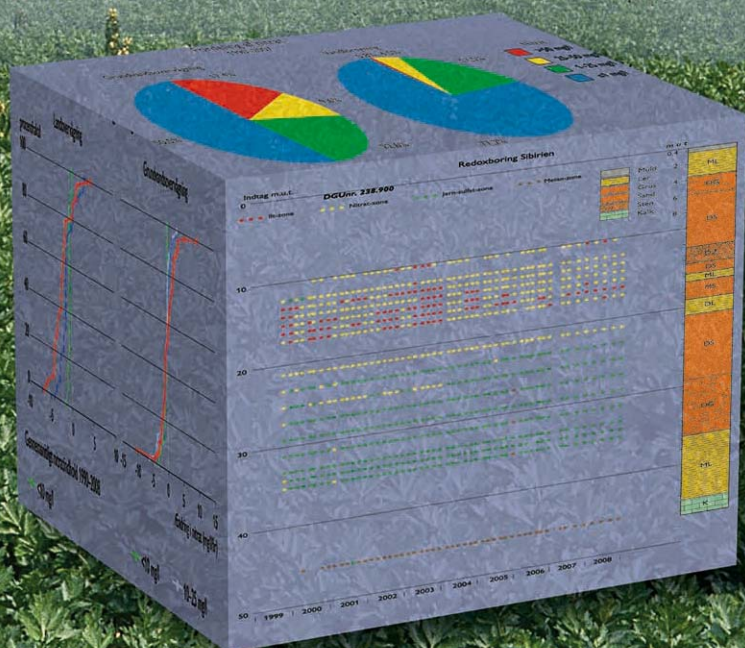


GRUNDVANDSOVERVÅGNING 2009



DE NATIONALE GEOLOGISKE UNDERSØGELSER FOR DANMARK OG GRØNLAND
KLIMA- OG ENERGIMINISTERIET

Grundvand

Status og udvikling 1989 – 2008

GEUS 2009

Redaktør: Lærke Thorling

Tegninger: Forfatterne og Kristian A. Rasmussen

Dato 6. maj 2010

Rapporten kan hentes på nettet på: www.grundvandsovervaagning.dk

Forord

Denne rapportering om grundvandets tilstand og udvikling er baseret på data indsamlet af miljøcentre (og før 2007 amterne) i perioden 1989 til 2008, som led i den nationale grundvandsovervågning (GRUMO) og landovervågning (LOOP). Derudover præsenteres data fra vandværkernes egenkontrol af indvindingsboringeres vandkvalitet og omfang af vandindvinding samt i et vist omfang data fra andre grundvandsundersøgelser, fx i forbindelse med kortlægningen af grundvandet i områder med særlige drikkevandsinteresser. Data er præsenteret med en række enkle indikatorer, der opdateres i den løbende rapportering. Med udgangspunkt heri præsenteres resultater og konklusioner. Derudover vil der være en uddybende datapræsentation i varierende omfang, typisk i form af et tema. Omfanget af analyseprogrammet for grundvandsovervågningen er fastlagt i rapporten 'NOVANA' – det Nationale program for Overvågning af VAndmiljøet og NAturen' (DMU 2007).

Det er besluttet, at resultaterne fra overvågningsprogrammet udelukkende formidles elektronisk på internettet. Herfra kan man printe en samlet rapport til eget brug.

Målgrupperne for denne rapportering er Regeringen, Folketinget og offentligheden samt de involverede aktører i overvågningen, herunder By og Landskabsstyrelsen, miljøcentre, kommuner, vandforsyninger og DMU.

Rapporten bygger på en række indlæg fra medarbejdere ved GEUS, der har de pågældende fagområder som deres arbejdsområde:

Grundvandets hovedbestanddele	Birgitte Hansen og Lærke Thorling
Uorganiske sporstoffer	Carsten Langtofte Larsen
Organiske mikroforureninger	Carsten Langtofte Larsen
Pesticider og nedbrydningsprodukter	Walter Brusch
Vandindvinding	Rasmus Rønde Møller
Det nationale pejleprogram	Claus Holst Iversen
Hydrologisk modellering og ressourcevurdering	Anker Lajer Højberg

Projektgruppen, der står bag databearbejdning og præsentation, består endvidere af Brian Sørensen, Kristian A. Rasmussen, Lisbeth Flindt Jørgensen og Richard Thomsen.

Denne rapport har ISBN 978-87-7871-274-5

Indholdsfortegnelse

Forord	2
Indholdsfortegnelse	3
1 Sammenfatning	4
English summary	7
2 Indledning	10
3 Grundvandets alder	16
4 Hovedbestanddele.....	18
Nitrat i grundvand.....	18
Nitratindhold i grundvandets iltzone – grundvandsovervågning	21
Nitrat i grundvandets anoxiske zone - grundvandsovervågning.....	24
Nitratindhold i grundvand under landbrugsarealer – landovervågning	26
Nitrat, Vandværkernes kontrol af indvindingsboringer.....	27
Vandmiljøhandlingsplanernes effekt på grundvandets nitratindhold	29
Fosfor i grundvand	35
Udviklingen og tilstand for fosfor i Landovervågningsområderne.....	36
Tidsmæssige variationer i redoxzonernes dybde og tykkelse	42
5 Uorganiske sporstoffer	51
Grundvandsovervågning.....	52
6 Organiske mikroforureninger	56
Grundvandsovervågning.....	58
Vandværkernes kontrol af indvindingsboringer	60
7 Pesticider	62
Grundvandsovervågning.....	62
Vandværkernes indvindingsdybde og risikoen for pesticider	73
Geografisk fordeling af fund af pesticider og nedbrydningsprodukter	75
8 Vandindvinding	78
9 Det Nationale Pejleprogram	85
Udvalgte tidsserier	90
10 Hydrologisk modellering og vandressourcevurdering	94
11 DEVANO	98
12 Referencer.....	100

1 Sammenfatning

Overvågningen af grundvandet og det øvrige vandmiljø har nu fundet sted i 20 år, med systematisk dataindsamling og rapportering siden 1989. Indholdet af overvågningsprogrammet præsenteres i kap 2. Dette års rapport præsenterer nye data fra 2008.

Datagrundlag

Efter kommunalreformen skal alle relevante data om grundvand og drikkevand ligge i den fælles offentlige database JUPITER. Der er i det forløbne år sket en betydelig forbedring i forhold til kommunernes opdatering af vandværkernes status mht. tilladelser, boringsoplysninger mv. Der er stadig et efterslæb i forhold til indsendelse og godkendelse af kemianalyser fra boringskontrollen. Ansvar for indsendelse af kemianalyser ligger hos laboratorierne, mens kommunerne har ansvaret for den efterfølgende godkendelse. Der er derudover mangelfuld indberetning af oppumpede vandmængder fra 2007 og 2008.

Der er i det forløbne år sket markante forbedringer på mængden af pejldata fra overvågningsprogrammet, der er tilgængelige i JUPITER: Der resterer dog fortsat et vist arbejde med at få indlæst alle overvågningsprogrammets pejldata, især fra dataloggere til JUPITER.

Nitrat

For at vurdere ændringen af grundvandets nitratindhold som følge af implementeringen af Vandmiljøplanen i 1987 og de efterfølgende indsatser må man se på det yngste iltede grundvand. Det ser ud til at gå den rigtige vej med nitratindholdet i det yngste iltede grundvand, idet effekten af vandmiljøplanerne begynder at kunne iagttages i grundvandet.

Der er gennemført en statistisk analyse af den tidlige udvikling i de enkelte indtag med iltet grundvand i grundvandsovervågningen (GRUMO) og i det øvre grundvand i landovervågningsområderne (LOOP).

I alt er det fundet at 82 % af de iltede indtag i GRUMO har signifikante ændringer i nitratindholdet på 95 % konfidensniveau. Heraf oplever omkring 62 % af det yngste (0-15 år) iltede grundvand en signifikant faldende tendens i nitratindholdet, mens kun omkring 22 % af det ældre (25-50 år) iltede grundvand oplever en tilsvarende signifikant faldende tendens. Samtidig er det vigtigt at pointere, at der stadig er mange overvågningsindtag i GRUMO, placeret i iltet grundvand, hvor der er en signifikant stigende tendens i nitratindholdet. Samlet set viser resultaterne fra GRUMO, at i alt 41 % af de iltede indtag har signifikant faldende tendens i nitratindholdet, 41 % har stigende tendens og i 18 % påvises ikke nogen form for udvikling i nitratindholdet.

Resultaterne fra LOOP viser, der i det øvre grundvand i LOOP i 53 % af samtlige indtag er en signifikant faldende tendens i nitratindholdet, for hele overvågningsperioden fra 1990 til 2008. Samtidig er det vigtigt at understrege, at der også er indtag i det øvre grundvand i LOOP, hvor nitratindholdet har en signifikant stigende tendens gennem overvågningsperioden. Det vurderes, at årsagen til den signifikant faldende tendens i nitratindholdet i det øvre grundvand i LOOP i mange af indtagene sandsynligvis skyldes et samspil mellem den generelle reduktion i kvælstofudvaskningen fra rodzonen (Grant, 2009) og lokale hydrologiske forhold.

Det konkluderes, at det overordnet set ser ud til at gå den rigtige vej med hensyn til at reducere nitratindholdet i grundvandet, men at der flere steder fortsat kan konstateres stigninger, og

så i det helt unge grundvand dannet efter vandmiljøplanernes ikrafttræden. Der er behov for at undersøge disse forhold nærmere.

Kun i få vandværksboringer er der konstateret nitrat over grænseværdien for drikkevand, hvilket skyldes, at boringer med et for højt nitratindhold lukkes og erstattes af dybere boringer, således at den forurenede del af grundvandet fravælges. Nitrat begrænser således omfanget af den anvendelige ressource, mens kun ganske få forbrugere udsættes for høje nitratindhold i drikkevandet.

Fosfat

En analyse af fosfordata fra det øvre grundvand i LOOP områderne viser at en væsentlig del af det opløste fosfor formentligt er organisk bundet. Dette mobile organiske fosfor kan forventes at stamme fra udvaskning fra landbrugsarealer. En konsekvens af iagttagelsen er, at fosfortransporten fra landbrugsaktiviteter til vandløb gennem det øvre grundvand muligvis er langt større end hidtil antaget, idet man hidtil har anset fosforindholdet i grundvandet for overvejende at være geologisk bestemt. Der er brug for nærmere undersøgelser af fænomenets omfang og årsager.

Miljøfremmede stoffer: Organiske mikroforureninger

På baggrund af den forbedrede indberetning af boringskontrollen er status for vandværkernes fund af organiske mikroforureninger opdateret for de seneste år. Rapporten indeholder fyldige bilag, med lister over, hvilke miljøfremmede stoffer, der er fundet og, i hvilke koncentrationer. Miljøfremmede stoffer (ud over pesticider) optræder som oftest kun i grundvandet i koncentrationer under grænseværdien for drikkevand, men lokalt kan enkeltstoffer give anledning til betydelige problemer, især hvor der er tale om punktkilder. Disse overvåges i anden sammenhæng i forbindelse med jordforureningsloven og afrapporteres af Miljøstyrelsen (MST, 2008).

Pesticider

Der findes stadig en stigende udbredelse af pesticider i grundvandet på landsplan, og i 2008 blev der fundet pesticider i næsten 40 % af de undersøgte overvågningsindtag, mens grænseværdien for drikkevand på 0,1 µg/l var overskredet i ca. 11 % af indtagene. Særligt de øvre grundvandsmagasiner er præget af pesticider og nedbrydningsprodukter fra disse, mens pesticidindholdet i det mere dybtliggende og gamle grundvand er væsentligt mindre. En af årsagerne til flere fund i GRUMO siden 2004 er, at der nu udelukkende analyseres for pesticider og nedbrydningsprodukter i boringer med grundvand dannet efter 1950. Stoffet metribuzin (ukrudtsmiddel brugt i kartoffelmarker, forbudt siden 2003) og dets nedbrydningsprodukter findes hyppigt og stofferne har indgået i analyseprogrammet for GRUMO siden 2004, mens de normalt ikke indgår i vandværkernes borings- eller drikkevandskontrol.

Et stigende antal boringer fra både grundvandsovervågningen og fra vandværkernes boringskontrol indeholder glyphosat og nedbrydningsproduktet AMPA. Glyphosat er Danmarks mest anvendte pesticid. Stofferne findes dog stadig især i de øverste og mest sårbare magasiner. I vandværkerne er mange års faldende pesticidindhold i drikkevandet nu vendt, og der blev i 2008 fundet pesticider i 25 % af de undersøgte aktive vandværksboringer, mens grænseværdien for enkeltstoffer var overskredet i 5 %. Da vandværkerne endnu ikke er startet på at analysere for en række stoffer, der er fundet i grundvandsovervågningen, må det antages, at udviklingen med en stigende påvirkningsgrad af drikkevandet vil fortsætte. Da de større vandværker ofte indvinder grundvand fra dybereliggende magasiner med ældre grundvand, har det afgørende betydning for fremtidens indvinding af drikkevand, om den massive forurening i de

højtliggende grundvandsmagasiner vil kunne omsættes eller bindes til jordlagene under transporten mod de magasiner, hvorfra der i dag indvindes upåvirket grundvand.

En analyse af pesticidbelastningen i forhold til arealanvendelsen viser, at der findes lige så mange pesticider i byområder som i landområder. Dette skal ses i sammenhæng med, at arealbelastningen (anvendelse i kg/ha) er langt større i landområder end i byområder. Dette viser, at der er behov for en bedre forståelse af pesticidesårbarheden af befæstede områder.

Vandindvinding

Det har været nødvendigt at ændre bagud i de data, der rapporteres for oppumpede vandmængder. Dette skyldes, at der tidligere er rapporteret ikke alene kommunalt indberettede data, men også amtligt skønnede data. Der rapporteres derfor fremover alene indberettede vandmængder for alle år. Dette betyder, at data bagud ikke er identiske med tidligere tiders rapporteringer. Til gengæld er data i højere grad sammenlignelige for hele perioden. Af de indberettede data fremgår, at der de senere år har været en stigning i markvandingen, der formentlig hænger sammen med de særligt tørre forår og forsomre.

Det Nationale pejleprogram

I 2007 blev der etableret et nationalt pejleprogram med det formål at overvåge grundvandets kvantitative tilstand og samtidig påvise ændringer i grundvandsstanden forårsaget af evt. klimænderinger eller ændringer i vandindvindingen. Ændringer i nedbøren over kort eller længe tid, eller ændringer i indvindingsstrukturen på lokal eller regional skala, kan have stor indflydelse på grundvandspotentialer. Ud fra tidsserier fra det nationale pejleprogram ses der generelt en stigning i grundvandspotentialer fra slutningen af 90'erne og til i dag for både de dybe og regionale pejleboringer. Dette skyldes i nogle områder et markant fald i indvindingen fra de større kildepladser pga. indførelse af vandafgifter mv., som har medført en stigende mængde af tilgængeligt grundvand. Den største effekt af denne reduktion i indvindingen ses især på Sjælland og i Østjylland, hvor der også er observeret stigninger i grundvandspotentialer over de senere år.

Den nationale vandressource model (DK-model), som opdateres og videreudvikles under NOVANA programmet, har som overordnet formål, at den skal kunne anvendes som værktøj til vurdering af vandbalancen og grundvandsdannelsen på oplandsniveau. Herudover skal den kunne bruges til at belyse grundvandsressourcens størrelse og udnyttelsesgrad under hensyn til klima, arealanvendelse og vandindvindingsstrategi. Formål og krav til modellen er endvidere specificeret i de tekniske anvisninger for den hydrologiske modellering i NOVANA.

Et centralt element i opdateringen har været en opdatering af den hydrostratigrafiske model baseret på den detaljerede geologiske viden, der var opnået i amterne frem til deres nedlukning som led i den nationale grundvandskortlægning i områder med særlige drikkevandsinteresser. Øvrige elementer i opdateringen har været en detaljering af vandløbsopsætningen og inputdata, såsom klima data, indvindingsdata og spildevandsudledninger, ligesom der er sket en detaljering af det numeriske grid. Hjemmesiden for den nationale vandressourcemodel www.vandmodel.dk har undergået en omfattende revision, og her kan findes status og resultater af den igangværende opdatering samt eksempler på anvendelse af modellen.

English summary

Groundwater monitoring in Denmark has now taken place for about 20 years, with systematic sampling and reporting since 1989. The monitoring programme is presented in chapter 2. This report presents new data from 2008.

Data

Since last reporting a substantial improvement in updating of the basic data on permits and well status for water works have taken place, as the municipalities now generally have access to the common national groundwater database JUPITER. A considerable backlog still remains in many municipalities on approval of chemical analysis from the abstraction wells. The responsibility for uploading of data lies at the laboratories, but the municipalities have the responsibility for the approval, which must take place before the data is assessable for withdrawal. In addition to this there exists a major backlog for the uploading of abstraction data on groundwater from 2007 and 2008. Significant improvement on the amount of groundwater soundings in JUPITER from the monitoring programme has taken place. A backlog exists on uploading all data from data logger measurements of groundwater heads from the quantitative monitoring programme, where close time series are collected.

Nitrate

In order to judge the change of nitrate concentration in groundwater due to the implementation of the Water Action Plan in 1987 and the following legislation and action plans, one has to look at the youngest oxic groundwater. It appears that the nitrate concentration in the youngest groundwater is going in the desired direction, and that the effects of the action plans now can be seen in the groundwater.

Statistical trend analyses were conducted on each monitoring point with oxic groundwater in the groundwater monitoring programme (GRUMO) and in the monitoring of agricultural catchments (LOOP).

The results from GRUMO show, that 82 % of the monitoring points with oxic groundwater have significant changes in the nitrate content at 95 % confidence level. This includes that the nitrate content has a significant decreasing trend in 62 % of the monitoring points in the youngest (0-15 years) groundwater. Only about 22 % of the monitoring points with older (25-50 years) groundwater show a similar significant decreasing trend. It must also be stated that many monitoring point in oxic groundwater in GRUMO have significant increasing nitrate contents. Totally, 41 % of the monitoring points with oxic groundwater have significant decreasing trends, 41 % has increasing trends and in 18 % there is no trend in the nitrate content.

The results from LOOP show, that 53 % of all the monitoring points have significant decreasing trends in the nitrate content for the period from 1990 to 2008. Again it must be stressed that in LOOP some monitoring points in contrary have significant increasing nitrate contents over the entire monitoring period. It is suggested that the significant decreasing nitrate in the upper groundwater in LOOP is due to reduction in nitrate leaching and local hydrological conditions.

It can be concluded, that the development of the nitrate content in groundwater is going in the right direction, but that increasing nitrate to some extent occur even in young groundwater

formed after the action plans implemented. Further investigations are needed to clear the picture.

Only a few results from water supply wells exceed the MAC for drinking water. This is due to the fact that wells with nitrate above the MAC have been closed and often replaced by new deeper wells, so that polluted groundwater is excluded from drinking water production. Nitrate thus diminishes the available groundwater resource.

Phosphorous

An analysis of the phosphorous data from the entire monitoring period from LOOP shows, that an important part of the phosphorus present in the upper groundwater is organic bound. As a consequence the phosphorus transport from agriculture to surface waters through groundwater may be larger than usually believed, as it is usually assumed that the phosphorus in groundwater is of purely geological origin.

Pesticides

In 2008 pesticides were found in almost 40 % of the sampled monitoring points (GRUMO), and the MAC of 0.1 µg/l for drinking water was exceeded in 11 % of the points. There is recognised an increasing presence of pesticides in groundwater at a national scale. Especially the upper groundwater layers carry pesticides and their metabolites, whereas the pesticide content of deeper and older groundwaters are considerable lower. One explanation of the increasing amounts of findings in GRUMO since 2004 is that only monitoring points with groundwater formed after 1950 are sampled. But also the introduction of analysis for metribuzin (weed control in potatoes, banned since 2003) and its associated metabolites play a role. Metribuzin and its metabolites are not a part of the control programme neither of waterwork abstraction wells nor of the drinking water analysis.

Glyphosat and its metabolite AMPA is found more frequently in waterwork wells than in the groundwater monitoring program. Glyphosat is the pesticide used in largest amounts in Denmark. It is primarily found in the upper and most vulnerable aquifers. In 2007 pesticides were found in 25 % of the active waterwork wells, and the MAC was exceeded in 5 %. With this the falling frequency of pesticide findings has ceased, and the frequency is again rising. As the waterworks do not include all of the pesticides with findings from the monitoring programme, it can be expected to find more pesticides in the waterwork wells if these pesticides were included in these monitoring programmes. Today the larger waterworks primarily abstracts drinking water from aquifers with old water. It is crucial for the future drinking water production whether the pesticides in the younger water are degraded before reaching these deeper aquifers.

In urban areas it was found that pesticides are just as abundant as they are in rural areas. This must be seen in a context where the uses of pesticides in rural areas are much larger (in kg/ha) than in urban areas. This shows that there is a need for better understanding of the pesticide vulnerability in urban areas, where many pesticides are used on pavements, parking areas and other areas where all plants are undesired.

Abstraction of water

It has been necessary to correct the former reported data for groundwater abstractions. This is due to the fact that these data not only include actual data on abstractions, but also an estimate of abstraction from individual waterworks, irrigation etc, where no reporting had been

given for a specific year. These estimates were made by the former counties, and as these estimates are no longer made, it is decided to exclude all estimates in the future and only report the actual data. This years report is thus not identical with earlier reporting.

Data for abstraction shows that there has been an increase in irrigation the latest years probably due to very low precipitation rates in April/May.

The national monitoring programme for groundwater level

In 2007 the national monitoring programme for groundwater level (potentiometric heads) was established based on diverse regional monitoring programs, in order to identify changes in the quantitative status of groundwater due to climatic change or abstraction of water. Groundwater heads are measured on a daily basis with data loggers. Time series show that there is a general rise in groundwater level since the late 1990s in both deep and regional aquifers. This is probably due to the decreasing abstraction rates at larger well fields, as a consequence of rising water prizes. This effect is most prevalent on Zealand and in the eastern parts of Denmark.

The national water balance model

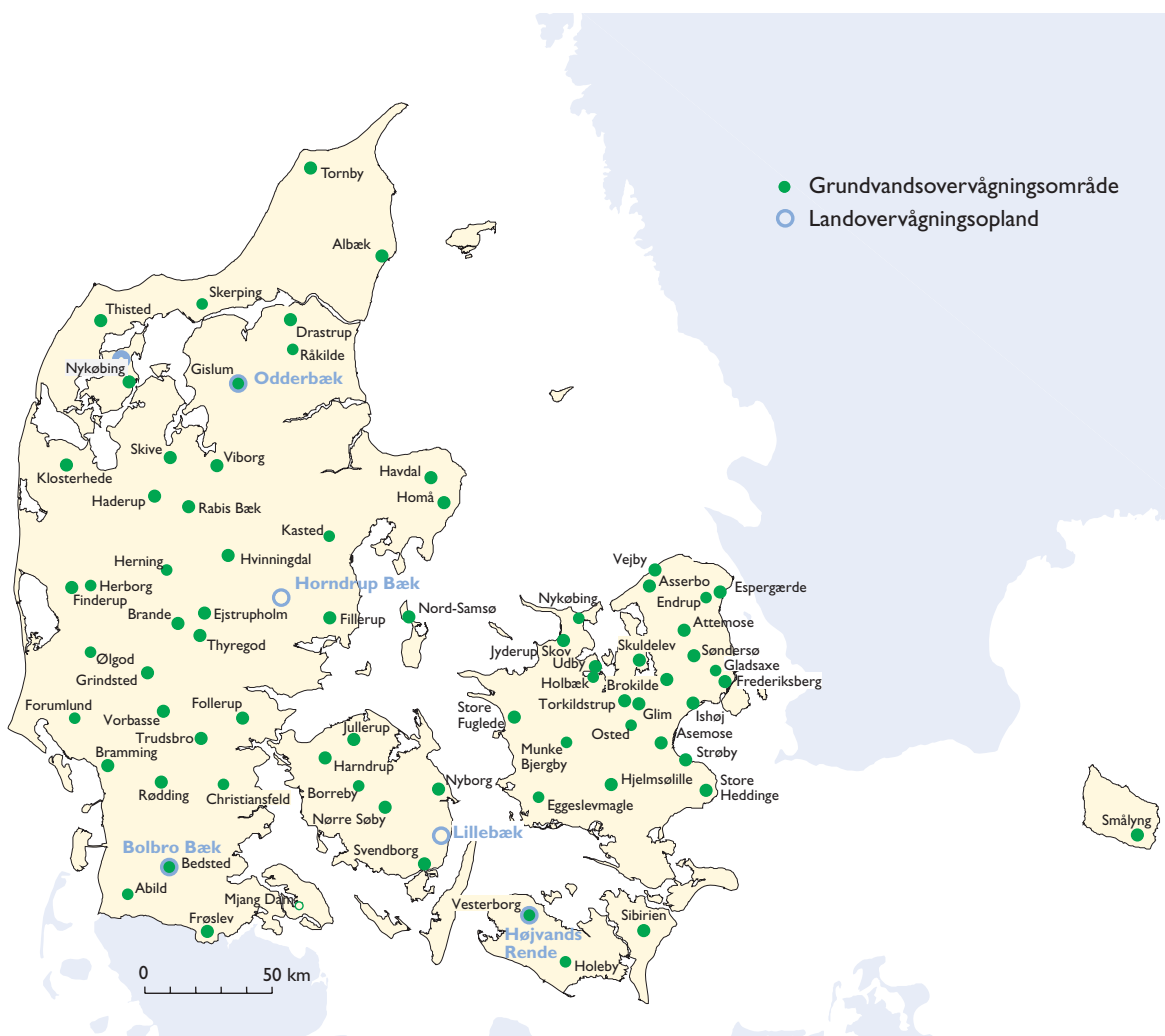
The national water balance model is developed and updated as a task under the NOVANA programme. The primary aim of the model is to develop a tool for evaluation of the water balance and groundwater recharge on larger catchment scale or for groundwater bodies. Another aim is to elucidate the size and the degree of the use of the groundwater resources dependent of climate, abstraction and land use. Details can be found in the technical guidance document for the hydrological modelling of NOVANA.

The dense Danish mapping of groundwater resources in the areas of special drinking water interest has resulted in a large improvement of geological knowledge, which is being built into hydrostratigraphic models. Also updating of data like streams, climate, water abstractions, outlet of wastewater etc. has been a major challenge, as well as the introduction of a more detailed grid. The homepage of the model www.vandmodel.dk has been revised, and the status and results of the current updating can be found together with examples of the use of model results.

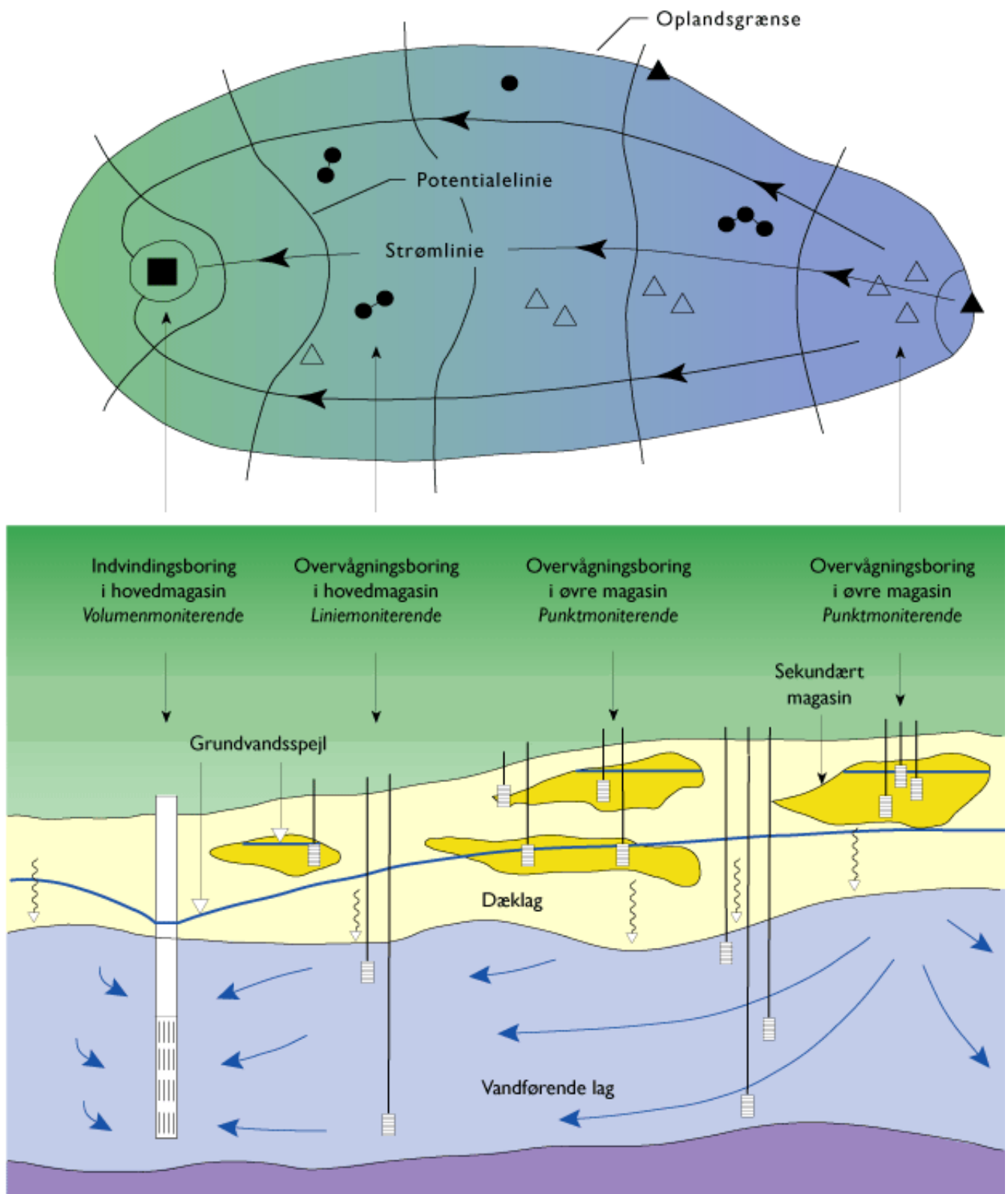
2 Indledning

Overvågningsprogrammet

Den landsdækkende grundvandsovervågning, GRUMO, der er en del af det nationale overvågningsprogram for vandmiljøet, NOVANA (DMU, 2005 og 2007), blev oprindeligt iværksat som en konsekvens af vedtagelsen af Vandmiljøplanen i 1987. Overvågningen havde to hovedformål. For det første at gennemføre effektmålinger af Vandmiljøplanen fra 1987 og de efterfølgende Vandmiljøplaner samt de generelle landbrugsreguleringer i forhold til grundvands belastning med kvælstof og fosfor. For det andet havde grundvandsovervågningen til formål generelt at følge udviklingen i grundvandsressourcens kvalitet og størrelse for også i fremtiden at kunne sikre Danmarks befolkning drikkevand af god kvalitet.



Figur 1. Grundvandsovervågningen i Danmark omfatter 73 grundvandsovervågningsområder (GRUMO) og 5 landovervågningsoplande (LOOP). I 6 områder er der etableret en redoxboring til overvågning af de kemiske forhold omkring redoxzonerne. Landovervågningsoplandene består af tre leroplande (Horndrup Bæk, Lillebæk og Højvands Rende) og to sandoplande (Oddebæk og Bolbro Bæk).



Figur 2. Principskitse for et grundvandsovervågningsområde (efter Andersen 1987).

Formålet og overvågningsdesignet tilpasses i disse år Vandrammedirektivet og Grundvandsdirektivet, og der vil i fremtiden blandt andet komme øget fokus på at beskrive kvaliteten af det grundvand, der udgør basistilstrømningen til de danske ferske vande og vådområder.

NOVANA programmet løber i perioden 1. januar 2004 til 31. december 2009, med yderligere et års forlængelse til og med 2010. En mindre midtvejsjustering i 2006 blev gennemført med effekt fra januar 2007. Denne justering indebar et formaliseret program for overvågning af grundvandets kvantitative tilstand i form af det nationale pejleprogram. Desuden indførtes DEVANO, et overvågningsprogram rettet mod grundvandets påvirkning af overfladevand, se kap 10. En lang række love, bekendtgørelser, direktiver mv fra Danmark og EU ligger til grund for dette arbejde. Et relevant udvalg af disse kan findes i litteraturlisten under dette kapitel og i den samlede litteraturliste. Der henvises også til en række relevante hjemmesider, hvor yderligere oplysninger findes.

Grundvandsovervågning

Grundvandsovervågningen omfatter 73 overvågningsområder med i alt ca. 1.400 indtag, der alle er egnede til analyse for grundvandets hovedbestanddele, se figur 1. Heraf er mindst 800 indtag egnede til analyse for specielle parametre som uorganiske sporstoffer, pesticider og andre organiske mikroforureninger. Hertil kommer 112 ganske korte indtag i en række multifilterboringer til overvågning af grundvandets hovedbestanddele i Rabis Bæk området, og 89 indtag i fem redoxboringer. Yderligere en redoxboring fra Udby er etableret, men denne er hvilende, da der er sket en forbigående forurening ved etableringen. Grundvandsovervågningen omfatter endelig ca. 85 indtag i grundvandet i de fem landovervågningsoplande (LOOP), hvor bl.a. kvaliteten af det helt nydannede grundvand under landbrugsarealer overvåges i indtag, som ligger 1½-6 meter under terræn. Der er således i indeværende programperiode i alt godt 1600 indtag involveret i overvågningsprogrammets overvågning af grundvandets kvalitet. Ikke alle parametre analyseres hvert år. Med hensyn til frekvenser og tidspunkter henvises til programbeskrivelsen for NOVANA (<http://www.blst.dk/Overvaagning/NOVANA>).

En ny overvågningsaktivitet, DEVANO, blev iværksat fra 2007, hvor miljøcentrene etablerer en række korte overvågningsboringer i grundvandsforekomster, hvor der kunne være risiko for at miljømålsætningerne ikke vil være opfyldt i 2015, se kap 10. DEVANO fokuserer primært på påvirkningen af overfladevand fra (forurenede) grundvand. I 2007 og 2008 blev henholdsvis 19 og 6 boringer etableret i områder med dårlig datadækning og uden for områderne med særlige drikkevandsinteresser (OSD). Omkring 16 af disse vil blive inddraget i det fremtidige faste stationsnet.

Det nationale pejleprogram omfatter 100 boringer med 148 indtag. Disse er alle taget i drift, og grundvandets potentialeforhold overvåges med faste dataloggere, der giver daglige målinger af grundvandsstanden, se kap 8. Pejleprogrammet skal i fremtiden tilpasses de overvågningsbehov, der identificeres i Vandplanerne.

Vandværkernes indvindingsboringer

I Miljøministeriets bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg (seneste version: Miljøstyrelsen 2007) har der siden 1989 været stillet krav om overvågning af kvaliteten af det grundvand, vandværkerne indvinder. Boringskontrollen (Miljøstyrelsen 1990 og 1997) som den kaldes, finansieres af vandværkerne. Alt efter hvor store mængder drikkevand, det pågældende vandværk producerer skal den enkelte indvindingsboring kontrolleres (mindst hvert 5. år – højst hvert 3. år). Det er således ikke de samme boringer, der analyseres hvert år, i modsætning til GRUMO, hvor idealet er et stabilt overvågningsnet. Boringskontrollen ud-

føres over tid for en skiftende mængde boringer, idet nye indvindingsboringer kommer til, og andre udgår af forskellige årsager som tekniske problemer, forureninger m.v. Der bliver på den måde løbende opretholdt den bedst mulige drikkevandskvalitet for forbrugerne, men uden at det er udtryk for en tilsvarende løbende forbedret grundvandskvalitet. I 2005 fandtes ca. 2.600 almene vandforsyninger (DANVA 2006) med omkring 10.000 tilknyttede boringer. Der har de seneste mange år været en udvikling mod færre og færre vandværker i Danmark.

For at beskrive kvaliteten af det vand, der på et givet tidspunkt anvendes til drikkevandsformål er der så vidt muligt udsøgt boringer fra aktive vandværker til nærværende rapportering. Boringerne i gruppen, der betegnes "indvindingsboringer" er boringer knyttet til aktive vandværker i JUPITER. Der findes imidlertid ingen oplysninger om, hvilke perioder vandværkernes enkelte boringer er i drift.

Alle kommuner har nu mulighed for at opdatere de administrative oplysninger om vandværkerne i den fællesoffentlige JUPITER database. Det formodes derfor, at boringernes status er ajourført i et rimeligt omfang, og at datamaterialet til rapporten derfor kun i begrænset omfang indeholder analyser fra vandværker, der ikke længere er aktive. Samtidig indeholder datamaterialet næppe i særlig grad oplysninger fra boringer, der er tilknyttet vandværket, men hvorfra der ikke indvindes grundvand til drikkevandsproduktion. Det kan være egne overvågningsboringer, pejleboringer etc., som vandværket ønsker at kende kvaliteten af.

Analyser fra boringer, som ikke stammer fra aktive vandværker eller aktive overvågningsboringer fra NOVANA-programmet, er kategoriseret som "andre boringer", og denne kategori vil typisk indeholde data fra undersøgelsesboringer, pejleboringer, private boringer og brønde, afværgeboringer, lukkede vandværker mv. Prøver fra grundvand, hvor der optræder kendte punktkildeforureninger fra forurenede grunde eller lossepladser, er så vidt muligt sorteret fra.

Oppumpede vandmængder

Data for indvinding af grundvand og overfladevand er en integreret del af grundvandsovervågningen. Indberetning af oppumpede vandmængder fra vandværker, virksomheder og landbrugets markvanding mv. er vigtige data for vurderingen af grundvandsressourcens bæredygtighed. Alle indvindere skal indberette til kommunen, der efterfølgende indlæser data i JUPITER. Kvaliteten af disse data er afhængig af, at de enkelte boringsejere indberetter korrekt og rettidigt til kommunen. Specielt hvad angår omfanget af markvanding, er der i nogle områder en formodning om, at der ikke er en tilfredsstillende dækning af den faktiske indvinding.

Rapportering

Hvert år siden 1989 har GEUS udarbejdet en landsdækkende rapport over resultaterne fra grundvandsovervågningen. Siden 2005, der var det første rapporteringsår af NOVANA programmet, har der været tale om en indikatorbaseret rapportering, hvor en række indikatorer opdateres hvert år, mens der tematisk vil være forskellige emner uddybet år for år. På grund af kommunalreformen var der ingen rapportering i 2006. Denne rapport afrapporterer data indsamlet til og med 2008. Rapporten udkommer udelukkende elektronisk.

Datagrundlag

Årets rapportering bygger på de data, miljøcentrene (indtil 2006 amterne) har indsamlet, samt data fra vandværkernes boringskontrol og kommunernes indberetning af oppumpede vandmængder. Indberetningen af vandanalyser fra såvel grundvandsovervågningen som boringskontrollen og øvrige undersøgelser, foretages af de udførende analyselaboratorier direkte til

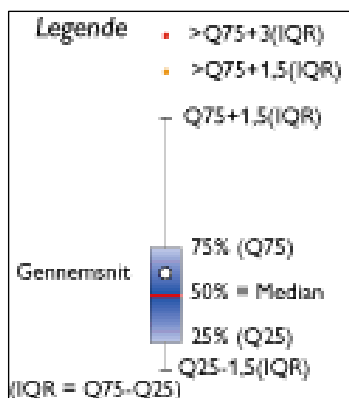
JUPITER databasen (www.geus.dk/JUPITER). Efterfølgende skal kommunerne eller miljøcentrene godkende data, før de bliver offentligt tilgængelige og dermed bliver til rådighed i datamaterialet.

En gennemgang har vist, at datagrundlaget for dette års rapportering ikke er komplet. Det skyldes bl.a., at Miljøcenter Århus ikke rettidigt havde godkendt de indsamlede data, og disse data var derfor ikke til rådighed i forbindelse med databehandlingen. Datagrundlaget for LOOP vurderes at være tilfredsstillende. Det er indtrykket, at kommunerne nu generelt set følger op på indberetningen i forhold til boringskontrollen.

Med hensyn til oppumpede vandmængder mangler otte kommuner at indberette data for 2007, mens 17 kommuner mangler at indberette data for 2008.

Boks-diagrammer

Boks-diagrammer er en god måde at præsentere statistisk bearbejdede data på. Boks-diagrammer fortæller noget om en række grundlæggende statistiske parametre for et datasæt. Det er typisk middelværdi, medianværdi og spredningen af værdierne for et års data. Spredningen er beskrevet gennem 25 % fraktile, 75 % fraktile og minimum- og maksimumværdier. Nedenfor i figur 3 er præsenteret en legende til boks-diagrammerne i denne rapport.



Figur 3. Legende til boks-diagrammer anvendt i denne rapport. Q står for kvartil således at Q25 udgør grænsen mellem de 25 % laveste værdier og de 75 % største værdier fra datamængden.

Referencer

Dansk lovgivning mv.

NOVANA – det nationale program for overvågning af vandmiljøet og naturen. Programbeskrivelse del 1, 2 og 3. Faglig rapport fra Danmarks Miljøundersøgelser nr. 495 og 508

Miljøministeriet, 2006: Bekendtgørelse nr. 1756 af 22/10/2006 af Lov om miljømål m.v. for vandforekomster og internationale naturbeskyttelsesområder (Miljømålsloven)

Miljø- og Energiministeriet 2007: Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. – Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 1449 af 11. december 2007. (Drikkevandsbekendtgørelsen)

Miljøstyrelsen, 1990: Vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. Vejledning fra Miljøstyrelsen, Nr. 3, 1990.

Miljøstyrelsen, 1997: Boringskontrol på vandværker. - Vejledning fra Miljøstyrelsen 2/1997.

Miljøstyrelsen, 2001: Vejledning om indberetning af drikkevandsdata. Vejledning fra Miljøstyrelsen, Nr. 4, 2001.

Miljøstyrelsen, 2005: Vejledning om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. Vejledning fra Miljøstyrelsen, Nr. 3, 2005.

Miljøstyrelsen, 2009: Redegørelse om jordforurening 2007. Redegørelser fra Miljøstyrelsen nr. 1, 2009.

EU direktiver og guidance mv.

Grundvandsdirektivet. Europa-parlamentets og rådets direktiv 2006/118/EF

Vandrammedirektivet. Europa-parlamentets og rådets direktiv 2000/60/EF

Drikkevandsdirektivet. Europaparlamentets og Rådets direktiv nr. 98/83/EF

Nitratdirektivet. Europaparlamentet og Rådets direktiv 91/676/EØF

Andre henvisninger:

DANVA 2006: Vandstatistik. Drikkevand og spildevand 2005.

P.Qevauviller, 2005: Groundwater monitoring in the context of Eu legislation: reality and integration needs. J. environmental monitoring, 2005, vol 7 pp89-102.

Relevante hjemmesider

<http://www.blst.dk/Overvaagning/NOVANA>

www.vandmodel.dk

www.grundvandsovervaagning.dk

[www. Geus.dk/jupiter](http://www.Geus.dk/jupiter)

[www. Grundvandskortlaegning.dk](http://www.Grundvandskortlaegning.dk)

<http://www.dmu.dk/Overvaagning/NOVANA/Programbeskrivelse+del+3/ DMU 2005 og 2007.>

http://www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/1989_2006.htm

3 Grundvandets alder

Tritiumdatering

Grundvandets alder har altid været en meget vigtig parameter for tolkningen af de data, der indsamles i forbindelse med grundvandsovervågningen. De første år blev der indsamlet data for Tritium: ^3H . Store mængder tritium blev frigivet til atmosfæren i forbindelse med brintbombspængninger i 1950'erne og 1960'erne. Tritium herfra indgår som en bestanddel i nedbørens vandmolekyler, og en grov datering af grundvandet er derved mulig.

Det vigtigste resultat af tritiumdateringen af grundvandet i overvågningsområderne var, at man fik vandet opdelt i ungt og gammelt grundvand. Det gamle grundvand er defineret som alt grundvand dannet før ca. 1950, det unge grundvand som dannet efter 1950. Dette er en rimelig opdeling set ud fra en geologisk betragtning, da opholdstiden i mange grundvandsmagasin-er kan være flere hundrede år. Opdelingen er også rimelig ud fra en vandkvalitetsmæssig synsvinkel, da der siden 1950'erne har været en stor påvirkning af grundvandets kvalitet med nitrat og pesticider fra landbruget, og med miljøfremmede stoffer og pesticider i byområder. Denne opdeling af grundvandet i ungt og gammelt vand har som overordnet opdeling været fulgt siden 1994, hvor de fleste overvågningsboringer var blevet dateret med tritiummetoden.

Set i lyset af vandmiljøplanerne er opdelingen i ungt og gammelt grundvand med en afgrænsning for dannelsen i 1950 imidlertid ikke særlig hensigtsmæssig, og sprogbrugen omkring ungt vand kan da også virke forvirrende på de, der overvejende har fokus på den del af vandkredsløbet, som finder sted i det ferske overfladevand.

CFC-datering

CFC-forbindelserne, også kaldet freoner, er kemisk meget stabile, og derfor er indholdet i atmosfæren steget markant, siden produktionen af disse stoffer begyndte i 1930'erne. CFC opløses i regnvandet således, at nedbørens indhold af CFC hele tiden er i ligevægt med atmosfærens stigende CFC-indhold. Idet CFC-forbindelserne tilføres grundvandet via nedbøren, er CFC-indholdet i det nydannede grundvand steget hvert år siden 1930'erne. Vigtigst af alt har det CFC-påvirkede grundvand bredt sig langs strømlinjerne i grundvandet, og prøver udtaget i dag kan derfor sige noget om, hvornår dette grundvand sidst var i kontakt med atmosfæren, dvs. hvornår faldt nedbøren, der infiltrerede og blev til grundvand (Laier og Thorling, 2005).

CFC-datering i overvågningsboringerne er udført fra 1996 og frem. De fleste indtag er blot analyseret for CFC-forbindelser én gang, men en række indtag har gentagne analyser og egentlige tidsserier, der for de fleste indtag viser, at alderen, dvs. strømningstiden fra grundvandsspejl til indtag, er konstant i det overvågede grundvand. I enkelte indtag ses store udsving i alderen i indtagene, og her er alderen i grundvandet ud for indtaget formentlig påvirket af varierende strømningforhold, der opstår når grundvandsspejlet varierer med tørre og våde perioder (Laier og Thorling, 2005).

