

Vand og vandforsyning

Af Erland Andersen og Jens O. Mortensen

Udgave: 11-10-2004



Indledning

Vand og vandforsyning er det 3. undervisningsforløb i det folkeskoleprojekt Vvs-branchens uddannelsesnævn startede i efteråret 2002.

Formålet med folkeskoleprojektet er at udarbejde undervisningsmaterialer til folkeskolens natur/teknik- og fysik/kemi-undervisning.

Første undervisningsforløb Det lille energikørekort blev udsendt i efteråret 2002.

Det lille energikørekort er beregnet til natur/teknik og indeholder en række forsøg/undersøgelser om energi.

I efteråret 2003 udkom Energikonsulenten, som er et forløb beregnet til fysik/kemi-undervisningen i de store klasser.

På projektet hjemmeside, kan man læse mere om disse forløb og nye forløb efterhånden de bliver udarbejdet.

Alle undervisningsforløb kan enten bestilles eller downloades på projektets hjemmeside:

www.vvs-uddannelse.dk/folkeskole

På hjemmesiden vil der også med jævne mellemrum optræde nyheder, gode links og andet som kan have interesse for alle undervisere inden for hele naturfagsområdet.

Kommentarer, gode råd, spørgsmål samt forslag til flere undervisningsforløb kan sendes til os.

På www.vvs-uddannelse.dk under undervisningsforløb, er der også mange gode faglige informationer som kan anvendes i den almindelige undervisning.

Vand og vandforsyning

Undervisningsmaterialet Vand og vandforsyning er opbygget som tre selvstændige undervisningsforløb til natur/teknik 1.- 6. klassestrin.

Til hvert undervisningsforløb er der en lille lærervejledning med kommentarer og forslag til ekstra forsøg og opgaver.

Desuden er der et baggrundshæfte om vands fysiske og kemiske egenskaber, vandets kredsløb, grundvand m.v.

Det er vores håb, at eleverne gennem deres praktiske arbejde, lærerens fortælling, egen læsning og informationssøgning samt den samtale der også bør være, både med den enkelte elev og med hele klassen får en grundlæggende viden om en af de vigtigste kemiske forbindelser - og samtidig en af de mærkeligste - vand.

En stor tak skal der lyde til Inger Wøldike Søndermark Skolen Frederiksberg, seminarielektor Christian Petresch fra N.. Zahle Seminarium, Bjarne Holck Jørgensen Upernavik samt seminarielektor Jørgen Løye Christiansen fra Holbæk Seminarium som har gennemlæst og kommenteret manuskriptet.

Fejl og mangler skyldes ikke overnævnte, men udelukkende forfatterne.

Kommentarer, gode råd modtages meget gerne.



H₂O vand

Vand et af de mest almindelige stoffer her på jorden og et af de stoffer man hyppigst møder i hverdagen.

I levende organismer er vand også den mest almindelige kemiske forbindelse, således udgør vand over 90% af en vandmand og i et menneske udgør vandet omkring 60%.

2/3 af jordens overflade er dækket af vand, først og fremmest de store verdenshave som udgør omkring 98% af al vand her på jorden og har en masse på omkring 3×10^{21} kg.

Resten af vandet findes i søer, vandløb, opsuget i jorden, som vanddamp og som is.

Eksempelvis indeholder Antarktis ca. 3×10^{19} kg. is, hvilket kun er 1/100 af vandet i verdenshavene.

Vand er det eneste her på jorden som findes i alle tre tilstandsformer, fast (is), flydende (vand) og som gas (vanddamp).

Hvornår vandet er kommet til jorden er stadig lidt uklart.

I en model er vandet kommet fra iskometer, der har ramt den meget unge planet.

En anden model forklarer at vandet er kommet til jordoverfladen via vulkanudbrud.

Uanset hvordan vandet er kommet på jorden, så har det en enorm betydning.

