte mange revner eller sprækker, som kan strække sig 8 til 10 meter fra overfladen og ned. De kan være forårsaget af tørke, træerødder eller bevægelser i de øverste jordlag. I sådanne sprækker er vandtransporten meget høj og lerets beskyttende egenskaber er da nedsat.

I det frie magasin er grundvandsdannelsen stor, og sårbarheden tilsvarende stor. Lerede dæklag over magasinet beskytter bedre, især under spændte/artesiske forhold.



Det vandførende lag af smeltevandssand – grundvandsmagasinet – begynder her få meter under terrænoverfladen. Det dækkende lerlag er rødfarvet på grund af iltnings af jernminerale i leret. Det viser, at lagets reducerende egenskaber er opbrugt. Nitratholdigt vand fra overfladen vil trænge ned i magasinet, uden at nitraten er nedbrudt.

Stofspecifik sårbarhed

Generelt siger vi, at tykke lerlag beskytter magasinet mod forurening. Og det er også en god regel i forhold til mange forureninger, for eksempel nitratforurening fra landbruget.

Tilstedeværelsen af lerede dæklag giver imidlertid ikke sikkerhed mod alle typer af forurenende stoffer. Visse klorerede opløsningsmidler som triklortylen holdes ikke tilbage af lerede jordlag. Det samme gælder visse sprøjtemidler. Ved flere lejligheder herhjemme er der i grundvand under lerede dæklag i stor dybde fundet sprøjtemidler og rester af sådanne. Lerlagene forsinker måske nedsykningen, men kan ikke forhindre den.

Brunkulslag

I lagene fra tertiærtiden optræder ofte tyndere lag af brunkul eller brunkulsnus. Når vand siver gennem brun-

kulslag, omdannes nitrat i det nedsivende vand til fri kvælstof. Er vandet belastet af nitrat før mødet med brunkulslagene, er det som regel nitratfrit efter. Brunkul har altså gode beskyttende egenskaber i forhold til nitrat.

Isforstyrrede lag

Danmark har været dækket af store ismasser i flere omgange. Isens bevægelser og det store tryk, jorden under isen var udsat for, har efterfølgende resulteret i store omlejring og forstyrrelser i jordlagene. Ofte er lerlagenes beskyttende egenskaber dermed blevet ødelagt. Lagene kan være revnede og opsprækkede eller skubbet op i skrå flager.

“Vinduer”

Som følge af isens forstyrrelser kan der på den måde mere eller mindre lokalt i de lerede lag være opstået huller, som er udfyldt med sandede lag.

Sådanne “vinduer”, som vi kalder dem, vil tiltrække det nedsivende vand, som afløbet i et kar.

Findes sådanne vinduer i vigtige grundvandsområder er det af største betydning at få dem lokaliseret, så en beskyttende indsats kan iværksættes.



Brunkulslag i råstofgrav. Når sandlag fra tertiærtiden blotlægges ses ofte smalle bånd af brunkul i sandlagene.

Viden, hvordan får vi den?

Når vi skal kende grundvandsmagasinerne udstrækning, sårbarhed og strømningsretning, kan det være nødvendigt at inddrage oplysninger af mangeartet karakter. Det sande billede af grundvandsmagasinerne opnår vi sikkert aldrig, men jo flere forskellige informationer, vi har mulighed for at anvende til kortlægning af grundvandsmagasinerne, jo nærmere kommer vi den rigtige løsning.

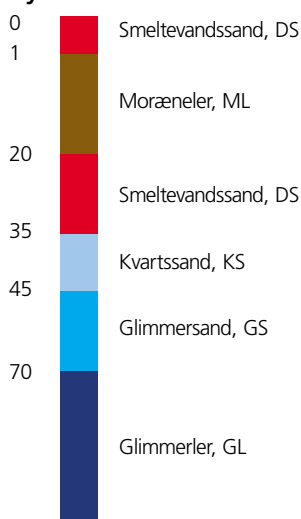
Grundlæggende informationer

Det grundlæggende ved en kortlægning er oplysninger fra eksisterende borer. Disse fortæller, hvilke jordlag vi kan forvente at finde og dermed i hvilken dybde grundvandsmagasinet ligger og, hvis der er borer nok, hvilken udstrækning grundvandsmagasinet har.

Boreoplysningerne har vi, fordi der ved etablering af en boring er pligt til at indsende en borejournal til GEUS, Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelser. I borejournalen oplyses, hvor dybt der er boret, hvilke jordlag der er truffet, om der er vand og i hvilken dybde o.s.v.

Boreoplysningerne angiver hvilke jordlag boringen er boret igennem

Dybde i meter



Ud fra oplysninger om, i hvilken dybde der er truffet vand, kan der optegnes et potentialekort. Et sådant kort angiver trykniveauet for grundvandsmagasinet og med dette kan vandets strømningsretning erkendes, idet vand altid løber "ned ad bakke" fra høje trykforhold mod lave trykforhold.

Et andet grundlæggende input er landskabskortet og kortet over istidens aflejringer (kvartærgeologisk kort). Sådanne kort fortæller geologen, hvilke processer der senest har virket i området og dermed hvordan de øverste jordlag er opbygget og af hvilke materialer. Dette er væsentlige, men dog ikke fyldestgørende oplysninger i forhold til at vurdere sårbarheden af grundvandsmagasinet.

Såfremt der er vandprøver fra nogle borer i det område, der ønskes kortlagt, kan disse give nogle meget vigtige informationer om grundvandsmagasinet og ikke mindst om sårbarheden. Optræder der f.eks. nitrat i vandet, tyder det på, at magasinet er sårbart over for nedsivning fra jordoverfladen.

Supplerende informationer

Da boringstætheden generelt er for lille er det ofte nødvendigt at supplere boreoplysningerne med andre informationer for at opnå et mere præcist billede af grundvandsmagasinet. På landsplan er der 3 borer pr. km². Men der er langt mellem de dybe borer, så der er endnu færre oplysninger om de

dybere jordlag. Det er klart, at med en stor afstand mellem borerne er der risiko for fejltolkninger.

For at udfylde "hullerne" mellem borerne kan der bruges forskellige kortlægningsmetoder.