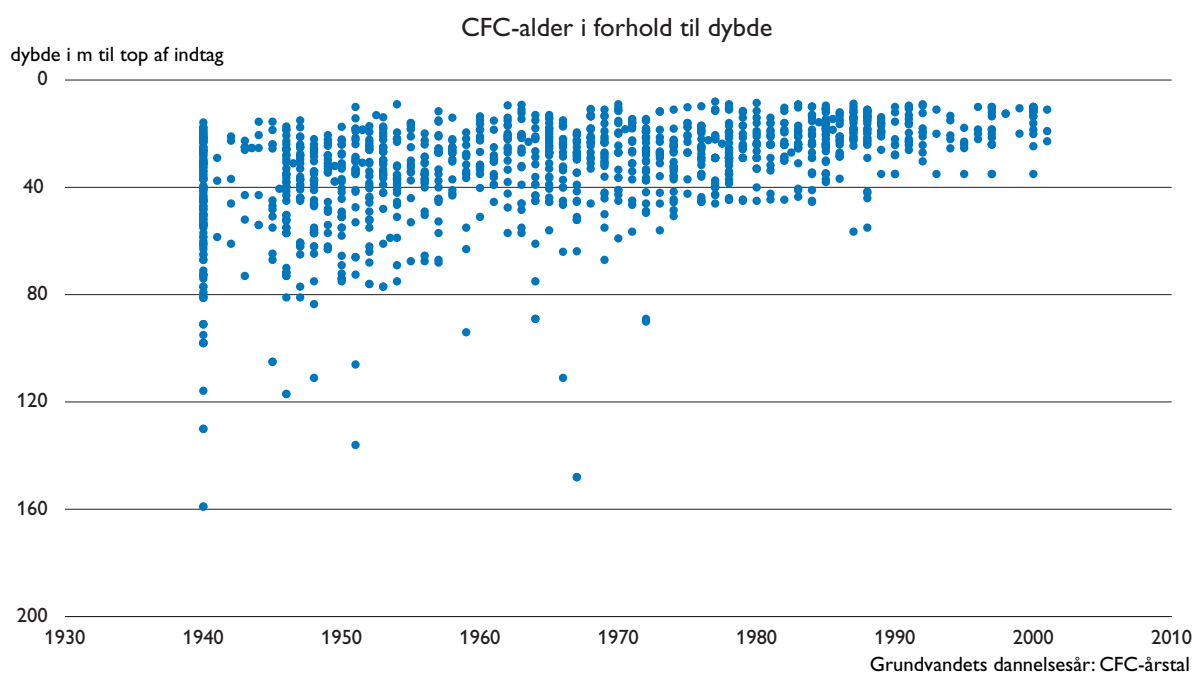
Relevans af datering

Tolkning af udviklingstendenser i vandkvaliteten er vanskelig uden kendskab til grundvandets alder i de enkelte indtag. Datering af grundvandet i de enkelte overvågningsindtag er derfor et meget nyttigt redskab, når effekter af ændret landbrugspraksis på nitratudvaskningen skal dokumenteres. Samtidig kan datering af grundvandet bruges til at demonstrere, at det er lykkedes at udbygge overvågningen med flere indtag i relativt ungt grundvand i de seneste år. (Thorling, 2009)

Tilstand og udvikling

Figur 4 viser CFC-årstal for hvert indtag i grundvandsovervågningsprogrammet som funktion af dybden. Det fremgår af figuren, at der i de øverste 40 meter optræder grundvand med meget forskelligt dannelsesår og dermed alder, og at der selv i de øverste 20 m ikke er nogen sammenhæng mellem dybde og alder, når alle indtag sammenlignes fra både iltede, anoxiske og reducerede zoner. Årsagen hertil er forskelle i grundvandsdannelse, hydrauliske barrierer og andre hydrologiske forskelle. I udstrømningsområder med opadrettet gradient, kan der træffes endog meget gammelt grundvand tæt ved terræn.

Detektionsgrænsen for CFC-årstal er 1940, hvilket betyder, at de mange punkter ud for 1940 er grundvand, der er dannet før 1940. Figuren viser også, at det kun er en ret lille del af det samlede antal indtag, der overvåger vand dannet efter 1985.



Figur 4. Aldersfordelingen for grundvands dannelsesår, udtrykt ved CFC-årstal for overvågningsindtag som funktion af dybden til indtagstop m.u.t.

Da det nu er ca. 20 år siden vandmiljøplanen blev iværksat i 1988, er det kun grundvand med en alder under ca. 20 år, der i dag direkte kan vise evt. effekter af vandmiljøplanen på grundvands kvaliteten. Set i det lys blev der i 2004-6 etableret mange kortere borer, hvor der skulle fokuseres på det øverste grundvand, og gerne så ungt grundvand som muligt. De nye borerers indtag har grundvand med en median-alder omkring ca. 20 år. Dermed kan det konkluderes, at indsatsen for at øge grundvandsovervågningens andel af indtag med ungt grundvand er lykkedes, og det på trods af aldersfordelingen i figur 4, der viser, at der er en stor risiko for at møde gammelt vand selv i relativt terrænnært grundvand.

Referencer

Laier, T. og Thorling, L., 2005: Tidsserier og datering, anvendelse af overvågningsdata. ATV møde 5. okt 2005; Grundvandsmonitoring, teori, metoder og cases.

Thorling, L., 2009: Grundvandsovervågning 2008. Status og udvikling 1989-2007. http://www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/1989_2007.htm

4 Hovedbestanddele

I overvågningsprogrammet for grundvand og i vandværkernes boringskontrol af grundvandskvaliteten i indvindingsboringerne analyseres der for en lang række hovedbestanddele.

I Grundvandsovervågningen anvendes som udgangspunkt det begrænsede program (kalium, klorid, sulfat, nitrat, nitrit, ammonium, jern og mangan) eller det fulde program (de førnævnte plus calcium, bikarbonat, fluorid, magnesium, natrium, strontium, total kvælstof, total fosfor, NVOG, aggressiv kuldioxid, svovlbrinte og metan samt ortho-fosfat-fosfor i landovervågningen). Ved udtagning af grundvandsprøver i forbindelse med overvågningsprogrammet, udføres der desuden online feltmålinger for pH, ledningsevne, redoxpotentiale, ilt og temperatur. Formålet med feltanalyserne er at sikre pålidelige analyser af disse parametre, samt at grundvandskvaliteten før prøvetagning er stabil og repræsentativ for magasinet. Dette sker ved at kontrollere, om de fem parametre har nået et passende stabilt niveau i løbet af forpumpningen, før prøverne udtages til laboratorieanalyser. Analysefrekvensen varierer mellem de forskellige typer af boringer, fra én gang hvert 6. år til 6 gange årligt.

Boringskontrollen omfatter analyser af grundvandskvaliteten i vandværkernes indvindingsboringer for faste hovedbestanddele som NVOG, calcium, magnesium, natrium, kalium, ammonium, jern, mangan, bikarbonat, klorid, sulfat, nitrat, nitrit, totalt fosforindhold, fluorid og aggressiv kuldioxid og variable parametre som svovlbrinte og metan. Analysehyppigheden af boringskontrollen i indvindingsboringerne afhænger af indvindingsmængden på vandværket og varierer mellem hvert 3. år ($\geq 1,5$ mio. m³ pr. år) til hvert 5. år (3.000 - 35.000 m³ pr. år) (MST, 2006).

I dette års rapportering fokuseres der på nitrat og fosfor. Valget af nitrat og fosfor er begrundet i det overordnede formål med overvågningen bl.a. med hensyn til dokumentation af vandmiljøplanerne og andre landbrugsrelaterede indsatser i forhold til vandmiljøet.

Nitrat i grundvand

Relevans af nitrat

Nitrat i grundvandet stammer hovedsagelig fra kvælstofudvaskning fra landbrugsarealer. I den øvre jordbund kan mængden af nitrat fra gødningen reduceres ved optagelse i planter eller ved denitrifikation (omdannelse til frit kvælstof). Den overskydende mængde af nitrat udvaskes via den umættede zone til grundvandet og strømmer derefter mod overfladevandsforekomster. I grundvandets anoxiske zone bliver nitraten reduceret yderligere af nitratreducerende stoffer som f.eks. pyrit, organisk stof eller Fe(II). Selv lave koncentrationer af nitrat i grundvand kan ved udstrømning til overfladevandsforekomster resultere i eutrofiering af vandmiljøet. Høje koncentrationer af nitrat i drikkevand kan være sundhedsskadeligt på grund af omsætning til nitrit og risiko for omdannelse af blodets hæmoglobin til methæmoglobin, der ikke kan transportere ilt rundt i kroppen ("blå børn" syndrom). Nitrat kan også reagere i kroppen med aminosyrer og danne kræftfremkaldende nitrosaminer.

Målsætning for nitrat

Indholdet af nitrat i drikkevand må ikke overstige grænseværdien på 50 mg/l (MST, 2007). Da nitrat ikke fjernes ved traditionel vandbehandling på vandværket, er det vigtigt, at grundvandets indhold ikke overstiger denne værdi. Tilsvarende er grænseværdien for grundvand ifølge

Grundvandsdirektivet også 50 mg/l (EU, 2006). Der er i vandplanerne ikke opsat nogen særlig målsætning for nitratindholdet i grundvand som følge af grundvandets påvirkning af overfladevand. Dette kan gøres ved at sætte en tærskelværdi under 50 mg/l, hvis et overfladevandsområde vurderes at være særligt sårbart over for grundvandets påvirkning med nitrat.

Fordeling af nitratindhold i overvågningsindtag og indvindingsboringer samt dybdemæssig fordeling

Datagrundlag

Beskrivelsen af udviklingen i grundvandets nitratindhold bygger på data for hele perioden 1990-2008 fra alle aktive indtag fra grundvandsovervågningen, landovervågningen, boringskontrollen fra vandforsyningsboringer og fra gruppen "andre boringer", som er en restgruppe af bl.a. forskellige typer af undersøgelsesboringer. Boringer fra kendte forurenede grunde og overvågning af punktkilder er udeladt.

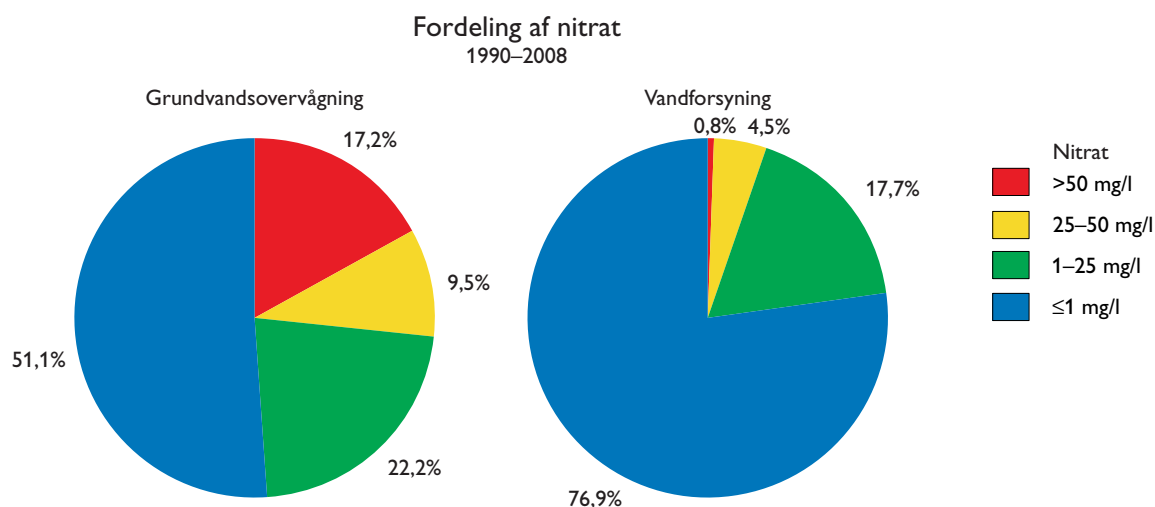
Der indgår et varierende antal indtag i de årlige beregninger, hvilket skyldes, at ikke alle indtag er analyseret kontinuert siden 1990, da overvågningsprogrammet flere gange er justeret, og vandværkernes indvindingsboringer løbende udskiftes. Antallet af nitratanalyser i grundvandsovervågningen (GRUMO), Landovervågningen (LOOP), vandværkernes boringskontrol og fra "andre boringer" fremgår af tabel 1. Når antallet af nitratanalyser i 2008 sammenlignes med antallet af nitratanalyser i 2006, fremgår det, at antallet af nitratanalyser i GRUMO og i "Andre boringer" er ca. 30 % lavere i 2008. Derimod er datagrundlaget for LOOP og Boringskontrol på højde med de foregående år.

	GRUMO	LOOP	Boringskontrol	"Andre boringer"	I alt
2006	1890	389	1312	938	4529
2007	1343	485	1409	581	3818
2008	1251	376	1460	644	3731
1990-2008	40.902	15.180	30.564	31.280	117.926

Tabel 1. Antallet af nitratanalyser i grundvandsovervågningen (GRUMO), Landovervågningen (LOOP), vandværkernes boringskontrol og fra "andre boringer".

Fordeling af nitratindhold i perioden 1990 - 2008

En oversigt over fordelingen af nitratindholdet i gennemsnit pr. indtag i perioden 1990-2008 i grundvandsovervågningen og i vandværkernes indvindingsboringer er vist på figur 5. Det fremgår, at ca. 17 % af indtagene i grundvandsovervågningen har et gennemsnitligt nitratindhold over 50 mg/l, mens det for vandforsyningsboringerne blot er ca. 1 %. Fordelingen af nitratkoncentrationer i grundvandsovervågningen har stort set været uændret siden overvågningsprogrammets start. Med hensyn til fordelingen af nitratkoncentrationer i indvindingsboringerne er der for perioden 1990-2008 i forhold til perioden 1990-2004 en reduktion fra ca. 28 til 23 % i andelen af indvindingsboringer med et gennemsnitligt nitratindhold højere end 1 mg/l.



Figur 5. Fordelingen af det gennemsnitlige nitratindhold i mg/l for indtag i grundvandsovervågningen og i boringskontrolanalyserne i vandværkernes indvindingsboringer. Der er anvendt gennemsnitsværdier for nitrat pr. indtag for perioden 1990-2008.

Dybdemæssig fordeling af nitratindhold i alle analyserede indtag og boringer

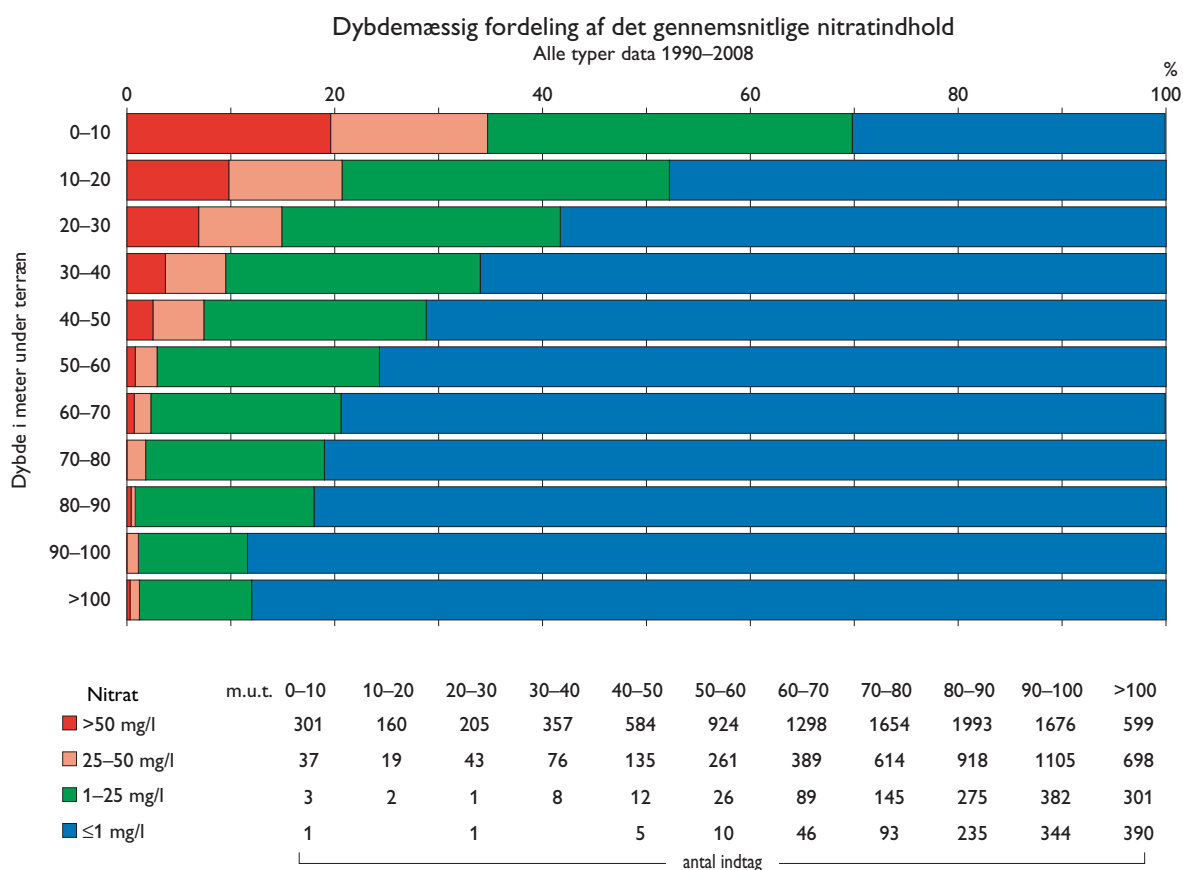
Figur 6 viser den dybdemæssige fordeling af det gennemsnitlige nitratindhold i 16.415 indtag, analyseret for nitrat i perioden 1990-2008, hvor der samtidig er kendskab til indtagsdybden. Fordelingen af nitratkoncentrationerne er opdelt i fire grupper (≤ 1 , 1-25, 25-50 og > 50 mg/l) og er afbilledet mod toppen af indtaget m.u.t. Den største del af de indtag, der har et indhold af nitrat over 25 mg/l, har overkant af filter ned til ca. 50 m.u.t. De højeste nitratindhold findes ikke uventet i de øverste 10 meter af jordlagene med nitrat større end 1 mg/l i ca. 70 % og nitrat over 50 mg/l i ca. 20 % af indtagene.

Nitrat i forskellige redoxzoner

Grundvandet kan med udgangspunkt i vandkvaliteten opdeles i 4 redoxzoner, der normalt optræder i tiltagende dybde fra jordoverfladen: iltzonen, den anoxiske zone, jern/sulfatzonen og metanzonen. Grundvandskvaliteten i er påvirket af en række faktorer:

- 1) Arealanvendelsen og atmosfæriske bidrag fra nedbøren og tørdepositionen
- 2) De biogeokemiske processer i rodzonen, umættet zone og i grundvandsmagasinet
- 3) Vandbalancen (nedbør og fordampning) og strømningsforholdene.

Denne påvirkning er tydeligt i iltzonen. Iltzonen er specielt karakteriseret ved, at den ud over ilt indeholder nitrat i koncentrationer, der svarer til udvaskningen fra rodzonen. Dybere nede i grundvandet findes ofte den iltfrie anoxiske zone. I den anoxiske zone er nitrat under omsætning, og nitratkoncentrationerne er derfor lavere end den oprindelige udvaskning fra rodzonen. I det dybeste reducerede grundvand findes jern/sulfat-zonen og metan-zonen, hvor både ilt og nitrat er omsat, og grundvandet bærer ikke nemt genkendelige præg af arealanvendelsen, idet denne maskeres af geokemiske processer og grundvandets strømningsforhold.



Figur 6. Dybdemæssig fordeling til top af indtag i m.u.t. af det gennemsnitlige nitratindhold i 16.415 indtag analyseret i perioden 1990-2008, for GRUMO, LOOP, boringskontrollen i vandværkernes indvindingsboringer og i 'Andre boringer'. Antal indtag i hvert dybdeinterval er anført i tabellen under figuren.

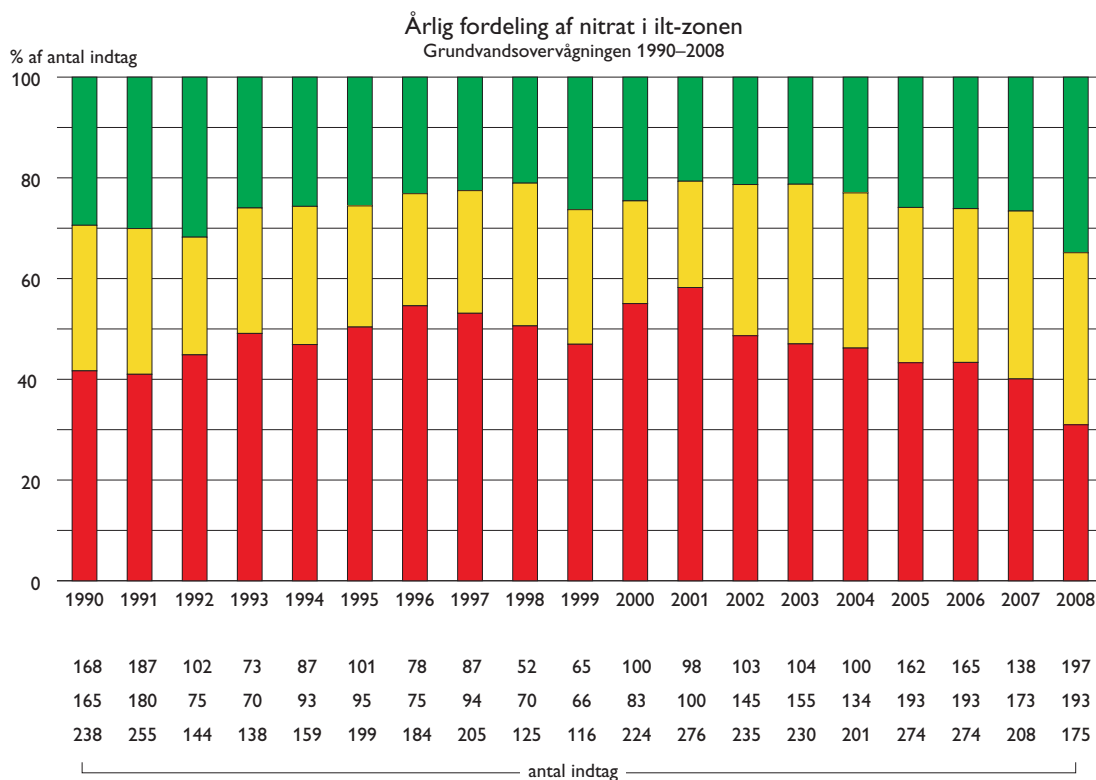
Nitratindhold i grundvandets iltzone – grundvandsovervågning

Datagrundlag

Til vurdering af den tidsmæssige udvikling af nitratindholdet i det iltede og ofte nitratbelastede grundvand er der kun anvendt data fra alle aktive indtag i grundvandsovervågningen fra perioden 1990-2008 med et iltindhold højere end 1 mg/l.

Tilstand, udvikling og årsag

Figur 7 viser fordelingen af alle nitratanalyser fra det iltede grundvand (med ilt > 1 mg/l og nitrat > 1 mg/l) i grundvandsovervågningen fra perioden 1990-2008 fordelt på 3 klasser (1-25, 25-50 og > 50 mg/l). Der er i alt 9163 nitratanalyser (gennemsnitværdier pr. indtag pr. år) fra iltet grundvand i grundvandsovervågningen fra 1990-2008. Antallet af nitratanalyser i iltet grundvand ligger de seneste 4 år generelt lidt højere (519-632 analyser) end de foregående år (435-489 analyser fra 2001-2004). Det skyldes sandsynligvis nitratanalyser fra de nye korte boringer, filtersat i iltet grundvand, som er blevet udført i 2005 og 2006.

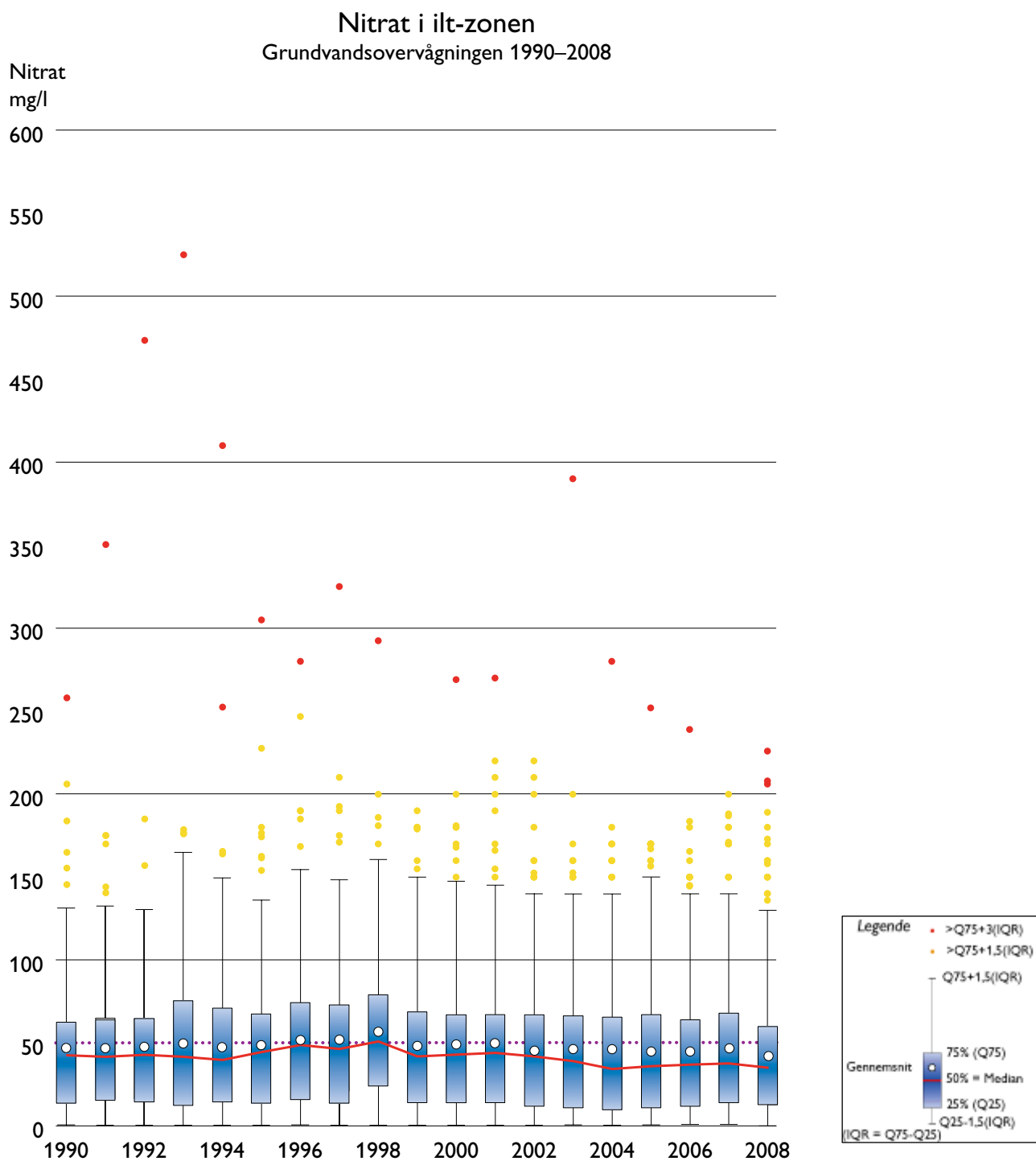


Figur 7 Den procentvise fordeling af alle nitratanalyser (gennemsnit pr. indtag pr. år) fra iltet grundvand (med ilt > 1 mg/l og nitrat > 1 mg/l) fra perioden 1990–2008 i grundvandsovervågningen fordelt i 3 klasser (1–25, 25–50 og > 50 mg/l nitrat). Antal analyser fra hvert år og klasse er anført i tabellen under figuren.

Der er en tydelig tendens til, at antallet af indtag fra det iltede grundvand fra grundvandsovervågningen med koncentrationer over 50 mg/l er aftagende, sådan at omkring 30 % af indtagene i 2008 har et indhold over 50 mg/l, mod ca. 50 % midt i 1990'erne.

Figur 8 viser udviklingen i det iltede grundvands nitratindhold, beskrevet ud fra alle analyser udført i perioden fra 1990 til 2008 som boks-diagrammer. Det iltede grundvands nitratindhold udviser alle år en stor spredning. Medianværdien for perioden 1990 – 2008 stiger jævnt frem til den højeste værdi i 1998 på ca. 50 mg/l nitrat, hvorpå den falder til et niveau på omkring 35 mg/l nitrat i 2004–2008. Gennemsnitsværdierne for nitrat falder fra ca. 56 mg/l i 1998 til ca. 42 mg/l i 2008. Nitratindholdet i det iltede grundvand ligger for 25 % af indtagene over ca. 60 mg/l nitrat i 2008. Det højest målte nitratindhold i iltet grundvand varierer meget fra år til år i perioden 1990–2008, og den højeste målte værdi ligger på over 500 mg/l nitrat målt i 1993. Medianværdierne er generelt kun en smule mindre end gennemsnitsværdierne.

Figur 8 viser kun en generel status af det iltede grundvands nitratindhold for de enkelte år. Det er i det iltede grundvand, at eventuelle effekter af vandmiljøplanerne nemmest vil kunne erkendes. I det iltede grundvand er nitraten ikke omsat ved nitratreducerende processer i grundvandsmagasinet. Samtidig er det iltholdige grundvand det yngste grundvand, som dog godt kan være ældre end vandmiljøplanerne. I nedenstående afsnit om "Vandmiljøplanernes effekt på grundvandets nitratindhold" undersøges udviklingen i det iltede grundvands nitratindhold nærmere for de enkelte indtag.



Figur 8. Udviklingen i det iltede (ilt > 1 mg/l) grundvands nitratindhold, GRUMO 1990 - 2008.

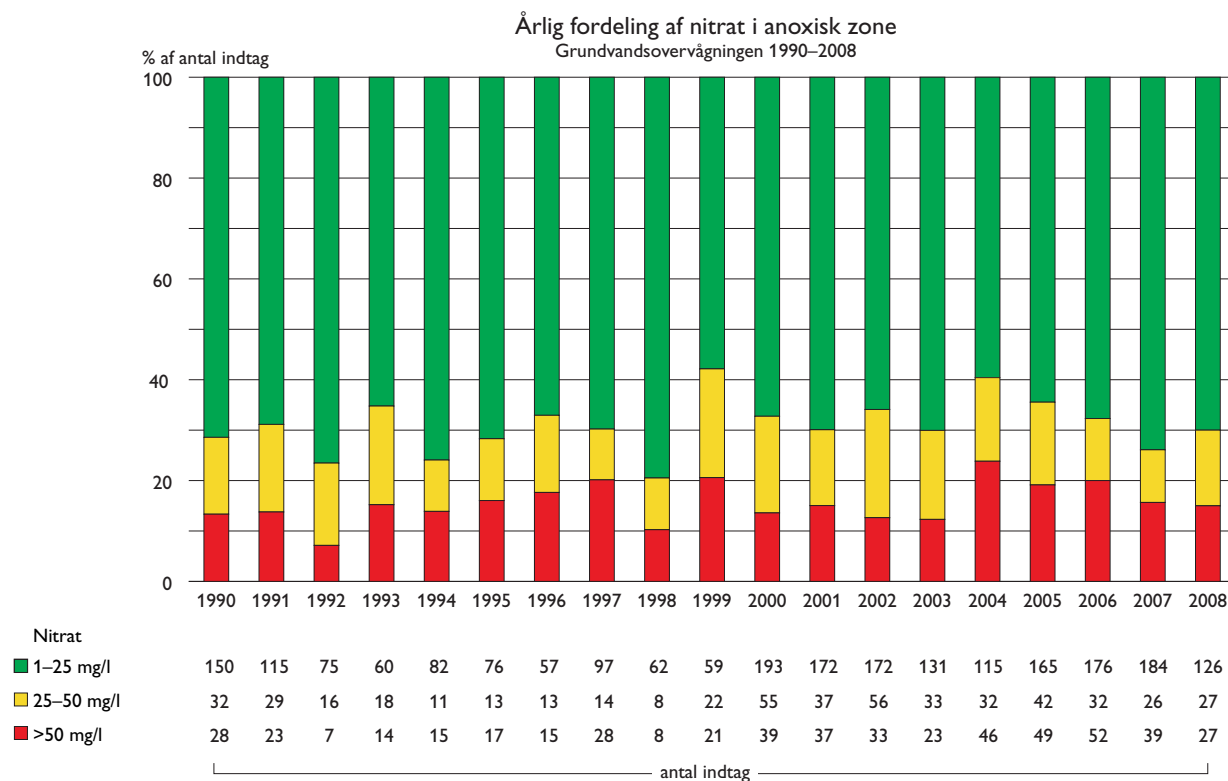
Nitrat i grundvandets anoxiske zone - grundvandsovervågning

Datagrundlag

Beskrivelse af den tidsmæssige udvikling af nitratindholdet i grundvandets nitratreducerende zone er baseret på data fra perioden 1990-2008, hvor den anoxiske tilstand er defineret ved (> 1 mg/l nitrat) og (≤ 1 mg/l ilt). Der er i alt 3304 analyser (gennemsnitværdier pr. indtag pr. år) fra anoxisk grundvand i grundvandsovervågningen fra perioden 1990-2008.

Tilstand, udvikling og årsag

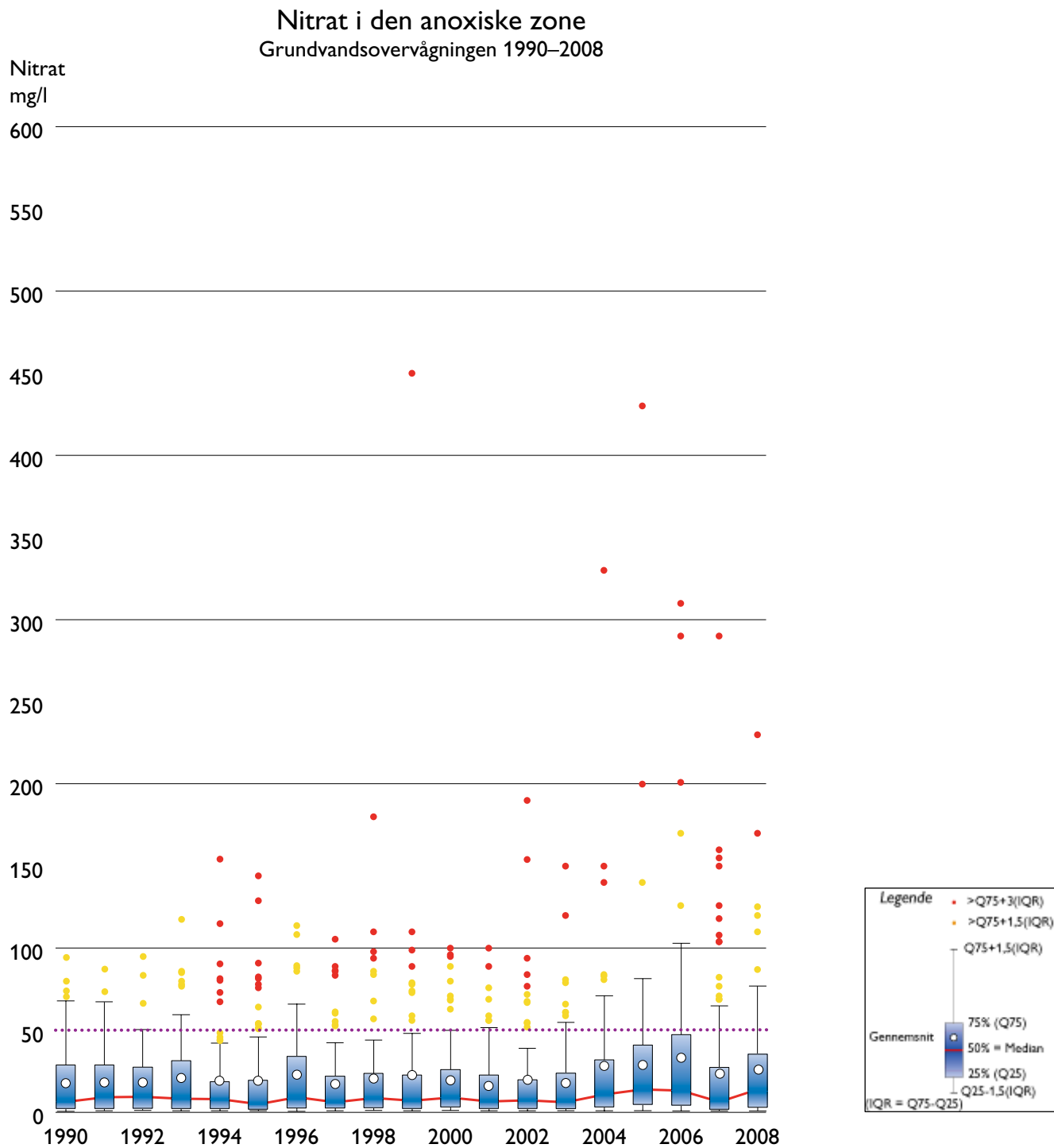
Figur 9 viser fordelingen af nitrat fra det anoxiske grundvand i grundvandsovervågningen fra perioden 1990-2008 fordelt på 3 klasser (1-25, 25-50 og > 50 mg/l). Det anoxiske vand har et lavere nitratindhold end grundvandet i iltzonen på grund af omsætning af nitrat, bl.a. ved oxidation af pyrit. Koncentrationen vil derfor afhænge af balancen mellem tilførsel og omsætningshastighed. Antallet af nitratanalyser i det anoxiske grundvand ligger de seneste år (siden 2000) på omkring 200-300 om året.



Figur 9. Den procentvise fordeling af alle nitratanalyser (gennemsnitværdier pr. indtag pr. år) fra anoxisk grundvand (med nitrat > 1 mg/l og ilt ≤ 1 mg/l) fra perioden 1990-2008 i GRUMO, fordelt på 3 klasser (1-25, 25-50 og > 50 mg/l nitrat). Antal analyser for hvert år og klasse er anført i tabellen under figuren.

Figur 10 viser udviklingen i det anoxiske grundvands nitratindhold for alle analyser, udført i perioden fra 1990 til 2008 som boks-diagrammer. Grundvandets nitratindhold i den anoxiske zone udviser alle år en stor spredning ligesom i den iltede zone (se figur 8). Medianværdien for perioden 1990 - 2008 ligger på omkring 6-14 mg/l med de højeste værdier omkring 2005-6

og i 2008. Gennemsnitsværdierne for nitrat i det anoxiske grundvand har samme udviklings-tendens som medianværdierne. Gennemsnitsværdierne i det anoxiske grundvand varierer mellem 18 og 29 mg/l nitrat. Den højeste målte værdi i perioden er på ca. 450 mg/l nitrat målt i 1999. Både middel- og medianværdier for nitratinholdet i den anoxiske zone ligger noget lavere end i den iltede zone, hvilket skyldes omsætningen af nitrat i den anoxiske zone.



Figur 10. Nitratindholdet i det anoxiske (nitrat > 1 mg/l og ilt ≤ 1) grundvand, GRUMO 1990 - 2008.

Nitratindhold i grundvand under landbrugsarealer – landovervågning

Datagrundlag

I landovervågningsområderne (LOOP) overvåges det allerøverste terrænnære grundvand under landbrugsarealer. Der udføres ca. 6 analyser pr. år i hvert af 20 indtag i de 5 LOOP områder. Analysefrekvensen i 2008 har dog været ca. 5 analyser pr. indtag. Dette kan til dels skyldes, at der ikke hver gang kan prøvetages fra alle indtagene. Noget der især forekommer i lerjordsoplandene i tørre perioder.

Tilstand, udvikling og årsager

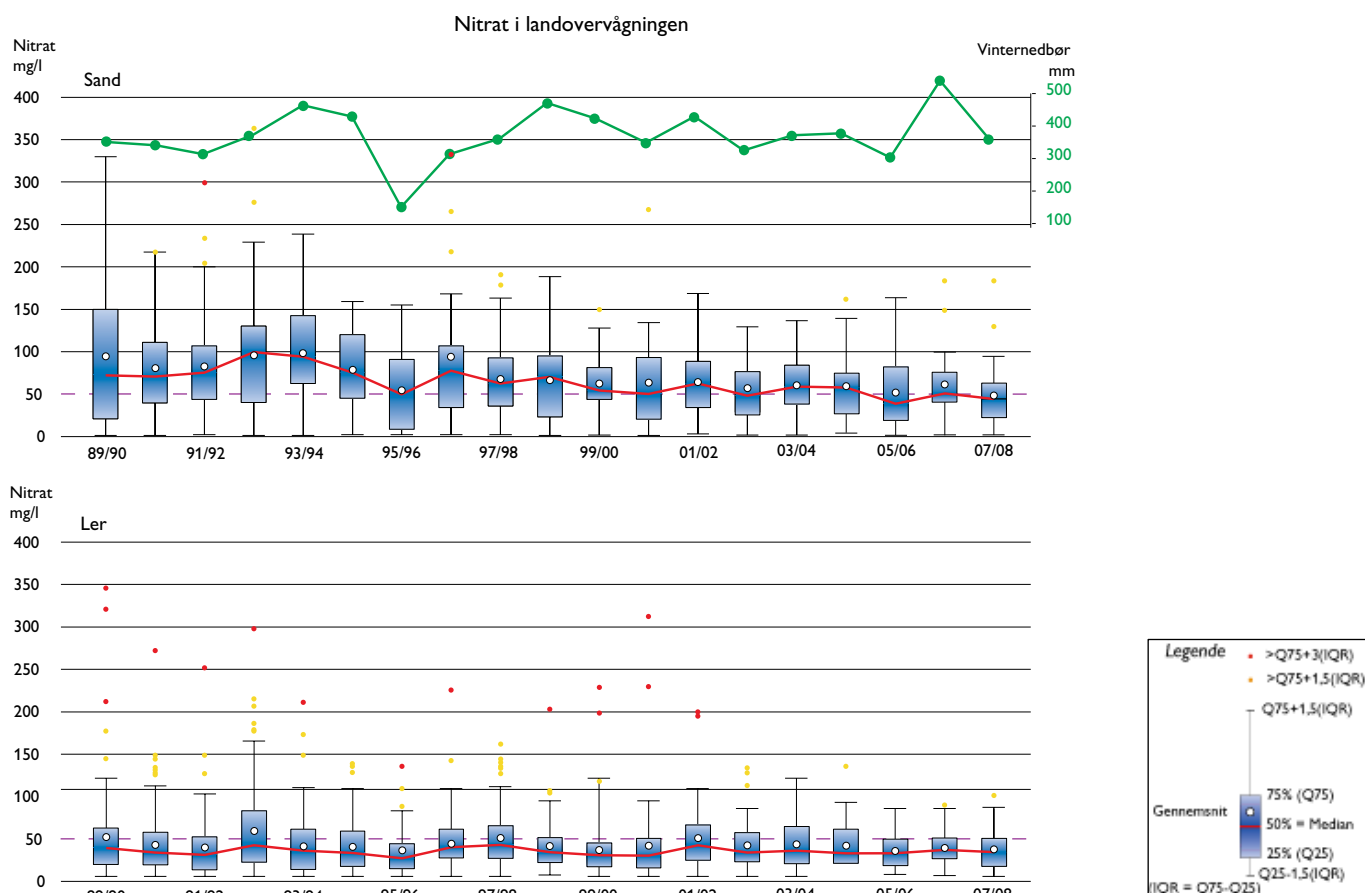
Figur 11 viser nitratindholdet i det øvre grundvand (0 til 6 m.u.t) i vinterhalvåret (1. og 4. kvartal) på sand- og lerområder i landovervågningen som et boksdiagram sammen med vinternedbøren. Vinternedbøren er beregnet som et gennemsnit af DMI's 10x10 km nedbørsdata for de områder, hvori de enkelte LOOP ligger. Tre LOOP områder er placeret i lerområder (LOOP 1-Højvads Rende Lolland, LOOP 3-Horndrup Bæk Østjylland og LOOP 4-Lille Bæk Fyn) og 2 LOOP områder er placeret i sandområder (LOOP 2-Odderbæk Nordjylland og LOOP 6-Bolbro Bæk Sønderjylland).

Der er stor spredning i de målte nitratkoncentrationer for vinterperioderne i både sand- og lerområderne. Generelt er der et højere nitratindhold i grundvandet i sandområderne end i lerområderne. Gennemsnitsværdierne for nitratindholdet i det øvre grundvand i sand- og lerjordsoplandene ligger lidt højere end medianværdierne, men har ellers et nogenlunde synkront forløb. Nitratkoncentrationerne i det øvre grundvand er lavere end nitratkoncentrationen fra rodzonen i de enkelte LOOP, hvilket formentlig skyldes nitratreduktion i lokale reducerede miljøer i den umættede zone, eller i iltfrit øvre grundvand. (Grant m. fl., 2009).

Nitratindholdet i det øvre grundvand i vinterhalvåret er præget af vinternedbøren, specielt i sandjordsoplandene, hvor nitratindholdet i det øvre grundvand har større absolutte variationer i vinterhalvåret end i lerjordsoplandene. Dette kan forklares ved, at der hvert år efter høst er ophobet et stort kvælstofoverskud i jorden i den såkaldte kvælstofpulje. Kommer der herefter et efterår og en vinter med stor nedbør, giver det et højt nitratindhold i det nydannede grundvand. Det reducerer kvælstofindholdet i kvælstofpuljen i jorden, og har det næste efterår/vinter også stor nedbør, vil nitratindholdet i det nydannede grundvand være betydeligt mindre, fordi bidraget fra tidligere års kvælstofpulje nu er formindsket ved udvaskning og/eller denitrifikation.

For perioden 1990-2008 er der i sandområderne et fald (fra ca. 95 til ca. 50 mg/l) i det øverste grundvands gennemsnitlige nitratindhold i vinterhalvåret. Faldet er størst frem til vinteren 1999/2000, hvorpå ændringerne bliver små. Den højeste målte enkeltværdi i perioden er på 740 mg/l nitrat fra 1997. Det skal bemærkes, at det gennemsnitlige nitratindhold i det øvre grundvand i sandjordsområderne de fleste år ligger over grænseværdien for drikkevand på 50 mg/l.

For lerområderne ligger det gennemsnitlige nitratindhold for hele perioden 1990-2008 i vinterhalvåret omkring 30 - 50 mg/l (medianværdien mellem 25 og 40 mg/l), og der er ikke et tilsvarende tydeligt fald i koncentrationsniveauet som i sandområderne. Den højeste enkeltværdi i perioden er på 345 mg/l nitrat fra 1990.



Figur 11. Nitratindholdet i det øvre grundvand i vinterhalvåret i sand- og lerområderne i LOOP, sammenholdt med vinternedbøren (grønne kurve). Kun nitratdata fra kvartalerne 4 og 1, nitratanalyser over 1 mg/l og indtag mellem 0 og 6 meter under terræn er medtaget.

Udviklingen i nitratindholdet i de enkelte indtag i grundvandsboringerne i LOOP er i afsnittet "Vandmiljøplanernes effekt på grundvandets nitratindhold" undersøgt nærmere ved sammenligning med nitratudviklingen i de iltede indtag i GRUMO boringer.

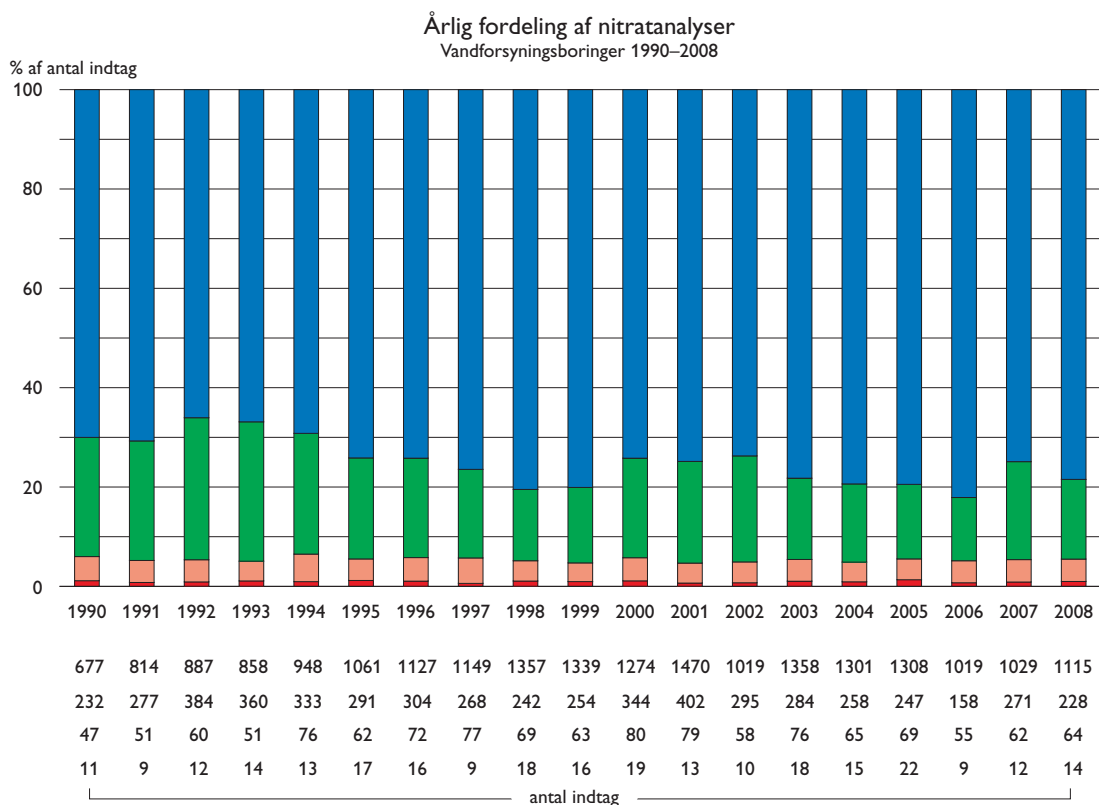
Nitrat, Vandværkernes kontrol af indvindingsboringer

Datagrundlag

Grundvandet i vandværkernes indvindingsboringer analyseres ikke hvert år, men i en turnus på 3 - 5 år afhængig af indvindingsmængderne. Det er således ikke det samme datasæt, der indgår år for år. Analyserne udføres med det formål at beskrive udviklingen af indholdet af nitrat i det grundvand, der indvindes til drikkevandsformål.