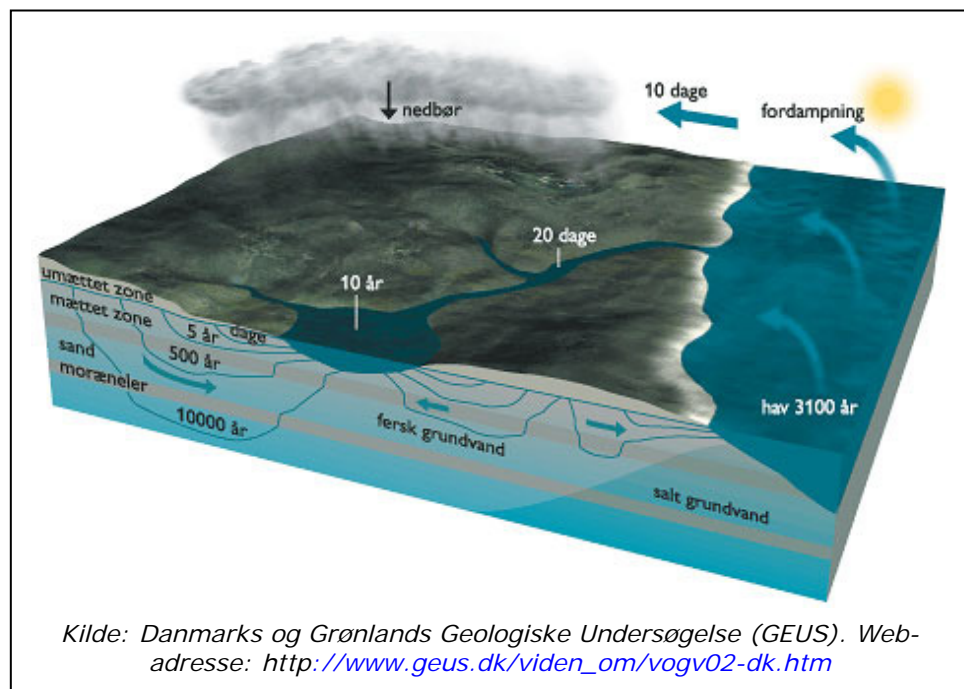
Liv som vi kender det, mener videnskaben ikke kan opstå eller – eksistere – uden at der er flydende vand til stede. Det er bl. a. derfor astronomer

er så ivrige efter at finde vand på andre planeter eller på deres måner.

Uanset hvordan vandet er kommet til jorden, så er den samlede mængde vand konstant, og indgår i et kredsløb.

Vandets kredsløb

Tiderne angiver hvor lang tid vandet gennemsnitlig opholder sig de forskellige steder i kredsløbet.



Vand er også et meget underligt stof, der på mange måder opfører sig helt anderledes end mange andre stoffer.

Kemisk set består vand af to hydrogenatomer og et oxygenatom.

Hvert hydrogenatome er bundet til oxygenatomet med en covalent binding også kaldet atombinding.

Vandmolekylet er ikke lineært, idet hydrogenatomer danner en vinkel på 104°.

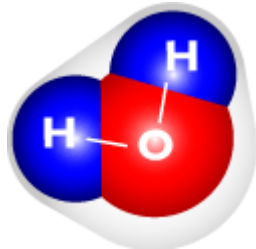
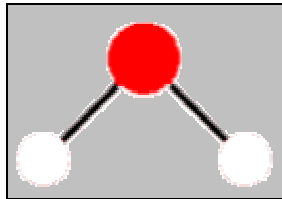
Oxygenatomet virker ud ad til negativt, medens de to hydrogenatomer virker positivt.

I almindeligt vand hænger de positive hydrogenatomer i ét vandmolekyle sammen med det negative oxygenatom i ét andet vandmolekyle, og danner nogle bindinger.



Det er disse bindinger mellem vandmolekylerne, hydrogen til oxygen, der er med til at give vand dets utrolige egenskaber.