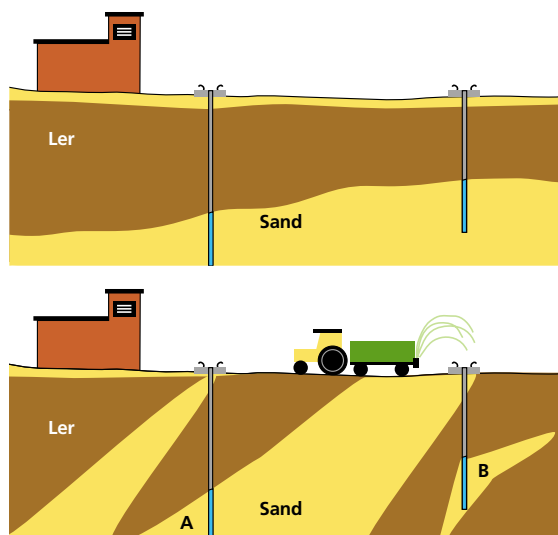
Prøvepumpninger

Ved en prøvepumpning pumpes en mængde vand fra det grundvandsmagasin, hvor der ønskes yderligere informationer. Ved at måle på ændringerne i vandspejlet i pumpeboringen og eventuelt andre borer i området kan magasinets ydeevne og til dels udstrækningen af magasinet vurderes.

I forhold til problemstillingen på tegningerne herunder vil en prøvepumpning hjælpe på vor forståelse af situationen. Hvis en prøvepumpning i magasin A ikke viser en påvirkning af magasin B (tegning 2), tyder det på to forskellige magasiner frem for ét sammenhængende magasin. Men hvor barrieren mellem de 2 magasiner ligger, kan ikke afgøres ved prøvepumpningen. Her kan det derfor være nødvendigt med andre kortlægningsmetoder.

Geofysiske målemetoder

Til en mere præcis lokalisering af grundvandsmagasinerne og deres afgrænsning kan de geofysiske målemetoder i nogle tilfælde være en stor hjælp. Metoderne udvikles hele tiden, men de mest anvendte i disse år er slæbegeoelektrik, MEP, TEM. Fordele ved disse metoder er, at man hurtigt kan kortlægge store områder. Fælles



Tegning 1 viser en enkel tolkning af jordlagene, alene ud fra boreoplysningerne.

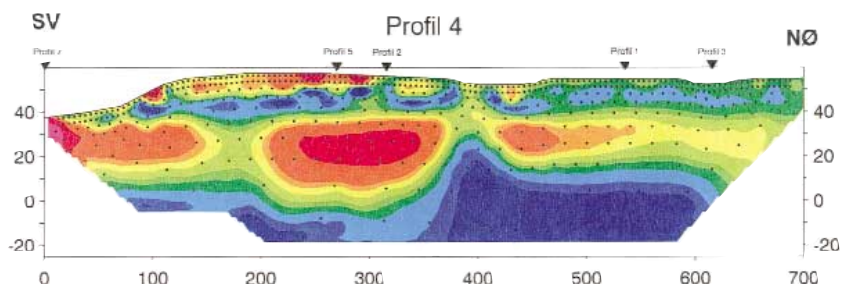
Tegning 2 viser, hvordan jordlagene i virkeligheden ligger.

for de 3 nævnte målemetoder er, at de kortlægger den elektriske modstand i jordlagene. Den elektriske modstand i sand og ler er meget forskellige, hvorfor metoderne er velegnede til kortlægning af disse formationer.

MEP (multielektrodeprofilering) og slæbegeoelektrik er moderne udviklinger af den traditionelle geoelektriske måling, hvor der sendes strøm gennem jorden fra et par strømelektroder, hvorefter der måles på spændingsforskellen mellem et par potentialelektroder. Ved MEP udlægges et langt kabel med en masse elektrodespyd. Ved slæbegeoelektrik trækkes et kabel med en række elektroder hen over jorden.

TEM (Transient elektromagnetisk måling) er en elektromagnetisk målemetode, der bygger på, at hastigheden, hvormed elektriske felter forplanter sig ned gennem jorden, er afhængig af de forskellige modstande i jordlagene. Ved en TEM måling udlægges normalt et kabel med en størrelse på 40 x 40 meter. Slæbe-TEM, som er en mobil elektromagnetisk måling, giver flere målinger og den har en god nedtrængningsdybde.

Herudover er der en række andre kortlægningsmetoder, som hver især kan give informationer til forståelsen af grundvandsmagasinerne udstrekning og sårbarhed. Metoderne udvikles hele tiden og om ganske få år er der sikkert helt andre og mere præcise målemetoder til rådighed. Endvidere forsøges en del af de geoelektriske målemetoder også anvendt fra luften.



Karakteristiske formationsmodstande for forskellige sedimenter. Gule og røde partier betegner højmodstandslag, der tolkes som sand. Grønne og blå partier betegner lavmodstandslag, der tolkes som ler.

Der kan hurtigt kortlægges store arealer med slæbe-geoeol. Undersøgelserne efterlader ikke skader på jorden.

Oversigt over metoder til geologisk detailkortlægning



Indirekte metoder:

Elektromagnetiske metoder

(herunder TEM, Stang-slingram)

Elektriske metoder

(herunder Slæbegeoel, MEP, Linieprofilering og Punktsondring)

Seismiske metoder

(herunder Refraktionsseismik og Reflektionsseismik)

Gravimetriske metoder

Borehulslogging

(herunder Elektriske logs, Gammalogs, Induktionslogs, Flowlogs, Kaliberlogs og Ledningsevnelogs)



Direkte metoder:

Nye borer

(herunder Traditionelle borer og Ellogboringer) undersøgelse af jordprøver

Lokalisering, pejling og (GPS-) kotesætning af eksisterende borer

Test af hydrauliske parametre i borer

Analyse af vandprøver

til bestemmelse af vandtyper, vandkvalitet og aldersdatering

Truslerne mod grundvandet

Inden for blot de seneste ti år er den menneskeskabte trussel mod det rene grundvand blevet det mest omtalte forureningsproblem i Danmark.

Da for eksempel Vejle Amt i 1992 offentliggjorde sin første samlede plan for grundvandsbeskyttelse, var der ikke mange uden for vandværkskredse, der hæftede sig ved de skitserede problemstillinger. Meget af det vi beskrev som trusler var da også kun baseret på forudseenhed, ikke på kendsgerninger – endnu.

Desværre er det for længst dokumenteret, at forureningen mange steder er trængt ned i grundvandet. Næsten dagligt hører vi om nye forureninger fra sprøjtemidler, opløsningsmidler med mere.