Tilstand, udvikling og årsager

Figur 12 viser, at hovedparten af analyserne fra vandværkernes boringskontrol er nitratfrie (ilt ≤ 1 mg/l). Det vil sige, at der hovedsagelig indvindes grundvand til drikkevandsformål fra det reducerede nitratfrie grundvand. Der ses en tendens til, at andelen af analyser fra nitratholdigt grundvand er faldet igennem måleperioden fra 25-35 % i begyndelse af 1990'erne til omkring 20 % i 2003-2008.

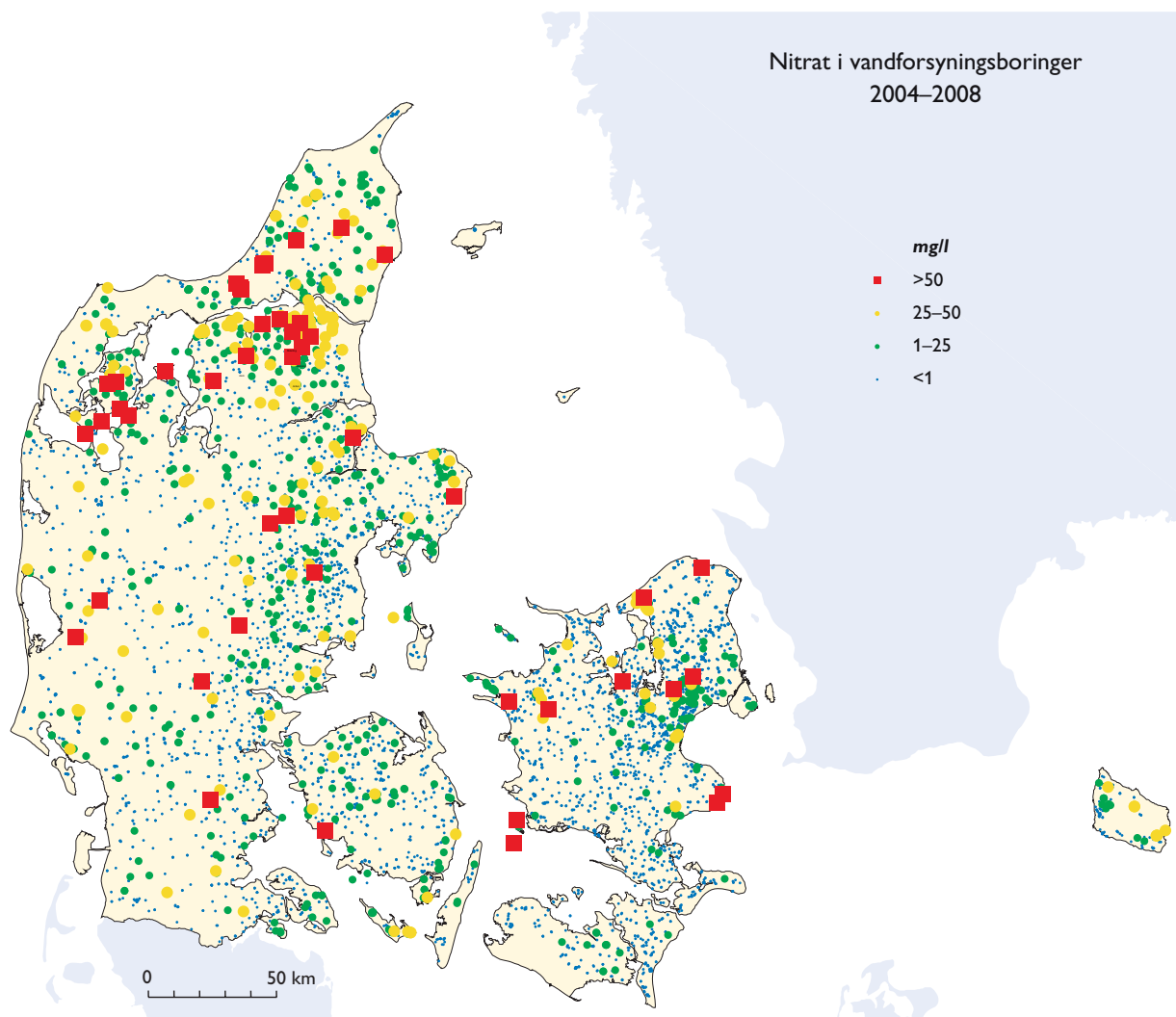


Figur 12. Det årlige antal af nitratanalyser (gennemsnit pr. indtag pr. år) fra indvindingsboringer (boringskontrollen), fordelt på fire koncentrationsklasser i perioden 1990-2008.

Regional fordeling

Figur 13 viser den geografiske fordeling i Danmark af nitratindholdet i vandværkernes indvindingsboringer gennem de seneste 5 år (2004-2008). På figuren er kun vist data fra aktive vandværker. Der kan muligvis være enkelte data fra vandværker/boringer, som er sat ud af drift inden for de seneste 5 år, men som vandværkerne stadig overvåger.

De områder i Danmark, hvor grundvandet, der bruges til drikkevand, har et højt indhold af nitrat over 25 mg/l, er hovedsagelig koncentreret til "nitrat-bæltet" fra Djursland til Himmerland til Nordjylland. Her indvindes der ofte fra kalkbjergarter med en lav nitratreduktionskapacitet, som samtidig er dårligt beskyttet af lerdæklag. Det fremgår også af figur 13, at det grundvand som indvindes til drikkevand mange andre steder i landet, har et højt indhold af nitrat over 25 mg/l. Forekomsten af nitrat i vandforsyningsboringerne i disse områder kan forklares ved, at der muligvis indvindes meget overfladenært eller at grundvandsmagasinerne er sårbare overfor nitrat på grund af en lav nitratreduktionskapacitet i jordlagene og/eller en dårlig beskyttelse fra dæklag kombineret med en stor nitratudvaskning.



Figur 13. Nitratindholdet i grundvandet i vandforsyningsboringer opdelt på 4 koncentrationsklasser. Data er fra perioden 2004-2008, fra aktive vandværker, hvorfra der dog kan foreligge data fra indvindingsboringer, som ikke anvendes til drikkevandsforsyning. Grundvandet i indvindingsboringerne analyseres i en turnus på 3 til 5 år med boringskontrollen.

Vandmiljøhandlingsplanernes effekt på grundvandets nitratindhold

Datagrundlag

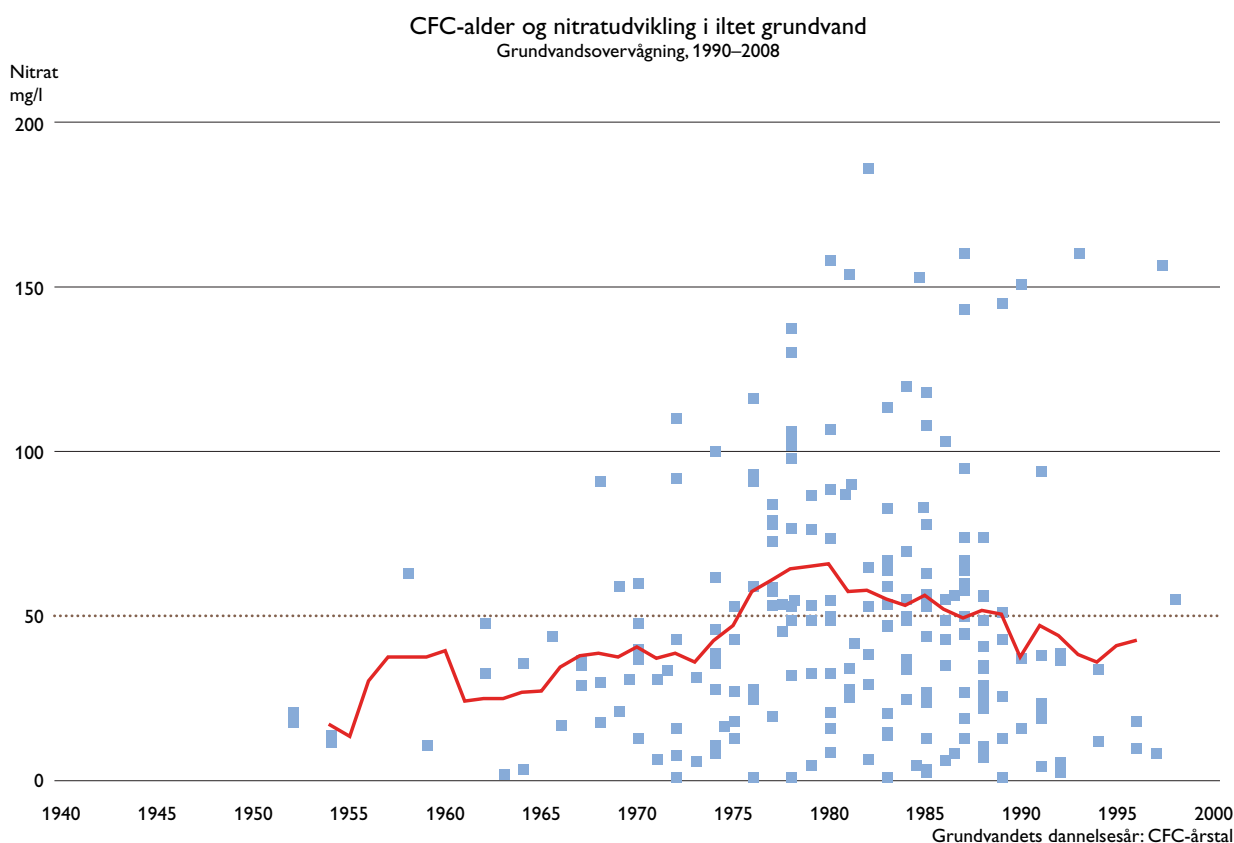
Vurderingen af vandmiljøhandlingsplanernes effekt på grundvandets nitratindhold baseres på nitratanalyser fra grundvandsovervågningsindtag i den iltede zone, hvor det har været muligt at CFC-datere grundvandet. Datagrundlaget er 217 målinger fra iltede (nitrat > 1 mg/l, jern(II) < 0,2 mg/l og ilt > 1 mg/l) grundvandsovervågningsindtag, som er CFC-dateret i perioden fra 1997-2006 med et CFC-årstal over detektionsgrænsen (> 1940). Data stammer fra 191 iltede overvågningsindtag, hvor enkelte er CFC-dateret mere end en gang. Til vurderingen er der også anvendt nitratanalyser fra landovervågningen (LOOP) fra grundvandsindtagene, der overvåger det øvre grundvand, men som ikke nødvendigvis er iltede.

CFC alder og nitratanalyser

Udviklingen i nitratindholdet i iltet grundvand dannet efter vedtagelsen af den første Vandmiljøhandlingsplan i 1987 er en indikator, der kan illustrere hvorvidt handlingsplanernes mål om

reduktion af landbrugets nitratudvaskning har en målbar effekt på grundvandskvaliteten. Nitratanalyser og CFC-dateringer fra iltet grundvand i grundvandsovervågningen kan bruges direkte til at beskrive udviklingen i tilførslen af nitrat til grundvand og dermed til at beskrive udviklingen i nitratudvaskningen fra rodzonen til grundvandet.

Figur 14 viser data fra grundvandsovervågningsindtag med iltet grundvand (nitrat > 1 mg/l, jern(II) < 0,2 mg/l og ilt > 1 mg/l), hvor CFC-årstallet er afbilledet mod nitratkoncentrationen fra det år, hvor CFC prøven blev udtaget. I de indtag, hvor der er udtaget flere prøver for CFC og/eller nitrat samme år, er middelværdien for det pågældende år anvendt.



Figur 14. Udviklingen i det iltede grundvands nitratindhold (nitrat > 1 mg/l, jern(II) < 0,2 mg/l og ilt > 1 mg/l) for grundvandsovervågningsindtag, hvor CFC-årstallet er afbilledet sammen med nitratkoncentrationen for det år, hvor prøven til CFC-datering er udtaget. I de indtag, hvor der foreligger mere end en CFC datering og/eller nitratmåling for det samme år, er middelværdien anvendt. Den røde kurve er et 5 års glidende middel.

Figur 14 viser, at der er stor spredning i nitratindholdet inden for det enkelte CFC- årstal, hvilket skyldes en forventelig stor variation i grundvands nitratindhold på national skala. Figuren viser, at nitratindholdet i mange indtag med iltet grundvand ligger over 50 mg/l for grundvand dannet efter 1950.

Den røde kurve i figur 14 viser 5 års glidende middel. Kurven viser en tendens til et stigende nitratindhold efterfulgt af et faldende nitratindhold i iltet grundvand. Det fremgår, at datatætheden er størst i den mellemste periode fra ca. 1965-1990. Målingerne indikerer, at de mange tiltag, der har været for at begrænse kvælstofoverskuddet i landbruget, nu også begynder at kunne ses i det unge grundvand. Denne udvikling bør følges og verificeres.

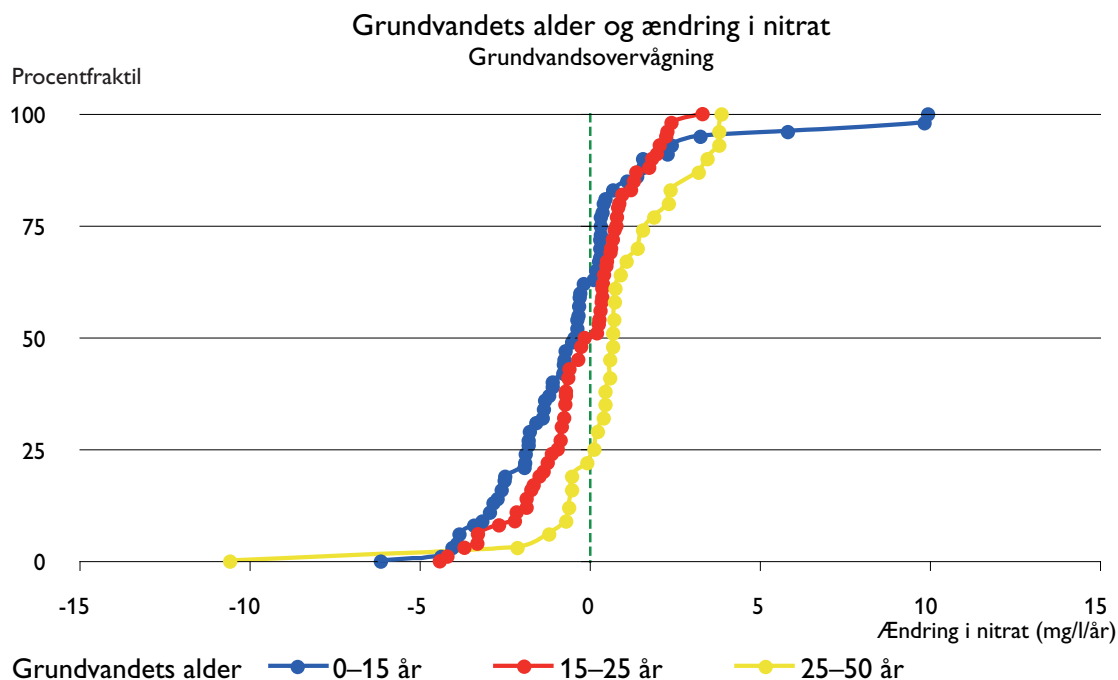
Udvikling i nitratinholdet på indtagsniveau i forhold til grundvandets alder

Den tidlige udvikling i nitratinholdet for 1990-2008 i hvert enkelt af de iltede GRUMO-indtag, som er CFC dateret, er undersøgt nærmere ved lineær regression. Det vil sige, at det er undersøgt om udviklingen i nitratkoncentrationen i hvert overvågningsindtag kan beskrives med en lineær funktion, og om der derved kan identificeres signifikante stigende eller faldende tendenser på 95 % konfidensniveau. I alt er det fundet at 82 % (157 ud af 191) af de iltede indtag har signifikante ændringer i nitratinholdet på 95 % konfidensniveau. Dette betyder tilsvarende at der i ca. 18 % af indtagene ikke kan påvises nogen ændring i nitrat. Den seneste CFC-analyse er anvendt ved de overvågningsindtag, som er CFC-dateret mere end en gang. Den statistiske test er udført for indtag med mellem 5 og 137 nitratanalyser.

Figur 15 viser fordelingen af ændringer i nitratinholdet (mg/l/år) fundet ved lineær regression. Indtagene er grupperet, ved hjælp af CFC dateringen, efter alder på følgende måde:

- 0-15 år
- 15-25 år
- 25-50 år

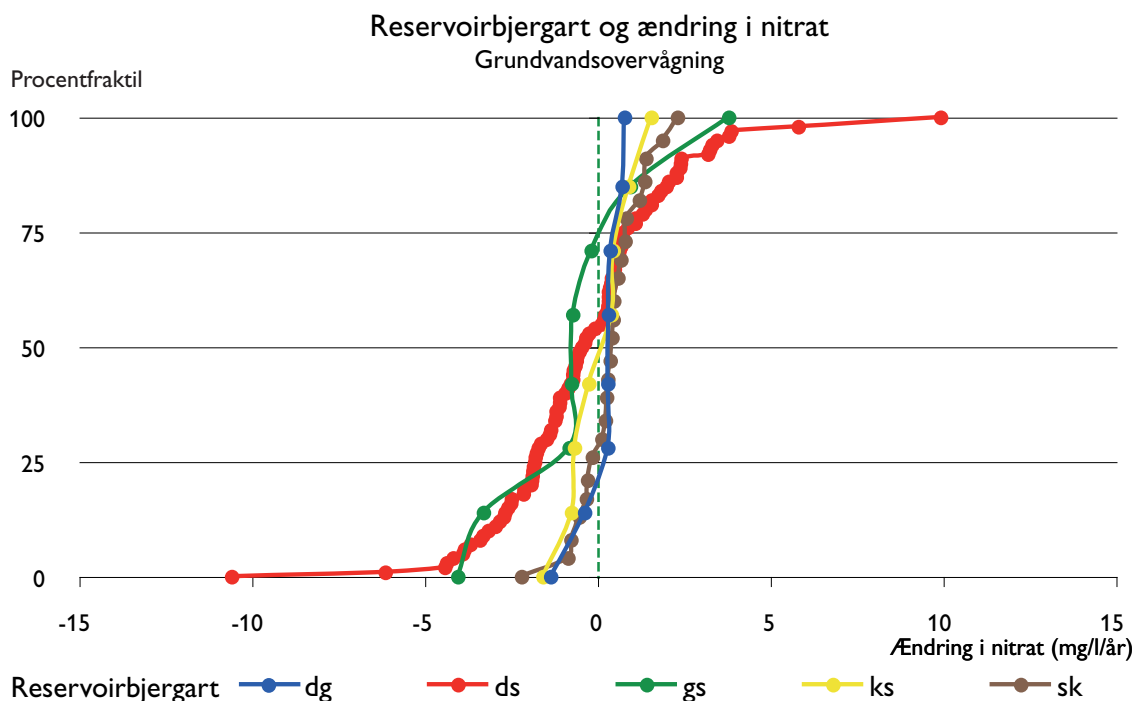
Negative ændringer i nitratinholdet (mg/l/år) skal tolkes som overvågningsindtag med en signifikant faldende tendens i nitratinholdet, mens positive ændringer i nitratinholdet (mg/l/år) tolkes som indtag med en signifikant stigende tendens i nitratinholdet gennem overvågningsperioden.



Figur 15. Fordelingen af ændringen af nitratinholdet (mg/l/år) for GRUMO-indtag med iltet grundvand. Indtagene er grupperet efter alder, således at der er en kurve for indtag med grundvandet dannet før vandmiljøplanerne (alder > 25 år) samt omkring og efter vandmiljøplanerne (alder 15-25 år) samt ungt vand < 15 år gammelt. Datagrundlaget er 157 ud af 191 daterede iltede overvågningsindtag med signifikante ændringer på 95 % niveau. Iltet grundvand er defineret som: nitrat > 1mg/l, jern(II) < 0,2 mg/l og ilt > 1 mg/l.

Figur 15 viser, at omkring 62 % af indtag med ungt iltet grundvand (0-15 år), hvor der kan påvises en trend, har en signifikant faldende tendens i nitratindholdet gennem overvågningsperioden, mens 50 % og kun 22 % af indtagene fra henholdsvis iltet grundvand med en alder på 15-25 år og en alder på 25-50 år har en signifikant faldende tendens. Dette er i overensstemmelse med den overordnede udvikling fundet i figur 14.

Resultaterne viser, at jo yngre det iltede grundvand er, des større andel af indtagene har et signifikant fald i nitratindholdet i overvågningsperioden. Det ser således ud, som om udviklingen overordnet set går den rigtige vej med hensyn til at reducere nitratindholdet i dansk grundvand. Men samtidig er det vigtigt, at have fokus på, at der i ca. 38 - 78 % af indtagene (afhængig af alderen af vandet), som er filtersat i iltet grundvand og som viser en trend, stadig er tegn på en signifikant stigende tendens i nitratindholdet.



Figur 16. Fordelingen af ændringen af nitratindholdet (mg nitrat/l/år) i 157 iltede GRUMO-indtag i forhold til reservoirbjergarten. Der er kun medtaget indtag med signifikante ændringer i nitratindholdet fundet ved lineær regression på mindst 95 % konfidensniveau for datasæt fra 1990-2008.

Udvikling i nitratindholdet i forhold til geologi

Figur 16 viser resultater fra grundvandsovervågningen, hvor ændringen i nitratindholdet (mg/l/år) er grupperet i forhold til reservoirbjergarten ved indtaget. Datagrundlaget er de samme årlige ændringer i nitratindholdet for nitratudvikling fundet i de 157 iltede overvågningsindtag fra figur 15.

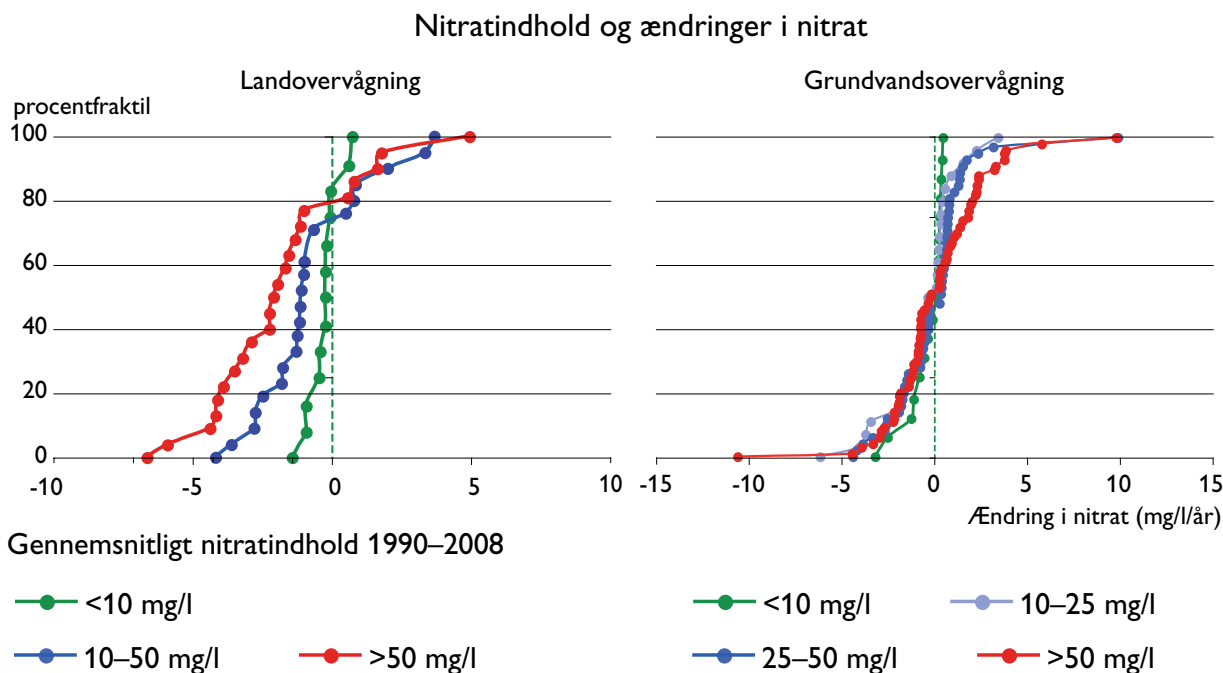
De fleste af indtagene fra iltet grundvand i GRUMO er placeret i smeltevandssand (ds), og de største fald og stigninger i nitratindholdet forekommer i denne gruppe. Andre typer af reservoirbjergarter (smeltevandssand -dg, glimmersand -gs, kvartssand -ks og skrivekridt -sk) ved

indtagene med iltet grundvand har mindre markante ændringer i nitratindholdet gennem overvågningsperioden.

Udvikling i nitratindholdet i forhold til nitratkoncentrationsniveau

Figur 17 viser resultater fra GRUMO og LOOP, hvor ændringen i nitratindholdet (mg/l/år) er grupperet i forhold til det gennemsnitlige nitratindhold i de enkelte indtag. Datagrundlaget er det samme som i figur 15 for GRUMO (157 iltede indtag), mens det for LOOP er 58 indtag (71 % af 82 analyserede indtag) der har signifikante ændringer fundet ved lineær regression på 95 % konfidensniveau, som er nærmere beskrevet i rapporteringen fra Landovervågningen (Grant m.fl., 2009).

Overvågningsindtag med den største signifikante faldende eller stigende tendens i nitratindholdet har det højeste gennemsnitlige nitratindhold. Der findes dermed en betydelig andel af iltede indtag med et højt gennemsnitligt nitratindhold (>50 mg/l), som har en stor signifikant stigende tendens i nitratindholdet. Samtidig viser figur 17, at der for LOOP er en sammenhæng mellem niveauet af nitratindholdet og ændringen i nitrat/år.



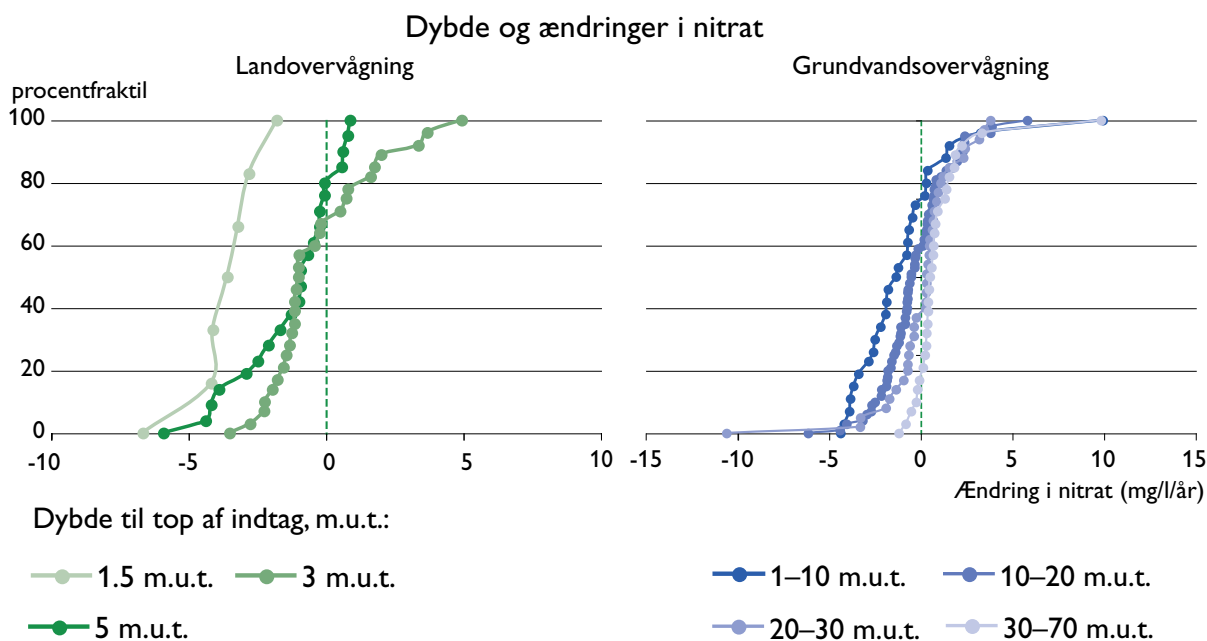
Figur 17. Fordelingen af ændringer i nitratindholdet (mg nitrat/l/år) i a) 157 iltede overvågningsindtag fra GRUMO og b) 58 overvågningsindtag fra LOOP i forhold til middel nitratkoncentrationsniveauet i perioden 1990-2008. Der er kun medtaget indtag med signifikante ændringer i nitratindholdet fundet ved lineær regression på mindst 95 % konfidensniveau.

Figur 17 viser også, at mens ca. 50 % af de 157 iltede indtag fra GRUMO, hvor der påvises en trend, har en signifikant faldende tendens i nitratindholdet gælder det for ca. 75 % af de 58 indtag fra LOOP. Dette svarer til at ca. 41 % (82 % af 50 %) af alle de 191 iltede indtag i GRUMO og ca. 53 % (71 % af 75 %) af alle de 82 indtag i LOOP har signifikant faldende tendens i nitratindholdet. Den større andel af indtag med faldende nitrat i LOOP kan hænge sammen med, at LOOP overordnet set overvåger mere terrænnært grundvand end GRUMO,

og at flere LOOP boringer derfor registrer et fald i nitratudvaskningen før end GRUMO boringer (se også figur 18).

Udvikling i nitratindholdet i forhold til indtagsdybde

Figur 18 viser ændringen i nitratindholdet (mg/l/år) er grupperet i forhold til dybden til indtaget (m.u.t.) for LOOP og GRUMO. Datagrundlaget er det samme som for figur 17. De største ændringer i nitratindholdet, både i de iltede indtag i GRUMO og i indtagene i LOOP, registreres tættest på terræn. Alle indtag i 1,5 m.u.t. i LOOP oplever en signifikant faldende tendens i nitratindholdet, mens ca. 75 % af de iltede indtag i GRUMO med indtag 1-10 m.u.t. har en signifikant faldende tendens i nitratindholdet. I modsætning hertil er der gennem overvågningsperioden kun observeret en signifikant faldende tendens i nitratindholdet i omkring 70-80 % af indtag i LOOP fra 3-5 m.u.t. Specielt er der kun i ca. 10 % af indtagene i GRUMO fra 30-70 m.u.t. en signifikant faldende tendens i nitratindholdet. Dette er formentligt blot et udtryk for at det yngste iltede vand findes nærmest terræn, og alderen generelt stiger med dybden.



Figur 18. Fordelingen af signifikante ændringer i nitratindholdet (mg nitrat/l/år) i a) 157 iltede overvågningsindtag i GRUMO og b) 58 grundvandsovervågningsindtag i LOOP i forhold til dybden til top af indtag. Der er kun medtaget indtag med signifikante ændringer i nitratindholdet på 95 mindst % konfidensniveau for datasæt fra 1990-2008.

Fosfor i grundvand

Datagrundlag

Dette år rapporteres om fosfor i det øvre grundvand, samt generelt om fosfor i grundvand. Hertil anvendes alle data indsamlet i LOOP områderne i perioden 1989 – 2008, samt alle fosforanalyser fra grundvandsovervågningen og vandværkernes boringskontrol og gruppen "andre boringer" i samme periode.

Relevans

Fosfor i grundvandet kan give anledning til uønsket algevækst og eutrofiering i forbindelse med udstrømning til overfladevand og transport til havet. Det er væsentligt at overvåge og kortlægge, i hvilket omfang fosfor transporten er betinget af menneskelige aktiviteter og i hvilket omfang, der er tale om naturlige processer. Fosforindholdet i drikkevand overskrides i mange indvindingsboringer (GEUS, 2007), men i den sammenhæng vurderes kilden at være geologisk indlejret fosfor, der ikke er påvirket af samfundsmæssige aktiviteter.

Målsætning

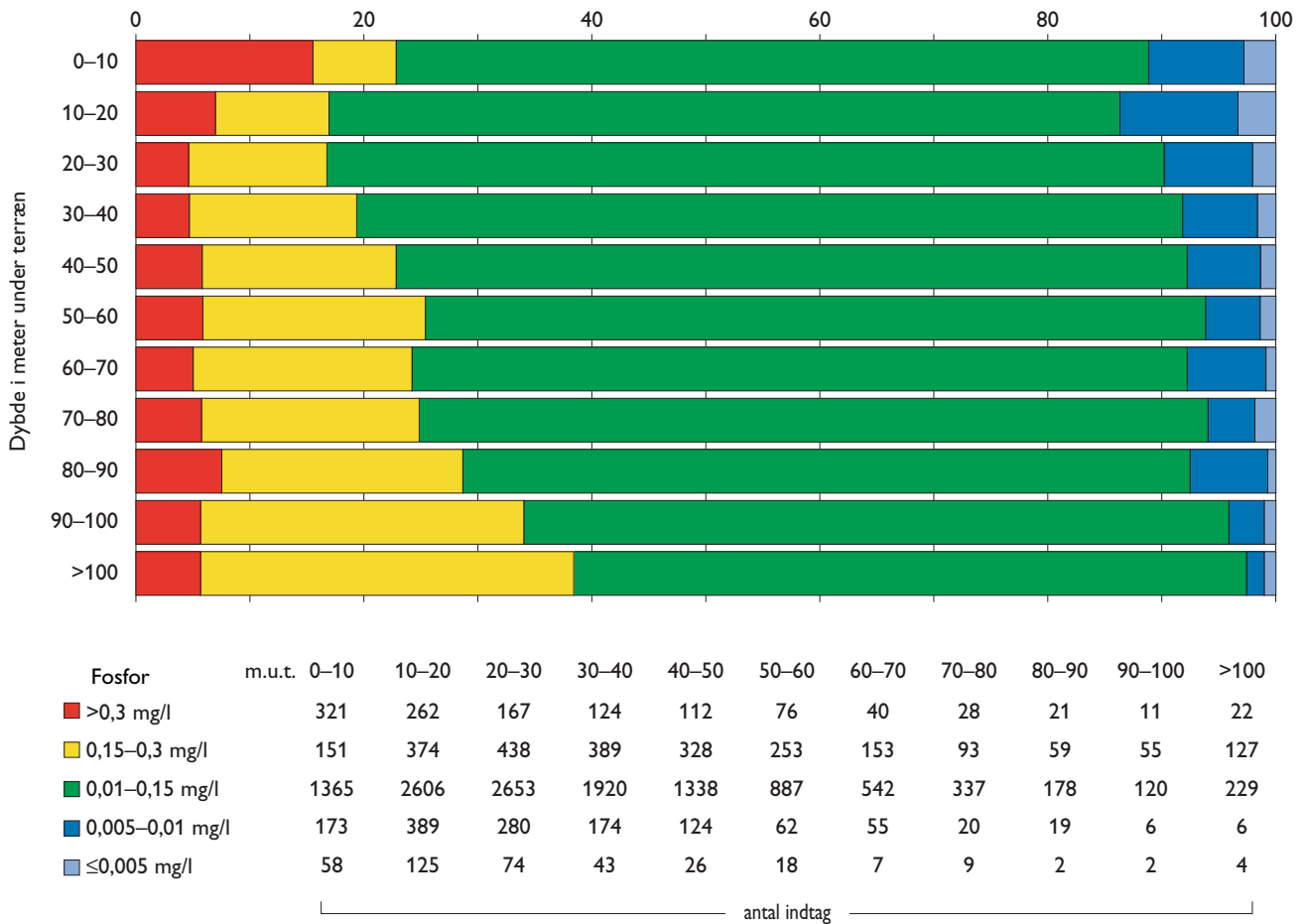
Der har ikke hidtil været fokus på om udvaskning af fosfor via grundvand til overfladevand kvantitativt er et problem. Dette betragtes i forbindelse med vandplanerne (BLST, 2009), som et område med manglende viden. Der er således behov for vidensopbygning på dette område, før egentlige målsætninger kan fastlægges. Grænseværdien for fosfor i drikkevand ligger på 0,15 mg/l, og er begrundet i, da et højt fosforindhold i drikkevand kan være en indikator på spildevandspåvirkning.

Dybdemæssig fordeling af fosfor

Figur 19 viser grundvandets indhold af fosfor i GRUMO, LOOP, indvindingsboringer og andre boringer opdelt i fem grupper ($\leq 0,005$; 0,005-0,01; 0,01-0,15; 0,15-0,30 og $> 0,3$ mg/l) og plottet mod toppen af indtaget (m.u.t.). For hvert indtag er det gennemsnitlige fosforindhold vist. Andelen af indtag med over 0,15 mg-P/l stiger med dybden, mens gruppen med de meget høje fosforindhold $>0,3$ mg-P/l ikke ændrer sig mærkbart fra 10 m.u.t.

Bemærk, at der i de allerøverste 10 m af grundvandet er et markant højere indhold af fosfor end i nogen anden dybde, og specielt at 16 % af indtagene indeholder over 0,30 mg-P/l, mens næsten hvert fjerde indtag indeholder fosfor over grænseværdien på 0,15 mg/l. For grundvandsovervågningen kan det skyldes, at nogle af de korte boringer overvåger grundvand, der strømmer op mod vandløb fra stor dybde, og derfor er stærkt reduceret med et naturligt højt fosfor indhold. Dette er dog ikke den eneste forklaring. En nærmere analyse af de meget høje fosforkoncentrationer i det øvre grundvand i LOOP er præsenteret nedenfor. Analysen indikerer, at fosfor ser ud til at kunne udvaskes til højtliggende grundvand.

Dybdemæssig fordeling af det totale fosforindhold Alle analyser 1990–2008



Figur 19. Fordeling af det gennemsnitlige fosforindhold i mg-P/l for 17.454 indtag, fordelt efter dybden til top af indtag i meter under terræn for GRUMO, LOOP, boringskontrol (vandværkernes indvindingsboringer) og 'Andre boringer'. Alle data for 1990-2008 er medtaget. Tabellen viser, hvor mange indtag, der indgår i hvert dybdeinterval, fordelt på fosforindhold.

Udviklingen og tilstand for fosfor i Landovervågningsområderne

Datagrundlag

Indikatoren er baseret på analyser af opløst fosfor fra landovervågningsområdernes grundvandsindtag fra 1998 - 2008, da der først foreligger kontinuerlige analyser fra 1998. Data er opdelt i to grupper – lerområder og sandområder. Det øvre grundvand er her beskrevet ud fra grundvandsprøver udtaget typisk mellem 1,5 og 5 meter under terræn i LOOP områderne. Det øvre grundvand er i alle disse områder højtliggende, hvilket ikke er repræsentativt for forholdene overalt i Danmark, idet der mange steder i landet ikke træffes grundvand så tæt ved terræn.

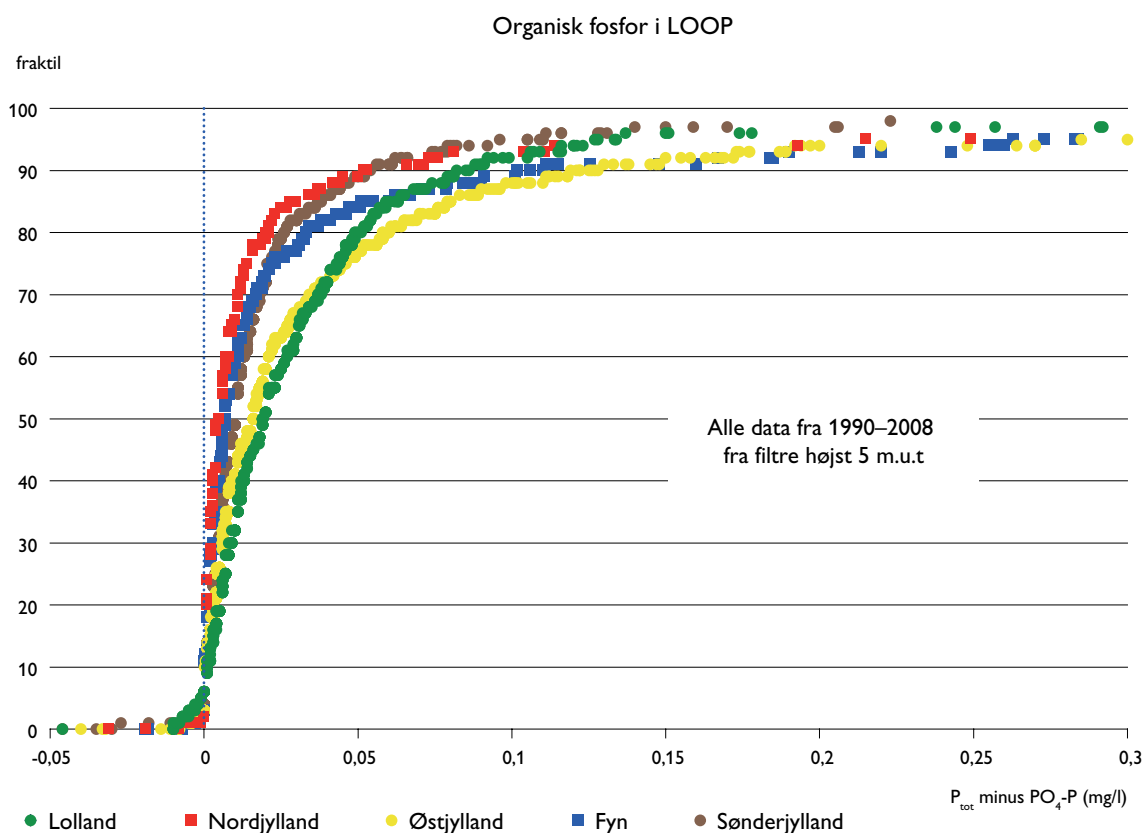
Østjylland er den bedste overensstemmelse mellem ortho-P og P_{tot} . Dette viser, at her er fosfor hovedsageligt tilstede som opløst orthofosfat, og at prøvetagningen generelt finder sted uden, at der kommer suspenderet stof med fra jordmatrix. I 2008 blev prøverne filtreret også i LOOP 3, så næste år vil vise hvor stor betydning filtreringen har haft.

I de øvrige LOOP, hvor der netop er analyseret på feltfiltrede prøver, er P_{tot} derimod betydeligt større end ortho-P. Dette kan skyldes bidrag fra organisk bundet fosfor, der er opløst i grundvandet efter udvaskning fra rodzonen, eller fosfor bundet på kolloider, kan passere igennem et 0,45 μm filter.

Organisk fosfor i grundvand.

Figur 21 viser fordelingen af organisk bundet fosfor, P_{org} , (beregnet som $P_{\text{tot}} - P_{\text{ortho}}$). Dette fænomen optræder i alle LOOP, og en nøjere analyse af data peger på, at der kan være tale om en reel udvaskning af organisk bundet fosfor.

Det bemærkes, at der er en udvaskning på over 0,1 mg/l i mere end 20 % af alle prøver fra LOOP 4, på Fyn, mens der i LOOP 6 i Sønderjylland kun er en ubetydelig del af prøverne med stor udvaskning af P_{org} . Dette kan bla. forklares ud fra, at der i det Sønderjyske LOOP 6 generelt er meget lave fosforindhold i det øvre grundvand, skønt det er et sandjordområde med et vist husdyrtryk. Det lave fosforindhold kan skyldes, at en gennemiltet sandjord bedre adsorberer fosfor end en opsprækket lerjord med iltfrie indslag.



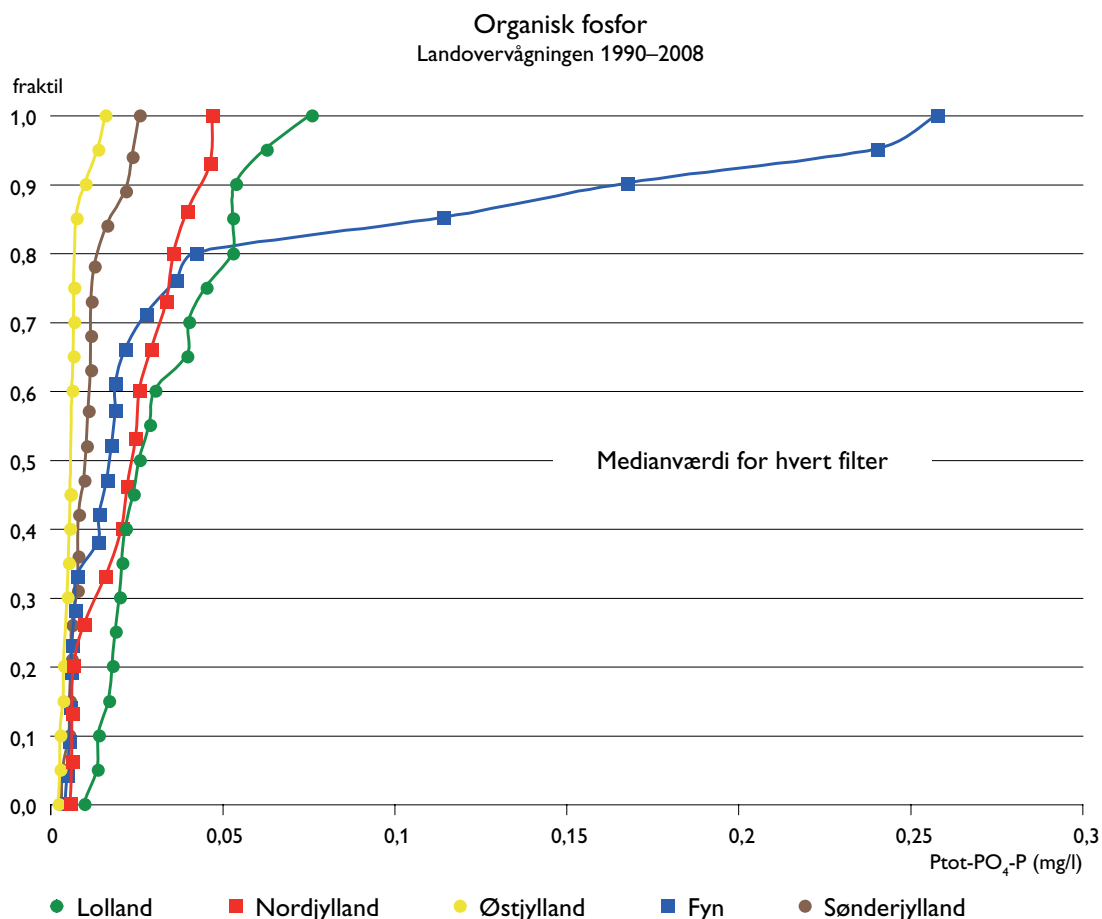
Figur 21. Fordelingen af organisk fosfor i det øvre grundvand $\leq 5\text{m.u.t}$ i landbrugsområder, for samtlige vandprøver for perioden 1990-2008. Alle analyser på nær LOOP 3, Horndrup bæk, Østjylland er foretaget på prøver filtreret med et 0,45 μm filter.

