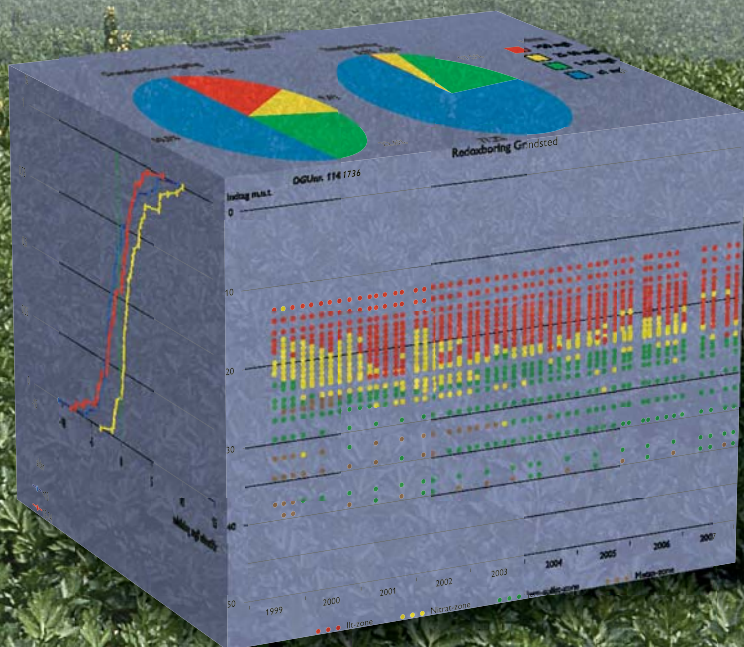


GRUNDVANDSOVERVÅGNING 2008



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

Grundvand

Status og udvikling 1989 – 2007

GEUS 2009

Redaktør: Lærke Thorling

Tegninger: Forfatterne og Kristian A. Rasmussen

Dato 1. april 2009

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 2007, som led i den nationale grundvandsovervågning og landovervågning. Derudover præsenteres data fra vandværkernes egenkontrol af indvindingsboringeres vandkvalitet og omfang af vandindvinding, samt i et vist omfang data fra andre grundvandundersøgelser, fx i forbindelse med kortlægningen af grundvandet i områder med særlige drikkevandsinteresser. Data er præsenteret med en række enkelte 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). Da denne rapportering er udsat til april 2009, er der undtagelsesvist inddraget enkelte centrale data fra 2008, hvor det har betydning for helheden.

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
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 og Lars Trolborg
Tema: Klima	Torben Sonnenborg

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 978-87-7871-244-8

1 Sammenfatning

Overvågningen af grundvandet og det øvrige vandmiljø har nu fundet sted i næsten 20 år, siden 1989. Dette års rapport præsenterer nye data fra 2007, og giver for første gang en rapportering af det nationale pejleprogram.

Kommunalreformen i 2006 medførte en total omlægning af datastrømmene for vandanalyser af grundvand og drikkevand, vandforbrug/oppumpede vandmængder fra vandværkerne samt pejledata. I den forbindelse har der været betydelige problemer med den tekniske overførsel af data fra amterne, laboratorierne og kommunerne til den nationale grundvandsdatabase Jupiter.

Data fra 2006 og 2007 er på flere områder mangelfulde. Der er stadig et betydeligt efterslæb i mange kommuner 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. Desuden er der mangelfuld indberetning af oppumpede vandmængder fra 2006 og 2007.

Der resterer fortsat et vist arbejde med at få indlæst alle overvågningsprogrammets pejledata fra amterne og Miljøcentrene til JUPITER. Denne opgave ligger især hos Miljøcentrene.

Nitrat

For at vurdere ændringen af grundvandets nitratindhold som følge af implementeringen af Vandmiljøplanen i 1987 og senere tiltag, må man se på det yngste grundvand. Det ser ud til at gå den rigtige vej med nitratindholdet i det yngste vand, således at effekten af vandmiljøplanerne nu begynder at kunne iagttages i grundvandet. Nitratindholdet topper omkring 1985 og falder derefter svagt, hvilket vurderes at kunne tilskrives ændringer i landbrugets dyrkningspraksis siden vedtagelsen af Vandmiljøplanen. Det dækker over betydelige variationer som følge af arealanvendelse, jordtyper mv. Specielt er der i det helt unge vand en mindre andel af analyser med meget højt nitratindhold på 100 mg/l eller mere. Samtidig er der i det yngste grundvand flere boringer med faldende nitrat end i grundvand fra før vandmiljøplanerne.

Det konkluderes, at det ser ud til at gå den rigtige vej med nitratindholdet.

Ses der på de boringer, hvorfra vandværkerne indvinder vand til drikkevandsproduktion, overskrider kun få grænseværdien for nitrat i 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.

På grund af utilstrækkelig indberetning af data fra vandværkernes boringskontrol, indgår rapportering om sporstoffer og miljøfremmede stoffer fra vandforsyninger ikke i dette års rapport.

Pesticider

Der findes stadig en stigende udbredelse af pesticider i grundvandet på landsplan, og i 2007 blev der fundet pesticider i næsten 40 % af de undersøgte overvågningsindtag, mens grænseværdien for drikkevand på 0,1 µg/l var overskredet i næsten 15 % af indtagene. Særligt de højtliggende 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 en højere fundprocent 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 i 2003) og nedbrydningsprodukter heraf

har indgået i analyseprogrammet siden 2004. Stoffet eller dets nedbrydningsprodukter indgår normalt ikke i vandværkernes borings- eller drikkevandskontrol.

Et stigende antal boringer fra både grundvandsovervågningen og fra vandværkernes boringskontrol indeholder glyphosat (samt 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 2007 fundet pesticider i 25 % af de aktive vandværksboringer, mens grænseværdien for enkeltstoffer var overskredet i 4 % af de aktive vandværksboringer. Da vandværkerne ikke endnu 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 i dag 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 under transporten mod de magasiner, hvorfra der i dag indvindes grundvand.

Vandindvinding

De seneste 6-7 år har det årlige forbrug af grundvand i Danmark ligget mellem 600 og 700 mio. m³. Indvindingen fra vandværker, den almene vandforsyning, udgjorde i 2005 65 % af den samlede grundvandsindvinding, mens markvanding, gartneri og dambrug tegnede sig for 26 %. Der er et stort behov for at få forbedret indberetning af data, idet mange kommuner har et stort efterslæb på indberetning af oppumpede vandmængder. Disse data er kritiske for vurderingen af grundvandets kvantitative tilstand, og ikke mindst for vurderingen af i hvilket omfang markvanding påvirker økosystemerne i vandløb og vådområder.

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 grundvandspotentialet. Ud fra tidsserier fra det nationale pejleprogram ses der generet en stigning i grundvandspotentialet fra slutningen af 90'erne og til i dag for både de dybe og regionale pejleboringer. Dette skyldes antageligt et fald i indvindingen fra de større kildepladser pga. indførelse af vandafgifter mv., som har bevirket et markant fald i indvindingen, og dermed en stigende mængde af tilgængeligt grundvand. Den største effekt af denne reduktion i indvindingen ses især på Sjælland og i Østdanmark, hvor der også er observeret stigninger i grundvandspotentialet over de senere år.

Den nationale vandressource model (DK-model), som opdateres og videreudvikles under NOVANA programmet, har som overordnede 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 nedluk-

ning som led i den nationale grundvandskortlægning i områder med særlige drikkevandsinteresser. Øvrige elementer i opdateringen har været en detaljering af vandløbsopsætningen og input data, såsom klima data, indvindingsdata og spildevandsudledninger, ligesom der er sket en detaljering af det numeriske grid. Hjemmesiden for den nationale vandressource model 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 since 1989. This report presents new data from 2007 and for the first time The National Monitoring Programme for Groundwater Levels is reported.

Since 2007 there have been considerable problems with the technical transmission of data from the former counties, the laboratories and the municipalities to the national groundwater database JUPITER. This is due to a total reorganisation of the data transfer for chemical analyses of groundwater and drinking water, water abstraction, and measurements of the groundwater table. Data from 2006 and 2007 are thus incomplete. Many municipalities have not yet adapted regular procedures for data handling in JUPITER, especially for data on abstraction of groundwater. 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.

Nitrate

In order to judge the change of nitrate concentration in groundwater due to the implementation of the Water Action Plan in 1987 and following legislation and action plans, one has to look at the youngest 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. The highest nitrate concentrations are in groundwater formed in the mid 1980s and a small decrease is found thereafter, indicating that changed agricultural practise has an effect on groundwater quality. This covers large variations in agricultural practise, soil type, crops etc, but in the youngest groundwater more wells have dropping nitrate content compared to before the action plans. It can be concluded, that the development of the nitrate content in groundwater is going in the right direction. Only a few results from water supply wells exceed the MAC for drinking water. This is due to the fact that wells with exceedences have been closed and often replaced by new deeper wells, meaning that polluted groundwater is not selected for drinking water production. Nitrate thus diminishes the available groundwater resource.

Pesticides

Pesticides are mainly found in shallow groundwater or younger groundwater. Pesticides or their metabolites are found in almost 40 % of the well screens in groundwater monitoring areas, and in almost 15 % of the screens the concentrations are above MAC of 0.1 µg/l for drinking water. Monitoring for pesticides and their metabolites now only occurs in screens with groundwater formed after app. 1950. A higher number of findings have appeared since 2004, when metribuzin (herbicide used in potato production, banned in 2003) and associated metabolites were included in the monitoring programme. Metabolites of metribuzin were in some areas found in more than half of the analysed screens (in 25 out of 45). Metribuzin and its metabolites are not a part of the control programme of water works abstraction well nor of the drinking water analysis.

Glyphosat and its metabolite AMPA is found more frequently in water work 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 water works wells, and the MAC was exceeded in 4 %. With this the falling frequency of pesticide findings have ceased and the frequency is again rising. As

the water works do not include all of the pesticides with findings from the monitoring programme, it can be expected to find more pesticides in the water works wells if these pesticides were included in their monitoring programmes. Today the larger water works 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.