Det klassiske problem

Midt i al postyret om sprøjtemidler, benzin og opløsningsmidler må vi ikke glemme den farligste trussel mod vores drikkevand, nemlig truslen om forurening af drikkevandet med sygdomsfremkaldende bakterier.

Med omlægningen til grundvand slap vi af med den daglige trussel fra mikroberne, men vi skal stadig huske at være omhyggelige med vore installationer og ledningsnet.

Kloaknet, pumpestationer, spildevandsledninger og møddingsanlæg i nærheden af borer og rentvandsledninger er en konstant trussel.

Selv om det nu er blevet lovligt at anvende regnvand direkte til for eksempel toiletskyl og tøjvask for at spare på vandet i de dele af landet, hvor ressourcen er knap, så må der dog advares mod dårligt installationsarbejde og lemfældig omgang med "det grå vand". Fejl kan hurtigt få fatale følger.

Nitrat

I mange år har det været landbrugets forurening af grundvand med nitrat, der har været i fokus. Næst efter bakteriologisk forurening er nitrat-forurening den hyppigste årsag til lukning af private brønde og borer på landet.

Også mange vandværker landet over slås med nitrat-belastet drikkevand. Mange steder er problemet blevet løst ved at sløjfe gamle korte borer og lave en ny dyb boring til et dybtliggende grundvandsmagasin. Men det er ikke alle steder muligt.

Nogle steder, for eksempel på Stevns og i dele af Nordjylland, begynder kalkmagasinet så at sige lige under pløjelaget. Sådanne steder er det ikke ualmindeligt med nitratværdier i grundvandet mellem 50 og 100 mg./l eller endda over.

Nitrat kan ganske vist fjernes fra vandet, ved omvendt osmose, men det er en kostbar og avanceret proces, som ikke klares på mindre vandværker.



Atalia Ørholt i Holmstrup skal fortsat vaske hænder i tankvognsvand, da hendes mor fortsat er utryk ved vandet i hanerne.

FOTO: MARTIN BALLER

Borgere stadig bange for vand

FORURENING: Hamstring af vand fra den sidste kommunale tankvogn

28 Af Karsten Bjørno

Borgerne i Holmstrup er stadig bange for at bruge vandet i hanerne. Det er fordi hun kun med besvær kan forlade sin lejlighed.

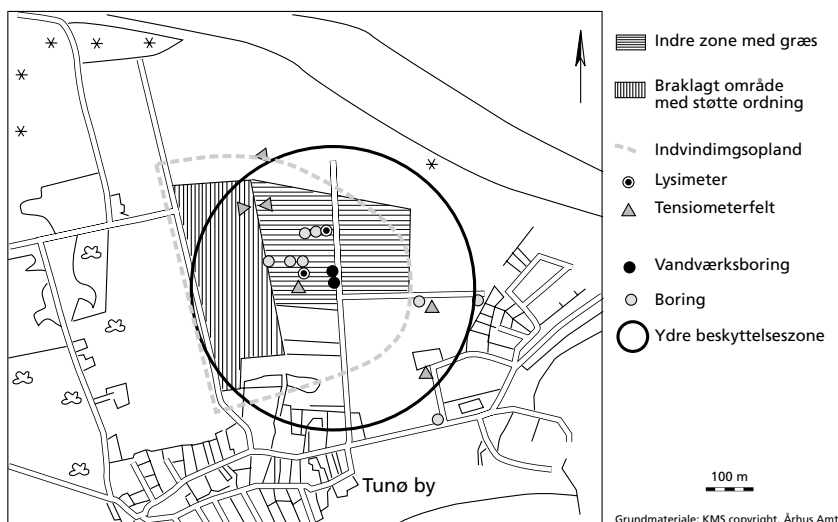
vand fra den sidste tankvogn. - Hverken jeg selv eller mine børn må drikke af vandet eller tage bad i det, før de har fundet fejlen. Jeg er gravid i 6. måned og kommer til at føde

vil heller ikke åbne for vandhanen.

- Jeg er sårbar overfor sådan en forurening.

fordi hun kun med besvær kan forlade sin lejlighed.

Grundvandet som drikkevandsressource



*Grundvandsbeskyttelse på Tunø.
De skraverede arealer, som udgør 6 ha,
er braklagte. Der kommer ikke længere
nitratholdigt vand ned til magasinet fra
disse jorder. (Århus Amt, Tunø-rapporten,
1999).*

Hvad der vælges af udvej, må afhænge af de konkrete muligheder:

- ny dybere boring udføres,
hvis muligt
- tilslutning til nabo-vandværk,
hvis muligt
- tilpasset landbrugsdrift,
så nitrat-indholdet falder.

De to første udveje er almindeligt anvendt, den tredje er ind til videre kun iværksat meget få steder.

På øen Tunø i Århus Amt er der med stort held iværksat en sådan løsning, da andre muligheder var udelukket. På de nærmeste arealer omkring øens vandboringer er landbrugsdriften nu ophørt og arealerne er braklagt. Nitrat-indholdet, som før aftalen var op mod 150 mg./l, er nu i 1999 målt til 50 mg./l og det vil fortsat falde i de kommende år, da vandet, der er på vej ned, er helt fri for nitrat.

Måske kan Tunø-eksemplet tillempes til nitratfølsomme sandjorder på "fastlandet". For små vandværker kunne det i stedet for den dyre, dybe boring være løsningen at bore kort (15-20 meter) og derpå braklægge de nærmeste 5-10 ha omkring boringen.

De miljøfremmede stoffer

I en lang årrække skaffede vi os af med kemikalier på en mere nem måde. Vi smed jord på, og så var det væk. Og det var væk i årtier, indtil det en skønne dag dukkede op i drikkevandet. Og nu står vi med den næsten umulige opgave: at rydde op efter godt hundrede års dårlige vaner, sløseri og småforbrydelser. Der er de tusindvis af ikke helt tætte olietanke ved boligerne, der er kemikalietankene på industrigrunde, de udendørs lagre for trykimprægneret tømmer, de utætte kloaknet, påfyldnings- og vaskepladserne, de opfyldte grus- og mergelgrave.

Der er de tusindvis af kilometer sprøjtemiddelbehandlede vej- og jernbanestrækninger, "renholdte" gårdspladser, stier, parkerings- og opholdsarealer. Fra alle disse steder siver regnvandet

nedad, tilsat en varieret blanding af opløsningsmidler, detergenter, aromater, MTBE, sprøjtemidler, fenoler m.m.