To modeller af vandmolekylet



Vandet her på jorden deltager i et kredsløb, som fra jordens barndom for omkring 4,6 milliard år siden, har været med til at forme jordens overflade.

Fra verdenshavene, søer, floder mv. fordampes vandet, stiger til vejrs, afkøles og fortættes for så at falde ned enten i form af vand eller is.

Vandet indgår i, og er af afgørende betydning for, de grønne planters fotosyntese.

Gennem planternes rødder suges der vand (H_2O) op fra undergrunden, fra atmosfæren kommer der kuldioxid (CO_2) og i planternes grønkorn reagerer vand og kuldioxid med hinanden og danner kulhydrater ($C_6H_{12}O_6$) og oxygen (O_2 , ilt).

$C_6H_{12}O_6$ skal her betragtes som en bruttoformel for kulhydrater.

Alt levende har brug for vand idet de fleste organismer selv hovedsageligt består af vand.

Da et menneske består af omkring 60% vand skal vi have tilført 1 til 2 liter vand hver eneste dag for at kunne holde vores vandbalance.

Vand er et råstof, men ikke et råstof der opbruges lige som andre råstoffer som olie og jern.

Vandets indgår nemlig i et "evigt" kredsløb hvor solens energi er den drivkraft der får vandet til at fordampe og tyngdekraften får det afkølede vand til at falde tilbage på Jorden.

Vand er derfor en fornybar ressource, men det er ikke ligegyldigt hvor meget

vand vi udnytter og i hvilken tilstand vi "afleverer" vandet tilbage til naturen.

I løbet af de sidste 50 år, er vandforbruget på jorden steget med en faktor tre, først og fremmest til vanding, omkring 70% bruges til kunstvanding, men også i husholdningen og på fabrikker er vandforbruget steget markant.

Hvis der opstår vandmangel, kan det betyde hungersnød i visse egne af verden, da der så ikke længere er vand nok til kunstvanding.

Er vandet forurenset, kan det betyde at drikkevandet bliver af dårlig kvalitet, og at der skal bruges mange penge og ressourcer for at rense vandet til en god kvalitet.

Drikkevand

Stort set alt drikkevand i Danmark er grundvand, hvilket bestemt ikke er tilfældet i de fleste andre lande hvor drikkevandet kommer fra floder eller søer og skal derfor renses omhyggeligt inden det kan anvendes som drikkevand.

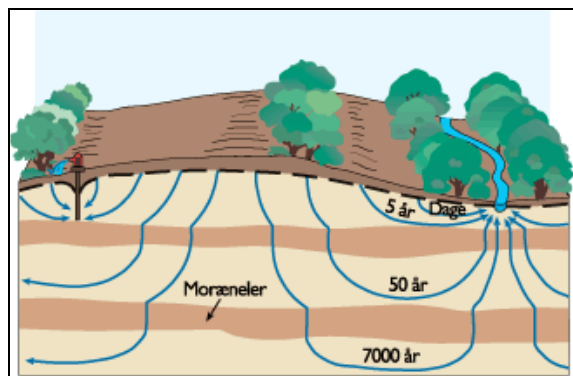
Grundvandet i Danmark ligger nede i jorden og det har været mange år under vejs fra jordoverfladen ned til grundvandsmagasinerne..

På vej ned gennem jordlagene sker der mange forskellige processer som renser vandet for forskellige uønskede stoffer.

Derfor er grundvandet normalt bakteriefrit.



Nedsivning af vand i jorden



Kilde: Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS)

Når vandet rammer jordoverfladen, vil noget sive ned gennem jordlagene, medens andet vil løbe direkte ud i vandløb, søer eller havet.

Bevægelsen foregår sådan, at vand fra et år ikke blandes med vand fra et andet år, derfor er det ældste vand som hovedregel nederst.

Da vandets bevægelse ned gennem jordlagene foregår langsomt kan noget af vandet være endog meget gammelt, helt tilbage fra sidste istid for ca. 10.000 år siden.