Abstraction of water

During the last 6 to 7 years the yearly abstraction of groundwater in Denmark has been between 600 and 700 million m³. Abstraction from water works for drinking water purposes accounted for 65 % of the total groundwater abstraction, while irrigation and fish farming are assigned for 26 %. There is an urgent need to improve the reporting of water abstraction to the JUPITER database. These data are critical for the evaluation of the quantitative state of the groundwater bodies, and especially for estimation of the impact from irrigation on dependent ecosystems in streams and wetlands.

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 prices. 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 catchments 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 large 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.

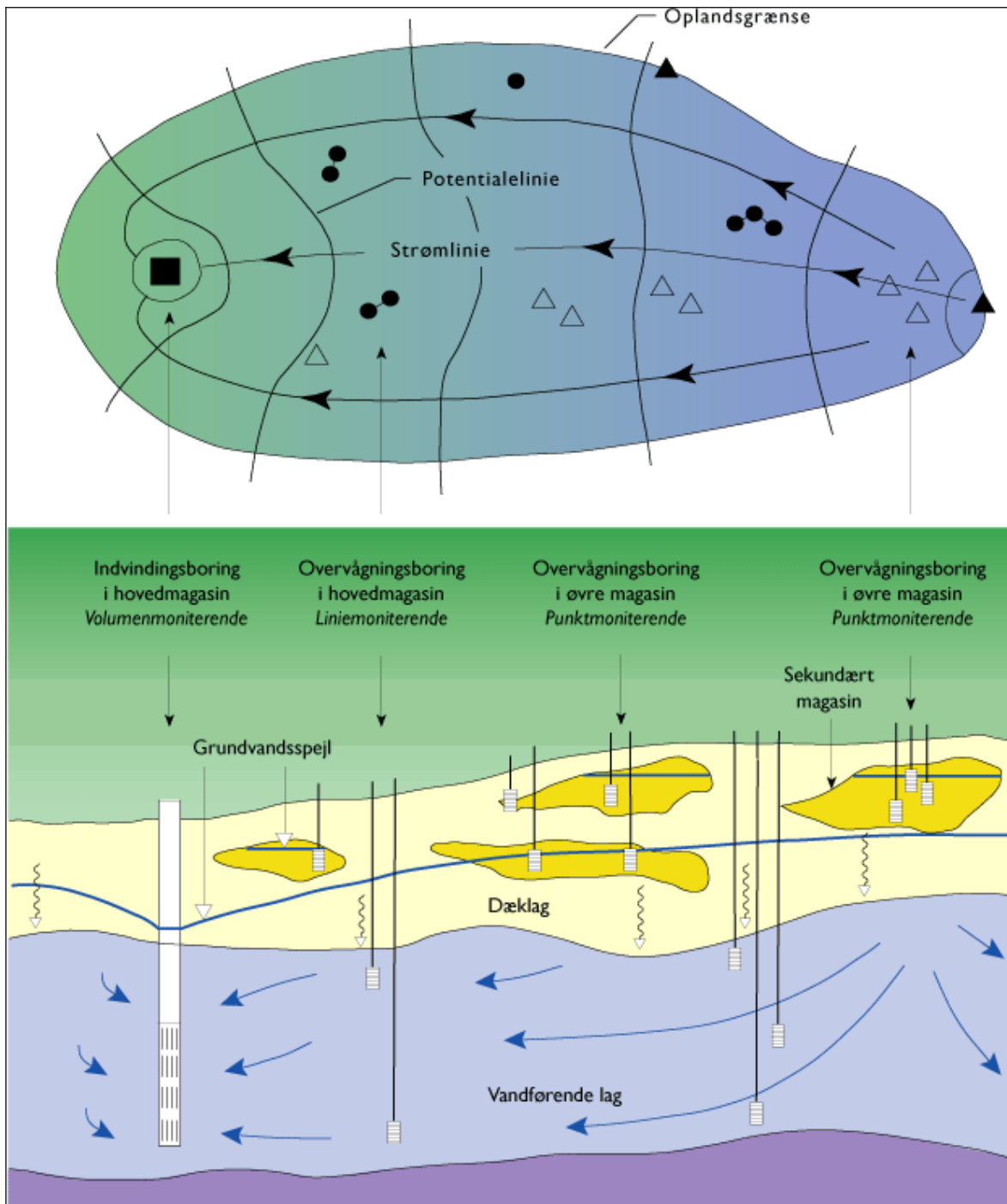
2 Indledning

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 og de generelle landbrugsreguleringer i forhold til grundvandets 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 74 grundvandsovervågningsområder (GRUMO) og 5 landovervågningsoplande (LOOP). Hvilende områder er markeret med kursiv. I 6 områder er der yderligere etableret en redoxboring til overvågning af de kemiske forhold omkring redoxzonerne. Landovervågningsoplandene består af tre ler-oplande (Horndrup Bæk, Lillebæk og Højvads Rende) og to sand-oplande (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 blandt andet komme øget fokus på det delmål at beskrive kvaliteten af det grundvand, der udgør basistilstrømningen til de danske ferske vande.

NOVANA programmet løber i perioden 1. januar 2004 til 31. december 2009, og gennemgik en midtvejsjustering i 2006 med effekt fra januar 2007. Denne midtvejsrevision indebar et formaliseret program for overvågning af grundvandets kvantitative tilstand, i form af det nationale

pejleprogram, samt indførelse af DEVANO, der er et overvågningsprogram, der retter sig mod grundvandets påvirkning af overfladevand, se kap 10.

Grundvandsovervågning

I forbindelse med revisionen af det forrige overvågningsprogram, NOVA-2003, blev det besluttet, at der skulle øget fokus på det unge, terrænnære grundvand. Derfor er ca. 330 nye overvågningsindtag til ringe dybde blevet etableret. Disse borerer blev for hovedpartens vedkommende etableret i 2005 og først prøvetaget senere i 2005 eller i 2006. Boringerne skal prøvetages mindst én gang pr. år i resten af NOVANA perioden. På grund af den ufuldstændige dataoverførsel er det endnu ikke muligt at få et fuldt overblik over boringernes vandkvalitet og egnethed til overvågning. Det dokumenteres dog i kapitel 3 om grundvandets alder, at det er lykkedes at få en større andel af det unge vand ind i overvågningsprogrammet.

Grundvandsovervågningen omfatter 74 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 multiferterboringer til overvågning af grundvandets hovedbestanddele i Rabis Bæk området, og 77 indtag i fire redoxboringer etableret i 1998-1999. Yderligere 2 redoxboringer er etableret i 2005, hvor redoxboringen fra Vejby i Nordsjælland afrapporteres for første gang i denne rapport. Grundvandsovervågningen omfatter endelig ca. 85 indtag i grundvandet i de fem landovervågningsoplande (LOOP), hvor bl.a. kvaliteten af det helt nydannede grundvand overvåges i indtag, som ligger 1½-6 meter under terræn. Der er således 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 (DMU 2007).

En ny overvågningsaktivitet DEVANO blev iværksat fra 2007, hvor miljøcentrene i grundvandsforekomster, hvor der kunne være risiko for at miljømålsætningerne ikke vil være opfyldt i 2015, har etableret en række korte overvågningsboringer. I 2007 blev i alt 19 borerer sat i områder med dårlig datadækning og uden for områderne med særlige drikkevandsinteresser (OSD), idet der skulle være fokus på påvirkning af overfladevand. Omkring 13 af disse vil blive inddraget i det fremtidige faste stationsnet.

Vandværkernes indvindingsboringer

I Miljøministeriets bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg (Miljøstyrelsen 1988, 2001 og 2007) har der siden 1989 været stillet krav om overvågning af kvaliteten af det grundvand, der indvindes i vandværkernes borerer – den såkaldte boringskontrol (Miljøstyrelsen 1990 og 1997), der iværksættes og finansieres af vandværkerne. Den enkelte boring skal kontrolleres mindst hvert 5. år – nogle oftere (ned til hvert 3. år), alt efter hvor store mængder drikkevand, det pågældende vandværk producerer. Boringskontrollen (analyser af grundvandets kvalitet i indvindingsboringerne) udføres over tid i et skiftende antal borerer, idet nye indvindingsboringer kommer til og andre udgår af forskellige årsager, så som tekniske problemer, forureninger m.v. Der bliver på den måde løbende en bedre drikkevandskvalitet for forbrugerne, uden at der er en tilsvarende forbedring af grundvandskvaliteten. Der fandtes i

2005 ca. 2.600 vandværker i Danmark (DANVA 2006) med omkring 10.000 tilknyttede boringer.

Til denne rapport er der så vidt muligt udsøgt boringer fra aktive vandværker til at beskrive kvaliteten af det vand, der på et givet tidspunkt anvendes til drikkevandsformål. Alle boringer i gruppen "indvindingsboringer" er i denne rapport boringer, der i JUPITER databasen er knyttet til aktive vandværker. Der findes imidlertid ingen oplysninger om, i hvilke perioder vandværkernes enkelte boringer er i drift. Samtidig er der et efterslæb med hensyn til opdateringen af vandværkernes boringsstatus i JUPITER efter kommunalreformen, idet mindst 30 kommuner endnu ikke opdaterer disse oplysninger i JUPITER. Dette giver risiko for, at en boring i denne rapport er behandlet som aktiv indvindingsboring, selvom boringen ikke længere er aktiv eller eksempelvis er en anden boring uden indvinding, der er tilknyttet vandværket, og som vandværket ønsker at kende kvaliteten i. Analyser fra boringer, som ikke stammer fra aktive vandværker eller overvågningsboringer fra NOVANA-programmet er kategoriseret som "andre boringer", og vil typisk indeholde data fra amternes 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.