Nogle af stofferne er det nu forbudt at anvende, men derfor kan de jo godt optræde i grundvandet længe endnu. I grundvandet sker nedbrydningen ofte meget langsomt. Men mange andre farlige stoffer anvendes stadig lovligt. Nogle har vi svært ved at undvære, andre bruges stadig mest på grund af magelighed.

Oprydningen på virksomheden BM-Controls i Hedensted Kommune kommer til at koste hen ved 35 millioner kroner. Det øverste grundvand under virksomheden er fuld af trikloretylen, spildt fra en intern utæt kloakledning og et bundfældningsbassin på virksomheden. Det truer det dybere grundvand og forurener grundvandet under byen.



Nitrat i grundvandet



Nitrat er ikke et giftstof, men et nødvendigt plantenæringsstof. Det er en del af naturens store kvælstofkredsløb. Men desværre indebærer nutidens landbrugsdrift, at det også findes i store mængder i vandmiljøet, herunder i grundvandet. Og der hører det ikke hjemme.

Knap 2/3 af Danmarks areal udgøres af opdyrket landbrugsjord. For at de dyrkede planter kan gro optimalt skal de have mulighed for at optage næringsstoffer (kvælstof, fosfor, kalium m.m.) fra jorden.

Kvælstof er det næringsstof, som planterne har brug for i størst mængde. Kvælstof (N) tilføres til jorden enten som kunstgødning eller som husdyrgødning (møg, ajle eller gylle). Der tilføres årligt mellem 100 og 200 kg N/ha, afhængigt af afgrøden.

Landbrugets samlede kvælstofforbrug er gennem hele det 20. århundrede vokset meget kraftigt, fra ca. 75.000 tons omkring år 1900 til ca. 500.000 tons i dag.

Vandmiljøplanen indebærer dog, at forbruget senest i 2007 skal være reduceret med 100.000 tons, svarende til ca. 33 kg N/ha.

Kvælstof-omsætningen

Nitraten i jordvandet stammer fra om-

sætning af ammonium. Ammonium (NH_4^+) udbringes på markerne som gylle eller kunstgødning, men dannes i øvrigt også naturligt i jorden ved omsætning af jordens store indhold af organisk materiale. Ammonium udvaskes ikke.

Jordens bakterier omdanner imidlertid ammonium til nitrat (NO_3^-), som planterne let kan optage. Problemet er, at bakterierne fortsætter med at danne nitrat, så længe jordtemperaturen blot er over $4-5^\circ\text{C}$. Det er den længe efter høst, hvor der ikke længere er planter til at optage den dannede nitrat.

Derfor kan nitraten blive udvasket og ende i grundvandet, med mindre den undervejs nedad med bakteriers hjælp nedbrydes. Man taler om, at jorden har en reduktionskapacitet, hvilket vil sige, at bakterier er i stand til at bruge ilten i nitraten. Dette sker lettest i lerlag, for eksempel ved iltning af pyrit, men kan også finde sted i humusholdige sandlag. I sandede jorder opbruges reduktionskapaciteten dog langt hurtigere, hvilket kan ses af, at nitratholdigt vand kan måles i meget større dybde i sandede jorder end i lerede jorder.

Udvaskningen styres af mængder, nedbør og temperatur

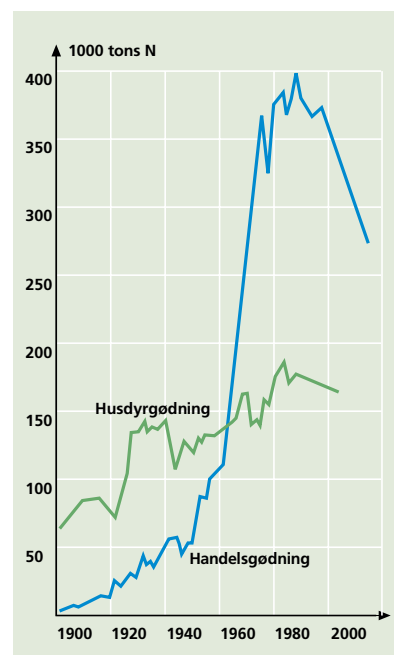
Hvor meget nitrat, der rent faktisk udvaskes til grundvandet, vil i det

enkelte år være styret dels af, hvor meget tilgængelig nitrat jorden rummer efter høst, dels af efterårets og vinterens nedbørsmængde samt jordens temperatur vinteren igennem. Jo mere det regner og jo mildere vinteren er, jo mere nitrat vil blive udvasket.

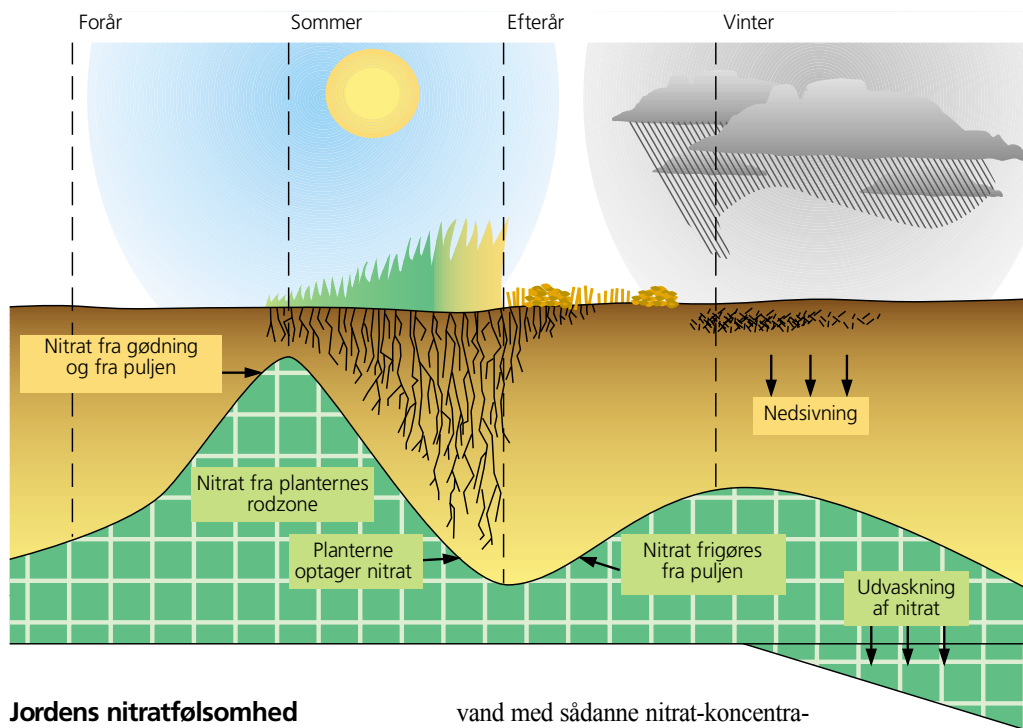
For at begrænse kvælstoftabet til omgivelserne, herunder til grundvandet, er landmandens gødningspraksis af stor betydning. Han skal for det første beregne markens gødningsbehov i det enkelte år og dosere gødningsmængden i forhold hertil. Han skal udbringe gødningen, især husdyrgødningen, optimalt i forhold til afgrødens vækspotentiale. Gødningen skal ud, når planterne skal bruge den.