Der optræder stor udvaskning af P_{org} i såvel sandjordsområder som i lerjordsområder. Der er i høj grad behov for en nærmere fortolkning af disse tal, da det kan have betydning for forståelsen af transport af fosfor til overfladevand via fx dræn og terrænnære grundvandsmagasiner. En tilbundsgående analyse af disse data ligger uden for denne rapporterings rammer.

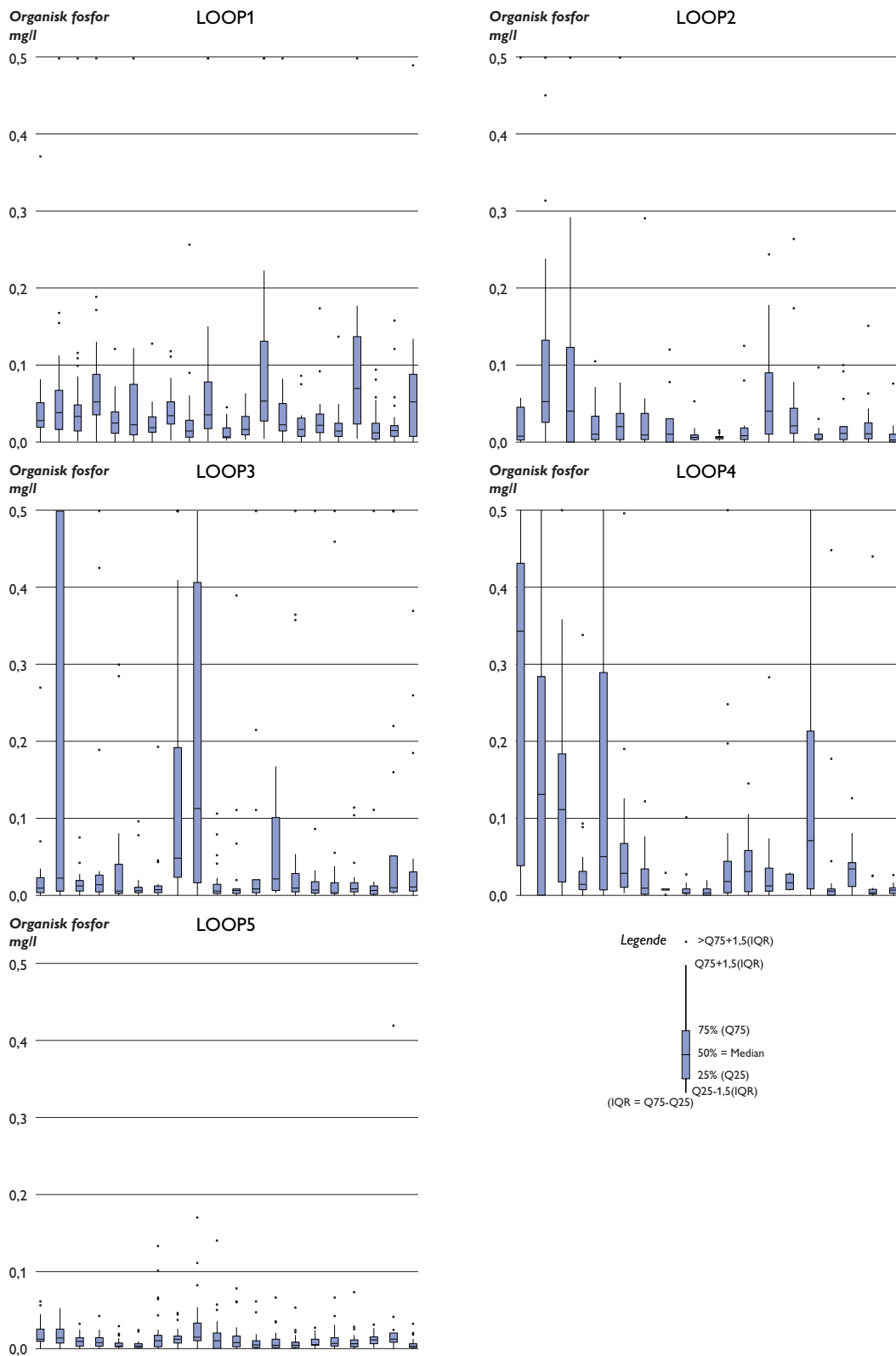
Organisk fosfor i de enkelte indtag

Indholdet af organisk fosfor varierer en del i de enkelte indtag, hvilket kan hænge sammen med den naturlige variation i det højtliggende grundvand, da variationerne langt overgår analyseusikkerheden. Variationerne er så udtalte, at det er helt usandsynligt, at det alene skyldes outliers fra analyselaboratoriets kemiske analyser. Hvis det var tilfældet ville der i højere grad være fundet "negative" værdier for organisk fosfor.

Figur 22 viser for hvert af de fem landovervågningsområder fordelingen af organisk fosfor for indtag med mere end fire analyser. For hvert indtag er der vist én værdi nemlig medianen af årlige middelværdier for det pågældende indtag. Det er meget bemærkelsesværdigt, at disse medianer for de årlige middelværdier alle viser et positivt potentielt indhold af organisk P. I sagens natur viser medianer ikke de særligt høje værdier der også findes i det samlede datasæt, men netop den værdi som halvdelen af alle årlige middelværdier overskrider.



Figur 22. Fordelingen af organisk fosfor under landbrugsarealer (LOOP) i det øvre grundvand ≤ 5 m.u.t, for medianværdien af årlige middelværdier for de enkelte indtag, hvorfra der er mere end fire analyser i perioden 1990-2008.



Figur 23. Max og min samt median for organisk fosfor i det øvre grundvand $\leq 5\text{m.u.t}$ under landbrugsarealer (LOOP) for årlige middelværdier for de enkelte indtag, hvorfra der er mere end 4 analyser i perioden 1990-2008.

For en samlet forståelse af stoftransporten er det derfor vigtigt, at disse medianer ses i sammenhæng med figur 23, hvor der opnås en ide om spredningen på indtagsniveau. For en samlet stoftransport kunne det fx være interessant at opgøre de 20 % af indtagene med højst fosforindhold, idet bidraget til den samlede stoftransport herfra er ganske betydeligt.

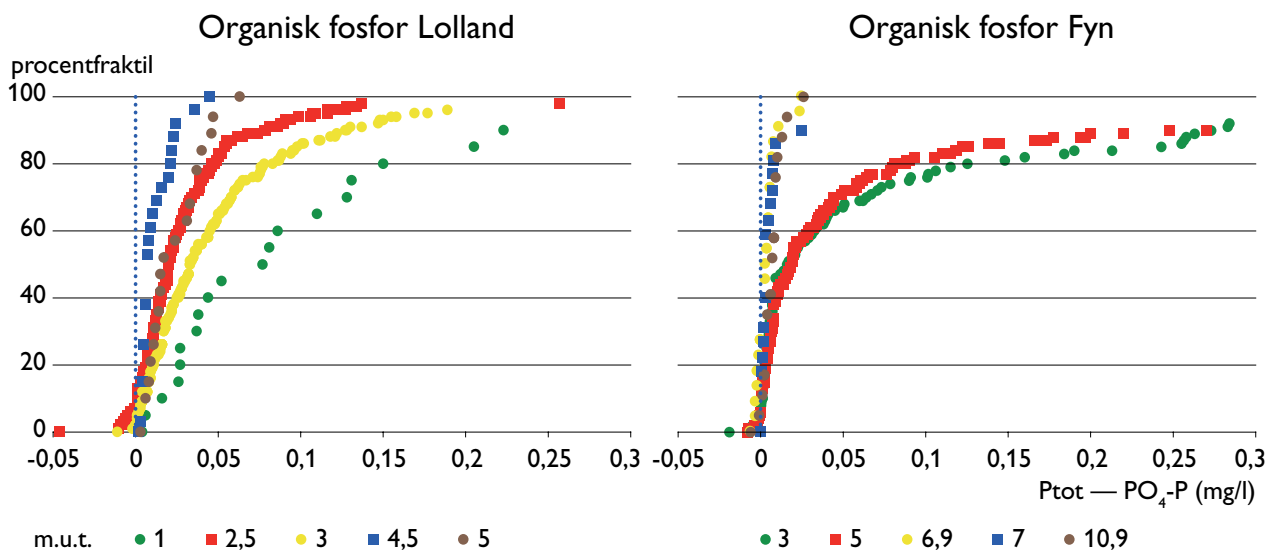
Der kan ikke påvises nogen sammenhæng mellem indholdet af organisk fosfor og indholdet af ortho-P i nogen af de fem LOOP områder, skønt det blev forsøgt på flere måder. De højeste værdier for P_{org} optræder ganske vist i prøver med lave ortho-P, men der er også langt flest prøver med indhold under 0,05 mg/l.

Organisk fosfor og dybdeafhængighed

Data peger også på, at der er en dybdeafhængighed af organisk fosfor, idet de højeste indhold af organisk fosfor træffes tættest på terræn, mens der i dybere grundvandslag kun er lave indhold af organisk fosfor. Dette viser, at de høje indhold af organisk fosfor i det øvre grundvand må skyldes udvaskning fra terræn

Figur 24 viser fordelingen af organisk fosfor fra LOOP 1 og 4 på Lolland og Fyn som funktion af filterdybden. Det fremgår, at de største koncentrationer af organisk fosfor findes i de øverste meter af grundvandet, mens der i dybere lag stort set kun optræder fosfor som orthofosfat. På Lolland (LOOP1) er der således mere en 0,1 mg/l organisk fosfor i omkring 40 % af prøverne fra 1 m.u.t, mens det er en ubetydelig del af prøverne der har så høje indhold i større dybde.

På Fyn (LOOP 4) ses det, at der i de to øvre indtag er mere end 0,1 mg/l organisk fosfor i 20 % af prøverne i de øverste 5 meter, mens der dybere nede, stort set ikke optræder organisk fosfor, og da kun i lave koncentrationer.



Figur 24. Dybdeafhængighed under landbrugsarealer af organisk fosfor i grundvand fra terrænnære boringer på Lolland, LOOP 1 og på Fyn, LOOP 4.

Tidsmæssige variationer i redoxzonernes dybde og tykkelse

Datagrundlag

Fra fire redoxboringer er der i perioden 1999-2008 indsamlet analysedata for "redoxpakken" (nitrat, nitrit, klorid, sulfat, kalium, jern, mangan, ilt, pH, ledningsevne og redoxpotentiale). Der blev i 2005 etableret yderligere to redoxboringer hhv. på Tuse Næs, Nordvestsjælland og ved Vejby på Nordsjælland med samme analyseprogram. Data fra Vejby på Nordsjælland afrapporteres i år for anden gang. Da der er tegn på forbigående forurening fra borearbejdet i redoxboringen på Tuse Næs afrapporteres resultaterne herfra endnu ikke. Alle redoxboringer pejles i flere dybder. Som noget nyt er der på figurene vist geologiske lagserier sammen med overvågningsdata fra alle boringerne.

Relevans

Grundvandets nitratreducerende zones egenskaber er afgørende for vurderingen af de geologiske lags evne til at reducere nitrat. Hvis den anoxiske nitratreducerende zone har stor mægtighed, er det en indikation på, at nitratreduktionsprocesserne er langsomme i det pågældende magasin. Ændringer i indtrængningsdybden for nitrat og ilt har stor betydning for miljøtilstanden i tilknyttede overfladevandssystemer, således at jo større mægtighed de nitratholdige zoner har, desto større risiko er der for, at de tilknyttede overfladevandssystemer modtager grundvand med et højt nitratinhold. Magasinernes redoxkapacitet og ikke mindst omsætningshastigheden af nitrat er af stor betydning for drikkevandsforsyningen. I områder med lav reaktionshastighed eller lav reduktionskapacitet, kan der således iagttages nitratgennembrud eller stigende nitratinhold i vandforsyningsboringer.

Målsætning

Forbedret beskrivelse af redoxzonernes vertikale udbredelse og i særdeleshed en dybere forståelse af tidsmæssige ændringer heri.

Databehandling:

Følgende grænser for zonerne er benyttet i figurene:

Iltholdigt grundvand: $O_2 > 1 \text{ mg/l}$ og $Fe \leq 0,1 \text{ mg/l}$ og $Mn \leq 0,1 \text{ mg/l}$ (vandtype A)

Anoxisk nitratreducerende zone: $NO_3 > 1 \text{ mg/l}$ og $O_2 \leq 1 \text{ mg/l}$, (vandtype B)

Svagt reduceret grundvand: $NO_3 \leq 1 \text{ mg/l}$, $O_2 \leq 1 \text{ mg/l}$ og $SO_4 > 20 \text{ mg/l}$, (vandtype C)

Stærkt reduceret grundvand: $NO_3 \leq 1 \text{ mg/l}$, $O_2 \leq 1 \text{ mg/l}$ og $SO_4 < 20 \text{ mg/l}$. (vandtype D)

For prøver, hvor fx iltanalyser mangler, er der foretaget en manuel fortolkning af redoxstatus ud fra prøvens samlede kemiske sammensætning med særlig vægt på indhold af nitrit, mangan, jern, sulfat og nitrat.

Tilstand, udvikling og årsager Ålbæk v Sæby - DGU nr. 18.310.

Figur 25 viser, at der er nitratholdigt grundvand i hele det overvågede interval 34 m til 41 m i redoxboringen ved Ålbæk. Grundvandsspejlet ligger ca. 10 m.u.t, og på basis af farvebeskrivelser og det geologiske profil kan det konkluderes, at nitrat når ca. 30 m under grundvandsspejlet. Der er således tale om at en betydelig del af grundvandet indeholder nitrat. Herunder findes et lille lerlag. Nitratindholdet har de senere år ligget konstant omkring 80 mg/l i den iltholdige zone og falder fra ca. 38 m.u.t til boringens bund, hvor der blot er nogle få mg/l nitrat. Der har lejlighedsvis optrådt nitratfrie forhold, især i det næstnederste indtag i 40,5 m.u.t.

Grænsen mellem det iltholdige og det iltfrie nitratholdige grundvand har de første år bevæget sig ned fra 34 m.u.t i 1999 til i 2002 ca. 39 m.u.t. Siden har grænsen svinget ca. 1 m op og ned. Der kan være tale om en indsvingningseffekt. Fund af ilt i hele lagserien i 2005 er formentlig en analysefejl. Nitratindholdet i den øverste del af nitrat-zonen er stigende fra juni 2000 til august 2002. Dette kan være forårsaget af ændringer indvindingsstrategien hos det nærliggende Præstbro vandværk. Vandværket har flere boringer i forskellig afstand nedstrøms for redoxboringen. Den samlede årlige indvinding på ca. 72.500 m³ er ikke ændret væsentligt siden 1999.

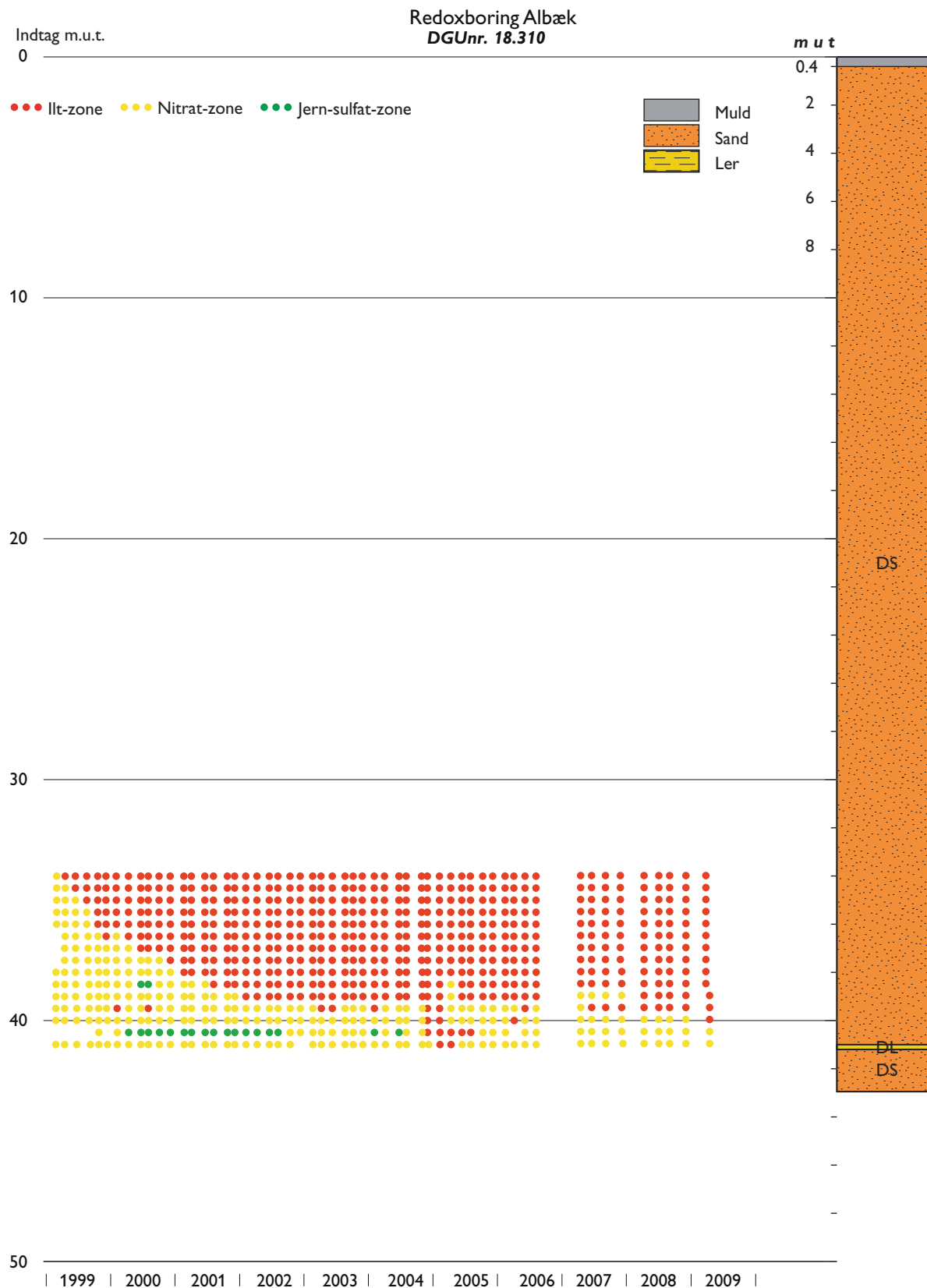
Redoxboringen har ingen indtag i den reducerede del af grundvandet, og det er således ikke muligt at overvåge om nitratfronten bevæger sig yderligere nedad. Der er dog fortsat mulighed for at vurdere evt. ændringer i indtrængningsdybden for ilt, der varierer med 1-2 m., og dermed stabiliteten af den anoxiske zone.

Tilstand, udvikling og årsager Kasted, ved Århus, DGU nr. 78.796.

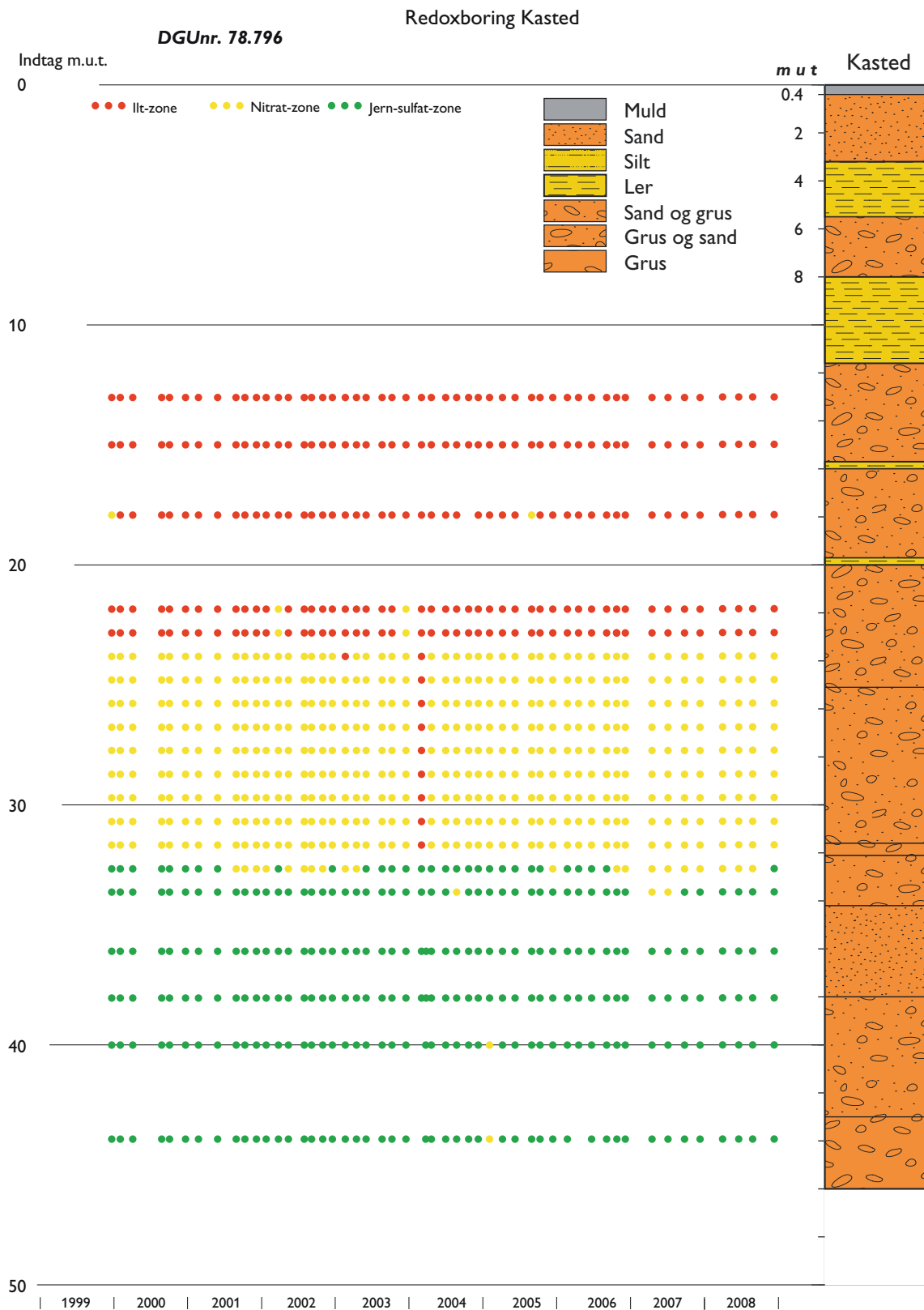
Figur 26 viser data fra redoxboringen ved Kasted, hvor redoxzonerne har ligger relativt stabilt siden 2000, og svinger omkring 1 m op og ned. Der er nitratholdigt grundvand ned til ca. 33 m.u.t svarende til ca. 25 meter under grundvandsspejlet. Der er således også her tale om at en ret betydelig del af grundvandet er nitratholdigt.

Den anoxiske nitratholdige zone har en bemærkelsesværdig stor mægtighed på knap 10 meter. Vandkvaliteten i de to øverste indtag adskiller sig markant fra resten af redoxboringen, idet der er svagt surt vand, med forhøjet indhold af klorid, der muligvis skyldes boringens beliggenhed i et skovbryn. Tør-depositionen af partikler og gasser er væsentlig større i et skovbryn end i de centrale dele af skoven og på markerne, idet skovbrynet filtrerer klorid og andre salte ud af vinden, hvilket resulterer i højere koncentrationer i grundvandet. Fund af omkring 1,5 mg/l ilt i foråret 2004 til stor dybde er formentlig en målefejl.

Det er tidligere vist, at der muligvis er en sammenhæng mellem vandkemi og magasinets trykforhold. Grænsen mellem det reducerede og det anoxiske nitratholdige grundvand, svinger en smule gennem tiden, men der er kun tale om gennembrud af meget små koncentrationer af nitrat til de reducerede lag. Århus Kommune Værker har etableret en ny kildeplads ca. 500 m nedstrøms denne boring og igangsat en indvinding på 1,5 mio. m³/år i januar 2006. Dette forventes at få indflydelse på den fremtidige udvikling i vandkvaliteten.



Figur 25. Redoxzoner 33-43 m.u.t for redoxboring DGU 18.310, Albæk, v Sæby i Miljøcenter Ålborg 1999-2008. Grundvandsspejl i ca. 10 mut. Den geologiske lagserier er vist længst til højre.



Figur 26. Redoxzoner 13 - 44 m.u.t i redoxboring DGU 78.796, Kasted i Miljøcenter Århus 1999-2008. Grundvandspejl i ca. 8 mut. Den geologiske lagserier er vist længst til højre.

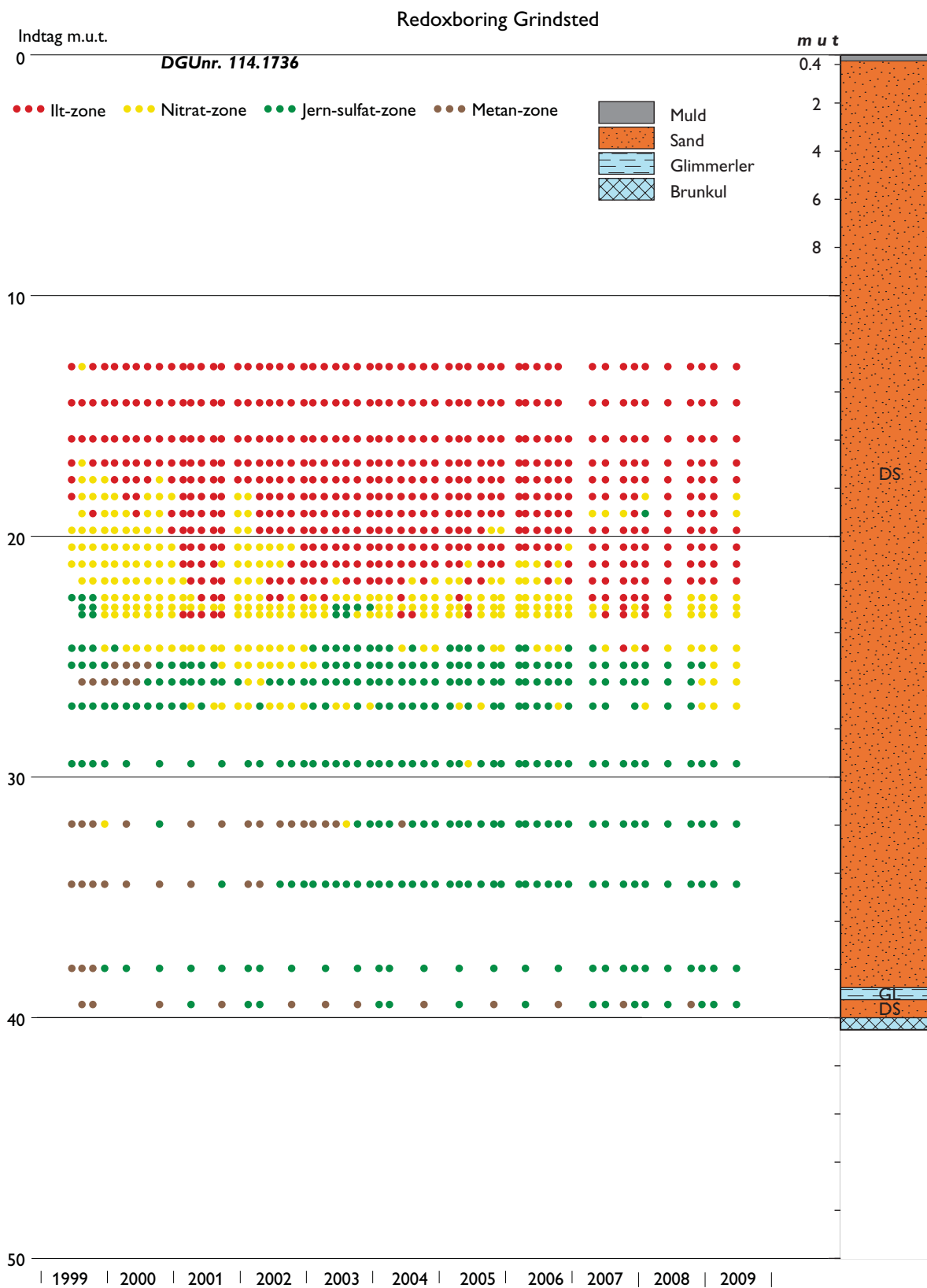
Tilstand, udvikling og årsager Grindsted DGU nr. 114.1736

Figur 27 viser, at redoxzonerne i denne boring ved Grindsted har varieret ganske betragteligt i hele overvågningsperioden. Sammenlagt er der nitrat i de øverste ca. 20 meter af grundvandet. Ilt-zonens beliggenhed følger overordnet set et forløb der kunne minde om boringen ved Albæk, med en indsvingningsperiode, hvor ilten i løbet af et par år trænger ned i magasinet til fra ca. 16 til ca. 22 m.u.t, hvorefter det med visse variationer ligger stabilt omkring 22 m.u.t. Nitratindholdet i boringen svinger en del i indtagene gennem perioden. Det er karakteristisk, at kloridindholdet følger svingningerne i nitrat, hvilket kan hænge sammen med, at kilden til nitrat er udvaskning fra landbrugsarealer. Da det nitratfrie vand i hele perioden har ligget fra ca. 25 m.u.t., har det givet en betydelig indsnævring af den iltfri nitratreducerende zone (vandtype B) til nu blot ca. 3 m.

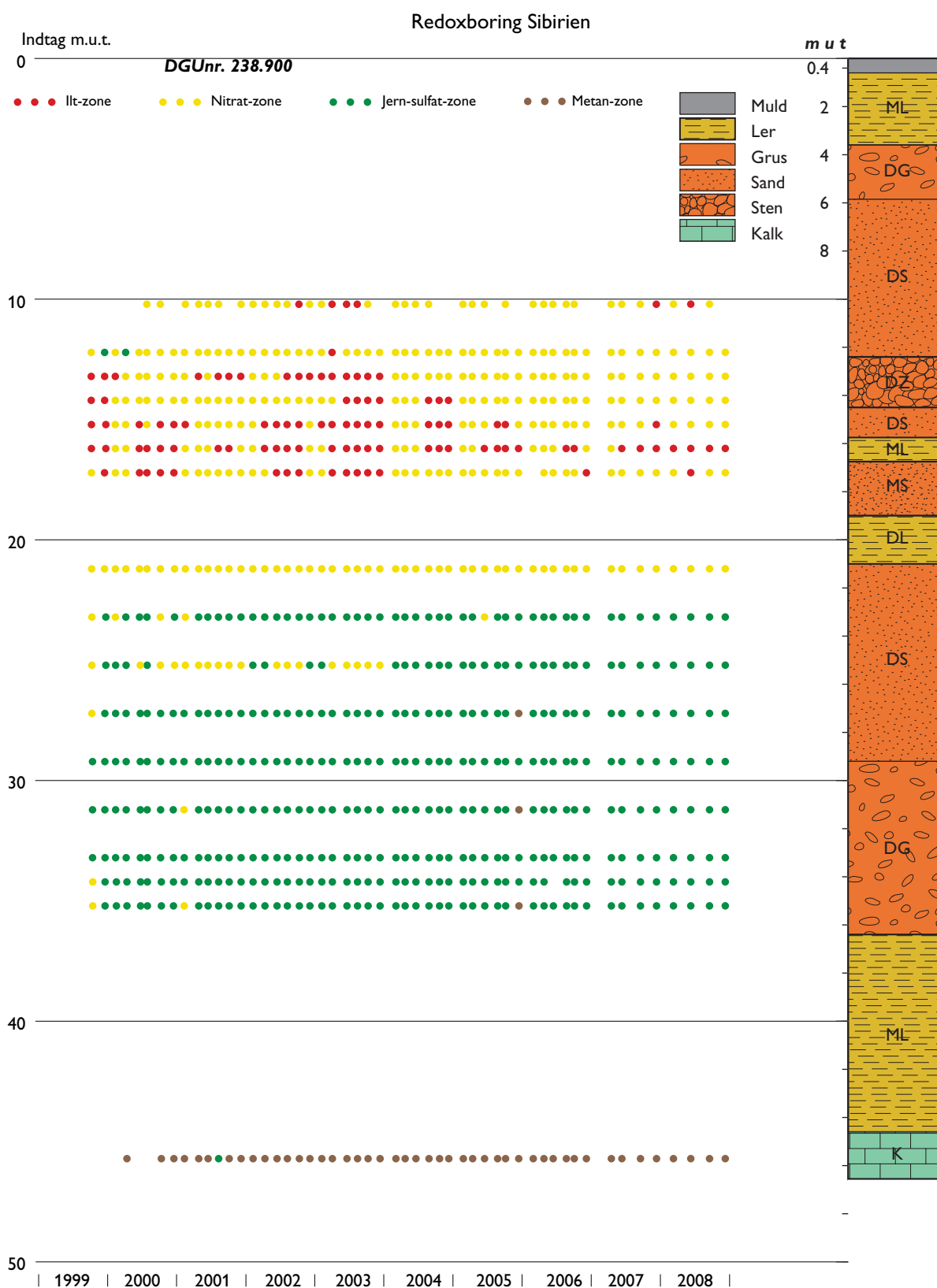
Variationer i vinternedbøren kan evt. forklare fluktuationerne i zonens beliggenhed. Indvinding fra vandværksboring DGU nr. 114.1326, som ligger i umiddelbar nærhed af redoxboringen, kunne muligvis også forårsage ændringer af zonens beliggenhed. Boringen indvinder dog fra væsentlig større dybde end redoxboringen. Indvindingsboringen er derimod formentlig årsagen til det stærkt svingende sulfatindhold i det nederste indtag (fra 3,5 til 50 mg/l), der giver anledning til, at redoxzonen svinger mellem det svagt og det stærkt reducerede.

Tilstand, udvikling og årsager Sibirien, Falster DGU nr. 238.900

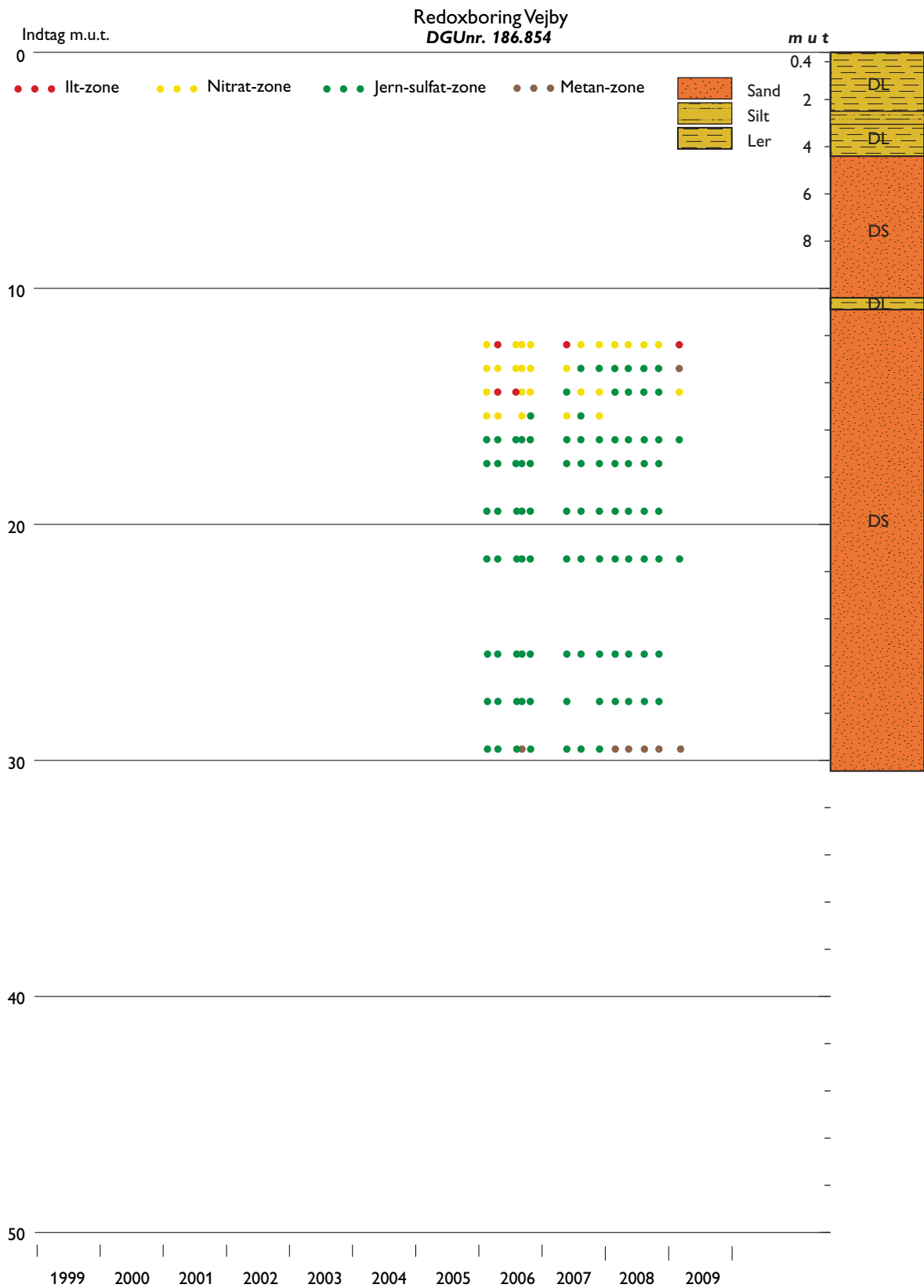
Figur 28 viser, at der er nitrat ned til ca. 25 m.u.t. i redoxboringen ved Sibirien på Falster. Også her er der således tale om at der er nitrat i de øverste 20 meter af grundvandet. Det iltholdige vand er ikke truffet dybere en 18 m.u.t, og generel har grundvandet et meget lavt iltindhold på 1-2 mg/l. Derfor vil redoxtilstanden hyppigt svinge mellem iltholdigt eller iltfrit, som det også ses af figur 28, da grænsen mellem de to tilstande er 1 mg/l. Der er tale om et grundvandsmagasin, hvor hele den nitratholdige del i overvejende grad kan betragtes som anoxisk nitratreducerende. Nitrit og mangan optræder således sammen med nitrat i alle dybder. I et magasin med en så stor mægtighed af den anoxiske zone må det forventes at der sker en meget langsom omsætning af nitrat sammenlignet med strømningshastigheden. Det kan derfor også forventes at nitrat kan trænge dybere ned i magasinets reducerede lag, idet den anoxiske zone netop er udtryk for at nitrat kan trænge ind i reducerede lag, uden at omsættes. Med andre ord, er der tale om en kemisk ustabil situation.



Figur 27. Redoxzoner 23- 40 m.u.t for redoxboring DGU 114.1736, Grindsted i Miljøcenter Ribe 2000-2008. Grundvandsspejl i ca. 6 mut. Den geologiske lagserier er vist længst til højre.



Figur 28. Redoxzoner 10 - 46 m.u.t for redoxboring DGU nr. 238.900, Sibirien, på Falster, Miljøcenter Nykøbing Falster 2000-2008. Grundvandsspejl i ca. 8-9 mut. Den geologiske lagserier er vist længst til højre.



Figur 29. Redoxzoner 13 - 30 m.u.t for redoxboring DGU nr. 186.854 og 186.855, Vejby, Nordsjælland, Miljøcenter Roskilde 2006-2007. Grundvandsspejl i ca. 11,5 mut. Den geologiske lagserier er vist til højre.

Tilstand, udvikling og årsager Vejby, Nordsjælland DGU nr. 186.854 og 186.855

Redoxboringen i Vejby på Nordsjælland er etableret i 2005 og blev taget i drift i 2006. Boringen består teknisk set af to borer placeret umiddelbart ved siden af hinanden.

Figur 29 viser, at nitrat er fundet ned til ca. 16 m.u.t. Det øvre indtag i 11 m.u.t indeholder ilt og omkring 20 mg/l nitrat. I de øvrige indtag svinger vandtypen mellem iltet og iltfrit, da grænsen mellem de to tilstande er 1 mg/l, og der er tale om nitratholdigt vand med lave iltindhold. Grundvandsspejlet ligger ca. 11,5 m.u.t.

Den anoxiske zone har en mægtighed på ca. 4-5 m. Der var i de første prøvetagningsrunder et meget højt indhold af ammonium i alle indtag i 186.854, mens dette ikke var tilfældet i 186.855, der har et enkelt højtliggende indtag. Al ammonium er nu forsvundet helt i de øverste indtag. Det øverste indtag i redoxboringen er tørt, mens det næstøverste aldrig er kommet i funktion. Grundvandet er ydermere bemærkelsesværdigt ved, at der er påvist sulfid i enkelte tilfælde i de øvre nitratholdige indtag, og der i alle dybere nitratholdige indtag er fundet metan. Ligeledes antyder jernkoncentrationer på 5-20 mg/l i det nederste indtag 30 m.u.t., at der er et højt indhold af organisk stof, der kan kompleksbinde jern. Endelig er der i flere indtag fundet meget høje kloridindhold over 250 mg/l. Dette stammer formentlig fra vejsalt, idet boringen er beliggende op ad en landevej og der forventes lodret infiltration omkring boringen. (Mette Moser, pers. Komm.).

Sammenfatning for de fem redoxboringer

Der er i måleperioden observeret variationer i såvel dybden til ilt/nitratfronten som af nitratindholdet i grundvandet i de enkelte indtag. De største variationer er set de første 2-3 år, og dette kan sandsynligvis opfattes som etableringseffekter i forbindelse med borearbejdet. En lignende effekt er tidligere set i forbindelse med etablering af overvågningsboringer. Efter et vist tidsrum stabiliserer fronten sig ofte. På den korte tidsskala kan der forventes udsving som følge af blandt andet variationer i vinternedbøren, oppumpning fra nærliggende indvindingsboringer eller analyseusikkerhed. Redoxboringerne kan således karakterisere korttidsvariationer i tid og rum.

Nitratfrontens beliggenhed udviser ingen langtidsændringer i undersøgelsesperioden. De ældste redoxboringer er blot ca. 8 år, hvilket i forhold til de forventede langtidsvariationer er en kort periode, og der ses endnu ikke noget entydigt bevægelsesmønster for fronten.

Referencer, hovedbestanddele

Lovgivning mv Danmark og EU:

Miljø- og Energiministeriet 2007: Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. – Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 1449 af 11. december 2007. (drikkevandsbekendtgørelsen)

EU, 1991. Europaparlamentet og Rådets direktiv 91/676/EOEF af 12. december 1991 om beskyttelse af vand mod forurening forårsaget af nitrater, de stammer fra landbruget. (Nitratdirektivet)

EU, 2006. EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS DIREKTIV 2006/118/EF af 12. december 2006 om beskyttelse af grundvandet mod forurening og forringelse. (grundvandsdirektivet)

Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri. 2008. Årlig redegørelse. Gødningsregnskaber mm. Statistik 2003/04.

http://pdir.fvm.dk/Fysisk_kontrol_af_g%C3%B8dningsregnskaber.aspx?ID=7433

BLST, 2009. Vandplaner, høringsversion. <http://www.blst.dk/Hoering/vandognaurplaner.htm>

Andre referencer:

Klaus Hinsby og Mette Dahl 2009: Tærskelværdier for grundvand baseret på miljømål for afhængige økosystemer. ATV Jord og grundvand, 27. jan 2009 Grundvand/overfladevand interaktion.

Thorling, 2004. 60 års nitratudvaskning. Vand og Jord, 11. årgang nr. 1, februar 2004.

GEUS, 2007. Grundvand. Status af udvikling 1989-2006. http://www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/1989_2006.htm

Grant, R, Pedersen, LE, Blicher-Mathiesen, G, Jensen, PG, Hansen, B & Thorling, L 2009.: Landovervågningsoplande 2007: NOVANA, Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet

Dalgaard, T., 2007. Introduktion til landbrugsstrukturen i Danmark. Kursus i Landbrugsproduktion og Landbrugsstruktur.

<http://www.aula.au.dk/courses/DJF/index.php>

5 Uorganiske sporstoffer

Uorganiske sporstoffer forekommer naturligt i relativt små mængder i grundvandet, typisk i størrelsesordenen mikrogram pr. liter. Overvågningsprogrammet for grundvand (GRUMO) omfatter for hver 6-årsprogramperiode et antal udvalgte stoffer. En del af disse stoffer måles også af vandværkerne i deres vandforsyningsboringer som en del af boringskontrollen, men for manges vedkommende uregelmæssigt og langt mindre hyppigt. Data fra vandforsyningsboringer indgår i denne rapport. Det er ikke vurderet meningsfuldt at lave en indikatorbaseret rapportering af de uorganiske sporstoffer, idet de har meget forskellige kemiske egenskaber, anvendelser og geologisk forekomst. Dertil kommer de meget forskellige detektionsgrænser og grænseværdier. Dertil kommer de meget forskellige detektionsgrænser og grænseværdier.

Målsætning

I forbindelse med implementeringen af Grundvandsdirektivet skal der fastsættes såkaldte tærskelværdier af hensyn til opretholdelse af god tilstand i tilknyttede vandløb, søer, vådområder, terrestriske økosystemer og marine områder. Indtil videre anvendes drikkevandskvalitetsværdierne som tærskelværdier i Danmark. (BLST, 2009) Grænseværdierne for drikkevand er med baggrund i vandforsyningsstrukturen opdelt i én kravværdi ved indgang til ejendom og en anden (højere) værdi ved forbrugers taphane (MIM, 2007). For de uorganiske sporstoffer anvendes i denne rapport grænseværdien ved indgang til ejendom. De forskellige grænseværdier er sammenstillet i tabel 2.

Grundvandets indhold af uorganiske sporstoffer er medbestemmende for hvilken flora og fauna, der kan leve i vandløb og søer. Terrænnært strømmende grundvand kan være præget af sporstoffer, som er tilført fra overfladen afhængigt af arealanvendelsen, mens dybere strømmende grundvand alene er præget af sporstofindholdet i de geologiske aflejringer, som vandet passerer. Med det formål at sikre en maksimal biodiversitet er der for et antal stoffer fastsat økotoxikologisk betingede kvalitetskriterier som et mål for det maksimale indhold af stoffet, der kan tolereres af vandløbets flora og fauna (MST, 1994; MEM, 1996).

Endelig er der i forbindelse med oprydning af forurenede lokaliteter fastsat kvalitetskriterier for grundvand for en række uorganiske sporstoffer (MST, 1998). Kvalitetskriterier for grundvand er fastsat således, at grænseværdierne for drikkevand (MIM, 2007) kan forventes at være opfyldt, når vandet tappes hos forbrugeren. Se tabel 2.

Selv om grundvandets kemiske sammensætning kan ændres henholdsvis ved vandbehandlingen i vandværket (MST, 1999) og under transporten og opholdet i vandrørene eller ved grundvandets passage gennem vandløbets bundsedyer, er det formålstjenligt at relatere grundvandets indhold af uorganiske sporstoffer til disse ovennævnte kvalitetsangivelser, også kaldet grænseværdier.

Relevans

Stofgruppen uorganiske sporstoffer omfatter grundstoffer af vidt forskellig karakter, bl.a. tungmetaller, men også ikkemetaller som f.eks. arsen. Inden for gruppen medtages også cyanid, en simpel forbindelse, der består af kulstof og kvælstof. For en lang række sporstoffer må det anses for sandsynligt, at de målte indhold ud over den naturligt forekommende baggrundsværdi også rummer bidrag fra samfundsmæssig aktivitet.