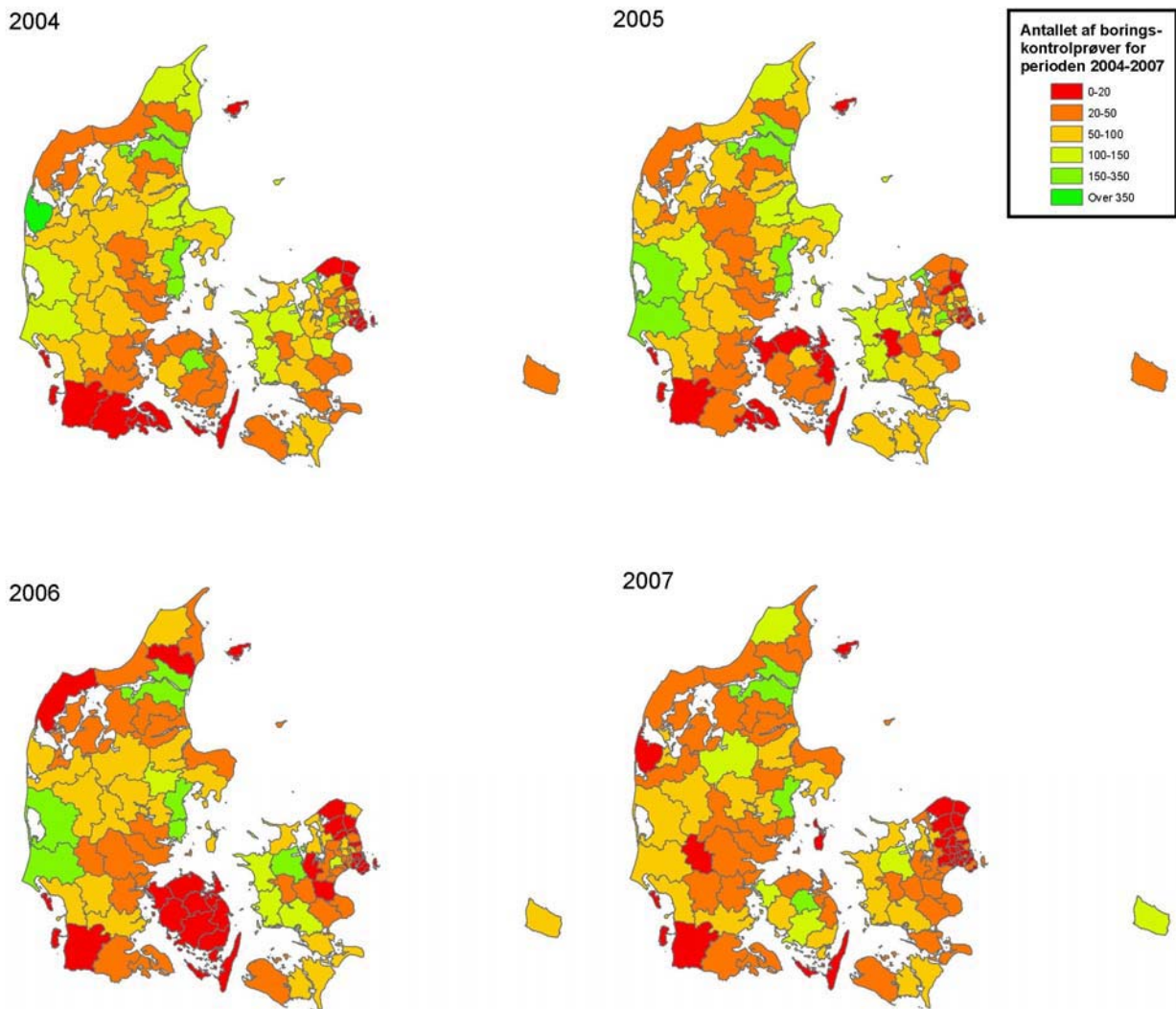
Rapportering

Hvert år siden 1989 har GEUS udarbejdet en rapport over grundvandsovervågningen. Fra 2005, der var det første rapporteringsår af NOVANA programmet, var der tale om en indikatorbaseret rapportering, der udelukkende udkommer elektronisk. På grund af kommunalreformen var der ingen rapportering i 2006. Denne rapport afrapporterer data indsamlet frem til 2007, og udkommer først forår 2009 som følge af flere problemer med dataoverførsel i det samlede NOVANA program.

Datagrundlag

Årets rapportering bygger på de data miljøcentrene (indtil 2006 amterne) har indberettet til den fællesoffentlige database Jupiter. En gennemgang har vist, at datagrundlaget for dette års rapportering ikke er komplet. Det skyldes de store omlægninger af dataindberetningsstrukturen i forbindelse med kommunalreformen. Indberetningen af vandanalyser fra såvel grundvandsovervågningen som boringskontrollen og øvrige undersøgelser skal foretages af de udførende analyselaboratorier direkte til JUPITER. Efterfølgende skal kommunerne eller miljøcentrene godkende data, før de bliver offentligt tilgængelige. De nye indberetningsprocedurer fungerer endnu ikke tilfredsstillende, hvilket medfører, at der mangler mange data fra sidste halvdel af 2006 og frem. Der arbejdes målrettet på at rette op på situationen på såvel GEUS som i de berørte Miljøcentre og kommuner.

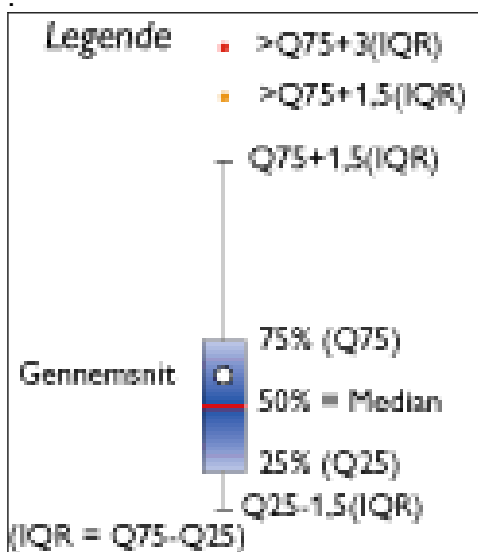
På figur 3 er vist en opgørelse over udviklingen i antallet af boringskontrolprøver i JUPITER, der er udtaget i perioden 2004-2007. For overskuelighedens skyld er det valgt at vise opgørelsen i forhold til de nye kommunegrænser, velvidende at de som administrative enheder først eksisterede efter 1. januar 2007. Data for 2006 var imidlertid indberetningspligtige i 2007 og som sådan de nye kommuners ansvar.



Figur 3. Antallet af indberettede boringskontrolprøver for 2004-2007

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 % fraktilen, 75 % fraktilen og minimum- og maksimumværdier når outliers (ekstreme, formodentlig utroværdige værdier) er udeladt. Nedenfor i figur 4 er præsenteret en legende til alle de anvendte boks-diagrammer i denne rapport.



Figur 4. Legende til boks-diagrammer anvendt i denne rapport. Q står for kvartil således at Q25 udgør grænsen mellem 25 % laveste værdier og 75 % største værdier fra datamængden.

Referencer

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

Miljøministeriet 1988: Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. – Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 515 af 29. august 1988

Miljø- og Energiministeriet 2001: Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. – Miljø- og Energiministeriets bekendtgørelse nr. 871 af 21. september 2001.

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

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

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

Vandstatistik. Drikkevand og spildevand 2005. DANVA 2006

Grundvandsdirektivet. Europa-parlamentets og rådets direktiv 2006/118/EF om beskyttelse af grundvandet mod forurening og forringelse

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

3 Grundvandets alder.

Datagrundlag

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 vand, 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 alt grundvand dannet før ca. 1950, mens det unge grundvand er dannet efter 1950. Dette er en rimelig opdeling set ud fra en geologisk betragtning, da opholdstiden i mange grundvandsmagasiner kan være flere hundrede år. 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 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 er konstant i det overvågede grundvand. I enkelte filtre ses store udsving i alderen i indtagene, og her er alderen i grundvandet ud for filteret formentlig påvirket af varierende strømningsforhold, der opstår når grundvandsspejlet varierer med tørre og våde perioder. (Laier og Thorling, 2005).

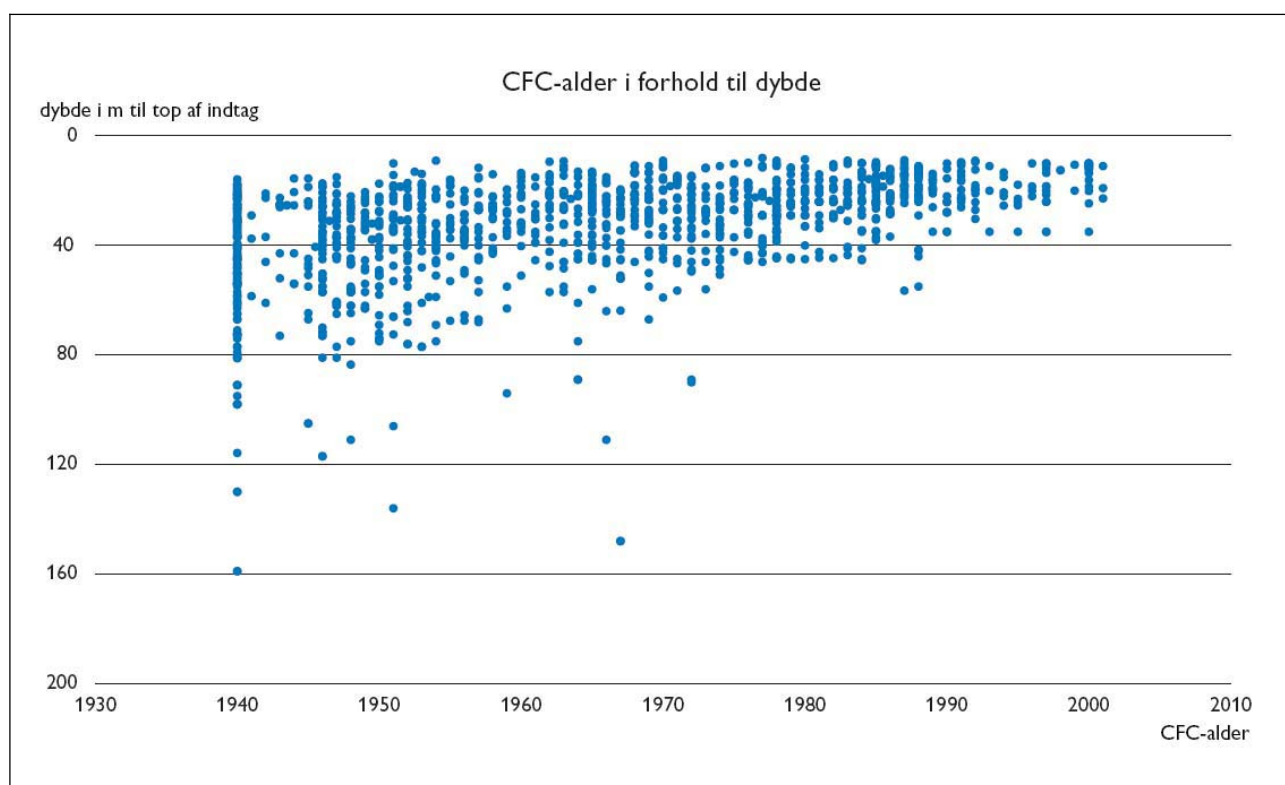
Relevans af datering

Der er ingen simpel sammenhæng mellem grundvandets dybdeforhold og grundvandets alder, se figur 5. Tolkning af udviklingstendenser i vandkvaliteten er vanskelig uden kendskab til grundvandets alder i de enkelte filtre. Datering af grundvandet i de enkelte overvågningsfiltre 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 filtre i relativt ungt grundvand i de seneste år.