Husdyrgødning kontra handelsgødning

Handelsgødning har i forhold til husdyrgødning den fordel, at den meget hurtigere bliver fuldt tilgængelig for planterne. En stor del af husdyrgødningen vil først blive tilgængelig, efter at planternes vækstsæson er forbi, og den vil da blive udvasket.



Forbruget af henholdsvis handels- og husdyrgødning i Danmark fra år 1900 til i dag.



Årets gang på marken. Nederst er teoretisk afbildet mængden af tilgængelig kvælstof (nitrat) året igennem. Udvaskningen af nitrat til grundvandet finder sted i vinterhalvåret, hvor den tilgængelige nitrat ikke optages af planter.

Jordens nitratfølsomhed varierer

I lerede jordlag bliver nitraten som sagt omdannet (reduceret) til frit kvælstof. Når det nitratholdige grundvand er sivet igennem lerlag er nitraten forsvundet.

Man taler om nitratfronten eller redoxfronten, den grænse i jorden, der markerer, hvornår al nitrat er omdannet. I lerjorder forskydes nitratfronten kun langsomt nedad. I sandede lag rykker nitratfronten hurtigere nedad, og nitraten kan ofte måles i selv stor dybde.

Det er ikke ualmindeligt, at nitratindeholdet i grundvandet i sandede områder overstiger 100 mg./l, det dobbelte af grænseværdien i drikkevand.

Da nogle jorder er særligt følsomme over for nitrat-udvaskning, har Folketinget besluttet at bede amterne om at udpege de nitratfølsomme jorder i regionplanerne. De skal optages i regionplanerne under navnet nitratfølsomme indvindingsområder.

Nitrat – er det farligt?

I drikkevand må der maksimalt være 50 mg. nitrat pr. liter. Det er set i forhold til almindelige regler for fastsættelse af grænseværdier højt sat, eftersom vand med et nitrat-indhold på blot 150-200 mg./l er sundhedsfarligt for spædbørn. Hvis spædbørn indtager

vand med sådanne nitrat-koncentrationer udvikler de “blå-børn-syndrom” (methæmoglobinæmi). Blodets evne til at transportere ilt fra lungerne til kroppens organer er nedsat, og barnet udvikler en karakteristisk blå hudfarve, heraf navnet. Behandles tilstanden ikke, er den dødelig.

Nitrat, som vi i øvrigt indtager i store mængder via andre fødevarer, omdannes i øvrigt til nitrit i kroppen. Nitrit er mistænkt for at kunne forårsage mave- og tarmkræft.

Drikkevand, der indeholder under 50 mg. nitrat pr. liter, anses ikke for at være sundhedsskadeligt.

Pesticiderne og grundvandet

Vi har rundt regnet brugt pesticider eller sprøjtemidler siden 1950'erne, men hvornår de begyndte at optræde i vores drikkevand, ved vi ikke. Vi begyndte først at analysere vandet for pesticider for ti år siden – og det har siden kostet vandværkerne og forbrugerne dyrt.

Hvad er pesticider?

Pesticider eller sprøjtemidler er en fælles betegnelse for mange hundrede vidt forskellige kemiske stoffer. Det eneste fælles træk er, at de anvendes til at beskytte for eksempel afgrøder på marken, i skoven, i gartneriet, i frugtplantagen mod naturlige fjender, for eksempel ukrudt, insekter, svampe og andet. En mindre gruppe bruger vi almindeligt i vore hjem, for eksempel mod fluer, myrer eller lopper.

I forhold til grundvandstruslen er det primært relevant at se på de stoffer, der anvendes i stor mængde i det fri, hvorved der er risiko for, at de nedvaskes med regnen til grundvandet. De i den sammenhæng relevante pesticider inddeles i tre grupper: ukrudtsmidler (herbicider), insektmidler (insekticider) og svampemidler (fungicider). Ukrudtsmidlerne udgør hovedparten af forbruget.

Hvor anvendes de og hvor meget?

Hovedparten, knap 90%, af pesticiderne anvendes i landbruget. Landbrugsjorden dækker 65% af Danmarks areal. Resten af erhvervsforbruget deles hovedsageligt mellem skovbruget (primært i juletræs- og pyntegrøntproduktioner), gartnerier og frugtavl.

Kun en meget beskeden del, under 5% af det samlede forbrug, anvendes i ikke-erhvervsmæssig sammenhæng, af det offentlige i forbindelse med pleje af stier, veje, jernbaner, opholdspladser m.m., samt af private i haver, på gårdspladser, opholdssteder m.m.

Det er meget store mængder, der årligt anvendes. Samlet set udspreddes der godt 3.500 tons aktiv stof om året. Senest fra 2003 vil det offentliges (staten, amterne og kommunerne) brug af midlerne ophøre, af hensyn til miljøet, først og fremmest grundvandet. Men det er altså kun ca. 1% af forbruget, der hermed forsvinder.

Hvornår er risikoen størst?

Brugen af pesticiderne er meget forskelligartet, og det er vanskeligt at sige, hvad der er værst set i forhold til grundvandet.

Det er en kendsgerning, at vi indtil nu først og fremmest har fundet ukrudtsmidler i grundvandet. Alt tyder på, at de farligste midler er dem, der anvendes som totalukrudtsmidler, det vil sige de midler, der skal holde et areal, for eksempel en gårdsplads, helt ukrudtsfrit. På ubevoksede arealer som gårdspladser, stier o.lign., der sprøjtes regelmæssigt, er der ingen humus i jorden, fordi der ingen døde planter er. Derfor er jorden også så godt som tom for nedbrydningsorganismer og bakterier, med andre ord: jorden er død. I en sådan biologisk inaktiv jord, nedbrydes organiske stoffer som pesticider ikke og med regnen vil de derfor udvaskes og kunne nå grundvandet. Selv om det mængdemæssigt, som vi har set, ikke tæller ret meget at stoppe den ikke-erhvervsmæssige brug af pesticider, så er det alligevel meget væsentligt, fordi en stor del af brugen her netop drejer sig om totalukrudtsbekæmpelse.