Grundvand



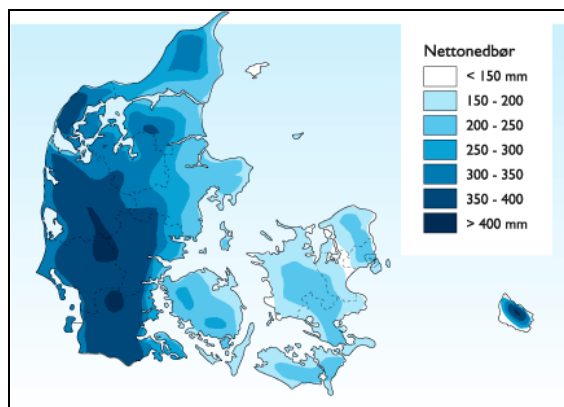
Kilde: Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS)

Mange har en forestilling om, at vandet ligger som søer nede i jorden. Det er ikke rigtigt, for over grundvandsspejlet ligger vandet som små dråber sammen med luft mellem jordpartiklerne, næsten ligesom vandet i en badesvamp.

Under grundvandsspejlet er der kun vanddråber og ingen luftbobler. Hvor langt og hvor hurtigt vandet siver ned i jorden afhænger af undergrundens sammensætning.

Vand kan stort set ikke trænge gennem ler, med mindre der er revner og sprækker i leren.

Også i dag dannes der grundvand, men ikke lige meget overalt i Danmark, idet både klima og geologi spiller en rolle for dannelsen af grundvand.



Nettonedbøren i Danmark per år, målt i mm og vist med blå farve. Nettonedbøren er nedbøren minus fordampningen.

Kilde: *Geologi, Nyt fra GEUS - Nr. 2/1997 Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS)*.

Grundvandets kemi

Når det regner, så føles luften bagefter dejlig ren og frisk! Det skyldes, at regnen på sin vej ned gennem atmosfæren opløser mange af de stoffer der findes i jordens atmosfære. Det kan dreje sig om oxygen, kuldioxid, forskellige nitrogenoxider, svovloxid samt salt fra havet.

Nogle af disse stoffer er med til at gøre regnvandet til en svag syre som igen er en medvirkende årsag til, at regnvandet kan opløse en række mineraler i jorden eksempelvis kalk.

En del af de stoffer regnvandet optager stammer fra menneskelige aktiviteter, men selv om mennesket ikke var her på jorden, ville regnen stadig optage en række af stofferne idet de enten optræder naturligt i atmosfæren fx kuldioxid eller kan stamme fra vulkanudbrud.



Vand er et godt opløsningsmiddel



Røg fra vores skorstene er med til at gøre regnen sur



Kalk opløses af det sure regnvand og gør vandet hårdt



Vand uden kalk kaldes Blødt

Kilde: Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS)

Fra naturens side kan grundvandet indeholde så mange forskellige stoffer i så store koncentrationer at det ikke egner sig til drikkevand.

Grundvand fra kystnære områder kan således være forurenet med saltvand, der er trængt ind fra havet.

Ud over de stoffer regnvandet opløser på vej ned gennem atmosfæren, opløser regnvandet også en række forskellige stoffer på vej ned gennem jordlagene.

Her er i første række tale om, at vandet opløser nogle af de stoffer som ligger på jordoverfladen, som gødning eller pesticider der har været brugt på markerne.

På sin vej ned gennem de forskellige jordlag opløser vandet yderligere en række stoffer.

Fra meget kalkholdige lag kan der optræde store mængder fluorid og i områder i Vest- og Midtjylland kan grundvandet indeholde så meget organisk materiale, at vandet er helt brunt og kun egner sig til markvanding.

Når regnvandet siver ned gennem jordens kalklag opløses en del af kalken i vandet, specielt hvis vandet er surt.

Ved denne proces gør den opløste kalk vandet hårdt, så der dannes kalkbelægninger i eksempelvis kaffemaskiner. Vasker vi med hårdt vand, skal der anvendes mere sæbe end hvis vandet havde været blødt, altså uden kalk.