Tilstand og udvikling

Figur 5 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 dannelses tidspunkt og dermed alder, og at der selv i de øverste 20 m ikke er nogen sammenhæng mellem dybde og alder. 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.

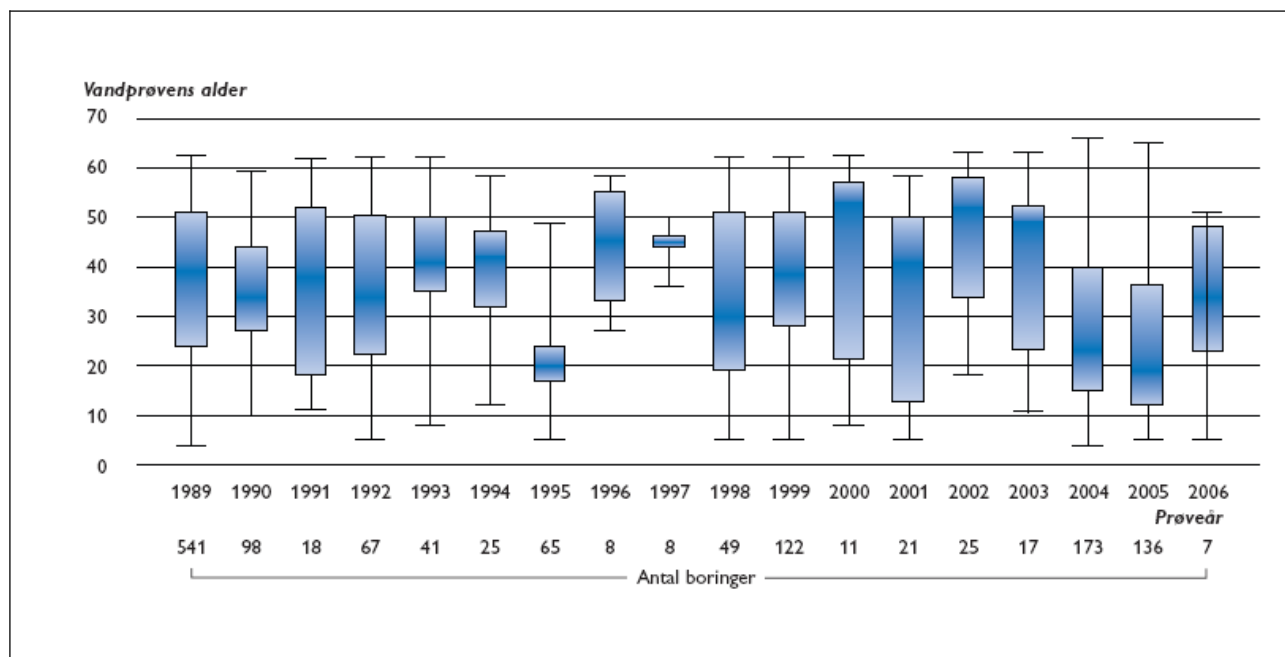


Figur 5. Aldersfordelingen udtrykt ved CFC årstal for overvågningsfiltre som funktion af dybden til filtertop m.u.t.

Figur 6 viser fordelingen af grundvandets alder i de indtag, der er etableret forskellige år i overvågningsprogrammet. Grundvandets alder er beregnet som CFC-alder minus prøvetagningsåret. Der er løbende under hele overvågningsprogrammet etableret overvågningsboringer. Den største indsats lå i 1988 -1990. De mange dateringer i 1999 stammer fra etableringen af redoxboringerne. I 2004-6 er der igen etableret mange boringer, hvor der skulle fokuseres på det øverste grundvand, og gerne så ungt grundvand som muligt.

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 kan vise evt. effekter af vandmiljøplanen på grundvandets kvalitet. Bemærk, at der før 2001 kun var etableret ret få boringer med så ungt vand.

Derimod er det lykkedes i de seneste år (2004 - 2006) at etablere en række boringer med en alder med median ca. 20 år. Set i lyset af aldersfordelingen i figur 5, er der en stor risiko for at møde gammelt vand selv i relativt terrænnært grundvand, så derfor må det vurderes, at indsatsen for at få flere unge filtre i overvågningen er lykkedes.



Figur 6. Aldersfordeling af grundvand i GRUMO-indtag som funktion af boringens etableringsår. Alderen af vandet er beregnet som CFC-alders minus prøvetagningsåret for CFC analysen. Boksen angiver 25 % til 75 % fraktile med medianværdien vist som vandret strege i boksen. De lodrette streger angiver max/min alder. Dog således at maks-alders er detektionsgrænsen, dvs. vand dannet før ca. 1940.

Udvikling i nitrat og grundvandets alder

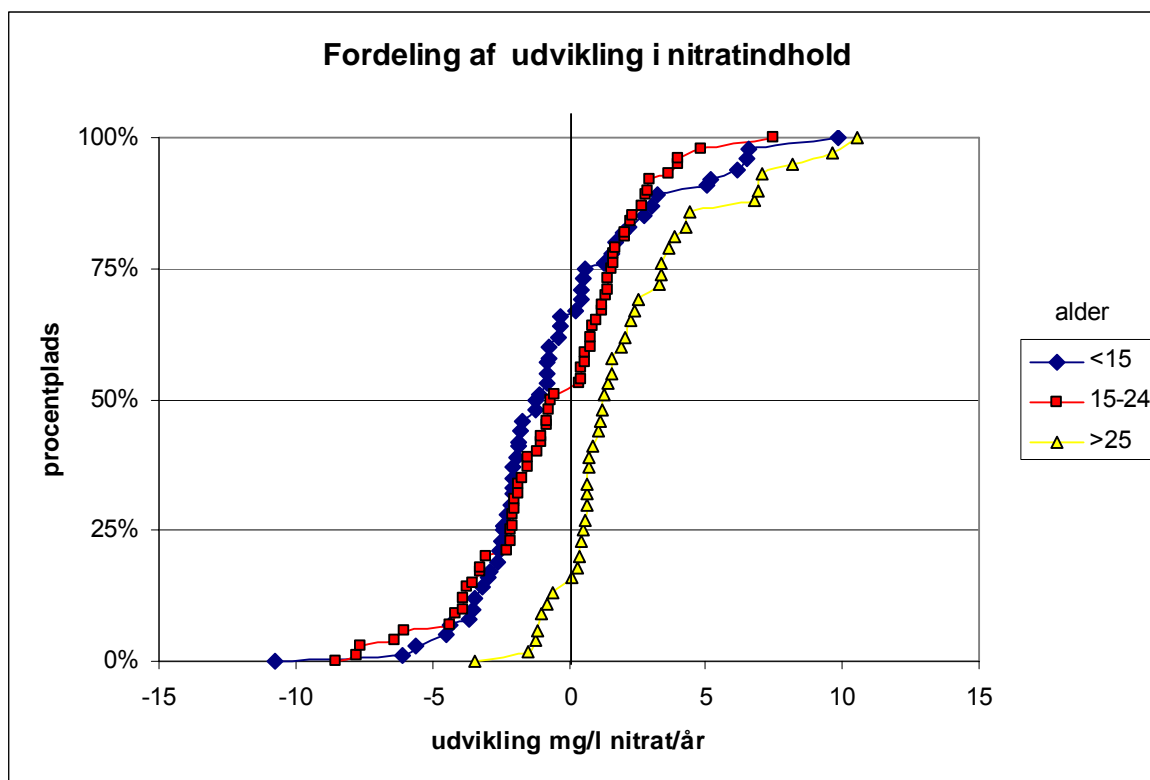
I forbindelse med miljøcentrenes arbejde med vandplanerne har GEUS for By og Landskabsstyrelsen beregnet udviklingen i nitratindholdet for alle overvågningsfiltre med en lineær regressionsanalyse. Resultaterne herfra tager ikke hensyn til skift i udviklingstendensen undervejs i den periode, hvor filtret er overvåget, men giver et groft indtryk af udviklingen i nitrat i grundvandet. Der indgår kun filtre med en medianværdi for nitrat på over 10 mg/l og mindst 5 vandprøver.

Udviklingstendensen for nitrat måles i mg/l/år, dvs hvor meget nitratindholdet ændres pr. år, se figur 7. Positive værdier er et udtryk for stigende nitrat, mens negative værdier er et udtryk for faldende nitratindhold. For at se om der er sket en ændring siden vandmiljøplanerne og de øvrige indgreb over for landbrugets kvælstofhusholdning, er filtrene opdelt i tre grupper,

- vand fra før denne periode, dvs. alderen skal være større end 25 år. (dvs fra før 1983)
- perioden omkring indførelsen af disse indgreb (dvs ca. 1983-1993)
- ungt vand fra efter 1993.

For disse tre grupper er fordelingen af udviklingstendensen vist på figur 7. Det fremgår, at der i det ældste nitratholdige grundvand stort set kun kan identificeres stigende nitratkoncentrationer, blot 15 % har et faldende nitratindhold. Omvendt gælder, at i det yngste vand er der 65 % af filtrene, som har et faldende indhold af nitrat. Det er også bemærkelsesværdigt, at der i gruppen af filtre med vand dannet omkring indførelsen af nitratregulering i landbruget er stort set lige mange filtre med stigende som faldende nitrat. Dette er formentlig udtryk for, at nitratbelastningen netop på dette tidspunkt kulminerede, og yderligere stigning i den generelle nitratudvaskning ikke har fundet sted siden da. Dette udelukker naturligvis ikke, at konkrete arealer har været genstand for ændringer i arealanvendelsen, der lokalt har øget udvaskningen.