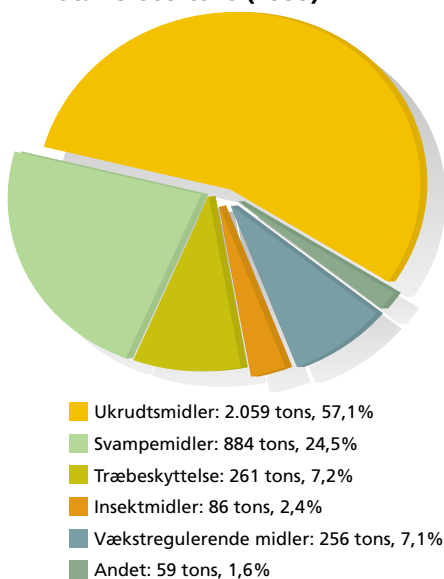
Der kan også anføres en anden væsentlig grund til at standse privates ikke-erhvervsmæssige brug af pesticider. Det er de færreste, der har de rigtige udsprængningsredskaber og i øvrigt forstår, hvor kraftige stofferne er. Derfor bliver der tit tale om kraftig overdosering og uheld ved den form for brug. Men også landbrugets brug af sprøjtemidler kan forårsage grundvandsforurening. Typiske landbrugsmidler er også fundet i grundvandet og i vandværkernes vand. Desuden har mange midler kun været i brug herhjemme i 10, 15, 20 år. Måske er de blot ikke nået ned til grundvandet endnu.

Fundene

Vi opnår vores viden om pesticider i grundvand på to måder. Dels ved vandanalyser i særlige overvågningsboringer, som amterne har lavet i forbindelse med vandmiljøplanens overvågningsprogram, dels ved vandværkernes egne analyser af vandet fra deres borer (den såkaldte udvidede boreringskontrol).

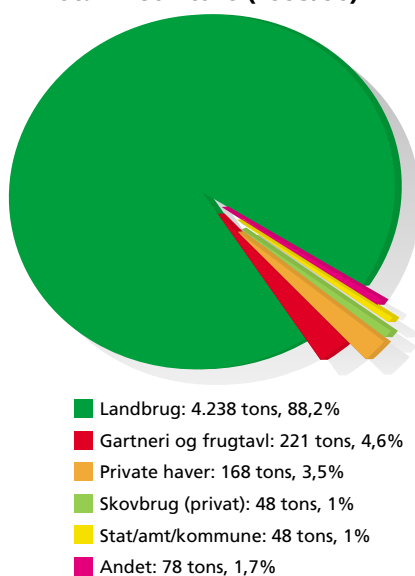
Amternes overvågningsboringer bruges ikke til indvinding, og vandanalyserne herfra fortæller altså om de stoffer, der er i grundvandet på det sted, hvor boringens filter er sat. Disse ana-

Pesticidgrupper
Total: 3.605 tons (1999)



Kilde: Miljøstyrelsens bekæmpelsesmiddelstatistik

Fordeling af pesticider
Total: 4.802 tons (1995/96)



Kilde: Miljøstyrelsens bekæmpelsesmiddelstatistik



Brug af totalukrudtsmidler på gårdspladser og lignende biologisk inaktive steder medfører nemt en kraftig udvaskning af midlerne til grundvandet.

lyser giver os altså et reelt øjebliksbillede af grundvandets forureningstilstand det pågældende sted.

Vandværkernes borerer anvendes jo til indvinding, og der foregår derfor en strømning i grundvandet ind mod boringens filter, såvel oppefra, nedefra som fra siderne. Vandets indhold af stoffer kan altså stamme fra et større område i boringens indvindingsopland. Det kan også være et resultat af, at boringen ikke længere er tæt eller er dårligt pakket. Det har vi set eksempler på.

Store omkostninger

Fund af pesticider i vandværkernes borerer koster vandværkerne og dermed borgerne mange penge. Dels til

nye vandanalyser, dels til lukning af forurenede borerer, etablering af nye borerer, undersøgelser, måske opkøb af arealer til ny kildeplads m.m.

Som eksempel kan nævnes Vejle Amt. Til og med 2001 var der her gjort fund af pesticider i 50-60 vandværker, hvilket vil udløse omkostninger for vandværkerne på ca. 30 millioner kroner.

Fund af pesticider i henholdsvis overvågningsboringer og vandværkernes boreringskontrol. Som det ses, er BAM (2,6 Dichlorbenzamid), som er et nedbrydningsprodukt af aktivstoffet Dichlobenil, den store forurener. Dichlobenil bruges som totalukrudtsmiddel.

Pesticider og nedbrydningsprodukter fundet ved vandværkernes boreringskontrol og ved grundvandsovervågning 1989-1998. Kun de hyppigt fundne pesticider er medtaget.	Vandværkers boreringskontrol			Grundvandsovervågning		
	Antal borerer med analyse	Antal borerer med fund	Antal borerer med fund $\geq 0,1$ ug/l	Antal filtre med analyse	Antal filtre med fund	Antal filtre med fund $\geq 0,1$ ug/l
Atrazin	5.391	246	49	1044	53	15
Bentazon	2.650	58	11	835	28	7
Dichlobenil	2.821	35	2	765	7	0
Dichlorprop	5.373	136	33	1043	41	12
Hexazinon	2.768	49	9	828	13	4
MCPA	5.369	42	6	1043	26	4
Mechlorprop	5.366	128	21	1043	28	4
Simazin	5.379	135	10	1043	21	6
Desethylatrazin	2.640	116	16	835	42	7
Desisopropylatrazin	2.589	83	10	834	37	7
2,6 Dichlorbenzamid (BAM)	3.191	819	349	846	136	51

Kilde: GEUS, Grundvandsovervågning 1999

De miljøfremmede stoffer

Hele vores levevis, hvor vi bruger mange miljøfremmede stoffer, indebærer en risiko for, at vi forurener vort omgivende miljø og dermed også grundvandet.