Uorganiske sporstoffer	Grundvandskvalitetskriterier /MST 1998/ $\mu\text{g/l}$	Grænseværdi for drikkevand ¹⁾ /MIM 2006/ $\mu\text{g/l}$	Kvalitetskrav for ferskvand /MIM 1996/ $\mu\text{g/l}$	Økotoxikologisk grænseværdi /MST 1994/ $\mu\text{g/l}$	
Aluminium	-	100	-	2,6 ³⁾	1) Ved indgang til ejendom
Antimon	-	2	-	-	2) Forslag til kvalitetskrav hvor datagrundlaget ikke er endeligt kvalitetsvurderet
Arsen	8	5	4	4	
Barium	-	700	-	-	
Bly	1	5	3,2 ²⁾	-	
Bor	300	1.000 / 300 ⁴⁾	-	-	
Cadmium	0,5	2	5	1	
Krom, total	25	20	10 ²⁾	-	3) Hultberg, H., 1988.
Krom VI	1	-	-	-	4) Krav / Anbefaling
Cyanid, total Cyanid, syreopl	50	50	-	-	
	-	20	1-	-	
Kobber	100	100	2 ²⁾	-	
Kviksølv	-	1 / 0,1 ⁴⁾	1	1	
Molybdæn	20	-	-	-	
Nikkel	10	20	160 ²⁾	-	
Zink	100	100	110 ²⁾	-	
Selen	-	10	-	-	
Sølv	-	10	-	-	
Tin	-	10	-	-	

Tabel 2. Grundvandskvalitetskriterier og grænseværdier for uorganiske sporstoffer.

I miljømæssig henseende kan de uorganiske sporstoffer opdeles i 3 grupper:

- 1) de toksiske, der har sundheds- og miljømæssigt skadelige effekter (humantoksiske og økotoxiske) selv ved små koncentrationer
- 2) de essentielle, der omfatter stoffer som er nødvendige for den menneskelige organisme i små mængder, men som er sundhedsskadelige og økotoxiske i større koncentrationer
- 3) en tredje gruppe af stoffer som normalt ikke optræder i problematiske koncentrationer, men hvor baggrundskoncentrationer har relevans, idet der stedvis er så høje indhold at der kan være såvel sundhedsskadelige som økotoxikologiske effekter.

Til de toksiske stoffer hører bl.a. antimon, arsen, bly, cadmium, kviksølv samt cyanid. Arsen er yderst giftigt for mennesker, og visse uorganiske arsenforbindelser kan forårsage kræft hos mennesker (Miljøstyrelsen 1995). Til de essentielle hører bl.a. krom, kobber, nikkel, zink og selen. For selen er forskellen mellem nødvendig indtagelse og giftvirkning relativt lille.

Grundvandsovervågning

Tilstand, udvikling og årsager

I perioden 1993 – 2008 har der i kortere eller længere dele af perioden været overvåget i alt 25 uorganiske sporstoffer. Blandt disse er der fastsat drikkevandskvalitetskrav for 16 stoffer og der er konstateret overskridelse af det fastsatte kvalitetskrav ved indgangen til forbrugers ejendom for 12 stoffer, se tabel 3.

I bilag 1 er påvirkningen af grundvandsforekomster med signifikant stigende koncentration af et eller flere uorganiske sporstoffer opgjort.

Antimon, selen og barium.

Overskridelserne er alle konstateret i overvågningsområdet St. Heddinge. Området er tidligere forurenet af garveriaffald, som er blevet deponeret i mergelgrave i området. Storstrøms Amt iværksatte oprydning og afværgeforanstaltninger og forureningen er i aftagende.

Kviksølv

Overskridelsen af det anbefalede drikkevandskvalitetskrav på 0,1 µg/l blev konstateret i overvågningsområdet Forumlund tilbage i 1995 og 1996. De forhøjede værdier blev tilskrevet henkastning af affald i en nærliggende grusgrav. I 2000 var koncentrationen faldet til under den anbefalede grænseværdi.

Cadmium

Årsagen til overskridelsen af drikkevandskvalitetskravet på 2 µg/l i to indtag i henholdsvis Bramming-Hunderup og Ejstrupholm er ikke kendt. I Bramming-Hunderup svinger koncentrationen omkring grænseværdien med en signifikant faldende tendens. Det samme gælder Ejstrupholm, men her har koncentrationen siden 2005 ligget på omkring det dobbelte af drikkevandskvalitetskravet.

Kobber og bly

I overvågningsområdet København-Frederiksberg overskred koncentrationen af kobber drikkevandskvalitetskravet i 1999, 2000 og 2001 med ca. en faktor 2 i et enkelt indtag. Koncentrationen er faldende og har siden 2002 været under drikkevandskvalitetskravet.

I overvågningsområde Ølgod har koncentrationen af kobber jævnlige overskredet drikkevandskvalitetskravet med op til en faktor 2 i et enkelt indtag. Koncentrationen er signifikant stigende. I samme indtag er der forhøjede indhold af bly, nikkel og zink. Grundvandets pH er signifikant faldende fra 5,96 i 1997 til 4,79 i 2008. Den lave pH-værdi kan medføre opløsningsprocesser, som frigiver tungmetaller.

I to nye terrænnære indtag i overvågningsområde Brande, ét i overvågningsområde Finderup og et i overvågningsområde Klosterhede overskrider koncentrationen af kobber drikkevandskvalitetskravet med op til en faktor 10. I et indtag er koncentrationen faldende, i de tre andre er den stigende. I de samme områder er drikkevandskvalitetskravet for bly og zink overskredet. Derudover er drikkevandskvalitetskravet for bly overskredet i tre nye terrænnære indtag i overvågningsområde Haderup.

Miljøcenter Ringkøbing følger udviklingen i borerne nøje med henblik på en udredning af årsagerne til de høje indhold.

Bor

Forhøjede borindhold er ofte en indikation på indtrængning af saltvand, enten fra havet eller fra marine aflejringer i den geologiske lagfølge. I 17 indtag er det anbefalede maksimumindhold på 300 µg/l overskredet i overvågningsområderne København-Frederiksberg, Ishøj, Osted, St. Fuglede, Hjelmølille, Samsø og Albæk mere end en gang. Kun indtaget i København-Frederiksberg har signifikant stigende indhold.

	I alt Indtag med overskri- delser	Indtag med >1 overskri- delser	Tendens (for indtag > 1 overskridelse)			
			Kun visuel vurdering	Konfidens < 95 % eller < 4 målinger	Konfidens \geq 95 % og \geq 4 målinger	
	Antal	Antal	Ingen tendens	Uafklaret	Faldende.	Stigende.
Antimon	1	1			1	
Selen	2	2			2	
Barium	3	2	2	1	1	
Kviksølv ¹⁾	11	1			1	
Cadmium	5	2			2	
Kobber	9	6		2	2	2
Bly	19	8		6	1	1
Bor ²⁾	33	17	3	12	1	1
Zink	77	34	7	12	10	5
Nikkel	99	51	7	12	21	11
Aluminium	164	103	32	18	35	18
Arsen	164	129	29	26	29	45

1) i forhold til den anbefalede grænseværdi på 0,1 µg/l
2) i forhold til den anbefalede grænseværdi på 300 µg/l

Tabel 3. GRUMO: Overskridelser af drikkevandskvalitetskrav for uorganiske sporstoffer 1993 – 2008 samt vurderinger af den koncentrationsmæssige udviklingstendens (lineær regression) på indtagsniveau.

Nikkel

Nikkelproblematikken er velbeskrevet. Der er identificeret i alt 11 indtag, der overskrider drikkevandskvalitetskravet på 20 µg/l, og som har signifikant stigende indhold. Disse findes i overvågningsområderne St. Heddinge, Bedsted, Bramming-Hunderup, Ølgod, Brande, Haderup, Herborg og Thisted. Den geografiske fordeling af indtagene med signifikant stigende indhold synes at antyde at den klassiske problemstilling med faldende grundvandsspejl og introduktion af atmosfærisk ilt til grundvandsmagasinet, som især kendes fra det østlige Sjælland er bragt under kontrol. Dermed bliver iltning af nikkelholdige sulfider, især i pyrit, som følge af nedsvingende nitrat mere dominerende.

Aluminium

Der er identificeret i alt 18 indtag, der overskrider drikkevandskvalitetskravet på 100 µg/l, og som har signifikant stigende indhold. Disse findes – på nær et indtag på Bornholm - udelukkende i Vest- og Nordjylland og er som hovedregel sammenfaldende med indtag med faldende pH.

Arsen

Der er identificeret i alt 45 indtag, som overskrider drikkevandskvalitetskravet på 5 µg/l, og som har signifikant stigende indhold. Indtagene har en landsdækkende geografisk fordeling. Det forekommer umiddelbart overraskende, at indholdet af arsen, som altovervejende er geologisk betinget, er stigende i så forholdsvis mange indtag. Årsagen vil evt. kunne belyses på baggrund af snarlig rapportering af et større udredningsprojekt (Flemming Larsen og Claus Kjølner, GEUS og Mette Gram, Rambøll).

Referencer

Dansk lovgivning, vejledninger mv

Miljø- og Energiministeriet 1996: Bekendtgørelse om kvalitetskrav for vandområder og krav til udledning af visse farlige stoffer til vandløb, søer eller havet. -Miljø- og Energiministeriets bekendtgørelse nr. 921 af 8. oktober 1996.

Miljøministeriet 2007 Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. – Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 1449 11. cember 2000 (Drikkevandsbekendtgørelsen)

Miljøstyrelsen 1994: Økotoxikologiske kvalitetskriterier for overfladevand. - Miljøprojekt nr. 250.

Miljøstyrelsen, 1995: Toksikologiske kvalitetskriterier for jord og vand - Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen 12/1995.

Miljøstyrelsen, 1996: Kemiske stoffers opførsel i jord og grundvand - Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen 20/1996.

Miljøstyrelsen 1998: Oprydning på forurenede lokaliteter – Hovedbind.

Vejledning fra Miljøstyrelsen, nr. 6, 1998.

Miljøstyrelsen, 1999: Fjernelse af metaller fra grundvand ved traditionel vandbehandling på danske vandværker. Vandfonden. - Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen 17/1999.

EU- driektiver og guidance

EU, 2000: Europaparlamentets og Rådets Direktiv 2000/60/EF af 23. oktober 2000 om fastsættelse af en ramme for fællesskabets vandpolitiske foranstaltninger. EFT L 327 af 22.12.2000. p. 1-72 og 10 bilag.

EU, 2006: Europaparlamentets og Rådets Direktiv 2006/118/EF af 12. december 2006 om beskyttelse af grundvandet mod forurening og forringelser. EFT L 327 af 22.12.2000. p. 1-72 og 10 bilag.

Andre referencer

Hansen, B., Sørensen, B., og Thorling Sørensen, L., 2007. Arsen i dansk drikkevand. ATV, 3. oktober 2007.

Hultberg, H., 1988: Critical Loads for sulphur to lakes and streams, In: Nilsson, J. and Grenfeld, P. (eds): Critical loads of sulphur and nitrogen. Report from a workshop held at Skokloster, Sweden, 19.-24. marts 1988, Miljørapport 1988:15. Nordic Council of Ministers, København, pp 185-200.

Jensen, T. F. m. fl. , 2003: Nikkelfrigivelse ved pyritoxidation forårsaget af barometerånding., Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen, nr. 5, 2003

Larsen, C.L. og Larsen, F., 2003: Arsen i danske sedimenter og grundvand. Vand og Jord 10. årgang nr. 4, side 147-151.

Århus Amt, 2004. Redegørelse for grundvandsressourcerne i Århus Nord-området. Eds: Verner Søndergaard, Richard Thomsen, Ole Dyrso, Thomas Nyholm, Erling Fuglsang, Lærke Thorling, Per Misser og Birgitte Hansen.

6 Organiske mikroforureninger

Overvågningen af organiske mikroforureninger omfatter et stort antal miljøfremmede stoffer, der anvendes bredt i det moderne samfund. Overvågningsprogrammet for grundvand (GRU-MO) omfatter for hver 6-års programperiode et antal udvalgte stoffer. De øvrige målinger, som blandt andet fremkommer gennem vandværkernes boringskontrol, er i et vist omfang baseret på erkendte risici for forurening af grundvandet gennem anvendelse af givne stoffer inden for det enkelte vandværks indvindingsopland. En række af de analyserede klorerede eller bromerede forbindelser kan dannes i naturen i lave koncentrationer (Jacobsen et al., 2007). Overvågningen af organiske mikroforureninger er udgået af LOOP pr. 1. januar 2007. Det er ikke vurderet meningsfuldt at lave en indikatorbaseret rapportering af de organiske mikroforureninger, idet de har meget forskellige kemiske egenskaber, anvendelser og forekomst. Dertil kommer de meget forskellige detektionsgrænser og grænseværdier.

Målsætning

Der er udarbejdet sundhedsmæssigt baserede kvalitetskriterier for en række udvalgte stoffer for kroniske, men ikke akutte effekter. I henhold til EU's Vandrammedirektiv må grundvandets indhold ikke øges, således at videregående vandbehandling bliver nødvendig. Grundvandet må heller ikke påvirke overfladevand og terrestriske økosystemer med disse stoffer i en sådan grad, at målsætningerne ikke kan overholdes.

Relevans

Organiske mikroforureninger er med få undtagelser miljøfremmede stoffer med skadelige effekter for mennesker og økosystemer. Da følsomheden over for disse stoffer kan variere overordentligt meget fra art til art, fx planter, insekter, mennesker og fisk vil der optræde grænseværdier og tålegrænser på meget forskellig koncentrationsniveau fra stof til stof og fra problemstilling til problemstilling. I forbindelse med vandplanerne og anden miljøadministration er der et meget stort vidensbehov på dette område. Forurening af grundvandet med miljøfremmede stoffer fra punktkilder og kendte forurenede grunde administreres via jordforureningsloven, der afrapporteres af Miljøstyrelsen (MST, 2009).

Mulige kilder til de organiske mikroforureninger

I det følgende gennemgås nogle mulige kilder til en grundvandsforurening med de 7 forskellige grupper af stoffer, som indgår i NOVANA-programmet.

Aromatiske kulbrinter

Kilderne til de aromatiske kulbrinter kan være fyld- og lossepladser, olie- og benzinanlæg, asfalt og tjærevirksomheder samt gasværker.

Fenoler

Tjære indeholder ca. 10 % fenoler og er hermed en potentiel kilde til forurening med fenoler. Tjæreforureninger stammer blandt andet fra grunde, hvorpå der har ligget gasværker, og steder hvor tjære er blevet anvendt i produktionen (asfalt), hvor tjæreaffald er blevet deponeret (lossepladser), samt pladser som har været anvendt til tjæring af fiskenet. Fenol og methylfenoler kan dannes ved nedbrydning af naturligt organisk stof. Ifølge (Miljøstyrelsen 1995) er indholdet af fenol i kvæg- og svinøgødnings henholdsvis 31 og 26 mg pr. kg vådvægt. Simple alkylfenoler kan også fremkomme under nedbrydning af nonylfenoler.

Nonylfenoler

I de seneste år har der været stor fokus på hormonlignende stoffers forekomst i miljøet, og nonylfenolerne er en af de grupper, som har været diskuteret i denne sammenhæng. Nonylfenoler i miljøet stammer primært fra nedbrydning af nonylfenoethoxylater, som blandt andet findes i vaskemidler og rengøringsmidler. Brugen af nonylfenoethoxylater ophørte dog i 1989 (Miljøstyrelsen, 1991).

Halogenerede alifatiske kulbrinter

Kilderne til de halogenerede alifatiske kulbrinter kan f.eks. være fyld- og lossepladser, farve- og lakindustri, galvanisering, benzinanlæg og kemisk tøjrensning. Stoffet vinylklorid er et nedbrydningsprodukt fra de klorerede kulbrinter. Vinylklorid kan mineraliseres direkte eller nedbrydes til ethan via ethen (Albrechtsen og Bjerg 2000). Da omsætningshastigheden af vinylklorid i grundvandsmagasinerne formodentligt er mindre end for de øvrige klorerede kulbrinter, må det antages, at der på længere sigt vil ske en opkoncentrering af vinylklorid i de grundvandsmagasiner, der i dag er forurenede med klorerede kulbrinter.

Klorfenoler

Kilderne til klorfenoler er primært produktion af pesticider og uhensigtsmæssig deponering af affald fra produktionen. Klorfenoler optræder blandt andet som tekniske urenheder i forbindelse med fremstilling af klorfenoxy-syrerne; disse har gennem mange år været anvendt i store mængder som ukrudtsmidler. Ved nedbrydning af klorfenoxy-syrerne kan der blandt andet dannes klorfenoler. Fremstilling af træimprægneringsmidler kan også være en kilde til forurening med klorerede fenoler. Eksempelvis har pentaklorfenol i perioden 1956 til 1979 været anvendt til træimprægnering i mængder på op til 4.300 kg/år.

Phthalater (blødgørere)

Blødgøreren dibutylphthalat (DBP) forekommer blandt andet i trykfarver, maling, udfyldningsmidler, opløsningsmidler, hærdere, metaloverfladebehandlingsmidler, bindemidler, gulvbelægningsmaterialer og isoleringsmaterialer. DBP er altså et stof, som forekommer i mange forbindelser, og dets fysiske/kemiske egenskaber medfører, at de er hyppigt forekommende i miljøet, i laboratorieudstyr o.l. Det er derfor meget svært at undgå et vist baggrundsniveau i forbindelse med analyser af DBP.

Detergenter

Detergenter kan dannes naturligt, men de typer af detergenter, som analyseres i overvågningsprogrammet, stammer primært fra vaske- og rengøringsmidler. Stofferne kan muligvis også stamme fra overfladeaktive stoffer, som tilsættes ved opblanding af pesticider før udsprøjtning.

Ætere

MTBE er et hjælpestof, som kan tilsættes benzin for at øge oktantallet og fremme forbrændingen i motoren. Siden 2000 har det ikke været anvendt i Danmark i oktane 92 og 95 benzin. (www.oliebranchen.dk)

Grundvandsovervågning

Datagrundlag

Der er i grundvandsovervågningen i perioden 2007 – 2008 i alt gennemført analyse for organiske mikroforureninger i ca. 585 forskellige indtag. Grundvandsovervågningsdata for organiske mikroforureninger afrapporteres ikke hvert år, og analyserne fra begge år er ikke tidligere rapporteret.

Grundvandsovervågning 2007-2008	Indtag med analyse	Indtag med fund	Indtag med fund over grænseværdi ¹⁾	Grænseværdi
	antal	antal	antal	µg/l
Aromatiske kulbrinter	585	93	0	1; 2 og 10
Halogenerede alifatiske kulbrinter ²⁾	585	12	6	0,01; 0,3; 1 og 25
Fenoler	585	136	1	0,5
Nonylfenoler	584	3	0	0,5
Klorfenoler	585	3	1	0,01 og 0,1
Phthalater (Blødgørere)	583	37	2	1
Detergenter, specifik analyse	140	0	0	100

1) Grænseværdien for drikkevand anvendes, hvor en sådan findes, for enkeltstoffer se bilag 4.
2) Kloroform, som kan dannes naturligt, er ikke medtaget.

Tabel. 4. Oversigt over analyseresultaterne for de organiske mikroforureninger i grundvands-
overvågningen fordelt på grupper i perioden 2007-2008. (Bemærk to års analyser)

Tilstand, udvikling og årsager

Det er karakteristisk for fundene i GRUMO, at koncentrationen ofte er lav, dvs. på eller sommetider under den detektionsgrænse (D.G.), som var grundlaget for Miljøstyrelsens udpegning af laboratorierne, samt at antallet af genfund er relativt beskedent. Risikoen for falske positive er relativt større ved så lave koncentrationer, og som tommelfingerregel anvendes ofte den antagelse, at koncentrationen i analysen bør være mindst 3 gange højere end detektionsgrænsen for at risikoen for falske positive er på et acceptabelt lavt niveau (se "Krav til kvalitetssikring af kemiske analyser i NOVANA" på <http://www.blst.dk/Overvaagning/NOVANA/Programbeskrivelse+del+3/Kemiske+analyser/>)

Disse forhold er illustreret i nedenstående tabel 5, hvor antallet af indtag med fund, henholdsvis genfund, er opgjort henholdsvis således

- ingen krav til den fundne koncentration (konc.)
- den fundne koncentration skal være mindst 3 gange større end den detektionsgrænse, som er krævet i henhold til laboratoriets udpegning i forhold til den pågældende analyse

Tabellen omfatter kun stoffer, hvor der er sket en udpegning af laboratorier til analyse af grundvand i NOVANA-programmet.

Stoffer undersøgt i grundvandsovervågningen	Alle indtag med fund	Indtag med sikre fund
	Konc. \geq D.G.	Konc \geq 3 gange D.G
DEHP	16	11
DNP	7	4
DBP	37	0
1,2-Dibrometan	2	0
LAS	0	0
Nonylfenoler	3	1
Naftalen	5	3
Benzen	43	5
Toluen	93	33
Xylener	6	1
Triklormetan	57	33
Tetraklormetan	3	0
Tetraklorethylen	8	4
Trikllorethylen	12	6
1,1,1-triklorethan	8	3
O-Xylen	36	13
M+P-Xylen	73	31
Fenol	36	6
2,4-diklorfenol	3	1
2,6-diklorfenol	0	0
Pentaklorfenol	1	0
Dibuthylphthalat	37	0
Nonylphenoethoxylater	0	0
Vinylklorid	10	8

Tabel 5. Organiske mikroforureninger fra GRUMO 2007-2008. Antal indtag med fund og fund med koncentrationer er mindst 3 gange større end den detektionsgrænse (D.G.), som er krævet i henhold til laboratoriets udpegning til at udføre den pågældende analyse. Tabellen omfatter kun stoffer, hvor der er sket en udpegning af laboratorier til analyse af grundvand i NOVANA-programmet. Se også tabel 4.

I grupperne aromatiske kulbrinter, halogenerede alifatiske kulbrinter, fenol og alkylfenoler samt klorfenolerne er der blevet analyseret stort set lige mange indtag, omkring 585. Stofgruppen aromatiske kulbrinter er den hyppigst fundne med en hyppighed på 16 %. For vinylklorids ved-

kommende er der overskridelser af grænseværdien for drikkevand (Miljøministeriet 2006) i ca. 1 % af de undersøgte indtag.

Igangværende forskning ved GEUS viser, at triklormetan (kloroform) kan dannes naturligt i koncentrationer op til 10 µg/l. (Jacobsen, et al. 2007)

I bilag 3 er der foretaget en opdatering af bilag 1 i sidste års rapport, som præsenterede en gennemgang af overvågningen af organiske mikroforureninger fra 1990 til og med 2006. Gennemgangen omfattede i alt 73 overvågningsindtag. Resultaterne fra 2007 og 2008 viser, at der er konstateret fund af organiske mikroforureninger i yderligere 37 indtag, heraf 22 indtag i de nyetablerede terrænnære borer til det øverste grundvand. Der forekommer især fund af toluen, xylener og phthalater i de terrænnære indtag.

Sammenfattende viser de mange fund, at der i et moderne industrialiseret samfund med en bred anvendelse af miljøfremmede stoffer ofte forekommer spild af mindre mængder, uden for de kendte punktkilder. De lave koncentrationer, få genfund og genfund over en kortere årrække viser, at en betragtelig del af disse mindre mængder omsættes af mikroorganismer, primært i jorden og i langsommere tempo også i grundvandsmagasinerne.

Vandværkernes kontrol af indvindingsboringer

Datagrundlag

Analyseresultaterne fra vandværkernes tilsyn indberettes til den fællesoffentlige database JUPITER ved GEUS med en virksomhedskode, der angiver, at det indvundne vand skal anvendes til drikkevandsproduktion. Virksomhedskoderne bliver ikke nødvendigvis opdateret, når borerne ændrer formål/anvendelse. Det betyder i praksis, at der hos GEUS kan være registreret borer med høje koncentrationer af organiske mikroforureninger, som ikke længere leverer drikkevand. Ved henvendelse til de pågældende vandværker viser det sig ofte, at borerne nu anvendes som afværgeboringer for at beskytte en nærliggende drikkevandsresource.

Tilstand, udvikling og årsager

I bilag 4 og 5 er resultaterne af analyse for organiske mikroforureninger i indvindingsboringer for perioden 2004 – 2008, svarende til en fuld cyklus af boringskontrol præsenteret. For at sikre at der er tale om vandværksboringer, er der i kolonnen "Indtag med overskridelse af grænseværdien for drikkevand" alene medtaget analyser med formålskode 8 "Grundvandskontrol, råvand, ublandet" eller formålskode 12 "Boringskontrol, drikkevandsindvinding".

Det fremgår af bilag 4 og 5, at flest borer er påvirket af de halogenerede alifatiske kulbrinter, triklørethylen og tetrakløretylen, der især kendes i forbindelse med forurenede renserrunde. Også diverse olieprodukter ses at have påvirket en del borer.

Sammenfatning om organiske mikroforureninger

Forekomsten af organiske mikroforureninger er sat i relation til Miljømålslovens (MST, 2006) tilgang til grundvandets kvalitet. Resultaterne af GRUMO har for perioden 2007 og 2008 vist, at der forekommer overskridelser af gældende tærskelværdier for grundvand (disse er p.t.

identiske med grænseværdierne for drikkevand) i 13 grundvandsforekomster fordelt på 2 vanddistrikter og i alt 8 hovedoplande.

På indtagniveau er der gjort fund i 22 nyetablerede terrænnære indtag, svarende til en fundprocent på ca. 7 %. Der er især fundet opløsningsmidlerne toluen og xylen. Også i ældre i forvejen forurenede indtag er der, som noget nyt, fundet toluen og xylener. Det kan ikke udelukkes, at der vil være brug for en mere tilbundsgående udredning af årsagen til disse fund.

De nyetablerede terrænnære borer har bekræftet den massive forurening med organiske mikroforureninger i St. Heddinge-området.

Vandværkernes boringskontrol i perioden 2004 – 2008, svarende til en fuld cyklus af boringskontrol, viser, at der for vandværkerne i en række kommuner er fundet problematiske indhold af organisk mikroforureninger i de grundvandsforekomster, hvorfra vandværkerne indvinder grundvand til drikkevandsformål.

Blandt stofferne med de laveste grænseværdier er der overskridelser af grænseværdien på 0,01 µg/l for pentaklorfenol i Høje Tåstrup og Odense Kommune og for PAH-forbindelsen benz(a)pyren i Fåborg. Nedbrydningsproduktet vinylklorid, der har en grænseværdi på 0,03 µg/l er fundet i indhold, der overskrider grænseværdien, i Gentofte, Ledøje-Smørum og Hjørring kommuner.

I lighed med tidligere udgør "renseri-stofferne" triklorethylen og tetraklorethylen fortsat et problem i en lang række kommuner. Også følgevirkningerne af den samfundsmæssige brug af benzin og olie-relaterede stoffer sætter sit præg på grundvandets kvalitet i en lang række kommuner. Kulbrinte fraktionerne C5-C10, C10-C25 og C25-C35, samt olieprodukter, uspecifiseret, og MTBE er således fundet i koncentrationer, der overskrider grænseværdierne i 12 kommuner.

Referencer organiske mikroforureninger

Dansk lovgivning, vejledninger mv

Miljøministeriet, 2006: Bekendtgørelse nr. 1756 af 22/10/2006 af Lov om miljømål m.v. for vandforekomster og internationale naturbeskyttelsesområder (Miljømålsloven)
Miljøministeriet 2007 Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. – Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 1449 11. cember 2007 (Drikkevandsbekendtgørelsen)
Miljøstyrelsen 1991: Overfladeaktive stoffer – spredning og effekter i miljøet. - Miljøprojekt nr. 166.
Miljøstyrelsen, 1995: Toksikologiske kvalitetskriterier for jord og vand - Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen 12/1995.
Miljøstyrelsen, 2009: Redegørelse om jordforurening 2007. Redegørelser fra Miljøstyrelsen nr. 1, 2009.

EU- driektiver og guidance

EU, 2000: Europaparlamentets og Rådets Direktiv 2000/60/EF af 23. oktober 2000 om fastsættelse af en ramme for fællesskabets vandpolitiske foranstaltninger. EFT L 327 af 22.12.2000. p. 1-72 og 10 bilag. (Vandrammedirektivet)
EU, 2006: Europaparlamentets og Rådets Direktiv 2006/118/EF af 12. december 2006 om beskyttelse af grundvandet mod forurening og forringelser. EFT L 327 af 22.12.2000. p. 1-72 og 10 bilag. (grundvandsdirektivet)

Andre referencer

Albretchen, J._H., og Bjerg, B.L., 2000: Nedbrydning i grundvandsmiljøer. – Kemiske stoffer i miljøet (red. Helweg, A.)
DMU, 2009 Kvalitetssikring af kemiske analyser i NOVANA.
Albers, C.N., Laier, T. & Jacobsen, O.S. 2008: Vertical and horizontal variation in natural chloroform in two adjacent soil profiles in a coniferous forest. Geo-Environment and Landscape Evolution III. 16-18 June, 2008. Southampton, United Kingdom. Wessex Institute of Technology. Proceedings of the third international Conference on evolution, monitoring, simulation, management and remediation of the geological environment and landscape, 161-170.
Laier, T, Jacobsen, O.S., Thomsen, O., Grøn, C., Hunkeler, D. & Laturmus, F. 2005: Chloroform production in spruce forest soils - a potential problem for groundwater use in drinking water supply in Denmark. EGU General Assembly 2005. 24-29 April, 2005. Vienna, Austria. European Geosciences Union. Geophysical Research Abstracts 7
Jacobsen, O.S., Laier, T., Juhler, R.K., Kristiansen, S.M., Dichmann, E., Brinck, K., Juhl, M.M, Grøn, G. 2007: Forekomst og naturlig production af chloroform i grundvand. BLST, 2007 120 pp.

Links:

<http://www.blst.dk/Overvaagning/NOVANA/Programbeskrivelse+del+3/Kemiske+analyser/>
www.oliebranchen.dk

7 Pesticider

Indledning

I NOVANA, grundvandsovervågningen analyseres der for 34 forskellige pesticider og nedbrydningsprodukter fordelt på 19 aktivstoffer og 15 nedbrydningsprodukter. I vandværkernes kontrol af indvindingsboringer indgår 23 obligatoriske stoffer, men ofte analyseres der for flere. De pesticider, der indgår i NOVANA grundvandsovervågningsprogrammet ses i tabel 6.

Pesticider og disses nedbrydningsprodukter i grundvand stammer fra brug af pesticider i skov- og jordbrug samt fra anvendelse på befæstede arealer i byområder og nær anden bebyggelse. Dertil kommer udvaskning fra spild og andre punktkilder, der kortlægges og overvåges særskilt i forbindelse med jordforureningsloven (MST, 2009).

Målsætning

Pesticider og nedbrydningsprodukter bliver ikke tilbageholdt eller nedbrudt ved traditionel vandbehandling på de danske vandværker. I følge Grundvandsdirektivet må grundvandets indhold af disse stoffer ikke øges, således at videregående vandbehandling bliver nødvendig for drikkevandsproduktionen. Pesticidindholdet i drikkevand og grundvand må ikke overstige 0,1 µg/l for enkeltstoffer af pesticider og relevante nedbrydningsprodukter, mens summen af enkeltstoffer ikke overstige 0,5 µg/l. (EU, 2000 og 2006)

I Danmark er sumgrænseværdien næsten aldrig i anvendelse, idet der i boringer med et samlet pesticidindhold over sumgrænseværdien altid er mindst et enkelt stof, der overskrider grænseværdien på 0,1 µg/l. Grænseværdien for summen af pesticider vil antageligvis anvendes hyppigere i Danmark, hvis der i større omfang end nu blev anvendt overfladevand eller højtliggende grundvand til drikkevandsformål, da begge vandtyper ofte indeholder mange forskellige pesticider og nedbrydningsprodukter. Grænseværdierne for drikkevand er fastsat i bl.a. EU's drikkevandsdirektiv (EU 1998) og Drikkevandsbekendtgørelsen (Miljøstyrelsen 2007) ud fra et princip om, at der ikke må være pesticider i drikkevand. Grænseværdierne er ikke fastsat ud fra en direkte sundhedsmæssig vurdering af stofferne, men opretholdes ud fra et forsigtighedsprincip, da synergieffekter ved blanding af forskellige stoffer ikke kendes, og da mange pesticider har ukendte nedbrydningsprodukter.

Grundvandsovervågning

Datagrundlag

Der anvendes pesticidanalyser fra grundvandsovervågningsområdernes indtag i perioden 1990 – 2008, begge år inklusive. Der har over årene indgået et varierende antal stoffer. De første år blev der analyseret for blot 8 stoffer. Siden er der en rivende udvikling i analyseteknikkerne muliggjort opbygningen af et omfattende og dynamisk program, hvor nye pesticider inddrages, når det er relevant, og pesticider, der kun sjældent eller aldrig findes, udgår. Siden 2003 er der overvejende blevet analyseret for pesticider i grundvandsindtag, hvor grundvandet er dateret til stamme fra efter ca. 1940.

Den store variation i analyseprogrammet og i udvalget af boringer, der undersøges, betyder, at der i dag ikke umiddelbart er et statistisk grundlag for at vurdere udviklingen i pesticidbelastningen af grundvandet som sådan for hele perioden.

Pesticid/nedbrydningsprodukt	Administrativ status
Aminomethylphosphorsyre (AMPA)*	Godkendt
Atrazin	Forbudt i 1994
Bentazon	Væsentlige anvendelsesrestriktioner af hensyn til grundvandet
4-CPP*#	Forbudt, trukket ud af markedet eller pålagt væsentlige restriktioner
2,4-D	Væsentlige anvendelsesrestriktioner af hensyn til grundvandet
2,6 DCPP*#	Forbudt, trukket ud af markedet eller pålagt væsentlige restriktioner
Desaminodiketometribuzin*	Forbudt i 2004
Desethylatrazin*	Forbudt i 2004
Desethyldeisopropylatrazin*	Forbudt i 2004
Desethylterbutylazin*	Forbudt i 2004
Deisopropylatrazin*	Forbudt i 2004
Dichlobenil	Forbudt i 1996
2,6-Dichlorbenzamid (BAM)*	Forbudt i 1996
2,6-Dichlorbenzoesyre*	Forbudt i 1996
Dichlorprop	Væsentlige anvendelsesrestriktioner af hensyn til grundvandet
Diketometribuzin*	Forbudt i 2004
Dinoseb	Forbudt i 1989
Diuron	Ikke længere godkendt i Danmark
DNOC	Udfaset i Danmark (intet salg efter 1987), EU-forbud i 2002
Glyphosat	Godkendt
Hexazinon	Forbudt i 1994
Hydroxyatrazin*	Forbudt i 1994
Hydroxysimazin*	Forbudt i EU 2005, afmeldt i Danmark i 1991
Hydroxyterbutylazin*	Forbudt i 2008
Isoproturon	Forbudt i 1999
MCPA	Væsentlige anvendelsesrestriktioner af hensyn til grundvandet
Mechlorprop	Væsentlige anvendelsesrestriktioner af hensyn til grundvandet
Metamitron	Væsentlige anvendelsesrestriktioner af hensyn til grundvandet ≤2005
Metribuzin	Forbudt i 2004
4-nitrophenol*	Industrikemikalie, nedbrydningsprodukt fra visse pesticider o.a.
Pendimethalin	Godkendt, under fornyet vurdering
Simazin	Forbudt i EU 2005, afmeldt i Danmark i 1991
Terbutylazin	Forbudt i 2008
Trichloeddikesyre (TCA)	Udfaset i Danmark (intet salg efter 1988)

Tabel 6. Administrativ status marts 2010 for de pesticider og nedbrydningsprodukter, der analyseres i grundvandsovervågningsprogrammet (GRUMO). Nedbrydningsprodukter er markeret med *. Status for nedbrydningsprodukter gælder moderstoffet. # 4-CCP og 2,6-DCPP kan være nedbrydningsprodukter eller urenheder fra (tidligere) phenoxysyrer, men identiteten er ikke entydig. 4-nitrophenol kan ikke direkte relateres til pesticidanvendelse. Det fremgår af tabellen, at ud af de 34 stoffer, der monitoreres for, er der kun 2 pesticider og et tilhørende nedbrydningsprodukt, der er godkendt uden særlige forbehold. Grundvandsovervågningsprogrammet viser således (jf. fundene angivet i bilaget) efter Miljøstyrelsens vurdering helt overvejende fortidens syndere, altså tidligere tiders anvendelse af pesticider, der i dag er forbudt, trukket tilbage fra markedet eller pålagt væsentlige restriktioner på anvendelsen for at beskytte grundvandet. (Tabel og tekst – fra Miljøstyrelsens Pesticidkontor-marts 2010).

Relevans

Pesticider og disses nedbrydningsprodukter i grundvand stammer fra brug af pesticider i skov- og jordbrug samt fra anvendelse på befæstede arealer i byområder og nær anden bebyggelse, fx gårdspladser. Pesticider og nedbrydningsprodukter er miljøfremmede og uønskede i vandmiljøet. Grundvandsovervågningen sikrer et datasæt, der ikke er påvirket af udviklingen i vandindvindingen.

Tilstand, udvikling og årsager

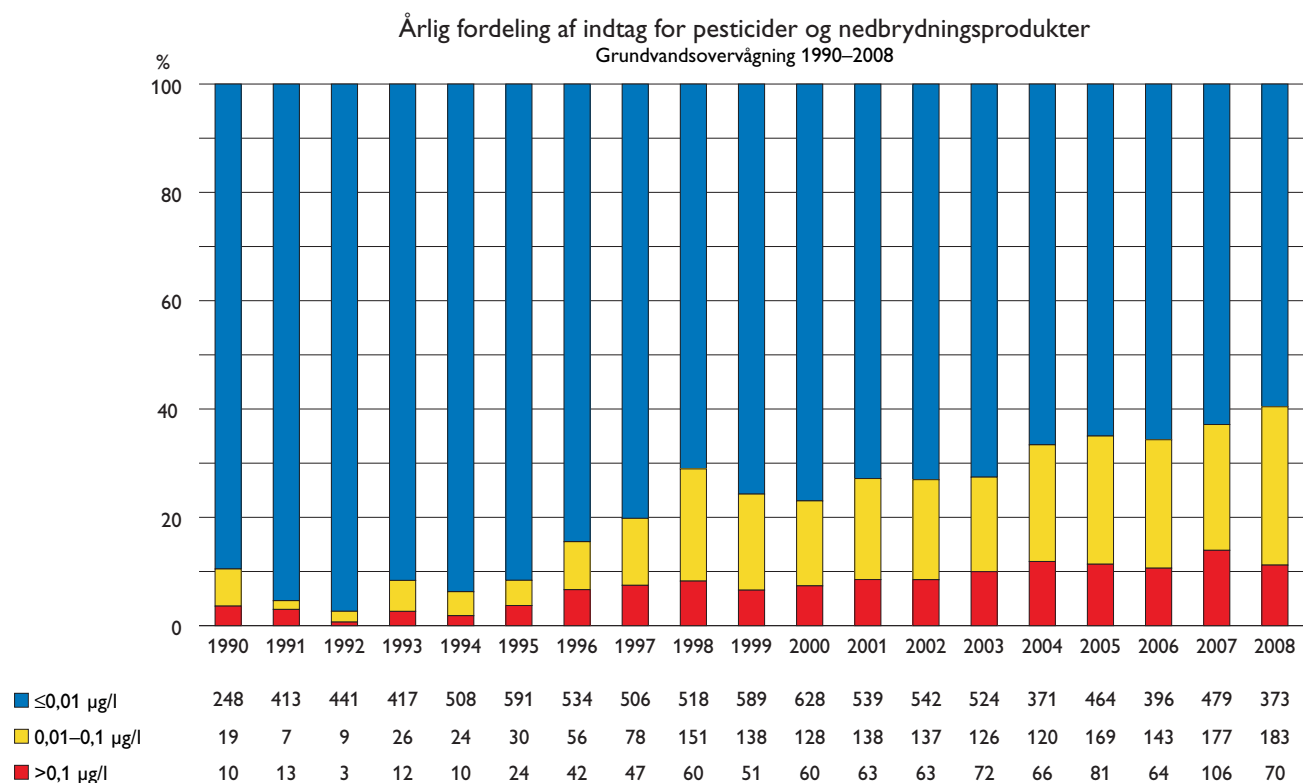
Figur 30 viser, at der i 2008 blev fundet pesticider eller nedbrydningsprodukter i 40 % af de undersøgte indtag, og at grænseværdien blev overskredet i 11 %, se også tabel 7. Indikatoren viser, at antallet af indtag med fund for perioden 1993-1995 ligger lidt under 10 % hvert år, men stiger til næsten 30 % i 1998, hvorefter andelen falder til ca. 21 % i 2000.

GRUMO	Antal analyser	indtag			andel i %		
		analyseret	0,01 til 0,1 µg/l	antal ≥ 0,1	0,01 til 0,1 µg/l	≥ 0,1 µg/l	fund % i alt
2008	637	626	183	70	29,2	11,2	40,4
2007	766	762	177	106	23,2	13,9	37,1
2006	639	603	143	64	23,7	10,6	34,3
1990 - 08	13.759	1.423	470	287	33,0	20,2	53,2
1990 - 07	12.830	1.531	455	275	29,7	18	47,7
1990 - 06	11.499	1.469	428	249	29,1	17	46,1

Tabel 7. Pesticidfund i grundvandsovervågningen i **grundvandsovervågningsindtag**. Der er medtaget oplysninger om perioderne 1990 til 2006, 1990 til 2007 og 1990-08 samt for de enkelte år 2006, 2007 og 2008. Opgørelserne for perioderne viser, hvor stor en del af de overvågede grundvandsmagasiner, der er sårbare overfor denne forureningstype, mens opgørelserne for de enkelte år viser øjebliksbilleder af forureningens omfang.

I perioden 2001 til 2003 var andelen af indtag med fund ca. 27 %, mens andelen igen steg i 2004 til 2008, hvor der kunne findes pesticider i 40 % af det analyserede grundvand. Det stigende antal fund af pesticider i grundvandsovervågningen i perioden frem til 1998 afspejler, at grundvandet i denne periode er blevet analyseret for stadig flere pesticider og nedbrydningsprodukter. De samme indtag er analyseret gennem de seneste tre år, og derfor afspejler tabel 7, at grundvandet i stigende omfang er forurenet af pesticider og nedbrydningsprodukter i denne periode, også selv om der er etableret en række nye indtag, der prøvetager ungt grundvand i 2004. Det skal dog bemærkes at antallet af analyser af vandprøver udtaget fra grundvandsovervågningsindtagene fra 2008 er lavere end i 2007 og i 2006, hvilket kan betyde at næste rapportering af data fra 2008 vil kunne afvige fra tabel 7, når evt. manglende indberetninger er modtaget.

Antallet af indtag med overskridelse af grænseværdien for drikkevand (0,1 µg/l) har været næsten konstant i perioden 1996-2002. Andelen, der overskrider grænseværdien, er steget i 2003 og frem til i dag, hvor 10 til 14 % overskrider grænseværdien på 0,1 µg/l. Siden 2004 er der alene overvåget i borer med ungt vand (efter ca. 1940), og overvågningen er således fokuseret på den andel af grundvandet, der potentielt kan være påvirket af pesticider.



Figur 30. Pesticidanalyser fra GRUMO. **Antal indtag** med analyseresultater for tre koncentrationsintervaller: $\geq 0,1 \mu\text{g/l}$, intervallet fra detektionsgrænsen $0,01$ til $0,1 \mu\text{g/l}$, samt indtag uden fund, er anført under de enkelte år. Antal analyser af vandprøver udtaget fra indtagene pr år fremgår af tabel 8.

I perioden 1990 til 2008 er der fundet pesticider en eller flere gange i 54 % af de undersøgte indtag i grundvandsovervågningen, og i 20 % af indtagene var grænseværdien en eller flere gange overskredet. Denne opgørelsesmetode viser, hvor stor en del af ressourcen, der indtil i dag har indeholdt pesticider eller nedbrydningsprodukter, og som er sårbar overfor denne forureningstype.

Pesticiderne og deres nedbrydningsprodukter kan bla. nedvaskes, når udbringning sker før regn eller ved sen udbringning om efteråret, når generel overskudsnedbør infiltrerer sammen med opløselige stoffer fra de øvre jordlag. Også geologiske, hydrauliske og topografiske forhold spiller en rolle og betyder, at pesticiderne ofte forekommer som pulser/fronter, der bevæger sig gennem grundvandsmagasinerne. Samtidig vil forbrugsmønstret i et opland variere fra år til år. Derfor finder man ikke fra år til år de samme pesticider eller nedbrydningsprodukter i de samme indtag.

Tabel 8 viser antal analyser udført pr. år i overvågningsperioden og ikke antallet af indtag som er vist i figur 30 og i tabel 7. Tabellen er udelukkende udarbejdet for at vise, hvordan udviklingen i antallet af analyserede vandprøver har været gennem monitoreringsperioden. Antallet af analyser er faldet til små 800 analyser i 2007 og til 637 i 2008, og samtidig er analyseprogrammet blevet reduceret, da stoffer, der kun findes sjældent, ikke længere indgår i analyseprogrammet. De sidste års erfaring viser dog, at det må forventes, at en del analyser, gennemført i 2008, rapporteres til GEUS senere.