Det skal også tilføjes, at da stigningstakten er beskrevet i forhold til alderen af grundvandet i dag, vil der for tidsserier på fx 14 år for det ældste vand være tale om udviklingen i nitrat fra fx 1965 til 1978, eller 1970-1983. Alt i alt må det dog konkluderes, at der er tale om en markant udvikling, idet der forekommer stadigt flere filtre med faldende nitrat jo yngre grundvand, der er tale om. En anden anvendelse af CFC og nitratdata fremgår af figur 17, hvoraf det også fremgår, at der kan anes et fald i nitratindholdet i det yngste grundvand.



Figur 7. Fordelingen af udviklingstendens for nitrat i mg nitrat/år for overvågningsfiltrene. Filtrene er grupperet efter alder, således der er en kurve for filtre med grundvandet dannet før vandmiljøplanerne (alder > 25 år) samt omkring og efter vandmiljøplanerne (alder 15-25 år) samt ungt vand < 15 år gammelt. Der er kun anvendt filtre, hvor medianværdien af nitratindholdet > 10 mg/l og mindst 5 analyser.

Referencer

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

4 Hovedbestanddele

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

I overvågningsprogrammet analyseres der i grundvand med det begrænsede program (kalium, klorid, sulfat, nitrat, nitrit, ammonium, jern og mangan) eller det fulde program (de førnævnte plus calcium, bikarbonat, fluorid, magnesium, natrium, total fosfor, NVOC, aggressiv kuldioxid, svovlbrinte og metan samt ortho-fosfat og total-kvælstof 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 målinger af ilt og pH, samt at grundvandskvaliteten er stabil og repræsentativ for magasinet, inden en grundvandsprøve udtages til laboratorieanalyse. Dette sikres ved at kontrollere, at de 5 parametre har nået et realistisk stabilt niveau, inden prøven udtages. 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 NVOC, 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. m^3 pr. år) til hvert 5. år (3.000 - 35.000 m^3 per år) (Miljøstyrelsen, 2007).

I dette års rapportering fokuseres der alene på nitrat. Valget af nitrat er begrundet i det overordnede formål med overvågningen (bl.a. med hensyn til effektmåling af vandmiljøplanerne) og det forhold, at nitrat er en af de vigtigste årsager til, at mange grundvandsforekomster er i risiko for ikke at opfylde målsætningerne.

Relevans af nitrat

Nitrat i grundvandet stammer hovedsagelig fra kvælstofudvaskning fra landbrugsarealer. I den umættede zone kan mængden af nitrat fra gødningen reduceres ved optagelse i planter eller ved denitrifikation (omdannelse til frit kvælstof). Den overskydende mængde af nitrat udvaskes til grundvand eller overfladevandsforekomster. I grundvandets anoxiske zone bliver nitrat reduceret yderligere af nitratreducerende stoffer som pyrit, organisk stof eller Fe(II).

Selv lave koncentrationer af nitrat i grundvand kan ved udstrømning til overfladevandforekomster resultere i eutrofiering af vandmiljøet og grundvandsafhængige terrestriske økosystemer. 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 nitrosaminer, som er kræftfremkaldende.

Målsætning for nitrat

Indholdet af nitrat i drikkevand må ikke overstige grænseværdien på 50 mg/l (Miljøstyrelsen, 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). Lavere tærskelværdier for nitrat i

grundvand vil evt skulle fastsættes, når hensyn til overfladevand og fjerde inddrages i vandplanerne (Hinsby mfl. 2009)

Fordeling af nitratindhold i overvågningsindtag og indvindingsboringer samt dybdemæssig fordeling

Datagrundlag

Udviklingen i grundvandets nitratindhold bygger på data fra alle aktive indtag fra grundvands- overvågningen, 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. Data fra alle disse aktive indtag er benyttet til bedømmelse af udviklingen i grundvandets nitratindhold for hele perioden 1990-2007.

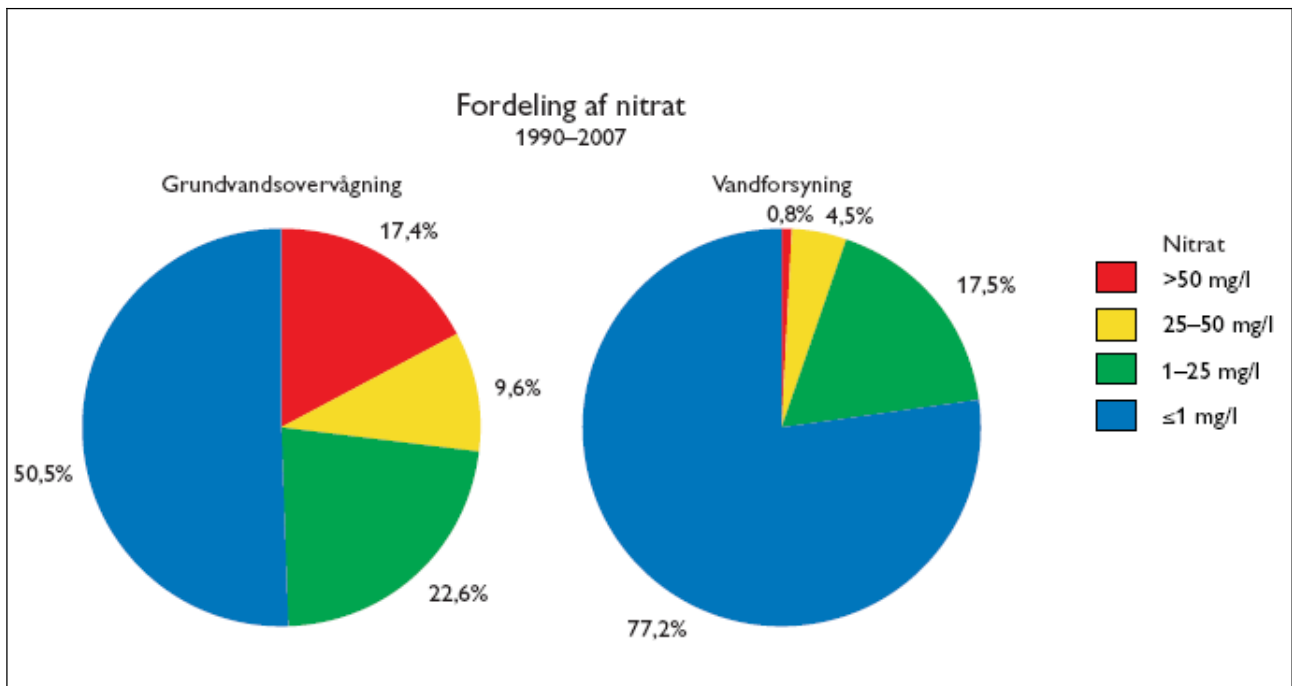
Der indgår et varierende antal indtag i de årlige beregninger, hvilket skyldes, at alle indtag ikke er analyseret kontinuert siden 1990, da overvågningsprogrammet løbende er justeret. Data-sættet fra 2007 er ufuldstændigt, som diskuteret i indledningen. Antallet af nitratanalyser i grundvandsovervågningen (GRUMO), landovervågningen (LOOP), vandværkernes boringskontrol og fra "andre boringer" fremgår af tabel 1. Når antallet af nitratanalyser i 2007 sammenlignes med antallet af nitratanalyser i 2005 fremgår det, at datagrundlaget med hensyn til nitratanalyser er lavere i 2007 med hhv. ca. 30 % i GRUMO og ca. 40 % i boringskontrol og andre boringer. Derimod er datagrundlaget for LOOP på højde med de foregående år.

	GRUMO	LOOP	Boringskontrol	"Andre boringer"	I alt
2005	1866	445	1732	929	4972
2006	1887	389	1101	715	4042
2007	1301	476	1031	413	3221
1990-2007	38.855	13.115	27.022	23.643	102.635

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

Fordeling af nitratindhold i perioden 1990 - 2006

En oversigt over fordelingen af nitratindholdet i gennemsnit per indtag i perioden 1990-2006 i grundvandsovervågningen og i vandværkernes indvindingsboringer er vist i figur 8. Det fremgår at ca. 17 % af indtagene i grundvandsovervågningen i gennemsnit har et nitratindhold over 50 mg/l, mens det for vandforsyningsboringerne er nede på ca. 1 %. Fordelingen af nitratkoncentrationer i grundvandsovervågningen har stort set været uændret siden overvågningsprogrammets start. Med hensyn til fordelingen af nitratkoncentrationer i indvindingsboringerne viser resultatet for perioden 1990-2007 i forhold til perioden 1990-2004 en markant reduktion fra ca. 28 til 23 % i andelen af indvindingsboringer med et gennemsnitligt nitratindhold højere end 1 mg/l. Dette skyldes formentligt at mange mindre vandværker, har lukket boringer med nitratholdigt grundvand, da det især er i denne vandtype, der er fundet pesticider.