En stor del af den forurening vi finder i vort grundvand i dag skyldes i høj grad uvidenhed. Vi har tidligere behandlet mange af disse miljøfremmede stoffer lemfældigt. Vi har nedgravet kemikalierester, hældt maling i kloakken o.s.v.

For at vi fremover skal kunne beskytte grundvandet mod yderligere forurening skal vi undersøge de forureningskilder og aktiviteter, der udgør en trussel mod grundvandet. Herefter kan vi enten helt fjerne forureningskilden eller minimere risikoen for en grundvandsforurening ved en mere hensigtsmæssig håndtering af de miljøfremmede stoffer.

Industrigrunde

En af de væsentligste kilder til forurening stammer fra gamle industrigrunde, lossepladser og servicestationer. Selvom kortlægningen af disse gamle forureninger har været i gang i gennem flere år er man langt fra færdig.

Kortlægningen har givet et overblik med hensyn til hvilke stoffer, der er specielt problematiske i forhold til grundvandet, hvilket er vigtigt også i forhold til den måde virksomheder og industrier indrettes i dag og ikke mindst den måde, vi håndterer disse problematiske stoffer.



Flygtige aromater

Flygtige aromaer omfatter stofferne benzen, toluen, xylener og ethylbenzen (kaldes også BTEX'ere). Stofferne findes i opløsningsmidler og olie- og tjæreprodukter. Der kan for eksempel være et indhold af benzen og toluen i benzin på henholdsvis 2 % og 10 %.

Problemet med disse stoffer er, at de er meget opløselige, hvilket sammen med det store forbrug af olieprodukter som benzin og fyringsolie giver en betydelig risiko for forurening af grundvandet.

I vandværkernes boringskontroller er der konstateret aromater i 14 % af de undersøgte borer.

PAH'er

Omfatter bl.a. stofferne naphthalen, methylnaphthalener, benz(a)pyren og phenanthren. Er indeholdt i olieprodukter som benzin og dieselolie. Den væsentligste kilde er ufuldstændig forbrænding af brændstof, hvorved stofferne spredes med luften over store afstande. Stofferne er dog generelt meget lidt vandopløselige og bindes stærkt i jorden, hvorfor de sjældent ses i grundvandet og da kun i lave koncentrationer.

De potentielle forureningskilder kan opdeles i 3 overordnede typer:

Fladekilder

Landbrug
Gartneri
Plantager
Industriområder
By- og sommerhusområder
Luftbårne forureninger

Liniekilder

Kloakledninger
Jernbaner
Større trafik anlæg
Olieledninger
Nedsivning af vejvand

Punktkilder

Affaldsdepoter
Losse- og fyldpladser
Industrigrunde
Olie- og benzinanlæg
Tanke til husdyrgødning
Ubenyttede brønde og borer
Opfyldte råstof- og mergelgrave

Phenoler

Ud over phenol omfatter gruppen af phenoler også en lang række chlorerede phenoler. Phenolforurening stammer især fra gasværker, asfaltfabrikker eller træimprægneringsindustri. Phenolerne opløses og transporteres let i vand og udgør derfor en risiko for forurening af grundvandet. I vandværkernes boringskontoller er der konstateret phenoler i 6 % af de undersøgte borer.

Chlorerede opløsningsmidler

Omfatter bl.a. stofferne trichlorethylen, tetrachlorethylen, 1,1,1-trichlorethan og dichlormethan. Stofferne bruges bl.a. som affedtningsmidler, til kemisk tøjrensning og som opløsningsmidler i maling og lak. De chlorerede opløsningsmidler er generelt tungere end vand. Et spild på jordoverfladen vil hurtigt trænge ned i jorden og videre til grundvandet. Her vil stoffet gradvis blive opløst af grundvandet og give anledning til en væsentlig grundvandsforurening. Nedbrydningen af de chlorerede opløsningsmidler er langsom.

Alt dette sammenholdt med, at stofferne er giftige og farlige, betyder, at de chlorerede opløsningsmidler udgør en væsentlig risiko for grundvandsforurening. På landsplan er der i vandværkernes boringskontoller fundet chlorerede opløsningsmidler i 20 % af de undersøgte borer.

Tungmetaller

Omfatter stoffer som arsen, bly, cadmium, kobber, krom, nikkel, kviksølv og zink. Kilderne til forurening med disse stoffer kan være mangfoldige.

Generelt bindes disse stoffer hårdt i jorden og transporteres kun sjældent ned til grundvandsmagasinerne. Selv under mange lossepladser, hvor der kan være deponeret store mængder tungmetaller, er der sjældent fundet en egentlig grundvandsforurening. Galvaniserings- og træimprægneringsvirksomheder, hvor man har anvendt store mængder af stofferne i opløst form, har givet anledning til forurening af grundvandet. De stoffer vi her finder er typisk: krom, kobber, arsen, og zink.

MTBE

Methyl-tertiær-butyl-ether er kendt som tilsætningsstof til benzin som erstatning for bly. Der har været anvendt op mod 100.000 tons MTBE pr. år på landsplan. MTBE er meget vandopløseligt og er samtidig svært nedbrydeligt. Stoffet udgør således en væsentlig risiko for forurening af grundvandet.

Herudover er der en række stoffer som man først i grundvandsmæssig sammenhæng er begyndt at interessere sig for i de senere år. Det drejer sig om phthalater, der anvendes i maling, lim, fugemasser, lak og trykfarver og ikke mindst som plastblødgørere. Og om de

såkaldte detergenter, som kan være naturligt forekommende, men antageligt især stammer fra vaske- og rengøringsmidler.

Der mangler endnu erfaring med, hvor vidt disse stoftyper udgør en væsentlig risiko for grundvandet.



Grundvandsbeskyttelsens mål og midler

Det overordnede mål er, at forurening af grundvandet skal forhindres. Midlerne til at sikre målet er mangfoldige.

Udgangspunktet for al dansk miljølovgivning er principielt, at forurening af miljøet ikke er acceptabelt, og at udslip af stoffer til miljøet i givet fald skal være på et niveau, der ikke påfører miljøet skade.

Hvis alt fungerede i overensstemmelse hermed ville vi også i relation til grundvandet have meget begrænsede problemer. Men virkeligheden er jo desværre, at vi står med tusindvis af forurenede gamle industrigrunde og lossepladser, utætte kloaknet og utætte olie- og benzintanke. Vi har masser af nuværende virksomheder, hvorfra forurening stadig utilsigtet siver ned i jorden, og vi har tilladt brugen af stoffer som pesticider og MTBE i benzinen, som begge udgør en trussel mod grundvandet.