Da grundvandet er mange år undervejs, er det gamle syndere der rammer os nu i form af uønskede stoffer i grundvandet.

Således var anvendelsen af kunstgødning og pesticider mere almindelig tidligere.

I dag er der kommet restriktioner både på mængden og på hvilke tidspunkter man må køre det ud på markerne.

Samtidig skal produkterne godkendes før de må anvendes.



Eksempler på forureningskilder

Nitrat

Landmanden spreder husdyrgødning ud over sine marker for at tilføre sine planter nitrat (NO_3^-), så de kan vokse bedre.

Nitrat optages i planter og er nødvendig for at planter kan danne proteiner og vokse, men det nitrat der ikke optages siver ned i jorden eller skyller ud i vandløb.

Nitrat stammer først og fremmest fra husdyrgødning, gylle.

Det meste nitrat når ikke grundvandet, da det stoppes af ler eller når at blive omdannet i de forskellige jordlag.

I områder med grus eller sand kan nitrater dog godt nå ned til grundvandet og gøre det ubrugeligt som drikkevand.

I sig selv er nitrat ikke giftigt, men det kan omdannes til nitrit, som via tarmen kan komme over i blodet. Her kan nitrit gå i forbindelse med hæmoglobin og dermed forhindre transporten af ilt rundt i kroppen.

Derfor er der grænser for hvor meget nitrat drikkevand må indeholde.



Nitratruede områder i Danmark.

I visse dele af Jylland - (de mørke felter) er grundvandet særligt truet af nitratforurening.

I drikkevand er den vejledende grænseværdi for nitrat 25 mg per liter, og den højest tilladte 50 mg per liter. Dybe grundvandsmagasiner har for det meste under 15 mg nitrat per liter, men noget af det midt- og nordjyske grundvand indeholder mere end 50 mg per liter.

Kilde: Miljøministeriets hjemmeside.

Pesticider

Tidligere blev der anvendt en hel del pesticider til bekæmpelse af både skadedyr og uønskede planter på marker, i haver eller langs jernbanerne.

Grunden til, at der blev anvendt store mængder pesticider var dels at det var nemt og effektivt, og dels troede man ikke på, at det kunne nå ned til grundvandet, der jo lå godt beskyttet langt nede under jordoverfladen. Samtidig var grundvandet beskyttet af tykke lerlag der ville filtrere de uønskede stoffer fra.

Det var derfor lidt af et chok da en række pesticider begyndte at dukke op i grundvandet og man måtte, i en række tilfælde, stoppe indvindingen af grundvand til drikkevand.

Fra 1990 begyndte myndighederne en systematisk overvågning af grundvandets indhold af pesticider.

De pesticider vi i dag finder i grundvandet stammer mest fra 1960erne.

I 1980erne var anvendelsen af pesticider steget med en faktor 4 til 5 i forhold til forbruget 20 år tidligere, så selv om vi i dag har restriktioner, så kan vi frygte at der i de kommende år vil komme endnu flere pesticider i vores grundvand.

Nogle bakterier kan nedbryde visse pesticider.



Kilde: Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS)



Olie og anden form for forurening

Tidligere blev meget affald smidt på lossepladser, i vandhuller, nedlagte grusgrave eller gravet ned i jorden.

Denne måde at håndtere affaldet på kan vi i dag se ikke var særlig fornuftigt.

Derfor er man mange steder i gang med at rense lossepladser, vandhuller og nedlagte grusgrave så de ikke længere kan udgøre en trussel mod grundvandet.