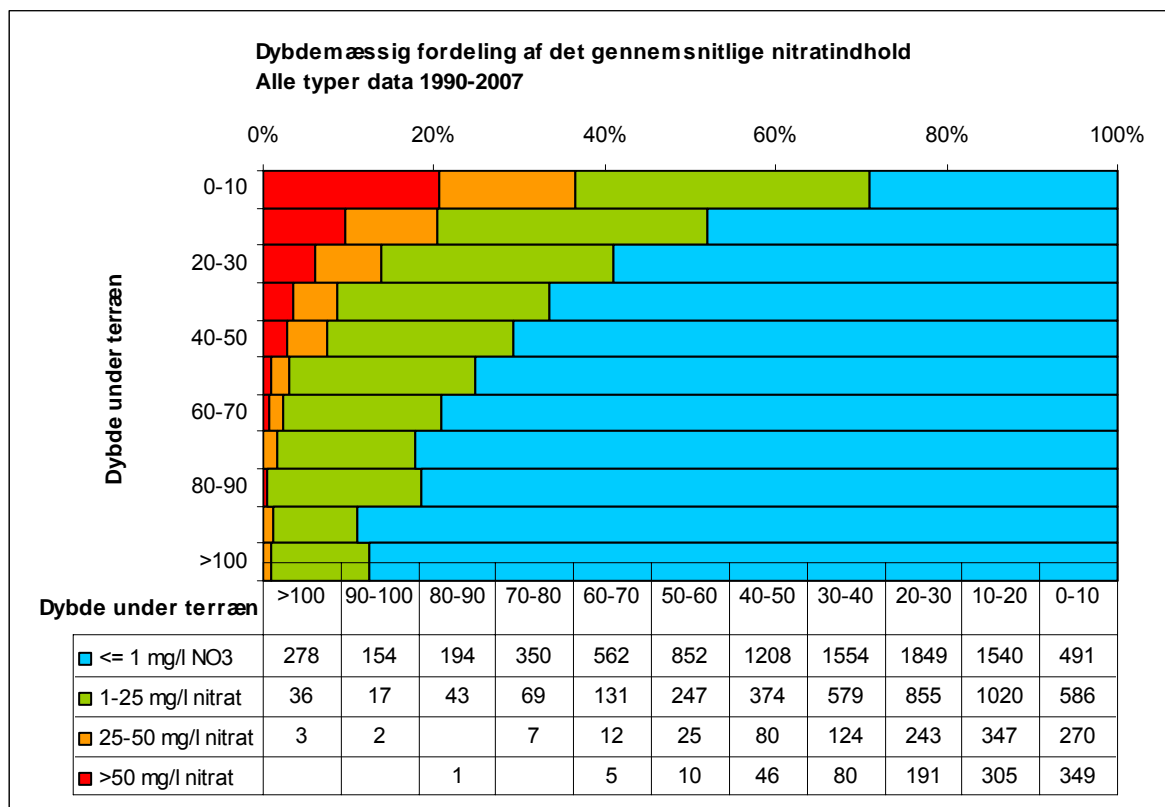


Figur 8. Fordeling af det gennemsnitlige nitratindehold i mg/l for indtag i grundvandsovervågningen og i boringskontrolanalyserne i vandværkernes indvindingsboringer. Der er anvendt gennemsnitsværdier for nitrat per indtag for perioden 1990-2007.

Dybdemæssig fordeling af nitratindehold i alle analyserede indtag og boringer

For perioden 1990-2007 foreligger der i alt 131.898 nitratanalyser fra land- og grundvandsovervågningen, fra boringskontrolanalyserne i vandværkernes indvindingsboringer og fra gruppen 'Andre boringer'.

I figur 9 er vist den dybdemæssige fordeling af det gennemsnitlige nitratindehold i 15.089 indtag, som er analyseret for nitrat i perioden 1990-2007, og hvor der samtidig er kendskab til dybden, hvor filteret er placeret. Fordelingen af nitratkoncentrationerne er opdelt i fire grupper (≤ 1 , 1-25, 25-50 og > 50 mg/l) og er afbilledet mod toppen af indtaget (meter under terræn). Den største del af analyserne med et indhold af nitrat over 25 mg/l kommer fra indtag, der ligger ned til ca. 50 meter under terræn. De højeste nitratindehold findes ikke uventet i de øverste 10 meter af jordlagene med nitrat større end 1 mg/l i ca. 71 %, og nitrat over 50 mg/l i ca. 21 % af indtagene.



Figur 9. Dybdemæssig fordeling af det gennemsnitlige nitratindhold i alle 15.086 indtag, som er analyseret for nitrat i perioden 1990-2007, i land- og grundvandsovervågningen, boringskontrollen i vandværkernes indvindingsboringer og i 'Andre boringer'. Antal indtag i hvert dybdeinterval er anført i tabellen under figuren.

Nitrat under forskellige ilttingsforhold

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 iltzonen 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).

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 anoxiske nitratreducerende zone, hvor ilt ikke er tilstede. I den anoxiske zone er nitraten 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 dermed ikke bærer tydelige præg af arealanvendelsen, men af lokale geokemiske forhold og grundvandets strømningsforhold.

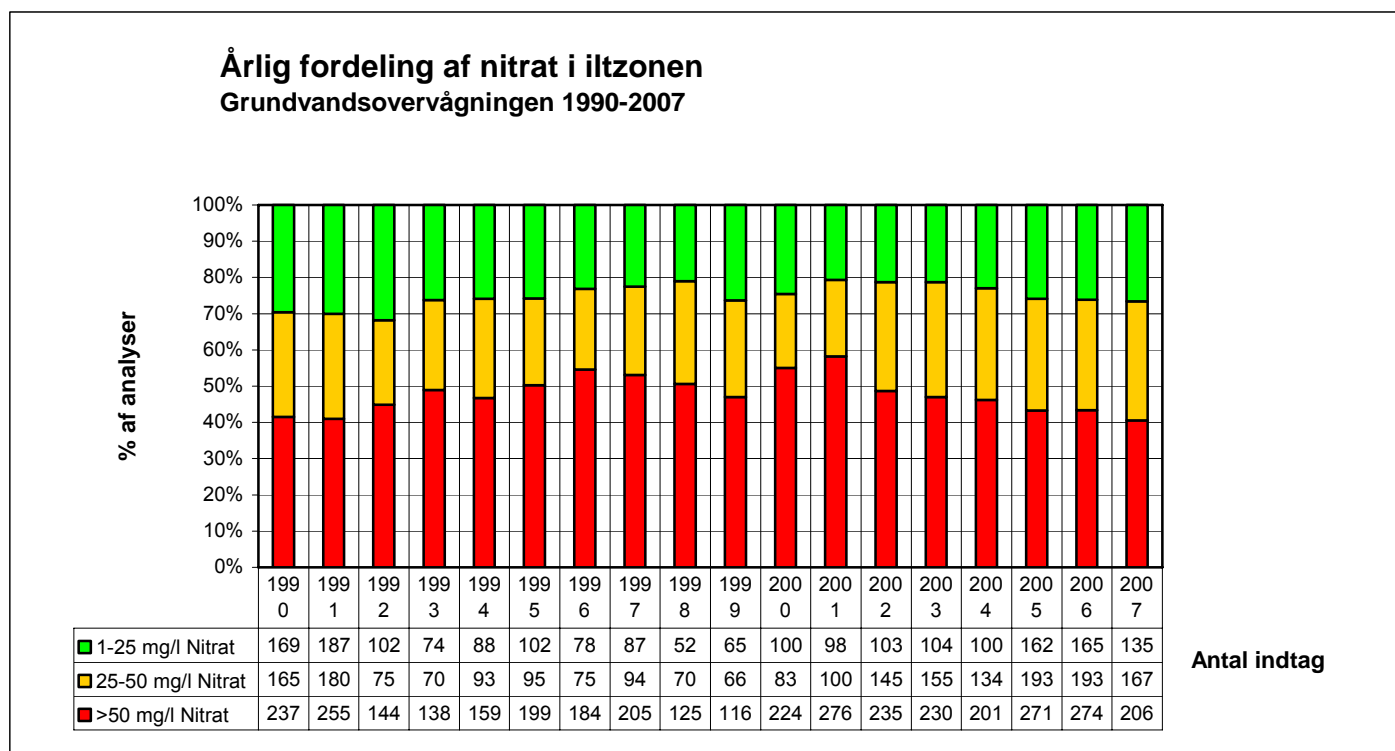
Nitratindhold i grundvandets iltzone – grundvandsovervågning

Datagrundlag

Beskrivelse af nitratindholdet i grundvandet er baseret på data fra alle aktive indtag i grundvandsovervågningen fra perioden 1990-2007. Til vurdering af den tidsmæssige udvikling af nitratindholdet i det øverste iltholdige og ofte nitratbelastede grundvand er der kun anvendt data fra iltzonen dvs. grundvand med mere end 1 mg/l ilt og 1 mg/l nitrat.

Tilstand, udvikling og årsag

Fordelingen af alle nitratanalyser fra det iltede grundvand (med ilt > 1 mg/l og nitrat > 1 mg/l) i grundvandsovervågningen fra perioden 1990-2007 er i figur 10 vist i 3 klasser (1-25, 25-50 og > 50 mg/l). Der er i alt 7803 analyser fra iltet grundvand i grundvandsovervågningen fra 1990-2007. Antallet af nitratanalyser i iltet grundvand ligger de seneste 3 år generelt lidt højere (508-632 analyser) end de foregående år (435-489 analyser fra 2001-2004). Det skyldes sandsynligvis nitratanalyser fra de nye korte borer, der overvåger yngre grundvand, og som har indgået i programmet siden 2005/6, se figur 6.