År	Antal ANALYSER			Andel i %	
	i alt	med fund	≥0,1 µg/l	Alle fund	≥0,1 µg/l
1990	300	31	11	10,3	3,7
1991	337	30	17	8,9	5,0
1992	522	13	3	2,5	0,6
1993	485	37	10	7,6	2,1
1994	726	54	16	7,4	2,2
1995	813	90	40	11,1	4,9
1996	865	157	77	18,2	8,9
1997	872	181	74	20,8	8,5
1998	935	279	86	29,8	9,2
1999	958	221	65	23,1	6,8
2000	876	216	64	24,7	7,3
2001	802	227	68	28,3	8,5
2002	804	220	74	27,4	9,2
2003	790	229	80	29,0	10,1
2004	644	240	101	37,3	15,7
2005	791	284	101	35,9	12,8
2006	767	282	99	36,8	12,9
2007	805	298	114	37,0	14,2
2008	637	257	72	40,3	11,3

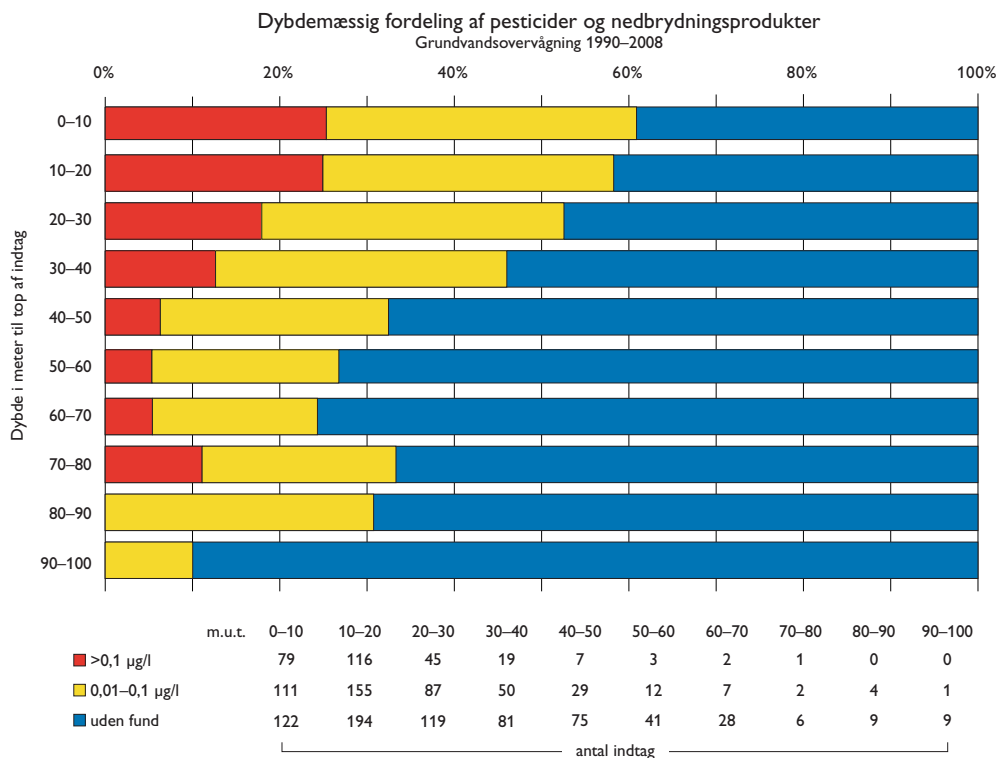
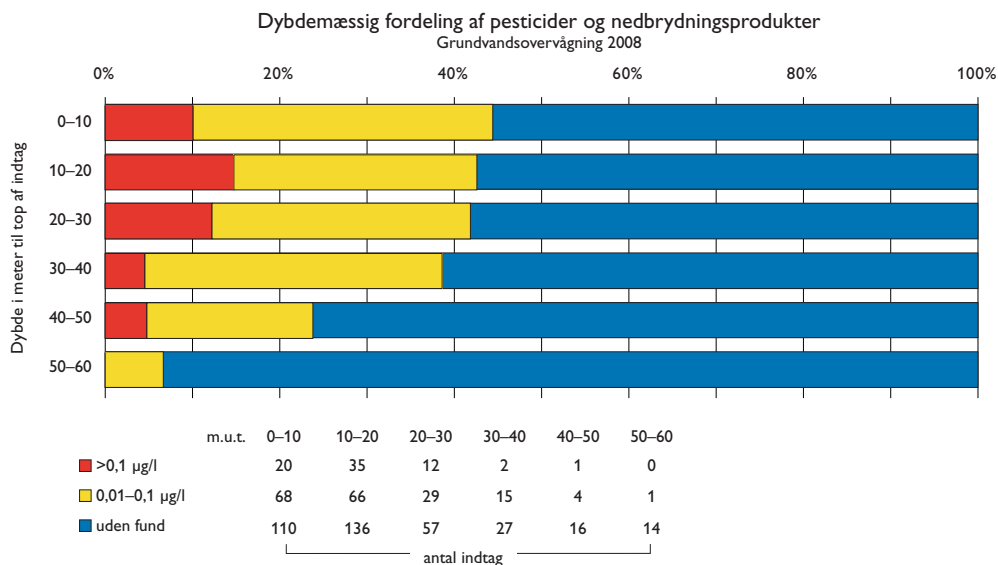
Tabel 8. Pesticidanalyser fra GRUMO, antal analyser pr. år 1990 – 2008 i alt, med fund og med fund større end grænseværdien for drikkevand og grundvand på 0,1 µg/l. Der er indberettet 637 analyser fra 2008, hvilket er ca. 150 analyser mindre end de tre foregående år. Det gøres opmærksom på at tabel 7 og 8 IKKE kan sammenlignes, da tabel 8 omfatter en opgørelse gennemførte ANALYSER pr år og ikke en opgørelse af antal analyserede indtag, idet der i nogle indtag udføres mere end en analyse om året.

Forekomst af pesticider mod dybde i grundvandsovervågningen

Figur 31 viser fordelingen af pesticider og nedbrydningsprodukter mod dybden i grundvandsmagasinerne. Det fremgår, dels hvordan den aktuelle situation var i 2008, men også hvor stor en andel af de undersøgte indtag, der gennem hele overvågningsperioden har været påvirket af pesticider og dermed hvor stor en andel af indtagene, der må anses for at være sårbare overfor pesticidforurening.

Den dybdemæssige fordeling af pesticidfund fra grundvandsovervågningen viser, at der i hele overvågningsperioden 1990-2008 er fundet pesticider eller nedbrydningsprodukter i ca. 60 % af indtagene i dybdeintervallet 0-20 m.u.t., og at grænseværdien var overskredet i 25 %. Antallet af fund aftager med dybden til ca. 25 % i intervallet 60-70 m.u.t., men der er også fundet pesticider i større dybder. Fordelingen viser ikke overraskende, at det mest sårbare grundvand ligger tættest ved terræn.

Fordelingen af fund mod dybde i 2008 viser et tilsvarende billede, dog er der i 2008 ikke fundet så mange pesticider og nedbrydningsprodukter i dybere niveauer af magasinerne, hvilket bl.a. skyldes, at antallet af analyserede dybe indtag er reduceret.



Figur 31. Pesticider og nedbrydningsprodukter fra GRUMO i forhold til top af indtag i hele overvågningsperioden (1990-2008) og i 2008. **Antal indtag** i hver af de tre koncentrationsklasser for hvert dybdeinterval er vist under figurene. Kun fund over 0,01 µg/l er medtaget.

Anvendelse af pesticider på befæstede arealer, grundvandsovervågningen.

I forbindelse med etableringen af overvågningsoplandene i GRUMO blev fordelingen af forskellige areal typer i oplandene beskrevet: landbrug, skov, naturarealer, bymæssig bebyggelse, landsbyer etc. For at vurdere, om effekten bymæssig bebyggelse kan erkendes i grundvandsovervågningen, er oplysningerne om bebyggelsesandelen i de enkelte oplande sammenstillet med oplysninger om andelen af borer, der indeholder pesticider i de enkelte oplande og med den samlede pesticidbelastning i oplandene.

Den gennemsnitlige andel overvågningsboringer med fund af pesticider og nedbrydningsprodukter er stort set den samme i alle de oplande, hvor der er oplysninger om den arealmæssige andel bymæssig bebyggelse, se tabel 9. Man kan på baggrund af GRUMO resultaterne ikke konkludere, at arealer med bymæssig bebyggelse er bedre eller dårligere beskyttet end fx landbrugsarealer, uagtet at anvendelse af pesticider i byområder er langt lavere end på landbrugsarealer. Tabellen viser snarere, at de indtag, hvor der kan forekomme pesticider er eller har været påvirket af disse, idet hyppigheden af pesticidforekomst ser ud til at være uafhængig af arealanvendelsen.

andel by i oplande i %	Sumbelastning for pesticider	Gennemsnitlig fund %	Antal oplande
60 til 100 % byareal	371	46,1	4
40 til 60 % byareal	3	48,2	3
20 til 40 % byareal	8	48,5	4
10 til 20 % byareal	10	47,2	12
0 til 10 % byareal	18	48,4	17
0 % byareal	15	45,3	26

Tabel 9. Andel bymæssig bebyggelse, (byandel) for 66 grundvandsovervågningsoplande, den gennemsnitlige pesticidbelastning (summen af indholdet af pesticider i overvågningsindtagene i et opland 1990-2008), gennemsnitlig andel boringer med fund (fund %) og antal oplande er vist for forskellig byandel. Det skal bemærkes, at opgørelsen i tabel 9 med hensyn til sum belastning ikke er statistisk valid og at opgørelsen af belastningen udelukkende viser, at byområder er mere sårbare overfor denne forureningstype.

Miljøstyrelsen, marts 2010, oplyser: "I den nyeste opgørelse af forbruget af pesticider i private haver er den samlede solgte mængde pesticider i 2008 opgjort til 87.726 kg aktivstof. ..Mosmidler i form af ferrosulfat (57.082 kg aktivstof) skal trækkes ud af opgørelsen, fordi der er tale om et naturligt forekommende salt. På samme vis skal sneglemidlet ferrifosfat samt svovl (131 kg) også trækkes ud af opgørelsen, fordi disse også er naturlige salte/grundstoffer. Ved en gennemgang af de solgte midler kan det yderligere bemærkes, at alternative midler i form af hvidløg (550 kg), fedtsyrer og sæber (6888 kg), der generelt nedbrydes meget hurtigt og derved ikke vurderes at udgøre en uacceptabel risiko for grundvandet, udgør en pæn andel af det samlede salg. Trækkes disse midler også ud af salget, er det samlede salg af egentlige kemiske pesticider på 23.075 kg aktivstof, hvilket svarer til 0,5 % af det samlede salg af pesticider (4.528 tons) i Danmark."

Ifølge Danmarks Statistik udgør befæstede overflader 9,75 % af DK's areal. Ud af disse udgør bymæssige strukturer, industrielle og kommercielle arealer 7,24 %. Dette betyder, at områder med stor bebyggelsesgrad formodentlig er mere sårbare overfor nedsivning end landbrugsområder, hvor der anvendes ca. 20 gange mere pesticid målt i kg pr. ha. (beregnet ud fra den arealmæssige fordeling).

Sammenholdes den gennemsnitlige "pesticidbelastning" med oplandenes byandel, tabel 9, ses, at der ikke er større forskelle mellem delvist bebyggede områder og områder uden bebyggelse. For de 4 oplande, der indeholder mellem 60 og 100 % bebyggelse findes dog en kraftig forøgelse af påvirkningsgraden sammenholdt med oplande med lavere andel byareal.

Den større gennemsnitlige belastning skyldes høje pesticidkoncentrationer fundet i et enkelt opland under København og Frederiksberg, som er næsten 100 % bebygget. Det skal også bemærkes, at fundandelen målt i gennemsnitlig fund % for de undersøgte oplande viser, at fundandelene er stort set de samme for alle områdetyper. Dette er interessant, da det kan antyde, at pesticider og nedbrydningsprodukterne findes i de indtag, der er sårbare overfor denne forureningstype uafhængig af arealanvendelsen. Det skal også understreges, at opgørelsen bygger på de samme pesticider og analyser som er gennemført i grundvandsovervågninger, og at de fleste påviste stoffer, derfor stammer fra aktivstoffer, der i dag er regulerede eller forbudt i Danmark.

Den større belastning i byområder stemmer dog overens med, at der ofte i byer er aktiviteter, som kan give anledning til høje koncentrationer i grundvandet, når befæstede arealer sprøjtes, eller p.ga. af forurening fra punktkilder, uheldig håndtering af pesticider eller simple uheld. Grundvandsovervågningen er dog ikke designet til at vurdere forskellene mellem pesticidbelastningen i bymæssigt bebyggede arealer og andre arealer, og alle oplande indeholder en vis grad af bebyggelse som ejendomme med gårdspladser, vejanlæg, parkeringspladser, jernbaner etc.

Et særligt forhold, som spiller ind i byområder, er, at den biologisk aktive rodzone mangler under de befæstede arealer, hvor der tværtimod ofte er lagt et lag stabilgrus over råjord, efter at rodzonen er fjernet. Stabilgrus har kun et ringe indhold af organisk materiale, som kan binde pesticider eller nedbrydningsprodukter og give næring til en aktiv biomasse, der kan omsætte pesticider. Derudover er gruset sammensat af usorteret materiale, der i kompakteret tilstand har en lille vandledningsevne, hvorfor regnvand vil strømme af på overfladen af gruslaget. Afstrømning af regnvand fra sprøjtede flader (stabilgrus + fliser/ asfalt eller andre belægningstyper) kan derfor ske via kanter på fx veje, parkeringspladser og indkørsler til gennemtrængelige sedimenter ved siden af arealerne. Ved kanten af arealerne kan der derfor i sand forekomme lodret mættet strømning i den umættede zone. I meget lerede områder er der direkte udstrømning til vandløb via grøfter og dræn, samt mættet strømning gennem makroporer til de underliggende højtliggende grundvandsmagasiner.

Nedbrydningen af pesticider i grus og bindingen af pesticider til jorder under befæstede arealer er ofte lille, i modsætning til landbrugsjord med en biologisk aktiv rodzone. Der eksisterer i dag kun indirekte observationer på anvendelse af pesticider i byområder og disses betydning for forurening af grundvand, men observationer fra overvågningen indikerer, at byområderne er langt mere sårbare over for anvendelse af pesticider end landbrugsområder, hvor den biologisk aktive rodzone er intakt.

Vandværkernes kontrol af indvindingsboringer

Datagrundlag

Der anvendes pesticidanalyser i indvindingsboringer ved offentlige og private vandværker for perioden 1992 til 2008. Indvindingsboringer analyseres ikke hvert år, men i en turnus på 3 - 5 år. Boringer, hvorfra der ikke gennem de sidste fem år har været indvundet grundvand, eller boringer, som af andre grunde er nedlagt, medtages ikke, og analyseresultaterne overføres til gruppen "Andre Boringer". Oplysninger fra disse boringer er dog medtaget i opgørelserne fra de foregående år, hvor vandværksboringerne stadig var aktive indvindingsboringer. Analyseprogrammet på vandværkerne er meget varierende over tid og fra vandværk til vandværk.

Relevans

Denne indikator viser, hvor stor en andel af vandværkernes indvindingsboringer, der har indeholdt pesticider eller nedbrydningsprodukter i perioden 1993-2008, fund mod dybde samt den regionale fordeling af fund. Da vandværkerne løbende nedlægger eller flytter boringer, afspejler udviklingen i fund pr. år ikke den aktuelle situation i grundvandsmagasinerne, men vandværkernes evne til at håndtere problemerne med pesticider i de boringer, hvorfra der indvindes grundvand, og dermed den påvirkning befolkningen får via drikkevand.

Aktive indvindingsboringer	analyser	antal boringer			andel i %		
	antal	analyseret	0,01 til 0,1 µg/l	≥ 0,1	0,01 til 0,1 µg/l	≥ 0,1 µg/l	fund i alt
2006*	1.470	1.319	251	44	19,0	3,3	22,4
2007*	1.575	1.427	301	51	21,1	3,6	24,7
2008*	1628	1477	259	74	17,5	5,0	22,5
1992 til 2008*	23.565	6.632	1315	366	19,8	5,5	25,3

Tabel 10. Pesticider i vandværkernes boringskontrol. Der er kun medtaget vandindvindingsboringer fra vandværker, hvorfra der er indberettet oppumpede vandmængder de seneste fem år. Boringer uden indvinding er overført til gruppen "Andre Boringer". *Da der er indberettet nye analyser til JUPITER fra de viste år, er disse opdateret og medtaget i tabellen frem for tidligere års opgørelser. Der foreligger enkelte analyser fra 1992, og der gøres opmærksom på at de viste andele fund er opgjort i forhold til **andelen af boringer**, der er funder pesticider i, og ikke **andelen af analyser** med fund som i tabel 11.

Tilstand, udvikling og årsager

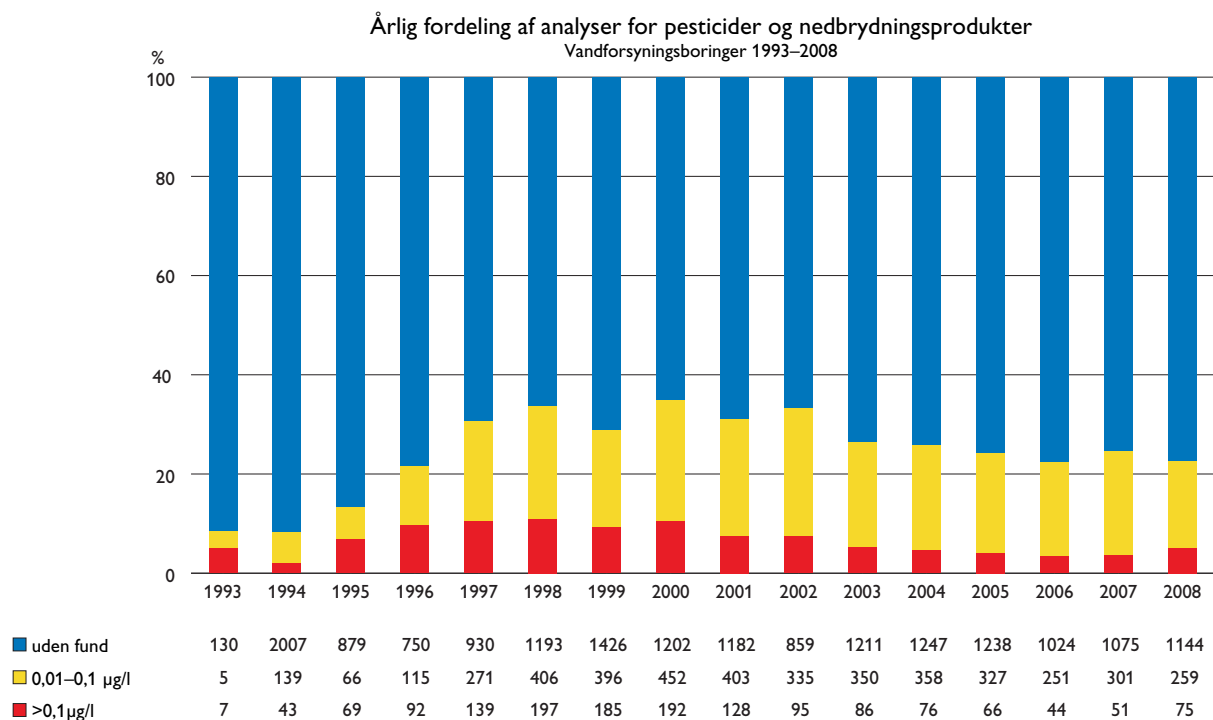
Figur 32 viser udviklingen i fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i vandværkernes indvindingsboringer, se også tabel 10. I 2007 og 2008 blev der fundet pesticider i 23 - 25 % af de analyserede boringer, mens der i hele undersøgelsesperioden blev fundet pesticider i 25 % af boringerne. Den relativt lave samlede procentdel for hele perioden sammenlignet med fundprocenterne i de seneste år, skyldes, at vandværkerne løbende lukker boringer med pesticidfund.

I løbet af de seneste 10 år har antallet af pesticidforurenede indvindingsboringer været faldende, og der blev i 2006 fundet pesticider i 21 % af de undersøgte boringer, mens grænseværdien var overskredet i 3 %, hvilket var det laveste niveau siden 1995. I 2007 blev der fundet pesticider i 25 % af de aktive boringer, mens grænseværdien var overskredet i ca. 5 %.

De senere års fald i andelen af boringer med fund (figur 32) over grænseværdien kan skyldes, at vandværkerne tager forurenede boringer ud af drift, men årsagen til den stigende andel af pesticidpåvirkede boringer op gennem 90'erne er formodentlig ikke, at grundvandet er blevet mere forurenede, men at mange vandværker har analyseret for et stigende antal pesticider og nedbrydningsprodukter.

Målet med boringskontrollen er at fastholde en vandforsyning, som er baseret på indvinding af rent grundvand uden avanceret vandbehandling. De pesticider og nedbrydningsprodukter, der hyppigst findes i vandværkernes indvindingsboringer, er ofte stoffer, som er forbudt i Danmark, og som ikke har været i handelen i 8-10 år. Grundvandsovervågningen har dog også vist, at der kan findes pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandsmagasinerne, som vandværkerne ikke endnu er begyndt at analysere for. Det må derfor forventes, at nogle vandværksboringer indeholder disse stoffer allerede nu, og at disse vil blive fundet i stigende omfang frem-

over, se også tabel 12 med de hyppigst fundne stoffer i grundvandsovervågningen, boringskontrollen og "Andre Boringer".



Figur 32. Fordeling af pesticidindhold i vandværkernes indvindingsboringer pr. år. Indikatoren indeholder ikke de samme boringer fra år til år, da disse analyseres i en turnus på op til fem år. Desuden lukker vandværkerne ofte indvindingsboringer med fund af pesticider. **Antal boringer** i hver af de tre klasser er anført under de enkelte år.

Tabel 12 giver en gennemgang af de hyppigst fundne stoffer i grundvandsovervågningen og fra vandværkernes boringskontrol. Den viser, at glyphosat og AMPA i stigende omfang bliver fundet i dansk højtliggende grundvand, og at stoffet nu er det tredje hyppigst fundne i aktive vandindvindingsboringer.

De større vandværker indvinder ofte i grundvand fra dybereliggende magasiner med ældre vand. Det er derfor afgørende for fremtidens indvinding af drikkevand, i hvilket omfang pesticiderne i de højtliggende grundvandsmagasiner omsættes under transporten mod de magasiner, hvorfra der i dag indvindes drikkevand til størstedelen af den danske befolkning.

De helt små private vandforsyningsanlæg, der forsyner enkelte husstande, indvinder grundvand ganske nær terræn. Boringerne er tilmed ofte placeret ved befæstede arealer, hvor pesticider håndteres og/eller anvendes, og ofte ses mange forskellige pesticider i samme boring. Disse anlæg er ikke blot truet af pesticider, men også af nitrat, bakterier og andre stoffer, som håndteres i disse anlægs opland (Brüsch og Rosenberg, 2008).

Antallet af vandprøver analyseret for pesticider var i 2003 ca. 2200, mens antallet er faldet til ca. 1600 i 2008, se tabel 11. Disse tal er dog noget usikre, da det ikke er sikkert, at alle udførte analyser er indberettet til JUPTIER. Dertil kommer usikkerheden om vandværkerne er akti-

ve, som følge af efterslæbet i kommunerne mht. indberetning af oppumpede vandmængder, se kap 8. Endelig er det svært at sammenholde boringskontroldatasættet fra år til år, fordi ikke-aktive vandværksboringer bliver overført til "Andre Boringer", for at undgå at analyserne indgår i fortolkningen af vandværkernes pesticidstatus.

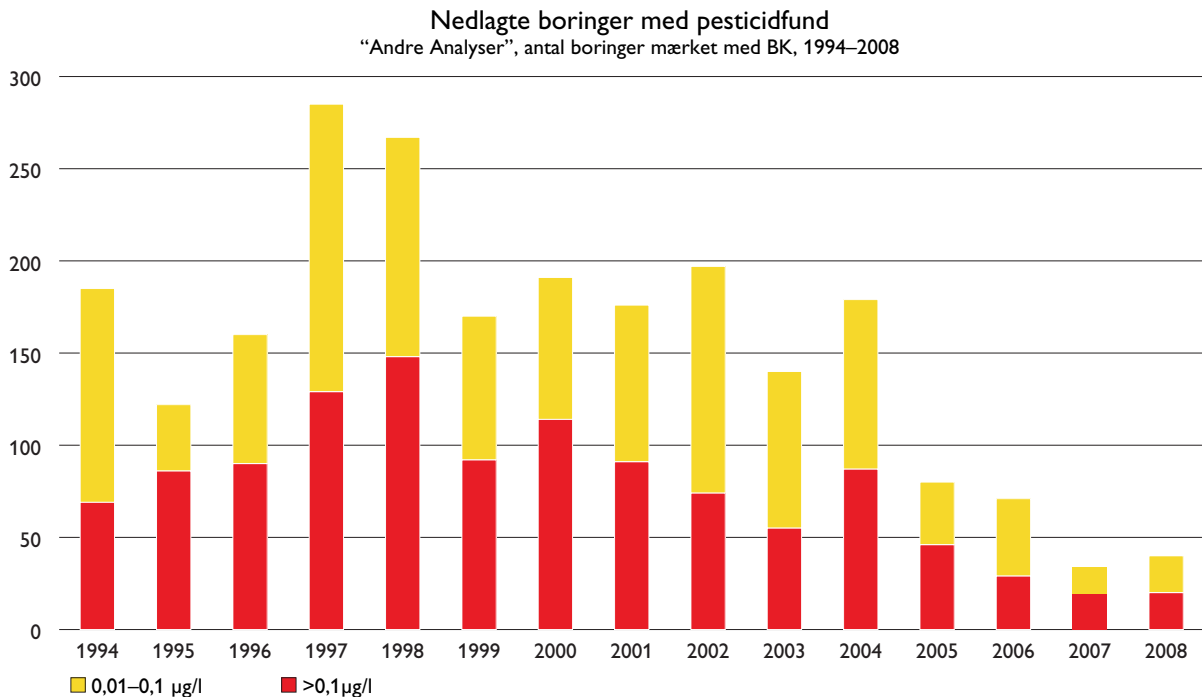
Boringskontrol	analyser	med fund	≥0,1µg/l	fund	≥0,1 µg/l
Årstal	antal	Antal	antal	%	%
1992	59	3		5,1	0,0
1993	83	12		14,5	0,0
1994	1390	78	9	5,6	0,6
1995	669	73	22	10,9	3,3
1996	720	114	23	15,8	3,2
1997	933	216	41	23,2	4,4
1998	1508	455	76	30,2	5,0
1999	1793	464	78	25,9	4,4
2000	1800	623	94	34,6	5,2
2001	1936	632	102	32,6	5,3
2002	1662	625	111	37,6	6,7
2003	2202	665	102	30,2	4,6
2004	2029	624	108	30,8	5,3
2005	1938	525	89	27,1	4,6
2006	1470	390	58	26,5	3,9
2007	1575	442	84	28,1	5,3
2008	1628	413	102	25,4	6,3

Tabel 11. Pesticidstatus for vandværkernes indvindingsboringer opgjort på **antal analyser** pr. år i aktive vandværksboringer pr. 15. maj 09. Antal analyser og procentvis fordeling med fund, fund større end grænseværdien for drikkevand og grundvand på 0,1 µg/l. Denne tabel kan ikke sammenlignes med tabel 10, idet tabel 11 (denne) bygger på **antal analyser** i modsætning til tabel 10, der bygger på **antal boringer**.

Figur 33 viser antallet af boringer med analyser mærket "BK" (BK = boringskontrol) i datasættet "Andre Boringer" opgjort pr. år, altså almene vandboringer, der kan være lukket pga. pesticidforurening. Da boringerne er mærket "BK" af laboratorierne, vil hovedparten af boringerne fra sidste dekade formodentlig være nedlagte vandværksboringer.

Det formodes, at boringer med fund over grænseværdien for drikkevand ikke længere er aktive boringer på grund af overskridelserne, mens boringer med fund under grænseværdien kan være udgået af andre årsager fx nitratindhold, tekniske problemer eller fund af andre organiske stoffer. Den enkelte boring er kun talt med første gang, der optræder et pesticidfund i boringen, også selv om boringerne oftest er analyseret flere gange.

Antallet af boringer med fund over grænseværdien er generelt faldet fra 2000, men dette kan skyldes, at kvantiteten af rapporterede indvindingsmængder for vandværkerne er dalende, eller andre årsager. Der blev formodentlig lukket mindst 100-150 vandværksboringer pr. år i perioden frem til 2001 pga. pesticider, hvorefter antallet er faldet til under 20 i 2007 og 2008. se figur 33.

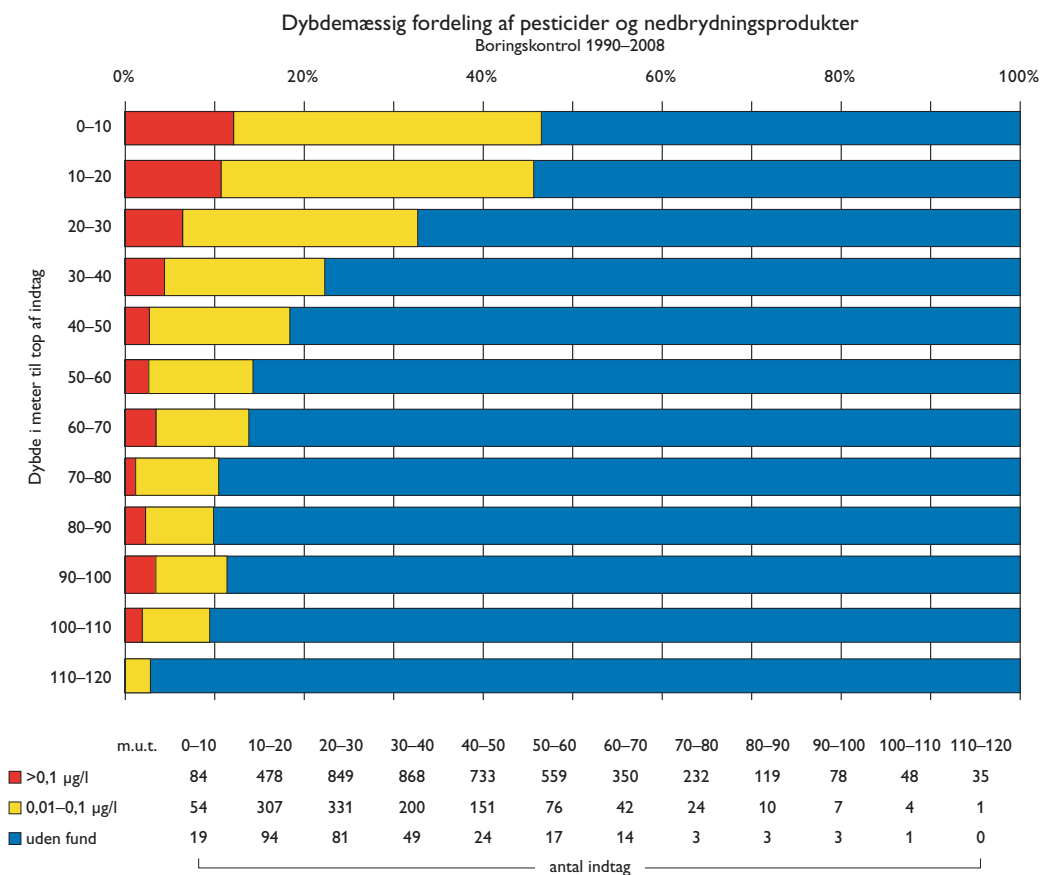
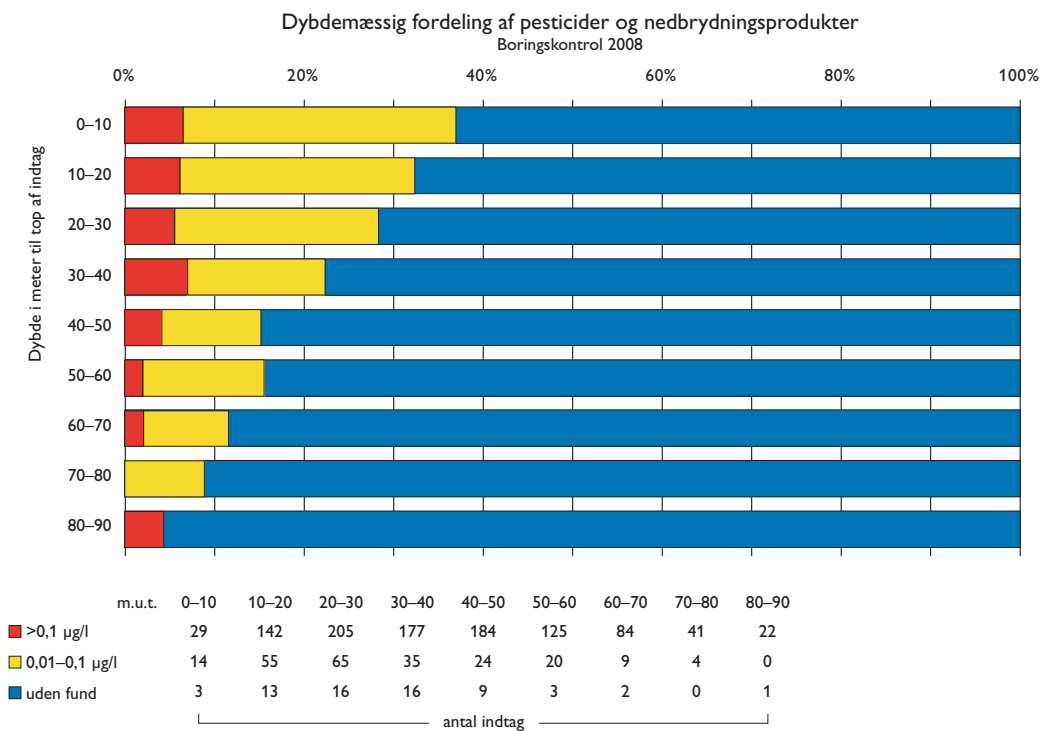


Figur 33. Andre Boringer: Antal boringer mærket "boringskontrol" på ananalysecertifikatet med pesticidfund i datasættet "Andre Analyser". En boring er talt med første gang den optræder i datasættet og boringen er medtaget med den maksimale pesticidkoncentration på enkeltstof niveau. En boring er således kun medtaget een gang.

Vandværkernes indvindingsdybde og risikoen for pesticider

For indtag med BAM-fund gælder, at hovedparten af BAM-fundene med høje koncentrationer stammer fra grundvand i intervallet 0 – 50 m.u.t., men der kan dog findes BAM i meget dybtliggende grundvandsmagasiner. En række af de rapporterede fund kan skyldes, at moderstoffet, Dichlobenil, blev anvendt nær de påvirkede boringer og, at der ved indvinding af grundvand er trukket BAM forurenede ungt højtliggende grundvand ned langs forerørene. Da der er tale om indvindingsboringer, vil der ske en opblanding af gammelt og yngre grundvand i indvindingsboringerens indtag. En anden årsag kan være meget store mægtigheder af umættet zone. Figur 34 viser, at andelen af fund af pesticider falder med dybden til toppen af boringerens vandindtag målt i forhold til terræn. Det fremgår, at der i 2008 blev fundet pesticider i 30 til 40 % af de aktive drikkevandsboringer, der indvandt grundvand fra intervallet 0 til 30 meter under terræn. Andelen af boringer, der overskred grænseværdien for drikkevand, var ca. 5 til 7 %.

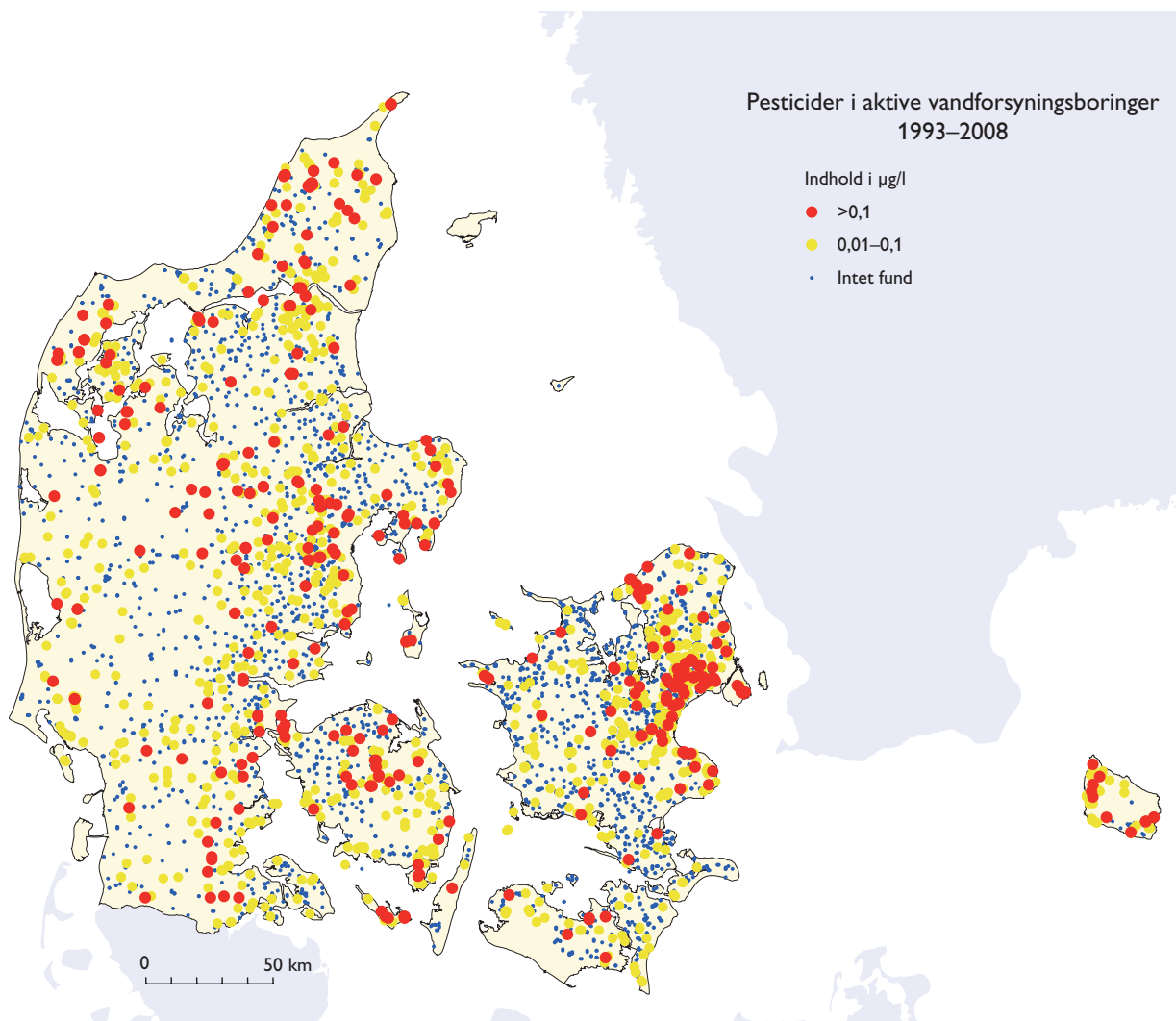
Det er problematisk, at grundvandsovervågningen viser en tilsvarende eller værre forurening i det højtliggende grundvand. Dette betyder, at der muligvis kan komme et tidspunkt, hvor særligt de små vandværker ikke fortsat kan lukke boringer for at løse aktuelle forureningsproblemer, da det kan blive svært at finde uforurenede boringsplaceringer inden for en rimelig afstand af det eksisterende vandværk, hvilket også ses i disse år hvor mange både små og store vandværker lukkes eller lægges sammen.



Figur 34 Pesticider i vandværkernes boringskontrol, som funktion af dybden til overkant indtag for hele perioden 1990 til 2008 og fra 2008. Kun indtag med oplysninger om dybde er medtaget.

Geografisk fordeling af fund af pesticider og nedbrydningsprodukter

Figur 35 viser fordelingen på landsplan af indvindingsboringer med fund af pesticider og nedbrydningsprodukter. Der foreligger ikke oplysninger om koordinater for alle boringer med fund, og kortet viser derfor ikke alle analyserede boringer.



Figur 35. Pesticider og nedbrydningsprodukter ved vandværkernes boringskontrol af aktive indvindingsboringer for boringer analyseret til og med 2008. Der er vist boringer uden fund, boringer med fund af pesticider mellem 0,01 og 0,1 µg/l samt boringer med fund af pesticider i koncentrationer, der overstiger grænseværdien for drikkevand på 0,1 µg/l. Det er søgt kun at vise aktive indvindingsboringer. Boringer er medtaget, såfremt der en eller flere gange er fundet pesticider eller nedbrydningsprodukter i dem. Den enkelte boring indeholder derfor ikke nødvendigvis pesticider i dag.

Kortet viser, at der stadig findes mange pesticider og nedbrydningsprodukter ved de større byer (fortrinsvis BAM + moderstof), men også at der tilsyneladende er en overrepræsentation af fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i lerede områder, hvor der også findes den største befolkningstæthed. Der er ret få fund af pesticider og nedbrydningsprodukter på de sandede jyske hedesletter, hvor vandværkerne generelt indvinder grundvand fra større dybder end i resten af landet pga. nitrat i det øverste grundvand. En medvirkende årsag kan være, at der er færre større vandindvindingsanlæg pga. lav befolkningstæthed.

Andre analyseprogrammer fra små vandværker (Brüsch, 2007, Brüsch og Rosenberg 2008) viser dog, at det højtliggende grundvand under sandede arealer også er stærkt præget af pesticider og nedbrydningsprodukter. En skarp grænse ses på Lolland til et område, hvor der ikke er gennemført analyser eller fundet pesticider på den sydligste del af øen. Dette skyldes, at det netop i dette område kan være umuligt at finde større grundvandsmagasiner, og der derfor ikke findes vandværksboringer i området.

Da pesticider og nedbrydningsprodukter ofte forekommer i pulser i grundvandsmagasinerne, vil nogle af de viste boringer **ikke** indeholde pesticider eller nedbrydningsprodukter i dag.

Pesticider fundet ved forskellige typer af overvågninger af grundvandet

Tabel 12 viser, hvilke stoffer der er fundet hyppigst i henholdsvis grundvandsovervågningen, ved vandværkernes kontrol af aktive indvindingsboringer og i gruppen "Andre Boringer", der dels omfatter nedlagte vandværksboringer, små private vandforsyningsanlæg, der oftest forsyner enkeltliggende husstande i det åbne land, samt andre boringer.

BAM findes hyppigst i alle typer undersøgelser af dansk grundvand, men også triazinerne og de tilhørende nedbrydningsprodukter forekommer hyppigt (fx atrazin, DEIA, simazin, hexazinon). Bemærk nedbrydningsprodukterne diketo- og desam-diketo metribuzin fra pesticidet metribuzin (aktivstoffet i tidligere anvendte kartoffelmidler) findes af grundvandsovervågningen, men ikke optræder på listen for vandværkerne. Da nedbrydningsprodukterne først for nyligt er medtaget i grundvandsovervågningsprogrammet, er vandværkerne ikke begyndt at analysere herfor, og det må imødeses, at stofferne vil blive fundet i indvindingsboringer, der indvinder vand i områder, hvor moderstoffet er anvendt.

Det mest anvendte pesticid i Danmark, glyphosat og dets nedbrydningsprodukt AMPA begynder at forekomme hyppigere i dansk grundvand, og stoffet er nu det tredje hyppigst fundne stof i de aktive vandværksboringer, hvor det er fundet i små 3 % af de vandværksboringer, der er analyseret for stoffet, mens nedbrydningsproduktet AMPA er fundet i 1,5 % af boringerne.

Brüsch og Rosenberg, 2008 har vist, at glyphosat særligt forekommer i højtliggende grundvand, og at glyphosat og AMPA formodentlig tilbageholdes, før stofferne når de mest betydningsfulde dybtliggende grundvandsmagasiner. De høje fundandele for glyphosat og AMPA i gruppen "Andre Boringer" stammer fra en undersøgelse af små private vandforsyningsanlæg, hvor stoffet blev fundet hyppigt i drikkevandsanlæg, der indvandt grundvand fra højtliggende grundvand i lerede områder.

Grundvandsovervågning			Boringskontrol			Andre Boringer		
Stof	Fund %	>gr %	stof	Fund %	>gr %	stof	Fund %	>gr %
BAM	21,6	8,7	BAM	19,2	4,3	BAM	31,7	15,9
DEIA	14,8	4,3	4-Nitrophenol	3,7		2CPP	17,0	3,5
Atrazin, deisopropyl-	10,7	1,8	Glyphosat	2,8	0,4	2-(2,6-dich.ph)props	12,0	4,4
4-Nitrophenol	9,9	0,6	DEIA	2,6		4-Nitrophenol	11,9	7,8
Atrazin, deethyl-	8,1	1,5	Simazin, hydroxy-	2,3	0,6	DEIA	9,2	1,7
Bentazon	6,3	1,8	4CPP	2,3	0,4	Atrazin, deethyl-	7,7	1,9
Atrazin	6,3	1,5	Mechlorprop	2,3	0,2	Atrazin, deisopropyl-	7,6	1,6
Dichlorprop	5,8	1,7	Bentazon	2,2	0,3	Atrazin	7,0	2,0
Trichloreddikesyre	5,3	1,5	Atrazin	2,0	0,2	4CPP	6,9	4,8
Glyphosat	4,9	0,7	Atrazin, deethyl-	1,9	0,1	2,6-DCPP	6,6	1,4
Mechlorprop	4,6	1,1	Dichlorprop	1,9	0,2	AMPA	5,9	2,0
Metribuzin, desam-diketo-	4,3	1,7	Atrazin, deisopropyl-	1,7	0,1	Simazin	5,1	0,8
Simazin	3,5	0,6	AMPA	1,5	0,6	Glyphosat	4,7	1,0
AMPA	3,1	0,8	Hexazinon	1,3	0,1	deethylterbutylazin	4,2	0,8
4CPP	2,7	0,7	Simazin	1,3	0,0	Mechlorprop	4,2	1,8
MCPA	2,6	0,4	Dichlobenil	0,8	0,1	Dichlorprop	4,2	1,8
Didealk.-hydr.atrazin	2,5	1,0	2,6-DCPP	0,8	0,2	Bentazon	3,8	1,2
Metribuzin-diketo-	2,4	1,1	Atrazin, hydroxy-	0,7	0,1	Trichloreddikesyre	3,4	0,9
Ethylentiurea	2,3	0,3	MCPA	0,7	0,1	Ethylentiurea	2,7	0,8
Atrazin, hydroxy-	2,2	0,1	deethylterbutylazin	0,6	0,1	Dichlobenil	2,4	0,3

Tabel 12. De 20 hyppigst fundne stoffer i Grundvandsovervågningen(1990 – 2008), aktive vandværksboringer (1992 – 2008) og i ”Andre boringer” (1990 – 2008), der omfatter nedlagte vandværksboringer, vandværkernes egne overvågningsboringer og andre analyser fra fx små private vandforsyninger. **Der er kun medtaget stoffer, der er analyseret i mere end 200 boringer.** Se også bilag 6-8 med oplysninger om antal analyser, antal boringer og koncentrationsintervaller. I opgørelsen for Andre Boringer er parathion udeladt. Stoffet er analyseret i 287 boringer og fundet i så høje koncentrationer i 75 boringer, at dette kan skyldes fejl ved indberetningen.

Referencer

Dansk lovgivning, vejledninger mv

Miljøministeriet 2007 Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. – Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 1449 11. cember 2007 (Drikkevandsbekendtgørelsen)

Miljøstyrelsen, 2008: Bekæmpelsesmiddelstatistik 2007, Orientering fra Miljøstyrelsen, 4, 2008

Miljøstyrelsen, 2009: Redegørelse om jordforurening 2007. Redegørelser fra Miljøstyrelsen nr. 1, 2009.

EU- driektiver og guidance

Europaparlamentets og Rådets direktiv nr. 98/83/EF om kvaliteten af vand til drikkevand. (Drikkevandsdirektivet)

EU, 2000: Europaparlamentets og Rådets Direktiv 2000/60/EF af 23. oktober 2000 om fastsættelse af en ramme for fællesskabets vandpolitiske foranstaltninger. EFT L 327 af 22.12.2000. p. 1-72 og 10 bilag. (Vandrammedirektivet)

EU, 2006: Europaparlamentets og Rådets Direktiv 2006/118/EF af 12. december 2006 om beskyttelse af grundvandet mod forurening og forringelser. EFT L 327 af 22.12.2000. p. 1-72 og 10 bilag. (grundvandsdirektivet)

Andre referencer

GEUS, 2004: Forurenede drikkevand i små vandforsyningsanlæg. GEUS rapport 2004/9.

Brüsch W., 2007: Almene vandværkers boringskontrol af pesticider og nedbrydningsprodukter. State of the art for forekomst af pesticider i dansk og udenlandsk grundvand. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen, 26, 2007.
<http://www.mst.dk/Udgivelser/Publikationer/2007/09/978-87-7052-570-1.htm>

Brüsch W. og Rosenberg P. 2008. Fund af glyphosat og AMPA i drikkevand fra små vandforsyningsanlæg i Storstrøms Amt. Miljøstyrelsen, Miljøprojekt nr. 1163, 2008.

Links: <http://pesticidvarsling.dk/>

8 Vandindvinding

I Danmark anvendes den største andel af de oppumpede vandmængder til almen drikkevandsforsyning, men der bruges også betragtelige andele til markvanding, lokale vandforsyninger til bl.a. industri, institutioner, gartneri og dambrug samt til enkelt-vandforsyninger.

I henhold til Vandforsyningsloven skal alle indvindinger indberettes til kommunerne, der kontrollerer og indlæser data til den fællesoffentlige database JUPITER. Indvindinger opgøres for hvert kalenderår og indberetningen til kommunalbestyrelsen skal foretages inden den 1. februar det følgende år. Kommunalbestyrelsen skal inden 1. april indberette data til Jupiter-databasen via deres fagsystemer. På denne måde bliver de oppumpede vandmængder til aktive data i Jupiter-databasen.

Drikkevandsforsyningen i Danmark er bygget op omkring en decentral struktur med 2.622 almene vandforsyninger, hvoraf 158 indtil 1. jan 2010 har været kommunalt ejede, (DANVA, 2006). Derudover findes der en række lokale vandforsyninger til institutioner og enkelt-vandforsyninger, som hver forsyner 1-9 til husstande.