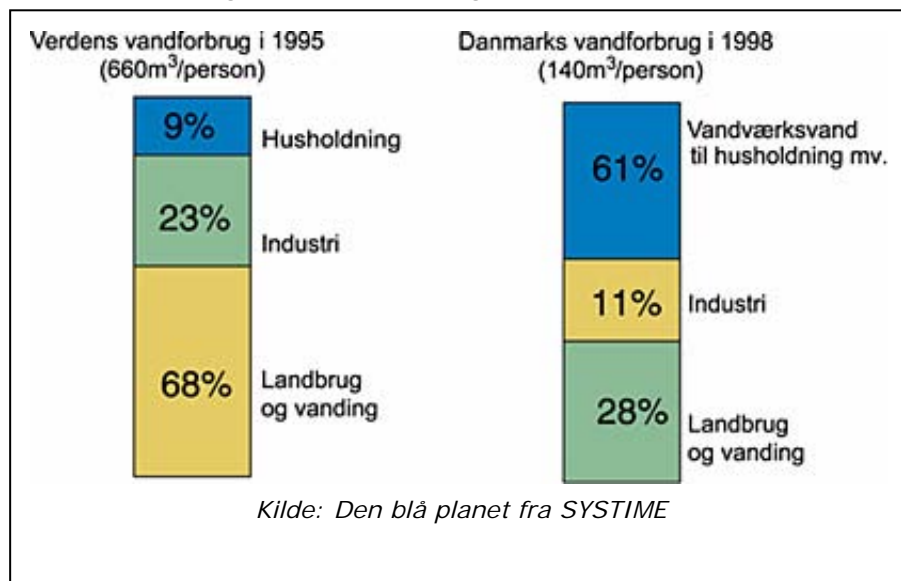
Nedsivning fra olie- eller benzintanke kan være en trussel for grundvandet.

Kilde:
Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS)

Drikkevand

Næsten al drikkevand er grundvand. I Danmark anvendes der knapt 1×10^9 (1 milliard) m^3 vand om året. Hver dansker anvender omkring $50 m^3$ (50 tons) vand om året.

Vandforbruget til husholdningen har været faldende de sidste 10 år. Inden for de sidste 15 år er der lukket omkring 700 vandværker på grund af forurening.



Fra grundvand til drikkevand

Borer man tilstrækkelig dybt ned i undergrunden vil vi finde grundvand, men det er dog langt fra altid, at dette vand kan udnyttes til drikkevand.

Om det kan bruges til drikkevandsforsyningen afhænger af en lang række faktorer.

Eksempelvis skal jordlagene være så porøse, at vandet kan løbe hurtigt nok til boringen og så skal vandet være "rent".

I Danmark består mange af disse jordlag af sand, grus og kalk med sprækker.

For at kortlægge mulighederne for grundvand foretages der rundt om i hele landet boringer.

Disse boringer er med til kortlægge undergrunden og skaffer os dermed den viden der er nødvendig for, også i fremtiden, at skaffe os rent og godt drikkevand.

Alle boringer i Danmark er siden 1926 blevet registreret af Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelser (GEUS), som dermed har et helt enestående informationsmateriale om Danmarks undergrund med henblik på grundvandsreserver.

I alt er omkring 50.000 registrerede boringer med oplysninger om grundvandet, men det svarer kun til 3 boringer per km^2 , hvilket langt fra er nok til en detaljeret beskrivelse af de geologiske lag. Da det imidlertid er utroligt dyrt at foretage disse boringer forventes det ikke at man går i gang med et mere systematisk boreprogram, idet bare 2 ekstra boringer per km^2 ned til 100 meter dybde, vil det koste i størrelsesordenen 5 milliarder kr.

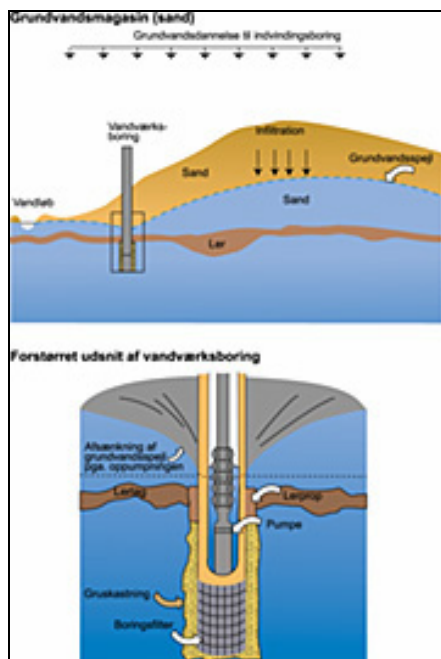


Boring efter grundvand



Kilde: Den blå planet fra SYSTIME

Vandet fra de omliggende lag strømmer til boringen. Gruset og filtret stopper mindre partikler i at komme ind i drikkevandet