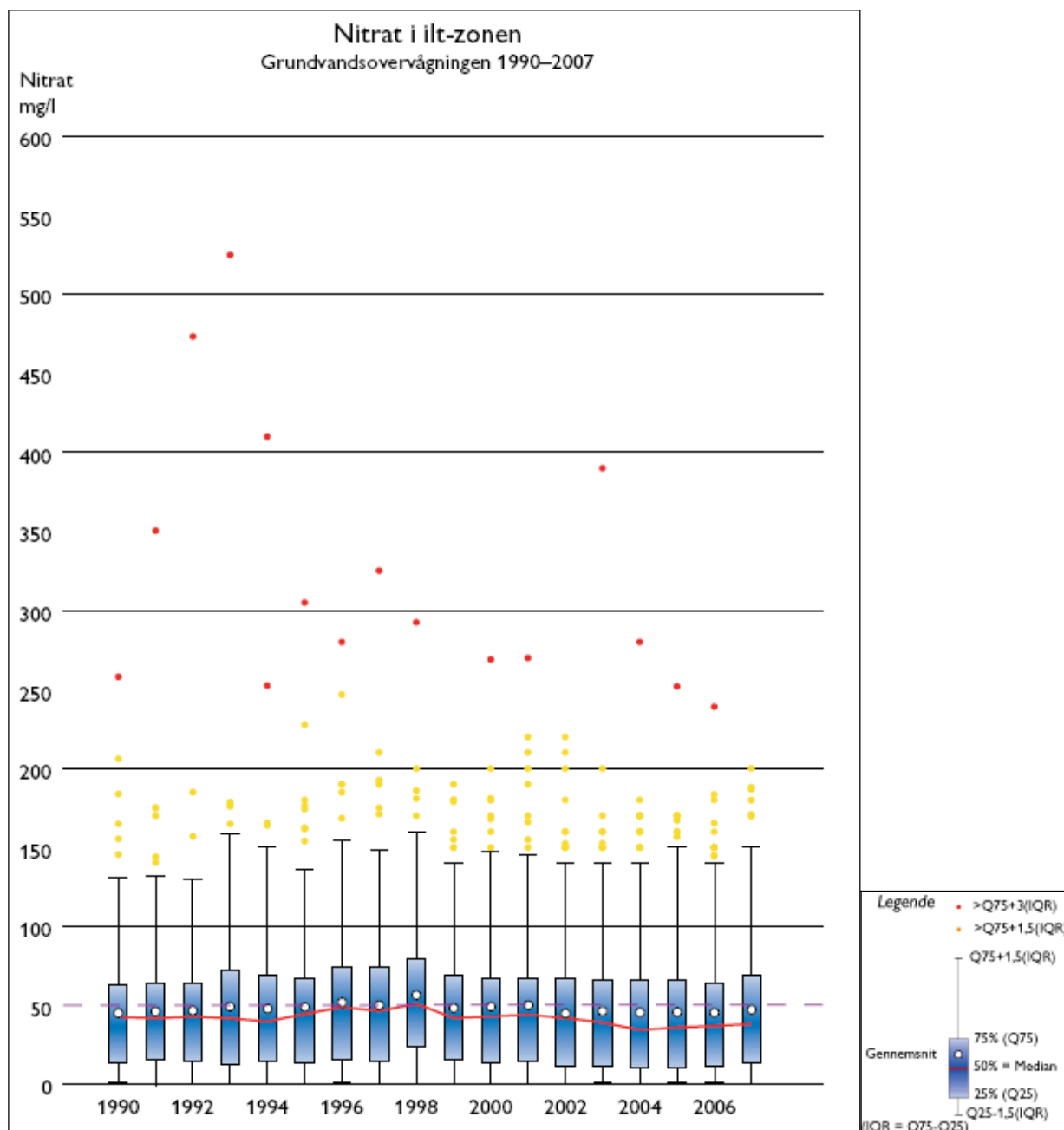


Figur 10. Den procentvise fordeling af alle nitratanalyser fra iltet grundvand (med ilt > 1 mg/l og nitrat > 1 mg/l) fra perioden 1990-2007 i grundvandsovervågningen fordelt i 3 klasser (1-25, 25-50 og > 50 mg/l nitrat). Antal analyser for hvert år og koncentrationsklasse er anført i tabellen under figuren.

Der er en tendens til, at antallet af indtag fra det iltede grundvand fra grundvandsovervågningen med koncentrationer over 50 mg/l er aftagende, sådan at omkring 40 % af indtagene i 2006 og 2007 havde et indhold over 50 mg/l, mod ca. 50 % midt i 1990'erne.

Udviklingen i det iltede grundvands nitratindhold fra alle analyser udført i perioden fra 1990 til 2007 er vist i figur 11 som boks-diagrammer. Det iltede grundvands nitratindhold viser en stor

spredning for de enkelte år. Medianværdien for perioden 1990 – 2007 viser en jævn stigning frem til den højeste værdi i 1998 på ca. 50 mg/l nitrat, hvorpå den falder til et niveau på omkring 34-38 mg/l nitrat i 2004-2007. Gennemsnitsværdierne for nitrat ligger generelt højere end medianværdierne og falder fra ca. 56 mg/l i 1998 til ca. 45-47 mg/l i 2005-7. Nitratindholdet i det iltede grundvand ligger for 25 % af indtagene over ca. 64-69 mg/l nitrat i perioden 2005-7. Det højest målte nitratindhold i iltet grundvand varierer meget fra år til år, og den højeste målte værdi ligger på over 500 mg/l nitrat målt i 1993.



Figur 11. Udviklingen i det iltede (ilt > 1 mg/l) grundvands nitratindhold baseret på alle analyser fra GRUMO udført i perioden fra 1990 til 2007.

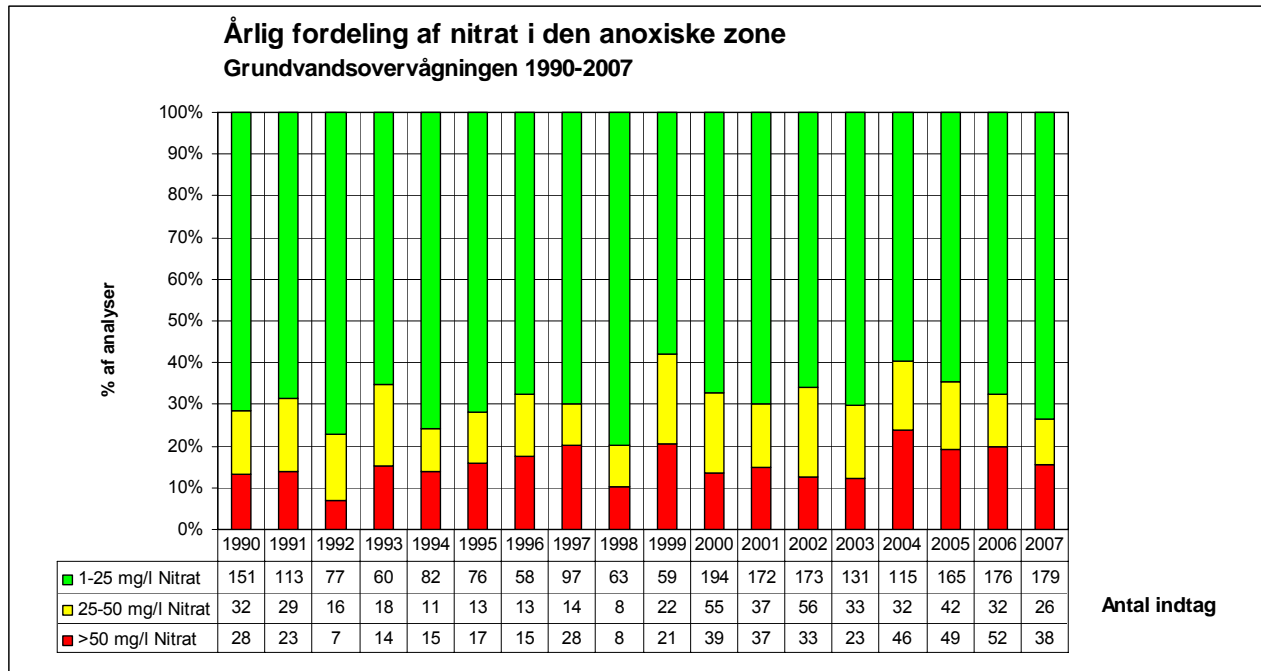
Langt den største del af grundvandet i grundvandsovervågningen er dateret til at være dannet før 1990. Derfor kan de forventede effekter af de tiltag, der er blevet gennemført med vandmiljøplanerne, endnu ikke forventes at kunne erkendes i grundvandets gennemsnitlige indhold af nitrat på et statistisk sikkert grundlag. Det iltholdige grundvand er det yngste, men repræsenterer stadig grundvand med forskellige aldre. Figur 11 viser derfor kun en generel status af det iltede grundvands nitratindhold for de enkelte år. Undersøges variationen i nitratindholdet i de enkelte indtag, ses der store variationer med både faldende, stigende eller et fluktuerende nitratindhold. Disse forhold kan have forskellige årsager såsom vandspejlsændringer, variationer i nedbøren eller ændringer i landbrugspraksis og dermed i udvaskningen af nitrat fra rodzonen.

Nitrat i grundvandets anoxiske zone - grundvandsovervågning

Datagrundlag

Beskrivelse af nitratindholdet i grundvandet er baseret på data fra alle aktive indtag i grundvandsovervågningen fra perioden 1990-2007.

Til vurdering af den tidsmæssige udvikling af nitratindholdet i grundvandets nitratreducerende zone, er kun anvendt data fra grundvand med anoxiske forhold, dvs. grundvand med nitrat ($> 1 \text{ mg/l NO}_3$) og uden ilt ($\leq 1 \text{ mg/l O}_2$). Der er i alt 3.123 analyser fra anoxisk grundvand i grundvandsovervågningen fra perioden 1990-2007.