Derfor er der trods det principielle mål nok at tage fat på og alle midler til sikring af rent grundvand må tages i anvendelse.

Vi kan overordnet skelne mellem forebyggelse, overvågning, tilsyn og afværkning.

Forebyggelse

Forebyggelse af grundvandsforurening er den principielt vigtigste indsats. Forebyggelsen gennemføres ad tre veje: lovgivning, planlægning og oplysning.

Flere love er relevante (bl. a. vandforsyningsloven, miljøbeskyttelsesloven, planloven), men miljøbeskyttelsesloven er den vigtigste. Miljøbeskyttelseslovens kapitel 3 drejer sig om beskyttelsen af jord og grundvand. Efter lovens §19 er det forbudt at udlede stoffer på jorden, som kan forurene jord og grundvand. På grundlag af miljøbeskyttelsesloven er der udformet en række bekendtgørelser, der fastsætter nærmere bestemmelser for at imødegå grundvandsforurening, for eksempel husdyrbekendtgørelsen og olietankbekendtgørelsen.



Vandindvindingen må flyttes der ud, hvor forureningstruslerne er få, for eksempel i skovene.



Generelle lovgivningsmæssige forbedringer er særdeles vigtige. For eksempel generelle begrænsninger i brugen af pesticider.

Planlægning af arealanvendelsen er af stor betydning for grundvandsbeskyttelsen. I amternes Regionplaner er der i dag udlagt områder af særlig betydning for vandindvinding, kaldet områder med særlige drikkevandsinteresser. Inden for disse områder gælder forskellige former for begrænsninger, ligesom der i en del af disse

områder kan opnås tilskud til særlige miljøvenlige foranstaltninger, for eksempel skovrejsning.

Kommunernes planer, kommuneplan og lokalplan, må ikke være i strid med Regionplanen, så også disse planer skal indeholde skridt til sikring af vandindvindingsinteresserne i kommunen.

Oplysning om grundvand og trusler mod grundvandet er en vigtig del af forebyggelsen. Det drejer sig om at få folk til at vide noget mere om følgerne af deres handlinger. Under sloganet "Tænk dig om, du bor oven på dit drikkevand" har amter og større vandværker i de senere år gjort en stor indsats for at formidle viden og holdninger.

Overvågning

Gennem overvågning af grundvandets tilstand får vi et bedre og bedre kendskab til, hvad vi især skal være opmærksomme på, når det gælder en effektiv grundvandsbeskyttelse.

Siden den første vandmiljøplan's ikrafttræden i 1988 har amterne landet over foretaget en overvågning af grundvandet. Der er etableret i alt 66 overvågningsområder og i disse er der foretaget løbende overvågning af grundvandets tilstand, herunder eventuelle forurenende stoffer. Det er for eksempel herfra, at mange nye data om pesticider i grundvandet er blevet rapporteret.

Med den seneste ændring af vandforsyningsloven har amterne og vandværkerne fået mulighed for at etablere yderligere overvågningsboringer. Overvågningsboringer kan for eksempel sættes sådan i forhold til indvindingsboringerne, at vandværket i tide advares om en eventuel forurening.

Tilsyn

Mange virksomheder, anlæg m.m. er potentielt grundvandstruende. Det er derfor vigtigt, at der løbende sker et tilsyn med virksomhedernes produktion, lager, nedgravede tanke og rør, m.m. En utilsigtet forureningssituation kan opdages ved et effektivt tilsyn, men frem for alt kan tilsynet forebygge forurening.

Tilsynet for de fleste virksomheder ligger hos kommunen. Amtet tager sig dog af tilsynet med nogle af de mest forurenende virksomheder.

Afværgning

Desværre er skaden allerede sket på mange virksomheder og anlæg. Det kan være mange år siden, forureningen har fundet sted, og forurenere kan måske ikke længere gøres ansvarlig. Så må det offentlige rydde forureningen op.

Det er amterne, der har opgaven med at afdække jord- og grundvandsforureninger, og efterfølgende om fornødent iværksætte en oprydning/rensning. Mange ting skal tages i betragtning, før man beslutter sig for det ene eller andet: Hvor stor er forureningen, hvilke stoffer er der tale om, er der indvindingsinteresser på stedet, hvilken metode er bedst, hvad er økonomien i et eventuelt afværgeprojekt.

Nogle gange er det faktisk mest fornuftigt at lade forureningen ligge og så opgive grundvandsbeskyttelsen det pågældende sted. Hvis det drejer sig om en gammel industrigrund i ældre bymæssig bebyggelse, hvor der overalt ligger mange forureninger, vil det som regel være løsningen. Andre gange er grundvandsinteressen eller den sundhedsmæssige risiko så stor, at oprydning må iværksættes uanset omkostningen.

Det er ikke tilladt at forurene jord og grundvand. Alligevel er jorden under mange af vore benzinstationer forurenet med benzin og måske MTBE.



Nyttige henvisninger

Hvis du har fået lyst til at læse mere om noget i dette hæfte, kan vi især henviser til bogen "Vandforsyning", 1998, under redaktion af Henning Karlby og Inga Sørensen, udgivet på Teknisk Forlag, København.

Gode lærebøger og andre oplysningsmaterialer om forskellige relevante emner kan endvidere fås ved følgende myndigheder, organisationer og virksomheder:

- Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelser, GEUS, København. www.geus.dk
- Miljøbutikken, København. www.mem.dk/butik
- Danske Vandværkers Forening, Århus. www.dvf.dk
- Geografforlaget, Brenderup. www.geografforlaget.dk

Vandindvindingsplaner og planer for beskyttelse af grundvand udarbejdes på regionalt niveau i amterne. Planer og andet materiale kan fås ved henvendelse til amterne.

Vandforsyningsplaner udarbejdes på lokalt niveau i kommunerne. Planerne kan fås ved henvendelse til kommunerne. Kommunerne kan desuden give oplysninger om vandkvaliteten på de fælles vandværker i kommunen.

Flere eksemplarer af dette hæfte kan fås ved henvendelse til Amtsrådsforeningen eller downloades fra Amtsrådsforeningens hjemmeside: www.arf.dk



Postboks 2593
Dampfærgevej 22
2100 København Ø

Telefon: 3529 8100
Telefax: 3529 8300

E-mail: arf@arf.dk
www.arf.dk