Kilde: Den blå planet fra SYSTIME

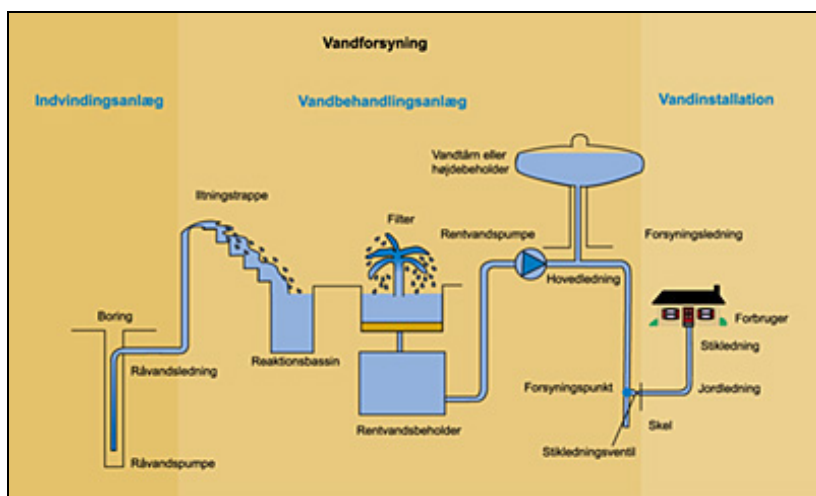
Ved hjælp af pumper, pumpes grundvandet op og gennem et rørsystem videre til et vandværk hvor vandet bliver behandlet på forskellig måde inden det kommer ud til forbrugerne.

Først og fremmest bliver grundvandet iltet for at fjerne jernet, det bliver også

filtreret og kontrolleret for pH. Desuden bliver grundvandet analyseret for en lang række andre stoffer.

Reglerne for drikkevandet er ens i hele landet og vandværkerne kontrollerer og sikrer at drikkevandet har en god kvalitet uanset hvor i landet vi bor.

De grænseværdier der er for indholdet af organiske og uorganiske stoffer i drikkevand gælder også for flaskevand.



Kilde Århus Amt, lånt fra Den blå planet fra SYSTIME



Iltning af vand. Kilde: Holbæk Forsyning



Iltning af vand. Kilde: Den blå planet fra SYSTIME

Fra vandværket pumpes vandet gennem rør til et vandtårn eller højdebeholder.

Her opbevares vandet i kortere eller længere tid inden det sendes den sidste vej ud til forbrugeren.



Vandtårn - Tårngade 15 B

Opført 1908 og renoveret i 1951. Vandtårnet er 37 meter høj og kan rumme 400 kubikmeter vand.



Vandet anvendes til mange forskellige formål både i den daglige husholdning og i forskellige virksomheder.

Industrier som slagterier, bryggerier og medicinalfirmaer er alle storforbrugere af vand, men også i den private husholdning bruges der temmelig meget vand til mange forskellige gøremål.

I gennemsnit bruger en dansker mellem 130 og 160 liter vand i døgnet.

Det svarer til, at en familie på 2 voksne og to børn har et årlig vandforbrug på omkring 200 m³, 200 tons.

Anvendelse per dag	Liter	Procent
Personlig hygiejne	48	36%
Toiletskyl	36	27%
Tøjvask	17	13%
Opvask og rengøring	13	10%
Mad og drikke	9	7%
Øvrigt	9	7%

Kilde: Vandforsyningsstatistik 1999 Danske Vandværkers Forening.