Relevans

Vandindvinding til drikkevandsforsyning i Danmark baseres i langt overvejende grad på oppumpning af grundvand. Med det stigende fokus, der er på klimaets betydning for den fremtidige vandindvinding, er det af hensyn til forsyningssikkerhed og miljøpåvirkninger væsentligt, at man kender mængden og udviklingen af de årlige vandmængder, der oppumpes. Det skyldes, at grundvandet indgår som en vigtig del af vandets kredsløb. Når nedbørsmængden ændres som følge af klimaændringer, ændrer den mængde grundvand, der er rådighed til indvinding også, ligesom vandføring i vandløb, vandstanden i moser og søer mv. påvirkes.

Målsætning

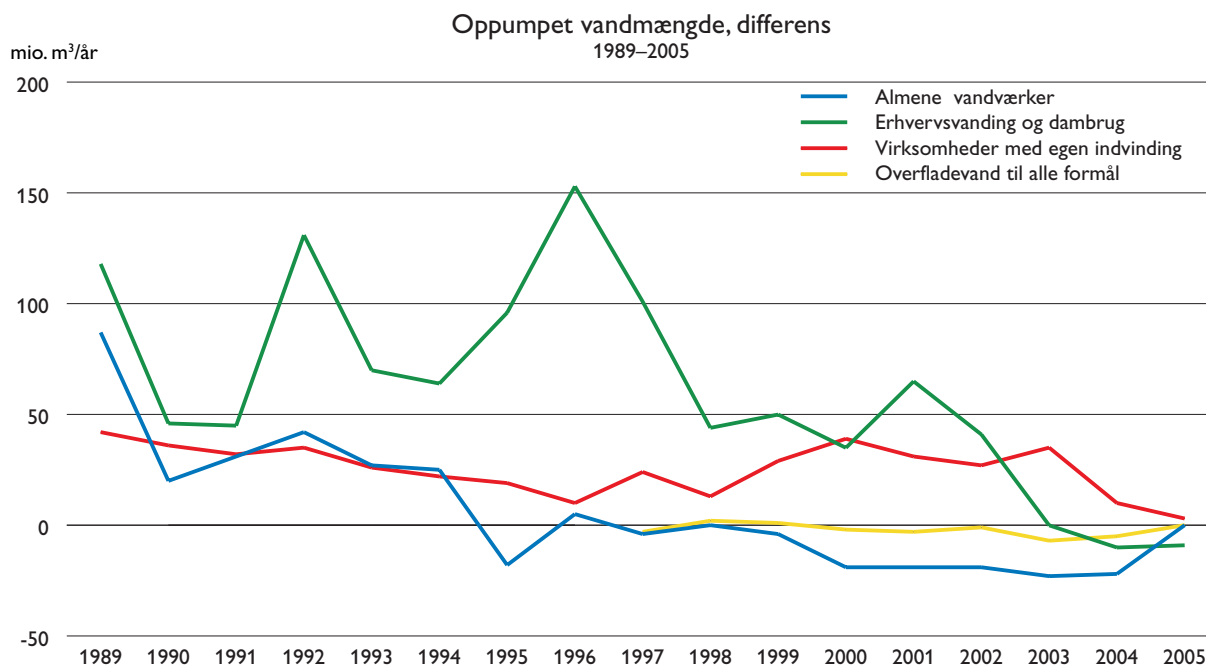
I Miljømålsloven er det en generel målsætning, at der kun må indvindes så meget vand, at påvirkningerne af overfladevand og grundvandsafhængige økosystemer i vådområder mv. ikke er større end at miljømålsætningerne kan opfyldes (MST, 2006). Det er derfor nødvendigt at kunne dokumentere ændringer i den oppumpede grundvands- og overfladevands-mængde på såvel lokal, regional og national skala. I Vandplanerne er indvindingens miljømæssige påvirkning vurderet for hvert hovedopland. (BLST, 2010)

Datagrundlag

Til denne rapport er der den 10. juli 2009 lavet udtræk af indvindingsdata for grundvand og overfladevand. Udtrækket omfatter data for de vandmængder, kommunerne (indtil 2006 amterne) har indberettet til Jupiter for perioden 1989 frem til og med 2008.

I perioden 1989 til 2005 blev de oppumpede vandmængder beskrevet på baggrund af de indberetninger, som GEUS hvert år modtog fra amterne om de indvundne vandmængder. Opgørelserne blev herefter sammenlignet med de tal, som amterne opgjorde til den regionale af-rapportering af grundvandsovervågningen. Ofte manglede der indberetninger fra enkeltindvindere, grundvandssænkninger mm. Amterne foretog derfor et skøn for, hvor store vandmængder, der var indvundet ud over de indberettede vandmængder. GEUS' strategi var frem til 2005, at hvis indvindingerne var større i amtsrapporterne end i udtrækket fra JUPITER, så blev indvindingerne opjusteret i henhold til amternes rapporter.

I forbindelse med strukturreformen er tilsynsmyndigheden for indvinding af grundvand overgået fra amterne til 98 nye kommuner, og det er derfor ikke længere muligt at lave en korrektion på baggrund af decentrale afrapporteringer, da sådanne ikke længere udarbejdes. Fra 2006 og fremefter er det valgt at basere opgørelserne på de indberettede vandmængder, der er i Jupiter databasen, således at der i fremtidige rapporter er overensstemmelse mellem databasen og de rapporterede opgørelser.



Figur 36. Forskellen mellem tidligere opgørelser korrigeret på baggrund af amtslige afrapportering og data udtrukket fra Jupiter databasen for den tilsvarende periode pr. juli 2009. Bemærk, negative værdier betyder, at der er kommet flere ”gamle” data til efter strukturreformen, idet nogle kommuner har samlet op på tidligere mangler i data. Positive værdier viser skønnede vandmængder.

Figur 36 viser, at forskellen mellem opgørelser fra tidligere GRUMO-rapporter for oppumpede vandmængder og dataudtræk fra Jupiter databasen i juli 2009 varierer meget fra år til år. De største udsving ses på erhvervs vand og dambrug og beror særligt på, at markvandingen for en meget stor andel ikke er blevet indberettet til Jupiter. De skønnede indvindinger til markvanding kunne således udgøre omkring 50 % af de rapporterede værdier. Korrektionerne var størst i 1989, 1992 og 1996, hvor der blev korrigeret med helt op til 150 mio. m³. Korrektionen for kategorien Almene Vandværker var meget stor i 1989, men har været støt faldende siden. Fra 1997 og frem er opgørelserne fra nærværende rapporters dataudtræk større end de amtslige opgørelser (negative værdier på figur 36), helt op til ca. 18-20 mio. m³ mellem 2000 og 2004. Det skyldes formentlig, at der i forbindelse med datavasken (iværksat op til kommunalreformen for datavask og dataredning for borings- og drikkevandsdata) blev indlæst yderligere data til Jupiter, som ikke tidligere var blevet registreret. Virksomheder med egen indvinding er gennem perioden korrigeret med mellem 3 og 40 mio. m³, mens overfladevand er korrigeret med mellem 3 og 7 mio. m³.

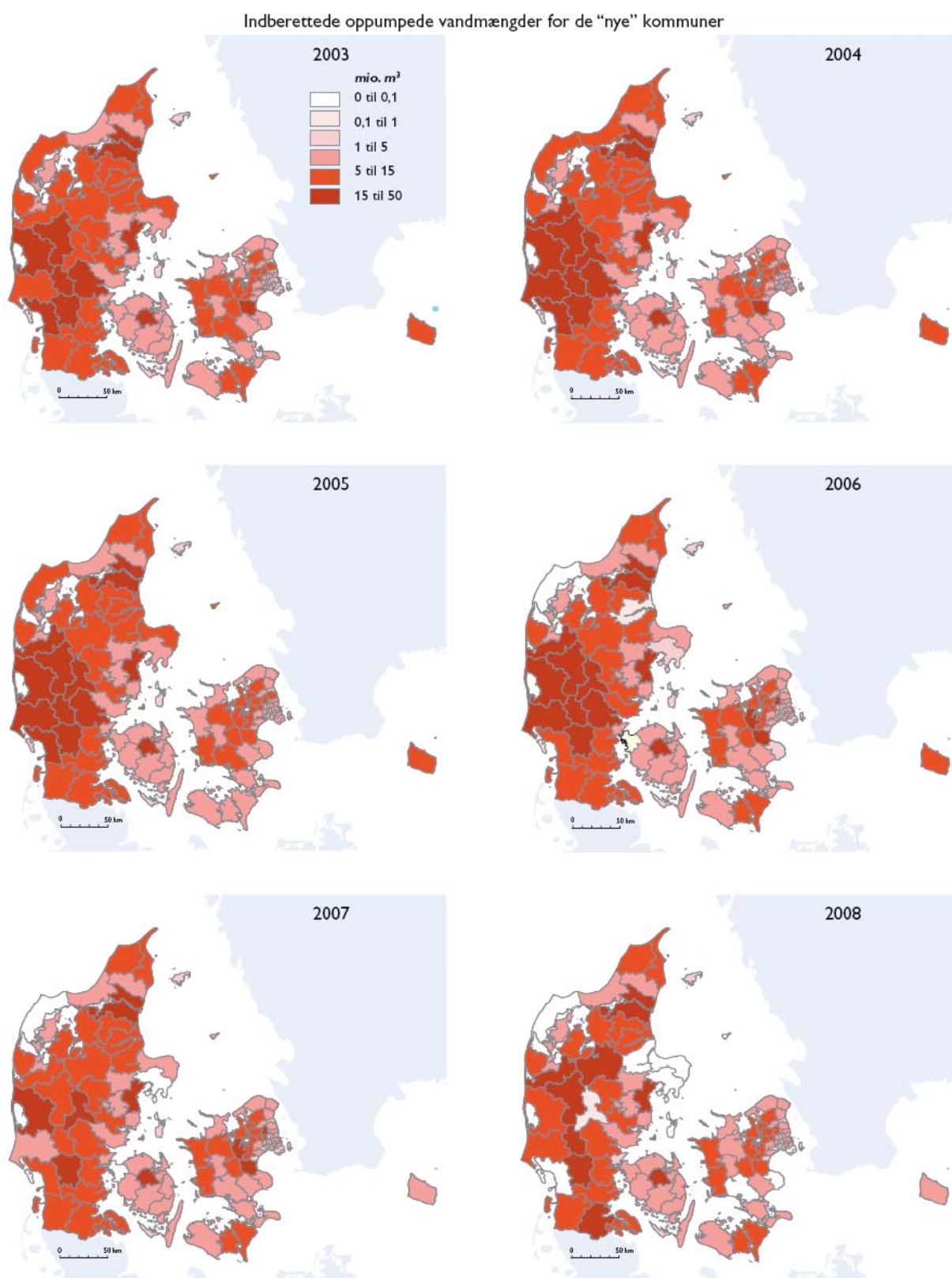
De amtslige opgørelser har uden tvivl været behæftet med stor inkonsistens, da opgørelsernes rigtighed i høj grad har været forbundet med det lokale kendskab, som medarbejderne har haft i amtet og/eller, hvor opmærksomt amtet som myndighed har fortolket betingelserne i tilfældelserne. Det vurderes derfor, at de korrigerede opgørelser er behæftet med en betydelig sagsbehandlereffekt, der varierer over tid og fra amt til amt.

Den generelle tendens for alle kategorier er, at forskellen mellem de amtslige opgørelser og de opgørelser, der udelukkende baseres på Jupiter-data, aftager, og at der særligt i 2004 og 2005 ikke er særlig stor forskel på opgørelserne. Det vurderes, at den aftagende forskel i opgørelserne primært skyldes, at der i den sidste periode er korrigeret mindre eller slet ikke i flere af amterne således, at summen af korrektionen er blevet mindre på landsplan.

Fremover baseres opgørelsen af de oppumpede vandmængder derfor udelukkende på data fra Jupiter. Herved sikrer man større konsistens i data i diverse afrapporteringer, herunder bl.a. i forbindelse med indberetninger til andre danske og internationale institutioner. Konsekvensen bliver, at fremtidige tidsserier for de oppumpede vandmængder fra 1989 til 2005 ikke er helt identiske med de tidligere viste tidsserier i ældre GRUMO-rapporter. For fremtidige data gælder det også, at der vil forekomme mindre afvigelser fra år til år pga. for sen indberetning og/eller rettelser i databasen, idet den seneste rapport vil indeholde tidsserier med opdaterede data for alle år. GEUS arbejder på fremover at kunne beskrive de faktiske ændringer i databasen fra år til år.

Manglende indberetning i forbindelse med strukturreformen

Figur 37 viser, at der ligesom sidste år er flere kommuner, som ikke har indberettet til Jupiter. For at illustrere den manglende indberetning er der lavet 6 nationale kort, som viser størrelsen af indberetningen for de nye kommuner. Mørkerød farve angiver stor indvinding, mens hvid farve angiver, at der ikke er indberettet data i den pågældende kommune. For 2003, 2004 og 2005 er det tydeligt, at der er en konstant indberetning fra alle kommuner. For 2006 har 5 kommuner ikke indberettet data, mens der er yderligere to kommuner, som blot har indberettet ca. 100.000 m³. De foregående år indberettede de 7 kommuner tilsammen omkring 10 mio. m³. For 2007 har 8 kommuner ikke indberettet data, og disse 8 kommuner har i de foregående år indberettet mellem 20 og 25 mio. m³. For 2008 har 17 kommuner ikke indberettet data, og yderligere 1 kommune har indberettet blot ca. 100.000 m³. Indberetninger på 100.000 m³ eller mindre er vurderet som udtryk for mangelfuld indberetning. Det vurderes, at indberetningerne fra 2006 er tilstrækkelig komplette til at vurdere udviklingen af de oppumpede vandmængder. For 2007 og 2008 har de manglende indberetninger en størrelse, der kan være udslagsgivende for udviklingen. Det vurderes derfor, at det endnu ikke er muligt at vurdere udviklingen af de oppumpede vandmængder for 2007 og 2008.

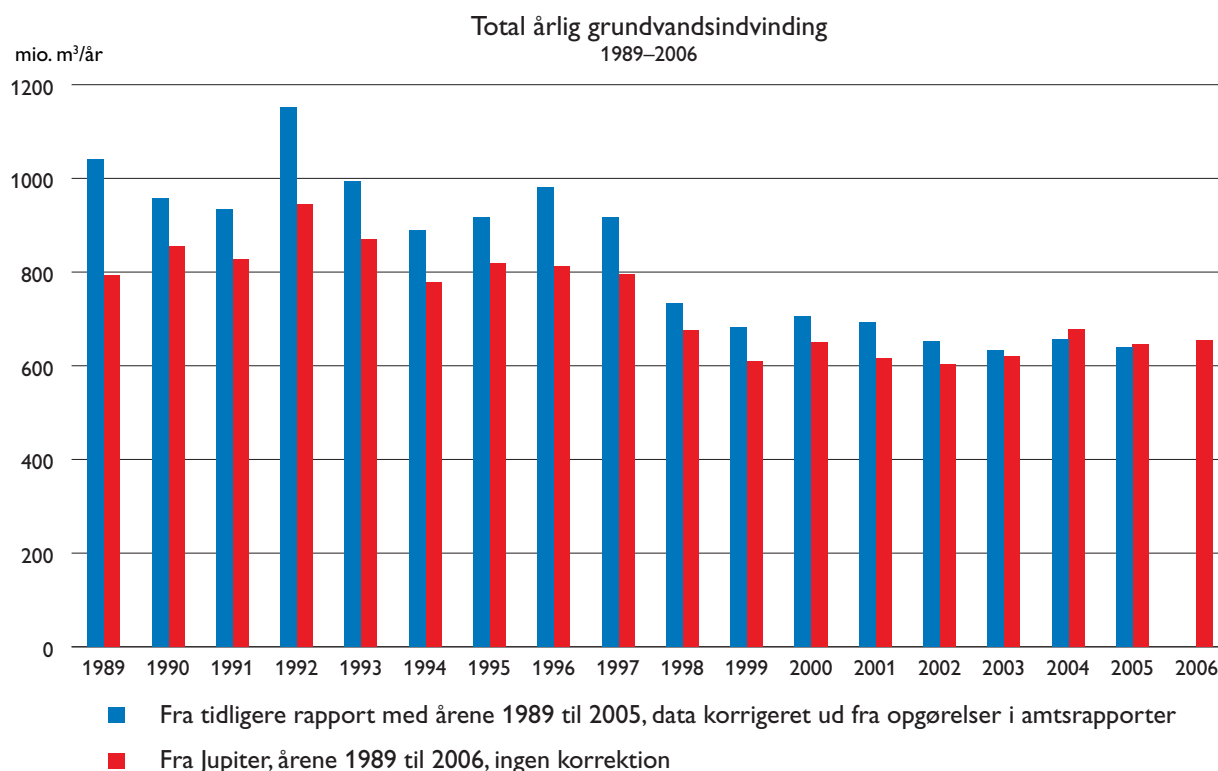


Figur 37. Oppumpede vandmængder i mio. m³ tematiseret for de nye kommuner for årene 2003 til 2008 på baggrund af de samlede indberetninger pr. 10. juli 2009.

Den totale årlige grundvandsindvinding i Danmark

Figur 38 viser de totale oppumpede vandmængder for perioden 1989 til 2006. De røde søjler viser de data, som ligger i JUPITER (dvs. uden korrektioner), mens de blå søjler angiver den totale oppumpning med amternes korrektioner, som angivet i tidligere rapporter. Indtil 2002 er der markante korrektioner, størst i 1989 og 1992 – med helt op til ca. 250 mio. m³, jævnfør også figur 36.

Den samlede indvinding har et relativt stabilt niveau på mellem 600 - 700 mio. m³ pr. år efter en periode med et fald på omkring 37 % over de seneste ca. 15 år. Den lille forskel på opgørelserne i 2005 skyldes for sen indberetning i størrelsesordenen ca. 6 mio. m³.



Figur 38. De blå søjler viser den samlede grundvandsindvinding i Danmark (mio. m³/år) baseret på indberetninger til GEUS inkl. korrektioner fra amternes overvågningsrapporter for perioden 1989-2004. De røde søjler viser opgørelser uden korrektion – udelukkende beregnet på baggrund af elektroniske indberetning til GEUS. I 2005 er begge tidsserier udelukkende baseret på den elektroniske indberetning.

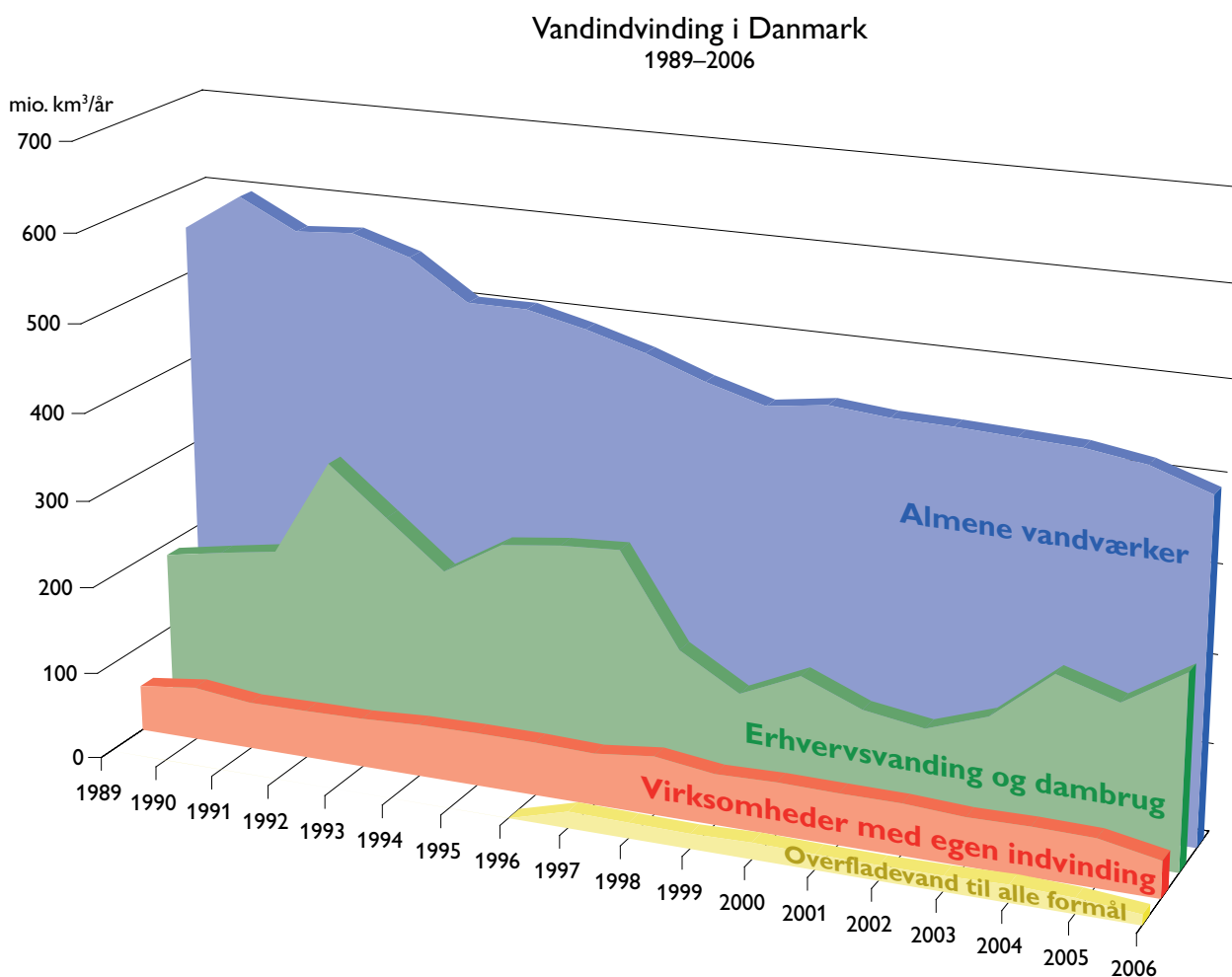
Tilstand, udvikling og årsager

Figur 39 viser vandindvindingen for hele landet fordelt på fire hovedkategorier frem til år 2006. Kategorierne er:

- Almene vandværker: offentlige og private enkeltanlæg
- Erhvervsvanding og dambrug: markvanding, gartneri og dambrug
- Virksomheder med egen indvinding: erhverv, industri, institutioner, afværgepumpninger, grundvandssænkninger, enkelt-indvindinger til husholdninger og anden grundvandsindvinding
- Overfladevand til alle formål

Den totale grundvandsindvinding i 2006 er opgjort til 653 mio. m³, og indvindingen af overfladevand på 12 mio. m³. Indvinding af grundvand til markvanding, gartneri og dambrug tegner sig for 221 mio. m³, 34 % af den samlede grundvandsindvinding i 2006, og indeholder en stigning på 43 mio. m³ i forhold til 2005. Flere varme og meget tørre perioder i forår og somre i de senere år er sandsynligvis en betydende årsag til den stigende tendens i markvandingen.

Indvindingen fra vandværker, den almene vandforsyning, viser et fald fra 413 mio. m³ til 390 mio. m³ og udgør lidt over halvdelen af den samlede indvinding. Vandforbruget for virksomheder med egen indvinding er faldet fra 55 til 41 mio. m³, og indvindingen af overfladevand er faldet fra 18 til 12 mio. m³.



Figur 39. Vandindvindingen i Danmark (mio. m³/år) fordelt på indvindingskategorier for indberetninger til GEUS opgørelsen er udelukkende baseret på data i JUPITER. Der er ingen opgørelse af indvinding af overfladevand før 1997. Figur 32 i sidste års GRUMO-rapport er identisk med figur 40 frem til år 2005, korrigeret med de amtslige opgørelser.

De tre nævnte kategorier (Almene vandværker, Virksomheder med egen indvinding og Overfladevand til alle formål) falder tilsammen 43 mio. m³ i forhold til 2005. Faldet inden for de tre kategorier vurderes at ligge inden for de udsving man kan forvente fra år til år pga. variationer i klima og forbrug. Hvorvidt, der er tale om en reel faldende tendens i forbruget i de tre kategorier, er vanskeligt at vurdere på det nuværende datagrundlag. Faldet modsvares af stigningen i

markvanding, og netto er den samlede oppumpning på landsplan stabil med kun 7 mio. m³ større oppumpning i 2006 i forhold til 2005.

De oppumpede vandmængder er en vigtig parameter i den nationale vandbalanceopgørelse. For at muliggøre en optimal vurdering af presset på den tilgængelige vandressource anbefaler GEUS, at kommunerne fortsat følger op på, at de oppumpede vandmængder i videst mulig omfang indberettes til den fælles offentlige database JUPITER til den fastsatte tidsfrist, som er 1. april det efterfølgende år, jf. Drikkevandsbekendtgørelsen (MST, 2007)

Referencer

BLST, 2010. Vandplaner, høringsversion. <http://www.blst.dk/Hoering/vandognaturplaner.htm>

Miljøministeriet, 2008: Lovbekendtgørelse nr. 1026 af 20. september 2008 om lov om vandforsyning mv. - Vandforsyningsloven

Miljøstyrelsen, 2007: Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg, BEK nr. 1449 af 11/12/2007 – Drikkevandsbekendtgørelsen

DANVA, 2006: Vand i tal. Benchmarking og vandstatistik 2006

9 Det Nationale Pejleprogram

I 2007 blev der etableret et nationalt pejleprogram med det formål at overvåge grundvandets kvantitative tilstand, og samtidig påvise ændringer i grundvandsstanden forårsaget af evt. klimaændringer eller ændringer i vandindvindingen. Ændringer i grundvandsstanden observeres ud fra et landsdækkende pejlestationsnet, som regelmæssigt fx dagligt via en datalogger registrerer grundvandsstanden. Variationer i grundvandsspejlet kan skyldes flere faktorer. Ændringer i nedbøren over kort eller længere tid, men også ændringer i indvindingsstrukturen på lokal eller regional skala kan have stor indflydelse på grundvandspotentialet.

Pejletidsserier afspejler generelt fire hydrogeologiske situationer:

- Terrænnære grundvandsmagasiner med hurtig og markant respons på nedbørsbegivenheder.
- Dybere magasiner med en afdæmpet eller begrænset respons på årstidsvariationer i nedbørsfordelingen
- Vandindvindingsstrategi for en evt. nærliggende kildeplads
- Sæsonbetingede oppumpninger pga. f.eks. markvanding, som er særlig udpræget i Vestjylland.

Relevans

Indikatoren beskriver udviklingen i grundvandsressourcens størrelse. Ændringer i ressourcens størrelse har afgørende betydning for mængden af grundvand, der kan indvindes til drikkevandsforsyning og for den økologiske og kemiske tilstand i vådområder, vandløb og søer.

Målsætning

Miljømålsloven (MST, 2006) fastsætter den generelle målsætning, at befolkningen til enhver tid skal sikres den nødvendige forsyning af drikkevand med god kvalitet, og at den økologiske tilstand i overfladevands- og vådområder skal bevares eller forbedres. Målsætningen og tilstanden for de enkelte grundvandsforekomster fremgår af vandplanerne (BLST, 2010)

Datagrundlag

Data fra enkeltpejlinger

Ved at måle afstanden fra terræn og ned til grundvandsspejlet fastlægges trykniveauet i det pågældende magasin ud for det filtersatte niveau. Enkeltpejlinger foretages typisk 2-4 gange årligt og giver alene et øjebliksbillede af trykniveauet også kaldet grundvandspotentialet. Foregår der en indvinding nær boringen inden for samme tidsrum, hvor boringen pejles, kan det give et misvisende billede af grundvandspotentialet i magasinet. Derfor er det vigtigt med flere enkeltpejlinger inden for samme år, så både ovennævnte effekt fra indvinding, men også effekter fra kraftige nedbørsbegivenheder kan elimineres.

Data fra pejleloggere

Potentialeforholdene i grundvandsmagasiner varierer en del over tid som følge af variationer i klimatiske forhold og oppumpning, og potentialeforholdene er derfor en dynamisk parameter. Hvis der er god hydraulisk kontakt fra overfladen og ned til et grundvandsmagasin, vil magasinet reagere hurtigt på en nedbørsbegivenhed. Det modsatte vil gælde for fx et dybere magasin, hvor strømningsvejen er lang og kontakten dermed dårligere.

I mange grundvandsmagasiner giver årstidsvariationer i nedbørsoverskudet (nettonedbøren) og ændringer i det atmosfæriske lufttryk (barometereffekter) væsentlige udsving i potentialet. Ved at opsætte pejleloggere kan man registrere både store og små udsving i potentialet inden for kortere tidsperioder på f.eks. 1 måned og her observere, hvor hurtigt et magasin reagerer på f.eks. en større nedbørsbegivenhed, og således få et overblik over den indbyrdes hydrauliske kontakt mellem flere magasiner.

De statslige miljøcentre overtog i forbindelse med kommunalreformen i 2007 ansvaret for Det Nationale Pejlenets pejleboringer, som tidligere blev drevet af amterne. Stationsnettet bygger på tidligere pejleboringer fra amterne, og er suppleret med nyetablerede boringer samt ældre pejleboringer fra GEUS fra ældre statslige pejleprogrammer. Pga. reformen i 2007 ses der i flere pejle-tidsserier "huller", som skyldes manglende indberetning af data, da opgaven overgik til anden myndighed. De fleste tidsserier går tilbage til 1980'erne, hvor amterne etablerede flere pejlestationer i forbindelse med grundvandsovervågningen. Enkelte tidsserier går dog helt tilbage til 1950'erne og endnu tidligere, hvor GEUS etablerede de første pejlestationer.

Næsten alle pejleboringer i det Nationale pejleprogram er udstyret med dataloggere, som dagligt registrerer grundvandsstanden i de enkelte indtag. Tidligere var boringerne ikke udstyret med dataloggere, og derfor ses der i de ældre tidsserier alene enkeltpejlinger med typisk 2-4 årlige pejlinger. Flere steder blev dataloggerne også taget ud af drift og erstattet med enkeltpejlinger i forbindelse med kommunalreformen, så der kun er enkeltpejlinger i 2005-2007.

Tabel 13 viser, fordelt på Miljøcentre, hvor mange pejlestationer, der knytter sig til de forskellige typer af grundvandsforekomster, således som de er fastlagt i forbindelse med vandplanerne. Grundvandsforekomsterne er inddelt i terrænnære, regionale og dybe, med udgangspunkt i den forventede kontakt til overfladevand. Der indgår i 2009 i alt 125 pejlestationer/boringer med tilhørende 152 indtag i det nationale pejlenet, idet flere boringer har mere end et indtag pr. pejlestation jf. tabel 13.

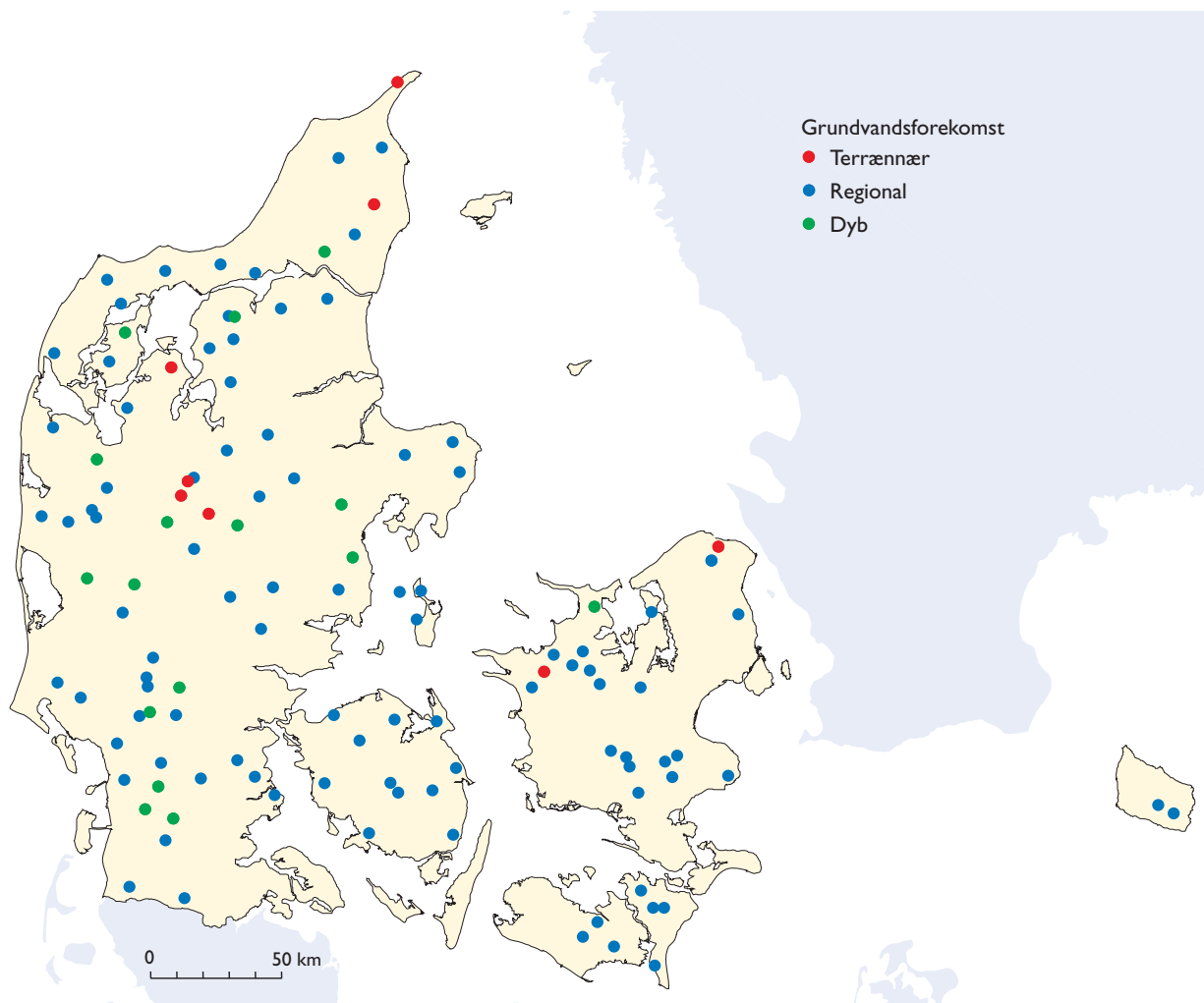
Figur 40 viser den geografiske fordeling af pejleboringer, fordelt på grundvandsforekomsttype. Kortet kan dog ikke vise mere end en forekomsttype pr. lokalitet. Det fremgår af kortet, at der kun er en meget begrænset dækning med pejleboringer i de terrænnære grundvandsforekomster, hvor påvirkningerne typisk har størst virkning. Dette skyldes, at nettet oprindeligt var rettet mod drikkevandsinteresser i de regionale magasiner. Der forventes i de kommende år en udbygning af pejlenettet, med flere terrænnære boringer.

Miljøcenter Aalborg

Der findes i alt 21 pejleboringer med 21 indtag i Miljøcenter Aalborgs område. Den overvejende del af indtagene, ca. 60 % er placeret i den regionale grundvandsforekomst, mens de resterende kan henføres til terrænnære og dybe grundvandsforekomster. Der findes pejletidsserier på over 20 år for ca. 30 % af boringerne. En del af de resterende boringer har tidsserier fra 3-10 år, da de er etableret i forbindelse med gebyrkortlægningens opstart omkring år 2000. Størstedelen af boringerne er af god kvalitet mht. indmåling og kendt indtagsniveau.

Miljøcenter:	Antal pejleboringer-NOVANA	Total antal pejleboringer /indtag	Grundvandsforekomst			Pejlinger og tidsserier	Bemærkninger
			Ter-ræn-nær	Regio-nal	Dyb		
Ålborg	18	21 / 21	1	13	7	30 % af boringerne har tidsserier over 20 år.	
Ringkøbing	17	23 / 45	-*	-*	-*	Relativ få lange tidsserier. 15 % af boringerne har tidsserier over 20 år.	Mange boringer mangler lokaliseringsring
Århus	14	15 / 15	3	8	4	30 % af boringerne har tidsserier over 20 år.	
Ribe	20	23 / 26	0	20	6	Flere bor. kun pejlet 1-2 gange (6 stk.). Få lange tidsserier, 25 % over 20 år	
Odense	8	11 / 11	1	10	0	50 % af boringer har tidsserier over 20 år	Flere boringer ikke kotesat med GPS
Roskilde	12	18 / 19	1	13	5	50 % af boringer har tidsserier over 20 år	
Nykøbing	11	14 / 15	0	15	0	Flere bor. kun pejlet 1-2 gange (6 stk.). Flere lange tidsserier på 30-40 år, og 75 % er over 20 år.	Flere boringer ikke kotesat med GPS
I alt:	100	125 / 152	6	79	22		

Tabel 13. Opgørelse over pejlestationer i miljøcentrene, (august 2009). For hvert miljøcenter fremgår det, hvor mange pejlepunkter (indtag), der er i de forskellige typer af grundvandsforekomster.



Figur 40. Det Nationale pejlenet pr. 1. 1 2009, fordelt på typer af grundvandsforekomst (Moser, 2009)

Miljøcenter Ringkøbing

Miljøcenter Ringkøbing er i skrivende stund i gang med en større revision af deres stationsnet, da flere af deres borer er påvirket af markvandning i sommerperioden. Miljøcenter Ringkøbing råder over 23 pejleboringer med i alt 45 indtag. Det er ikke registreret, hvilken grundvandsforekomst de enkelte indtag tilhører. Der findes få lange tidsserier, og blot ca. 15 % af tidsserierne strækker sig over mere end 20 år. Ca. halvdelen af pejleboringerne er ikke indmålt med GPS, og derfor kendes den eksakte kote på borerne ikke. Miljøcenter Ringkøbing har indberettet alle pejlinger for 2008 til Jupiter.

Miljøcenter Århus

Der er i alt 15 pejleboringer med 15 indtag i Miljøcenter Århus' område. Ca. halvdelen af indtagene er placeret i den regionale grundvandsforekomst, mens de resterende er fordelt i henholdsvis de terrænnære og dybe grundvandsforekomster. 30 % af pejleboringerne har lange pejetidsserier på over 20 år og er generelt af god kvalitet mht. indmåling og kendt indtagsniveau. En del af pejedata er ikke indberettet til Jupiter (2006-2008 data), hvilket skyldes, at en del af borerne ikke er indmålt med præcis målepunktskote.

Miljøcenter Ribe

Miljøcenter Ribe råder over i alt 23 pejleboringer med 26 indtag. Den overvejende del af indtagene, ca. 75 %, er placeret i den regionale grundvandsforekomst, mens de resterende kan henføres til den dybe grundvandsforekomst. 25 % af samtlige tidsserier løber over 20 år, mens den resterende del har tidsserier på mellem 10-20 år. Pejleboringerne er generelt af en god kvalitet mht. indmåling og kendt indtagsniveau. Da man har haft problemer mht. korrektion af barometereffekten, er peyledata for perioden 2007-2008 ikke indberettet til JUPITER; dog med undtagelse af fire stationer.

Miljøcenter Odense

Miljøcenter Odense råder over 11 pejleboringer med 11 indtag. Alle indtag, på nær ét (filtersat i det terrænnære), er filtersat i den regionale grundvandsforekomst. Ca. halvdelen af samtlige tidsserier er længere end 20 år, mens den resterende del er på ca. 10 år. Boringer med lange tidsserier stammer fra de seks boringer, miljøcenteret overtog fra GEUS' gamle pejleprogram. De resterende fem boringer er oprettet i 1990'erne. Kvaliteten af pejleboringerne skal forbedres, da flere ikke er indmålt med GPS, og derfor kendes den eksakte kote på boringerne ikke. Peyledata for 2008 er indberettet til JUPITER.

Miljøcenter Roskilde

Miljøcenter Roskilde råder over i alt 18 pejlestationer med tilhørende 19 indtag. Den overvejende del, ca. 70 %, er filtersat i den regionale grundvandsforekomst. Den resterende del er filtersat i den dybe grundvandsforekomst. Ca. 50 % af samtlige boringer har tidsserier som løber over mere end 20 år. Den resterende del af boringerne har tidsserier strækkende over ca. 10 år. Peyledata for 2008 er indberettet til JUPITER.

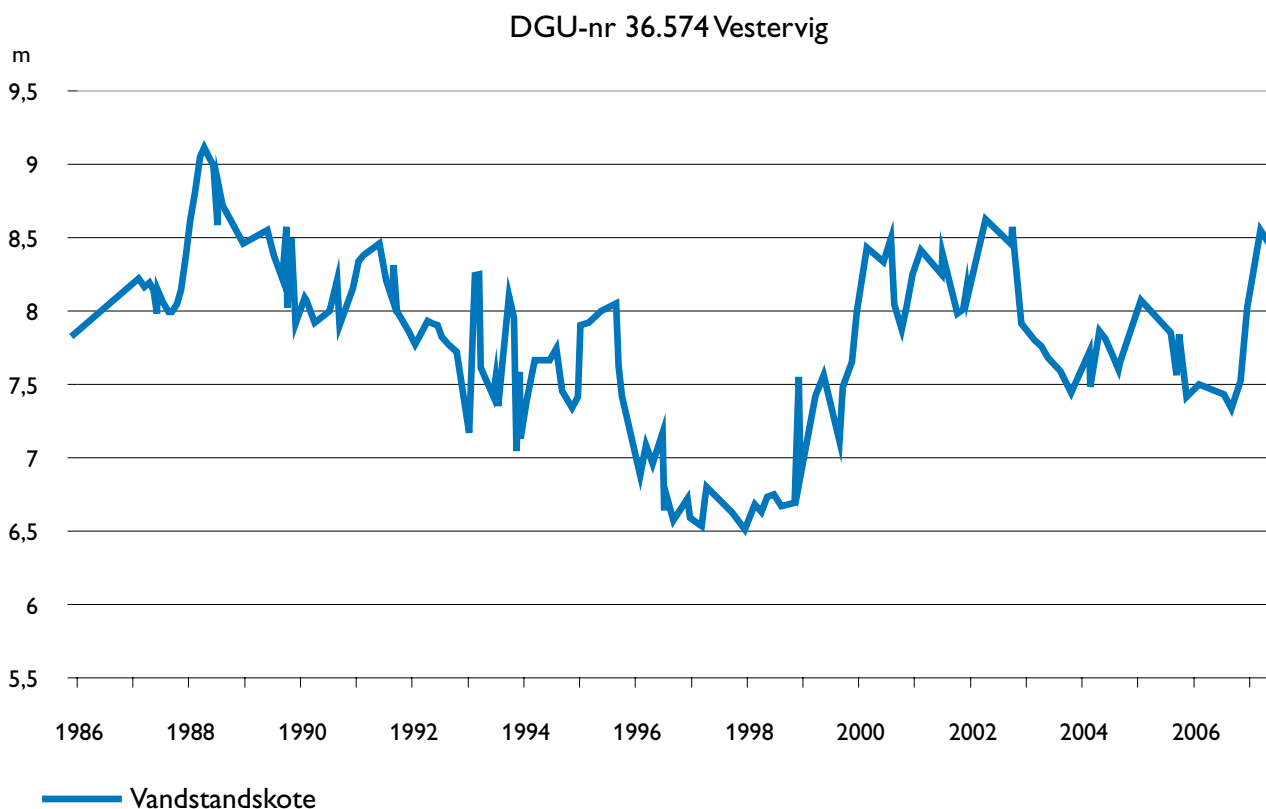
Miljøcenter Nykøbing

Miljøcenter Nykøbing råder over i alt 14 pejlestationer med tilhørende 15 indtag. Alle indtag er filtersat i den regionale grundvandsforekomst, og der er således ingen indtag i de terrænnære eller de dybe grundvandsforekomster. Der findes generelt mange gode og lange tidsserier, da ca. 75 % af samtlige tidsserier løber over 20 år. Halvdelen af boringerne er ikke kotesat, og kvaliteten af pejlingerne er således ikke tilfredsstillende. Derfor har Miljøcenter Nykøbing valgt ikke at indberette peyledata fra deres stationsnet, før alle boringer er indmålt. Der er således ikke indberettet peyledata for 2006-2009 til Jupiter, med undtagelse af to boringer.

Udvalgte tidsserier

Terrænnær grundvandsforekomst

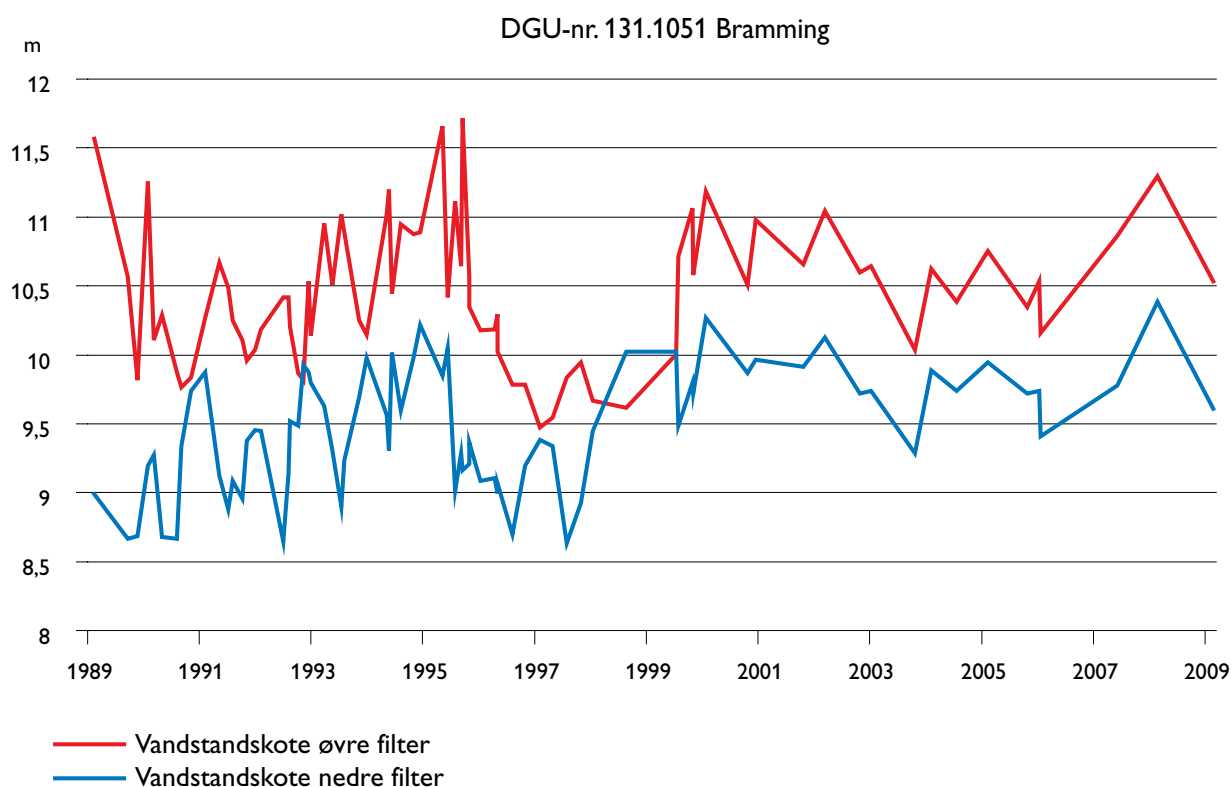
Figur 41 viser pejletidsserien fra DGU-nr. 36.574, der ligger ved Vestervig i Thy (Miljøcenter Aalborg) og er filtersat i smeltevandssand fra 27 til 38 mut. Den repræsenterer en terrænnær grundvandsforekomst. Pejletidsserien går ca. 20 år tilbage. Den observerede vandstandskote ligger mellem 6,5 og ca. 9 meter. Der ses tydelige årlige variationer i vandstanden med lave vandstande om sommeren og høje værdier i vinterhalvåret. Dog ses det, at sommeren 1999 og 2007, der var meget nedbørsrige, ikke udviser den forventede stigning i vandspejlet. Tørkeperioden i midten af 1990'erne træder tydeligt frem med de klart laveste værdier i 1996-1998 med en vandstand omkring 6 mut.