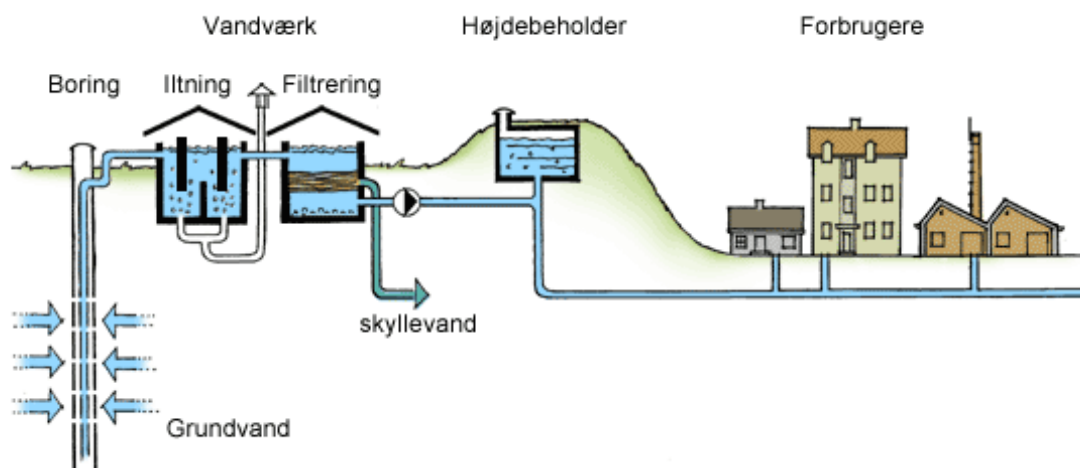
Vandtårn - Industrivej 1A

Opført 1966. Vandtårnet er 30 meter høj og kan rumme 700 kubikmeter vand.



Vand er ikke gratis

Det koster både at foretage borer, pumpe vandet op, rense vandet, sende det ud til forbrugerne og ikke mindst koster det temmelig meget at skaffe sig af med vandet igen.





Et forbrug på omkring 200 m³ koster omkring kr. 6.000 per år, men hvis installationerne er utætte så der spildes vand ved f.eks dryppende vandhaner en cisterne der løber, så kan forbruget og dermed også prisen fordobles.

Den pris vi betaler for vandet er sammensat af variable afgifter, vandledningsafgifter (WORMS) og moms.

Worms er en grøn afgift – en skat på vand -, som forskellige regeringer har indført for at vi skal spare på vandet.

Siden 1994 er afgiften sat op med jævne mellem og er i år 2004 oppe på 6,25 kr. per kubikmeter.

Prisen på vand varierer og afhænger af hvor i landet vi bor, men i gennemsnit er prisen over kr. 30 per m³.

Et af de områder hvor vi dagligt anvender vand er toilettet!

I løbet af et døgn bruger én person toilettet 6 gange.

Hvis vi tager ovenstående familie på fire personer ser regnestykket sådan ud:

Toiletskyl

Antal liter per skyl	Pris per år i kr.
12	2.700
9	2.025
6	1.350

Er toiletinstallationen ikke i orden, koster det yderligere. Et let utæt toilet koster omkring kr. 5.200 ekstra per år.

Er der uro på vandoverfladen i toilettet (vandet løber lidt hele tiden), koster det omkring kr. 10.300 ekstra per år.

Hvis familien anskaffer sig et nyt vandbesparende toilet, hvor installationen er i orden, vil udgiften falde til mellem kr. 1.700 og 2.500 per år.

Er det i stedet en vandhane der er utæt ser regnestykket sådan ud:

Drypper vandhanen langsomt koster det små kr. 200 ekstra per år. Drypper vandhanen hurtigt er prisen omkring kr. 800 ekstra per år.