Figur 41. Pejletidsserie en terrænnær grundvandsforekomst fra Vestervig i Thy, DGU36.574, 27-38 m.u.t.

Regional grundvandsforekomst

Figur 42 viser pejletidsserien fra DGU-nr. 131.1051, der er beliggende ved Bramming, (MC Ribe) og overvåger den regionale grundvandsforekomst med indtag 1 og indtag 2. Boringen er 135 m dyb med tre indtag: Indtag 1, 102-103 m.u.t., indtag 2, 54-55 m.u.t., og indtag 3, 7-8 m.u.t. Magasinet udgøres af smeltevandssand fra 40 -120 m.u.t. Der ses et samme respons i grundvandspotentialerne, idet begge indtag viser årlige fluktuationer i grundvandspotentialet med lavere værdier i sommerhalvåret og højere værdier i vinterhalvåret. Samtidig erkendes tørkeperioden i midten af 1990'erne i begge indtag. Det regionale grundvandspotentiale (indtag 1) fluktuerer mellem 8,75 og godt 10 meter. Fra slut 1990'erne og til i dag ses en generel stigning i potentialet fra i gennemsnit 9 til ca. 10 meter. Det bemærkes, at den meget nedbørsrige sommer i 2007 bevirker, at der ikke ses det normale fald i sommerpotentialet, som ellers ses de foregående år.

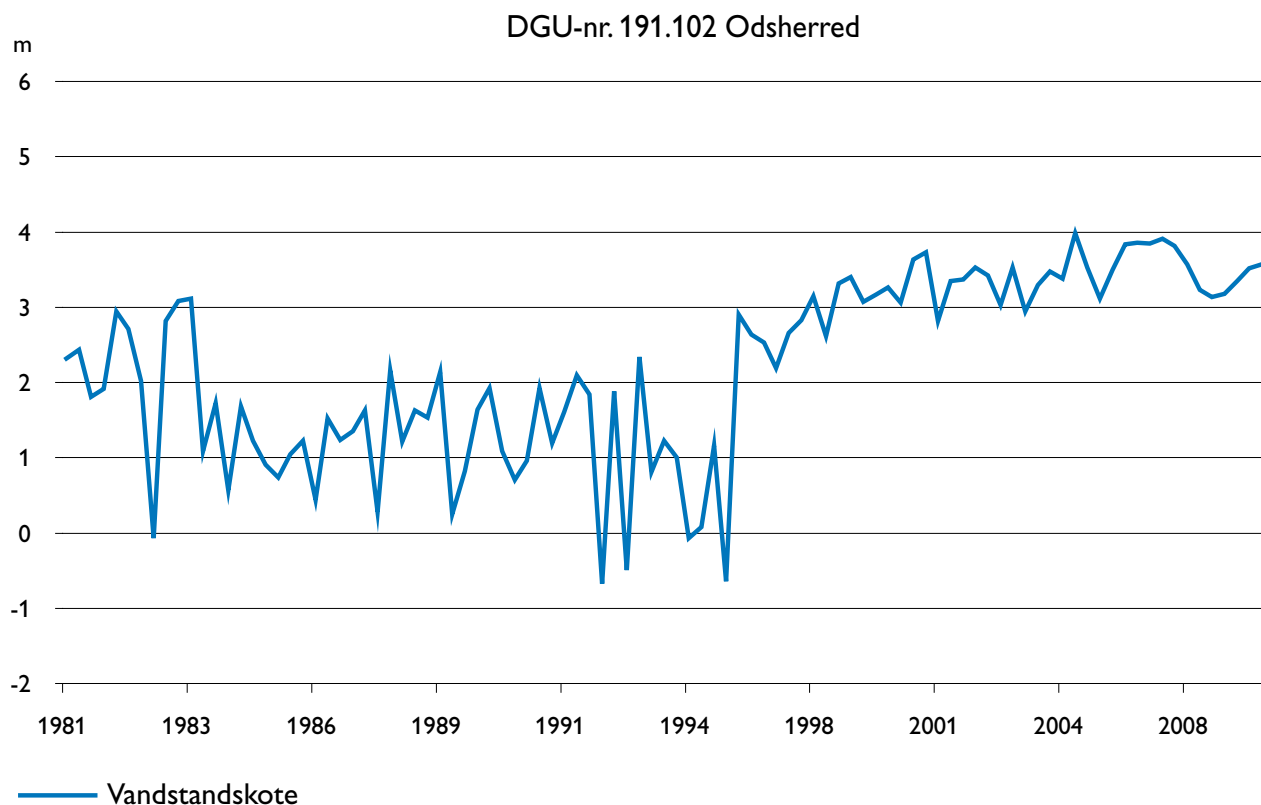


Figur 42. Pejletidsserie fra regional grundvandsforekomst ved Bramming, DGU 131.1051, fra nedre filter 102-103 m.u.t og øvre filter 7-8 m.u.t.

Dyb grundvandsforekomst

Figur 43 viser pejletidsserien fra DGU-Nr. 191.102, der ligger ved Odsherred på Nordsjælland i Miljøcenter Roskildes område. Den er filtersat i kalken fra 75,5 til ca. 100 m.u.t. og repræsenterer en dyb grundvandsforekomst. Der findes pejlinger tilbage fra begyndelsen af 1970'erne og til i dag, hvor registreringerne i pejleniveauet har ligget på mellem kote 0 til 5 meter. Årlige udsving ses ikke i boringen, da fluktuationer i nedbørsmængden ikke påvirker det dybe maga-

sin. Tørkeperioden i midt 90'erne kan til gengæld registreres med værdier omkring kote 0 meter. Fra ca. 1997 og frem til i dag ses der en stigning i grundvandsstanden fra ca. 3 meter til ca. 4,5 meter, hvilket antageligt skyldes et fald i indvindingen fra større kildepladser i området de senere år.



Figur 43. Pejletidsserie fra dyb grundvandsforekomst i Odsherred på Nordsjælland, DGU nr. 191.102, indtag ca.75-100 m.u.t

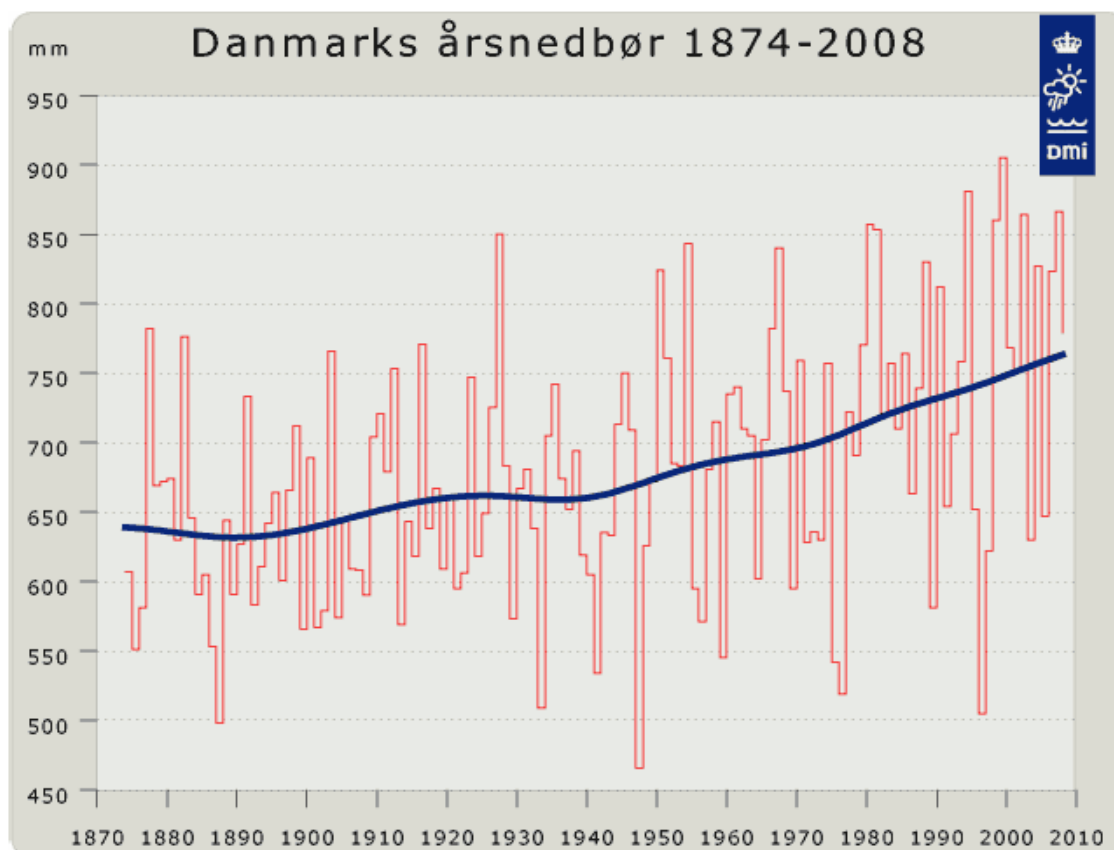
Sammenfatning

På baggrund af 125 pejleboringer, som udgør det samlede nationale pejlenet, kan grundvandsstanden overvåges og følges over hele landet for både de terrænnære, regionale og dybe grundvandsforekomster. Der er tale om et meget inhomogent stationsnet, hvor der er et stort behov for yderligere udbygning for at dække behovet for overvågning i forhold til grundvandsdirektivets krav (EU, 2006). Stationsnettet er da også under revision, så nettet fremover kan repræsentere og dække relevante grundvandsforekomster over hele Danmark.

Ud fra de tilgængelige tidsserier i NOVANA-stationsnettet, som er vist i figur 41 - 43, ses der generelt en stigning i grundvandspotentialiet fra slutningen af 1990'erne og til i dag for både de dybe, regionale og de terrænnære pejleboringer. Dette skyldes antageligt et fald i indvindingen fra de større kildepladser pga. indførelse af vandafgifter mv., som har bevirket et markant fald i det danske vandforbrug, og dermed en stigende mængde tilgængelig grundvand, se figur 39 kap. 8. Det skal bemærkes, at vandafgifterne er udformet, så de ikke har nogen større effekt på markvandsforbruget og dambrug, jf. figur 39.

Figur 44 viser, at der har været en stigende nettonedbør over de senere år (DMI, 2001 og 2008), som også har en positiv effekt på grundvandsstanden og dermed den tilgængelige

grundvandsressource. Brugen af hydrologiske modeller, se kap 10, kan afgøre hvor stor betydning ændringer i vandindvindingen har for grundvandsstanden i forhold til de observerede klimaændringer. Nettonedbøren for året 2008 har generelt på landsplan været lavere, ca. 750 mm/år mod 800-850 mm/år for 2006-2007. Dette fald i nettonedbøren må forventes at slå igennem på grundvandsdannelsen, hvilket også ses for tidsserien for Bramming, figur 42, hvor der ses et fald i grundvandsspejlet på knap 1 meter for både det øvre og det nedre magasin.



Figur 44. Danmarks årsnedbør fra 1874 til 2008. Værdierne udtrykker et landsgennemsnit, som bygger på en række udvalgte nedbørsstationer (kilde: DMI, 2008).

Referencer

Miljøministeriet, 2006: Bekendtgørelse nr. 1756 af 22/10/2006 af Lov om miljømål m.v. for vandforekomster og internationale naturbeskyttelsesområder (Miljømålsloven).

Miljøcenter Roskilde, 2009: Mette Moser. "Vurdering af det nationale pejlenet 2007-2009".

DMI, 2001: Danmark og Færøernes og Grønlands Klima, Rapport 01-4.

DMI, 2008: Klimaudviklingen frem til i dag.

EU, 2006: Europaparlamentets og Rådets Direktiv 2006/118/EF af 12. december 2006 om beskyttelse af grundvandet mod forurening og forringelser. EFT L 327 af 22.12.2000. p. 1-72 og 10 bilag. (Grundvandsdirektivet)

BLST, 2010. Vandplaner, høringsversion. <http://www.blst.dk/Hoering/vandognaurplaner.htm>

10 Hydrologisk modellering og vandressourcevurdering

Frem til 2003 blev den første version af den nationale vandressource model (DK-model) etableret (Henriksen & Sonnenborg, 2003). Indenfor NOVANA programmet 2004 – 2009 opdateres denne model i et samarbejde mellem GEUS og de syv danske miljøcentre (tidligere amterne). Den opdaterede version af modellen er en videreudvikling af den nationale vandressource model (DK-model), der videreføres under samme navn. En beskrivelse af modellens opbygning, herunder opdateringen samt udvikling i øvrigt, kan findes på hjemmesiden for den Nationale Vandressource Model www.vandmodel.dk. En kort oversigt er endvidere givet i sidste års rapportering af grundvandsdelen for det nationale overvågningsprogram. I nærværende rapport medtages derfor alene de opdateringer og modeludviklinger, der er udført siden sidste års rapportering

Formål

De overordnede formål med DK-modellen er, at den skal kunne anvendes som værktøj til vurdering af vandbalancen og grundvandsdannelsen på overordnet oplandsniveau og på grundvandsforekomstniveau, samt kunne belyse grundvandsressourcens størrelse og udnyttelsesgrad under hensyn til klima, arealanvendelse og vandindvindingsstrategi.

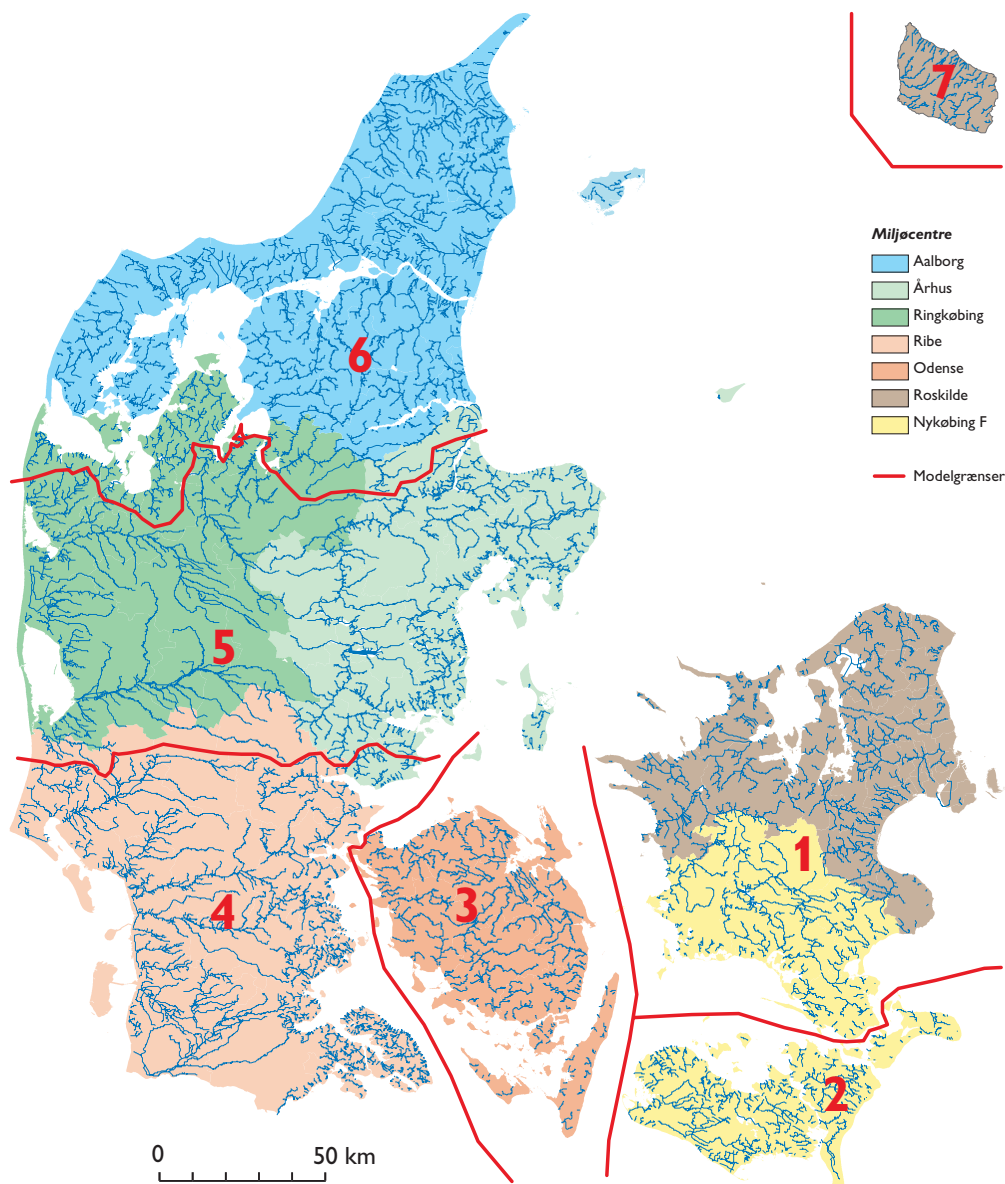
Model oversigt og udvikling

Figur 45 viser de 7 delområder, som DK-modellen er opdelt i. For område 7 (Bornholm) forelå der ved opdateringens start en model, der levede op til de kravspecifikationer, der var opstillet for den hydrologiske modellering inden for NOVANA (Teknisk anvisning NOVANA: Hydrologiske modeller for Vanddistrikter). Bornholm indgår derfor ikke i den nuværende opdatering, men da modellen er opsat i samme modelsystem og efter de samme principper som de øvrige delområder, udgør modellen for Bornholm en naturlig del af den Nationale Vandressource Model.

Udskiftning af umættet zone modul

I det forløbne år er modulet til beregning af fordampning blevet udskiftet. I startfasen af den nuværende opdatering blev nettonedbøren beregnet med rodzonemodulet, udviklet i forbindelse med den første version af DK-modellen (Højberg, 2008). Dette modul har nogle begrænsninger, hvor den største begrænsning ligger i, at der ikke er en direkte kobling mellem den umættede og mættede del af grundvandszonen. Dette kan specielt påvirke beregningen af fordampningen, både mht. den aktuelle størrelse samt den rumlige fordeling. Rodzonemodulet er derfor udskiftet med en umættet zonebeskrivelse, der er en integreret del af den anvendte modelkode (MIKE SHE).

Af de mulige beskrivelser af den umættede zone, der er inkluderet i MIKE SHE, er det valgt at anvende "Two-Layer" metoden. Metoden beskriver ikke selve strømningen i den umættede zone, men fokuserer på vandbalancen og beregner den aktuelle fordampning og det volumen af vand, der infiltrerer den mættede zone. Da der ikke opnås en beskrivelse af vandstrømningen i den umættede zone, vil der heller ikke opnås en korrekt strømningsdynamik, specielt i områder, hvor grundvandsspejlet ligger dybt under terræn. Metoden er derimod velegnet til beskrivelse af en øget fordampning som følge af et grundvandsspejl tæt på terræn, f.eks. i ådale og vådområder. Metoden er således en forsimplet kobling mellem den øvre umættede og den dybere mættede del af grundvandszonen, der tager højde for den varierende fordampning, der vil forekomme i tid og sted som resultat af varierende dybde til grundvandsspejlet.



Figur 45. Afgrænsning af de syv delmodeller indeholdt i den opdaterede DK-model samt grænser for de syv miljøcentre.

Modelkalibrering

I forbindelse med vurdering af modellens anvendelighed har der været stor fokus på modellens evne til at simulere vandløbsafstrømningen i en low-flow situation. Under kalibrering af modellen har der imidlertid alene været fokuseret på de overordnede forhold, dvs. en samlet vandbalancefejl og den samlede dynamik i vandløbet. For i højere grad at tilpasse modellen til også at kunne simulere de tørre perioder er kalibreringsstrategien modificeret, så vandbalancen for sommervandføringen ligeledes indgår som kalibreringsmål.

Vandbalanceforhold

Erfaringerne fra den første version af DK-modellen samt den opdaterede model for Sjælland med anvendelse af rodzone modulet viste, at der er et fundamentalt problem mht. til vandbalancen, der gjorde det nødvendigt at reducere nettonedbøren beregnet ved rodzonemodulet (Henriksen & Sonnenborg, 2003; Højberg et al., 2008). Efter implementering af Two-Layer metoden er modellen for Sjælland omkalibreret. Resultaterne herfra viser ligeledes, at det ikke

er muligt at få vandbalancen til at gå op, selv ved anvendelse af anbefalingerne i Plauborg et al. (2002). Der er således behov for at revurdere anbefalinger i Plauborg et al. (2002). Til en sådan revurdering er det imidlertid nødvendigt at opnå erfaringer på landsplan, dvs. afvente en kalibrering af de øvrige delmodeller. Da de øvrige delmodeller ikke vil være kalibrerede før årets udgang, vil det først være muligt at foretage en national dækkende analyse i 2010.

Fremtidig opdatering og udvikling

I forbindelse med den kommende revision af NOVANA programmet har der været nedsat en projektgruppe, der har haft til formål at vurdere anvendelsen af modeller inden for NOVANA programmet og give konkrete forslag til specifikke modelanvendelser. Dette arbejde har resulteret i et strategipapir for implementering af modeller i vandforvaltningen (Madsen et al., 2009). Heri forudsættes det, at DK-modellen i stigende grad kommer til anvendelse, og at den skal kunne anvendes inden for såvel overvågningen som den danske vandforvaltning i øvrigt.

Et væsentligt element for DK-modellens fremtidige anvendelse er, at modellen til stadighed føres ajour ved periodevis opdatering med ny viden fra detailundersøgelser. Med hensyn til de geologiske og hydrostratigrafiske forhold er den nationale grundvandskortlægning den primære kilde til opbygning af ny viden. I disse år gennemføres et talrigt antal kortlægninger af den geologiske opbygning af den del af undergrunden, der har betydning for den ferske del af grundvandsressourcen inden for Områder med Særlige Drikkevandsinteresser. Det er i den forbindelse vigtigt, at DK-modellen tænkes ind i kortlægningsopgaverne, såvel ved opstart, hvor DK-modellen kan danne baggrund for nye undersøgelser, men i særdeleshed ved dokumentation og lagring af detailmodellen, så denne vil kunne anvendes ved en fremtidig opdatering af DK-modellen.

I bestræbelserne på at fremme en genanvendelse af modeller generelt, er der i 2008 – 2009 gennemført et projekt, hvori der er udviklet et datablad, der skal associeres modeller uploadet til den nationale modeldatabase (Jørgensen et al., 2009). Databladet skal sikre dokumentation og lagring af udførte tolkninger samt de informationer, der bringes til veje ved opstilling af geologiske modeller, så de er let tilgængelige for fremtidig brug. Under udarbejdelsen af databladet er der trukket på involverede rådgiveres erfaringer, samt erfaringerne fra den igangværende opdatering af DK-modellen. Med databladet og den fortsatte udvikling af modeldatabase forventes det, at eksisterende modeller i langt højere grad kan genanvendes. Erfaringer fra opdateringen af DK-modellen med tidligere modeller, samt udlevering af modelopsætninger eller udtræk fra modellen, har imidlertid vist, at det mest optimale udbytte alene opnås i situationer, hvor det er muligt at kontakte de personer, der har været involveret i modelopstillingen, for afklaring af specifikke problemstillinger. For en optimal anvendelse og opdatering af DK-modellen er det derfor vigtigt, at der til stadighed er en forankring af modellen på én institution, hvortil der kan tages kontakt ad hoc for afklaring af specifikke problemstillinger.

DK-modellen for Sjælland har været anvendt i forbindelse med det igangværende vandplansarbejde. Vurderingerne i vandplansarbejdet er i stor udstrækning baseret på nogle delelementer af vandkredsløbet, der ikke har været de primære formål for DK-modellen, såsom median minimumsvandføringer. Endvidere er der i vandplansarbejdet behov for vurderinger på mindre skala, end den skala DK-modellen er opstillet og kalibreret på. DK-modellen er derfor gennemgået detaljeret af en uvildig rådgiver for en vurdering af modellens egnethed som grundlag for vandplansarbejdet. Resultatet heraf bekræfter, at der er behov for en detaljering og udvikling af modellen, som også beskrevet i Madsen et al. (2009), før DK-modellen med tilstrækkelig sikkerhed kan anvendes på den skala, der er påkrævet i forbindelse med vandplansarbejdet. I Madsen et al. (2009) påpeges der endvidere et behov for udvikling af operationelle mo-

del baserede metoder, der gør det muligt for alle miljøcentre at anvende DK-modellen på en ensartet måde til vurdering af relevante aspekter og problemstillinger.

Den igangværende opdatering af DK-modellen er en del af NOVANAprogrammet for perioden 2004 – 2009. Da det er valgt at udskyde igangsættelsen af det reviderede NOVANAprogrammet til 2011, er de endelige planer mht. hydrologisk modellering indenfor NOVANA grundvandsdelen for 2010 endnu ikke fastsatte. Der foreligger imidlertid en anseelig opgave i at udvikle DK -modellen fra en national model til vurdering af den overordnede vandbalance til en model, der kan anvendes i forbindelse med vandplansarbejdet. Ligeledes er der en betydelig opgave i at udvikle operationelle modelbaserede metoder. Med den korte tidsfrist, der er til starten af næste vandplansperiode, er det vigtigt, at udviklingsarbejdet igangsættes snarest. Udskydes udviklingsarbejdet, er der stor risiko for, at model og metoder ikke bliver udviklet rettidigt. Dette vil resultere i samme uheldige timing som i indeværende NOVANAperiode, hvor DK-modellen er opdateret tidsmæssigt parallelt med udarbejdelsen af vandplaner, og således ikke har været til rådighed for vandplanarbejdet.

Referencer

Henriksen HJ & Sonnenborg A (2003) Ferskvandets kredsløb. NOVA 2003 Temarapport. GEUS, DMU, DJF og DMI.
www.vandmodel.dk

Højberg, A.L., Trolborg, L., Nyegaard, P., Ondracek, M., Stisen, S., Christensen, B.S.B., & Nør-gaard, A. (2008). National Vandresource Model, Sjælland, Lolland, Falster og Møn – Opdatering januar 2008. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport 2008/65, 112 pp.

Jørgensen, L.F., Sandersen, P., Sørensen, J., Trolborg, L., Ditlefsen, C., Højberg, A.L., Møller R.R. & Iversen, C.H. (2009) Dokumentation af informationer opsamlet i forbindelse med opstilling af modeller,
http://jupiter.geus.dk/ModelDBDoc/DokumentationAfInformationerOmGeologiskeModeller_udkast.pdf

Madsen, H.B., Pollas, K., Sørensen, S.M., Hansen, K.S., Bendtsen, S.Å., Bidstrup, J., Thorsen, M., Bruhn, B., Jensen, J.B. & Pedersen, S.E. (2009). Implementering af modeller i vandforvaltningen, Strategi og handleplan, Version 3, 7. maj 2009, pp. 47.

Plauborg, F., Refsgaard, J.C., Henriksen, H.J., Blicher-Mathiesen, G. & Kern-Hansen, C. (2002). Vandbalance på mark- og oplandsskala. DJF-rapport 70, 45 pp.

Teknisk anvisning NOVANA: Hydrologiske modeller for Vanddistrikter
(http://www.geus.dk/publications/grundvandsovervaegning/ta_hydrologisk_modellering_marts2006.pdf)

11 DEVANO

Grundvandsdelen af DEVANO (Decentral VAnd og NaturOvervågning) skal støtte risikovurderingen, jf. Vandrammedirektivet. DEVANO-overvågning tager sit udgangspunkt i en prioriteret liste over grundvandsforekomster i risiko, hvor grundvandsforekomsternes tilstand og udvikling er vurderet. Resultaterne fremgår af bilag 9.

Strategi

I 2007 var vægten lagt primært på efterprøvning af den kvalitative (kemiske) tilstand i grundvandsforekomster uden for de eksisterende grundvandsovervågningsområder, som antages at være i risiko for ikke at opfylde miljømålene i 2015, og hvor datagrundlaget såvel geologisk som geokemisk er spinkelt eller helt mangler. Derudover var der i valget af lokaliteter i henhold til behovsopgørelsen fra Miljøstyrelsen udvalgt lokaliteter uden for OSD (Områder med Særlige Drikkevandsinteresser) og uden for indvindingsoplande til almene vandforsyninger, ligesom der er lagt vægt på at styrke forståelsen af sammenhængen mellem grundvand og overfladevand.

I DEVANO konceptet indgår etablering af et antal boringer hvert år, hvor overvågningen i den enkelte boring er begrænset til fire prøvetagninger fordelt over 1 år. Der gennemføres derudover en indledende prøvetagning med analyse af hovedbestanddele til kontrol af boringens egnethed til kemisk analyse.

Risikovalidering

Risikovalideringen er baseret på en prioriteret liste udarbejdet af miljøcentrene. Ved prioriteringen er inddraget alle tilgængelige oplysninger, herunder boringskontrollodata. Risikovalideringen sættes i værk for de grundvandsforekomster i risiko, hvor:

- der er en meget dårlig datadækning,
- eller hvor der kan være mistanke om, at kvaliteten af det vand, der fra grundvandsforekomsten strømmer til overfladevand eller marine vande, bidrager til, at disse ikke kan overholde deres miljømål,
- hvor kvaliteten af grundvandsforekomstens afstrømning ikke er tilstrækkeligt belyst.

Programindhold

Der blev gennemført et basisanalyseprogram afhængig af risikoens art.

Såfremt risikovurderingen udpeger nitrat som værende årsag til risiko for manglende målopfyldelse, var analyseredes efter analyseprogrammet for hovedbestanddele i NOVANA: Ledningsevne, pH, ilt, Eh, temperatur, nitrat, nitrit, ammonium, calcium, natrium, magnesium, total fosfor, NVOC, sulfat, klorid, kalium, jern, mangan, bikarbonat og aggressiv kuldioxid.

Såfremt pesticider var årsag til risiko for manglende målopfyldelse, analyseredes efter analyseprogrammet for pesticider i NOVANA: AMPA, atrazin; bentazon, 4-CPP, 2,6 DCCP, desaminodiketometribuzin, desethylatrazin, desethyldeisopropylatrazin, desethylterbutylazin, deethylhydroxyatrazin, desisopropylatrazin, deisopropylhydroxyatrazin, didealkylhydroxyatrazin, dichlobenil, BAM, 2,6-diklorbenzoesyre, diklorprop, diketometribuzin, glyphosat, hexazinon, meklorprop, metribuzin samt 4-nitrofenol, simazin og trikloreddikesyre.

Dog analyseres AMPA og glyphosat kun i de øverste 15 meter under grundvandsspejlet. Der analyseres kun for Metribuzin, diketometribuzin og desaminodiketometribuzin, hvor der forekommer kartoffelavl i oplandet til grundvandsforekomsten.

Resultater

Resultaterne af DEVANO fremgår af bilag 9. Der har været meget uensartet aktivitet i de forskellige miljøcentre, og i flere miljøcentre har det ikke været ligetil at finde gode boresteder, da opdraget for DEVANO jo netop var, at denne overvågning skulle udføres i områder med dårlig datadækning. Dette øger risikoen for at nogle af borerne ikke kan opfylde deres formål, og det ikke er muligt at finde vandførende lag i kontakt med overfladevand.

12 Referencer

Dansk lovgivning, vejledninger mv

- BLST, 2010. Vandplaner, høringsversion. <http://www.blst.dk/Hoering/vandognaturplaner.htm>
- Miljøstyrelsen, 1990: Vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. Vejledning fra Miljøstyrelsen, Nr. 3, 1990.
- Miljøstyrelsen, 1997: Boringskontrol på vandværker. - Vejledning fra Miljøstyrelsen 2/1997.
- Miljøstyrelsen, 2001: Vejledning om indberetning af drikkevandsdata. Vejledning fra Miljøstyrelsen, Nr. 4, 2001.
- Miljøstyrelsen, 2005: Vejledning om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. Vejledning fra Miljøstyrelsen, Nr. 3, 2005.
- Miljøministeriet, 2006: Bekendtgørelse nr. 1756 af 22/10/2006 af Lov om miljømål m.v. for vandforekomster og internationale naturbeskyttelsesområder (Miljømålsloven)
- Miljø- og Energiministeriet 2006: Bekendtgørelse om kvalitetskrav for vandområder og krav til udledning af visse farlige stoffer til vandløb, søer eller havet. Miljø- og Energiministeriets bekendtgørelse nr. 1669 af 12. dec. 2006.
- Miljøministeriet 2007 Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. – Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 1449 11. cember 2007 (Drikkevandsbekendtgørelsen)
- Ministeriet for fødevarer, Landbrug og Fiskeri. 2008. Årlig redegørelse. Gødningsregnskaber mm. Statistik 2003/04. http://pdir.fvm.dk/Fysisk_kontrol_af_g%C3%B8dningsregnskaber.aspx?ID=7433
- Miljøministeriet, 2008. Lovbekendtgørelse nr. 1026 af 20. september 2008 om lov om vandforsyning mv.
- Miljøstyrelsen, 1990: Vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. Vejledning fra Miljøstyrelsen, Nr. 3, 1990.
- Miljøstyrelsen, 1991: Overfladeaktive stoffer – spredning og effekter i miljøet. - Miljøprojekt nr. 166.
- Miljøstyrelsen 1994: Økotoxikologiske kvalitetskriterier for overfladevand. - Miljøprojekt nr. 250.
- Miljøstyrelsen, 1995: Toksikologiske kvalitetskriterier for jord og vand - Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen 12/1995.
- Miljøstyrelsen, 1996: Kemiske stoffers opførsel i jord og grundvand - Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen 20/1996.
- Miljøstyrelsen, 1997: Boringskontrol på vandværker. - Vejledning fra Miljøstyrelsen 2/1997.
- Miljøstyrelsen, 1998: Oprydning på forurenede lokaliteter – Hovedbind. Vejledning fra Miljøstyrelsen, nr. 6, 1998.
- Miljøstyrelsen, 1999: Fjernelse af metaller fra grundvand ved traditionel vandbehandling på danske vandværker. Vandfonden. - Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen 17/1999.
- Miljøstyrelsen 2007, Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 26, 2007. Almene vandværkers boringskontrol af pesticider og nedbrydningsprodukter. red: Walter Brüsich.
- Miljøstyrelsen, 2008: Bekæmpelsesmiddelstatistik 2007, Orientering fra Miljøstyrelsen, 4, 2008
- Miljøstyrelsen, 2009: Redegørelse om jordforurening 2007. Redegørelser fra Miljøstyrelsen nr. 1, 2009.

EU- direktiver og guidance

- EU, 1991: Europaparlamentet og Rådets direktiv 91/676/EOEF af 12. december 1991 om beskyttelse af vand mod forurening forårsaget af nitrater, de stammer fra landbruget. (Nitratdirektivet)
- EU, 1998: Europaparlamentets og Rådets direktiv nr. 98/83/EF om kvaliteten af vand til drikkevand. (Drikkevandsdirektivet)
- EU, 2000: Europaparlamentets og Rådets Direktiv 2000/60/EF af 23. oktober 2000 om fastsættelse af en ramme for fællesskabets vandpolitiske foranstaltninger. EFT L 327 af 22.12.2000. p. 1-72 og 10 bilag. (Vandrammedirektivet)
- EU, 2006: Europaparlamentets og Rådets Direktiv 2006/118/EF af 12. december 2006 om beskyttelse af grundvandet mod forurening og forringelser. EFT L 327 af 22.12.2000. p. 1-72 og 10 bilag. (Grundvandsdirektivet)

Andre referencer

- DANVA 2006: Vandstatistik. Drikkevand og spildevand 2005.
- DMI, 2001: Danmark og Færøernes og Grønlands Klima, Rapport 01-4.
- DMI, 2008: Klimaudviklingen frem til i dag.
- DMU, 2007: NOVANA – det nationale program for overvågning af vandmiljøet og naturen. Programbeskrivelse del 1, 2 og 3. Faglig rapport fra Danmarks Miljøundersøgelser nr. 495 og 508
- DMU, 2009 Kvalitetssikring af kemiske analyser i NOVANA.
- GEUS, 2004: Forurenet drikkevand i små vandforsyningsanlæg. GEUS rapport 2004/9.
- GEUS 2006: Teknisk anvisning NOVANA: Hydrologiske modeller for Vanddistrikter
- GEUS, 2007. Grundvand. Status af udvikling 1989-2006. http://www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/1989_2006.htm

Albers, C.N., Laier, T. & Jacobsen, O.S. 2008: Vertical and horizontal variation in natural chloroform in two adjacent soil profiles in a coniferous forest. Geo-Environment and Landscape Evolution III. 16-18 June, 2008. Southampton, United Kingdom. Wessex Institute of Technology. Proceedings of the third international Conference on evolution, monitoring, simulation, management and remediation of the geological environment and landscape, 161-170.

- Albretchen, J., H., og Bjerg, B.L., 2000: Nedbrydning i grundvandsmiljøer. – Kemiske stoffer i miljøet (red. Helweg, A.) Benny Bruhn (MC NYK), Jens Würglers Hansen (MC RIN), Mette Thorsen (MC AAR), Lilian van der Bijl (DMU), Jens Christian Refsgaard (hovedfor-fatter)(GEUS), Tonny Niilonen (BLST), Bent Sørensen (MOS), Esben Tind (MOS), Kristine Munk Pollas (MOS)
- Hvad kan modeller bruges til i overvågningen? Notat 1. Model-arbejdsgruppe.
- Brüsich W. og Rosenberg P. 2008. Fund af glyphosat og AMPA i drikkevand fra små vandforsyningsanlæg i Storstrøms Amt. Miljøstyrelsen, Miljøprojekt nr. 1163, 2008.
- Brüsich W., 2007: Almene vandværkers boringskontrol af pesticider og nedbrydningsprodukter. State of the art for forekomst af pesticider i dansk og udenlandsk grundvand. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen, 26, 2007. <http://www.mst.dk/Udgivelser/Publikationer/2007/09/978-87-7052-570-1.htm>
- Dalgaard, T., 2007. Introduktion til landbrugsstrukturen i Danmark. Kursus i Landbrugsproduktion og Landbrugsstruktur. <http://www.aula.au.dk/courses/DJF/index.php>
- Grant, R, Pedersen, LE, Blicher-Mathiesen, G, Jensen, PG, Hansen, B & Thorling, L 2009: Landovervågningsoplade 2007: NOVANA, Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet
- Hansen, B., Sørensen, B., og Thorling Sørensen, L., 2007. Arsen i dansk drikkevand. ATV, 3. oktober 2007.
- Henriksen, H.J. and Sonnenborg, A. (2003) Ferskvandets kredsløb. NOVA 2003 Temarapport. GEUS, DMU, DJF og DMI.
- Hinsby og Dahl 2009: Tærskelværdier for grundvand baseret på miljømål for afhængige økosystemer. ATV Jord og grundvand, 27. jan 2009 Grundvand/overfladevand interaktion.

Hultberg, H., 1988: Critical Loads for sulphur to lakes and streams, In: Nilsson, J. and Grenfeld, P. (eds): Critical loads of sulphur and nitrogen. Report from a workshop held at Skokloster, Sweden, 19.-24. marts 1988, Miljørapport 1988:15. Nordic Council of Ministers, København, pp 185-200.

Højberg, A.L., Trolborg, L., Nyegaard, P., Ondracek, M., Stisen, S., Christensen, B.S.B., & Nør-gaard, A. (2008). National Vandres-source Model, Sjælland, Lolland, Falster og Møn – Opdatering januar 2008. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport 2008/65, 112 pp.

Jacobsen, O.S., Laier, T., Juhler, R.K., Kristiansen, S.M., Dichmann, E., Brinck, K., Juhl, M.M, Grøn, G. 2007: Forekomst og naturlig production af chloroform I grundvand. BLST, 2007 120 pp.

Jensen, T. F. m. fl. , 2003: Nikkelfrigivelse ved pyritoxidation forårsaget af barometerånding., Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen, nr. 5, 2003

Jørgensen, L.F., Sandersen, P., Sørensen, J., Trolborg, L., Ditlefsen, C., Højberg, A.L., Møller R.R. & Iversen, C.H. (2009) Dokumentation af informationer opsamlet i forbindelse med opstilling af modeller,

Laier, T. og Thorling, L., 2005: Tidsserier og datering, anvendelse af overvågningsdata. ATV møde 5. okt 2005; Grundvandsmonitoring, teori, metoder og cases.

Laier, T., Jacobsen, O.S., Thomsen, O., Grøn, C., Hunkeler, D. & Laturmus, F. 2005: Chloroform production in spruce forest soils - a potential problem for groundwater use in drinking water supply in Denmark. EGU General Assembly 2005. 24-29 April, 2005. Vienna, Austria. European Geosciences Union. Geophysical Research Abstracts 7

Larsen, C.L. og Larsen, F., 2003: Arsen i danske sedimenter og grundvand. Vand og Jord 10. årgang nr. 4, side 147-151.

P.Qevauviller, 2005: Groundwater monitoring in the context of Eu legislation: reality and integration needs. J. environmental monitoring, 2005, vol 7 pp89-102.

Madsen, H.B., Pollas, K., Sørensen, S.M., Hansen, K.S., Bendtsen, S.Å., Bidstrup, J., Thorsen, M., Bruhn, B., Jensen, J.B. & Pedersen, S.E. (2009). Implementering af modeller i vandforvaltningen, Strategi og handleplan, Version 3, 7. maj 2009, pp. 47.

Miljøcenter Roskilde, 2009: Mette Moser. "Vurdering af det nationale pejleret 2007-2009".

Plauborg, F., Refsgaard, J.C., Henriksen, H.J., Blicher-Mathiesen, G. & Kern-Hansen, C. (2002). Vandbalance på mark- og oplandsskala. DJF-rapport 70, 45 pp.

Thorling, L., 2009: Grundvandsovervågning 2008. Status og udvikling 1989-2007.
http://www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/1989_2007.htm

Thorling, 2004. 60 års nitratudvaskning. Vand og Jord, 11. årgang nr. 1, februar 2004.

Århus Amt, 2004. Redegørelse for grundvandsressourcerne i Århus Nord-området. Eds: Verner Søndergaard, Richard Thomsen, Ole Dyrsø, Thomas Nyholm, Erling Fuglsang, Lærke Thorling, Per Misser og Birgitte Hansen.

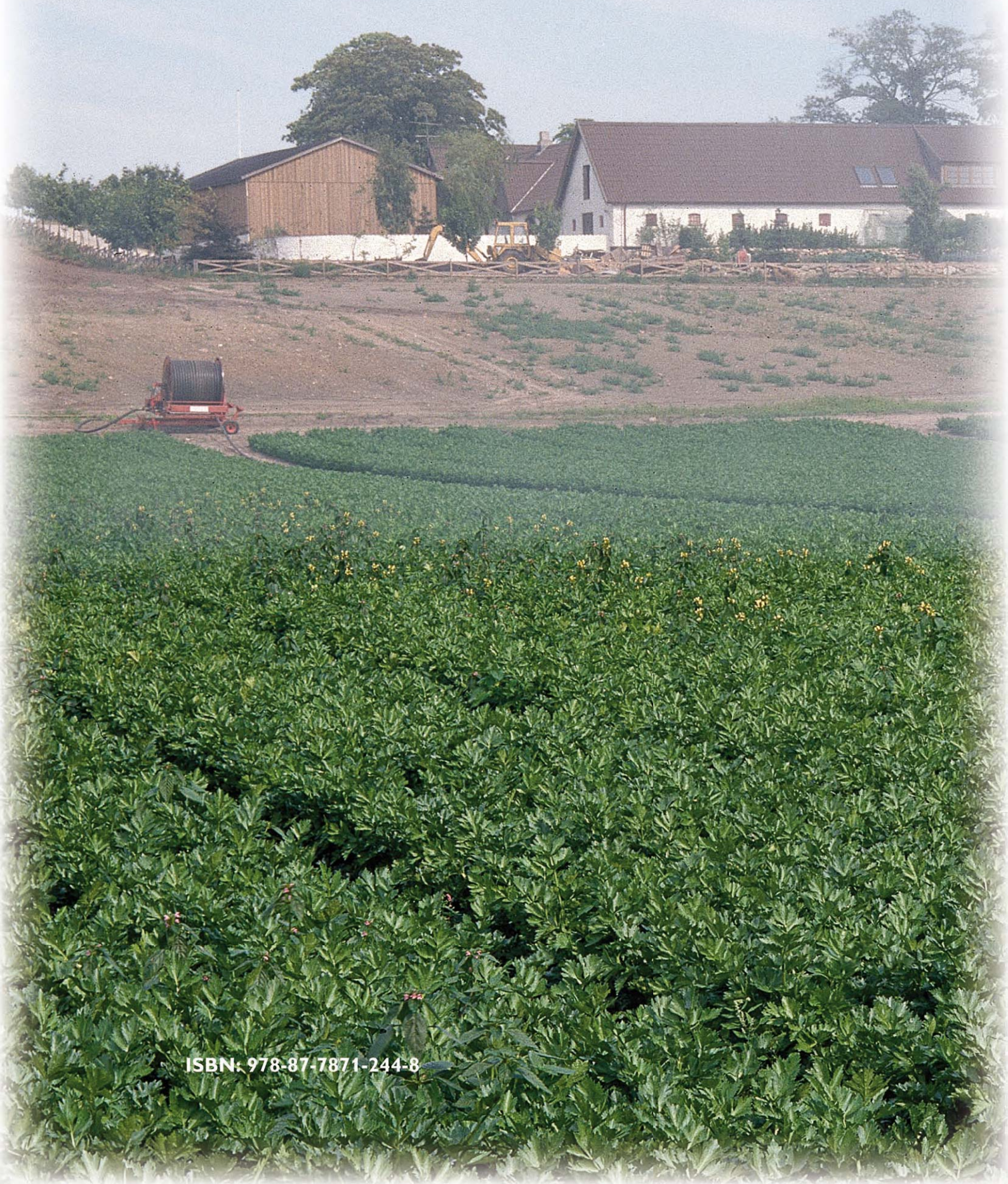
Links:

<http://pesticidvarsling.dk/>
www.blst.dk/Overvaagning/NOVANA
www.vandmodel.dk
www.grundvandsovervaagning.dk
[www. Geus.dk/jupiter](http://www.Geus.dk/jupiter)
[www. Grundvandskortlaegning.dk](http://www.Grundvandskortlaegning.dk)
www.dmu.dk/Overvaagning/NOVANA/Programbeskrivelse+del+3/ DMU 2005 og 2007.
www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/1989_2006.htm
www.blst.dk/Overvaagning/NOVANA/Programbeskrivelse+del+3/Kemiske+analyser/
[www:oliebranchen.dk](http://www.oliebranchen.dk)
 GEUS 2006:, Teknisk anvisning NOVANA: Hydrologiske modeller for Vanddistrikter
http://www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/ta_hydrologisk_modellering_marts2006.pdf (GEUS 2006:, Teknisk anvisning NOVANA: Hydrologiske modeller for Vanddistrikter)
 Jørgensen, L.F., Sandersen, P., Sørensen, J., Trolborg, L., Ditlefsen, C., Højberg, A.L., Møller R.R. & Iversen, C.H. (2009) Dokumentation af informationer opsamlet i forbindelse med opstilling af modeller,
http://jupiter.geus.dk/ModelDBDoc/DokumentationAfInformationerOmGeologiskeModeller_udkast.pdf

De Nationale Geologiske Undersøgelser
for Danmark og Grønland (GEUS)
Klima- og Energiministeriet

Telefon: 38 14 20 00
Telefax: 38 14 20 50
E-post: geus@geus.dk
Internet: www.geus.dk

Øster Voldgade 10
1350 København K
Danmark



ISBN: 978-87-7871-244-8