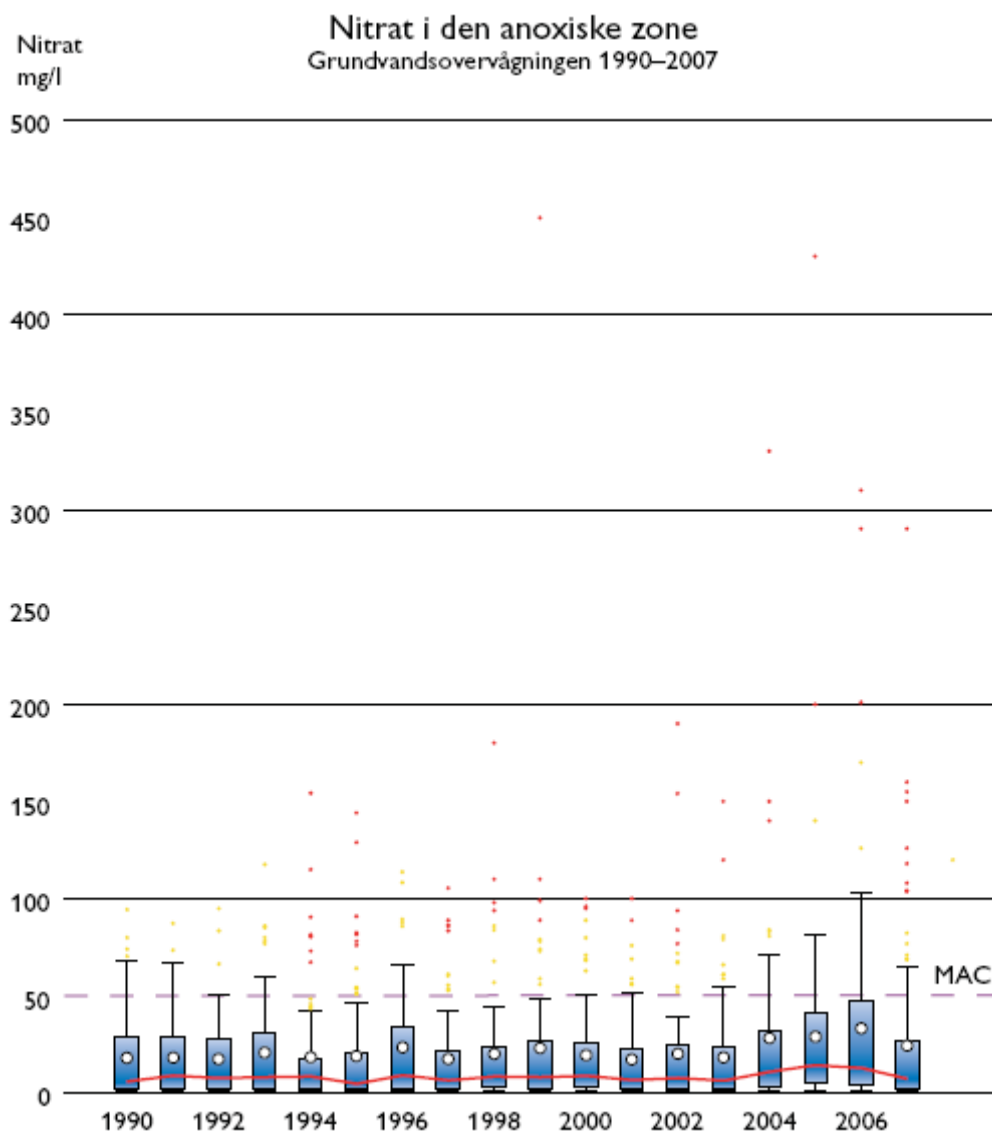


Figur 12. Den procentvise fordeling af alle nitratanalyser fra anoxisk grundvand (med nitrat $> 1 \text{ mg/l}$ og ilt $\leq 1 \text{ mg/l}$) fra perioden 1990-2007 i grundvandsovervågningen fordelt i 3 klasser (1-25, 25-50 og $> 50 \text{ mg/l}$ nitrat). Antal analyser for hvert år og koncentrationsklasse er anført i tabellen under figuren.

Tilstand, udvikling og årsag

Det anoxiske vand har et lavere nitratindhold end grundvandet i iltzonen på grund af omsætning af nitrat, bl.a. ved oxidation af pyrit. Fordelingen af alle nitratanalyser fra det anoxiske grundvand i grundvandsovervågningen fra perioden 1990-2007 er i figur 12 vist i 3 klasser (1-25, 25-50 og > 50 mg/l). Antallet af nitratanalyser i det anoxiske grundvand har de seneste år (siden 2000) ligget på omkring 200-300 om året.

Udviklingen i det anoxiske grundvands nitratindhold fra alle analyser udført i perioden fra 1990 til 2007 er vist i figur 13 som boks-diagrammer.



Figur 13. Udviklingen i det anoxiske (nitrat > 1 mg/l og ilt ≤ 1) grundvands nitratindhold baseret på alle analyser fra GRUMO udført i perioden fra 1990 til 2007. MAC angiver grænseværdien for drikkevand for nitrat på 50 mg/l. For en detaljeret beskrivelse af boksene, se figur 4.

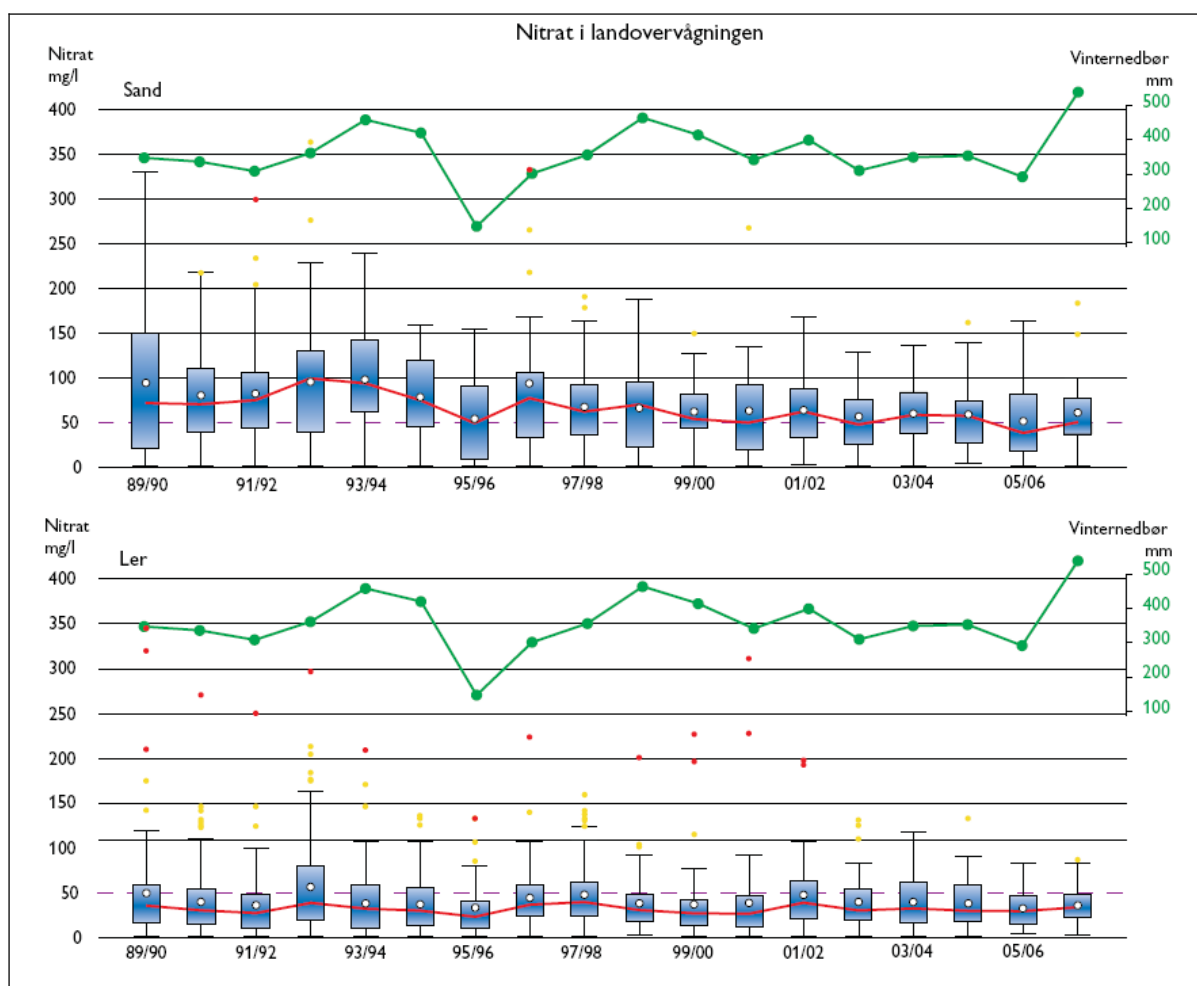
Grundvands nitratindhold i den anoxiske zone viser en stor spredning for de enkelte år ligesom i den iltede zone (se figur 11). Medianværdien for perioden 1990 - 2007 ligger på omkring

6-14 mg/l med de højeste værdier omkring 2005-6. Gennemsnitsværdierne for nitrat i det anoxiske grundvand ligger højere end medianværdierne, men med samme udviklingstendens. Gennemsnitsværdierne i det anoxiske grundvand varierer fra omkring 18-29 mg/l nitrat. Den højeste målte værdi i perioden er på ca. 450 mg/l nitrat målt i 1999. Både middel- og medianværdier for nitratindholdet i den anoxiske zone ligger dermed noget lavere end i den iltede zone, hvilket skyldes omsætningen af nitrat i den anoxiske zone.

Nitratindhold i grundvand under landbrugsarealer – landovervågning

Datagrundlag

Fra indtagene i landovervågningsområderne foreligger der i alt 13.115 nitratanalyser udført i perioden 1990 - 2007. I 2007 er der i landovervågningen udført 476 nitratanalyser i det øvre grundvand fordelt på 93 indtag. Der udføres ca. 6 analyser pr. år i hvert af 20 indtag i de 5 LOOP områder. Dog kan det ske, at der ikke kan prøvetages fra indtagene i især leroplandene på grund af udtørring.



Figur 14. Nitratindholdet i det øvre grundvand i vinterhalvåret i sand- og lerområderne i landovervågningsoplandene (LOOP) sammenlignet med vintervedbøren (øverste kurve). Kun nitratdata fra kvartal 4 og 1, nitratanalyser over 1 mg/l og indtag mellem 0 og 6 meter under terræn er medtaget.

Tilstand, udvikling og årsager

I landovervågningsområderne (LOOP) overvåges det allerøverste terrænnære grundvand. Nitratindholdet i det øvre grundvand (0 til 6 meter under terræn) i vinterhalvåret (1. og 4. kvartal) på sand- og lerområder i landovervågningen er på figur 14 vist som et boksdiagram sammen med vinternedbøren. Det er valgt at benytte et gennemsnit af DMI's 10x10 km nedbørsdata for de områder, hvori de enkelte LOOP ligger. Der er 3 LOOP områder, som er placeret på lerområder (LOOP 1-Højvads Rende Lolland, LOOP 3-Horndrup Bæk Midtjylland og LOOP 4-Lille Bæk Fyn) og 2 LOOP områder, der 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 i sandområderne et højere nitratindhold i grundvandet end i lerområderne. Nitratkoncentrationerne i det øvre grundvand i sand- og lerområderne kan ikke direkte sammenlignes med nitratudvaskningen fra rodzonen, da det ikke kan vurderes om grundvandet er iltet, anoxisk eller reduceret på grund af manglende iltmålinger.

Gennemsnitsværdierne for nitratindholdet i det øvre grundvand i sand- og lerjordsoplandene ligger generelt lidt højere end medianværdierne, men har ellers et nogenlunde synkront forløb.

Nitratindholdet i det øvre grundvand i vinterhalvåret er præget af vinternedbøren, specielt på sandjordsoplandene, hvor nitratindholdet i det øvre grundvand har større absolutte variationer i vinterhalvåret end på 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 1990-2007 er der i sandområderne et fald (fra ca. 90 til ca. 60 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 værdi i perioden er på 740 mg/l nitrat. 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 1990-2007 i vinterhalvåret omkring 40 mg/l (medianværdien mellem 25 og 40 mg/l), og der er ikke et tilsvarende tydeligt fald i koncentrationsniveauet som i sandområderne. Den højeste værdi i perioden er på 345 mg/l nitrat.

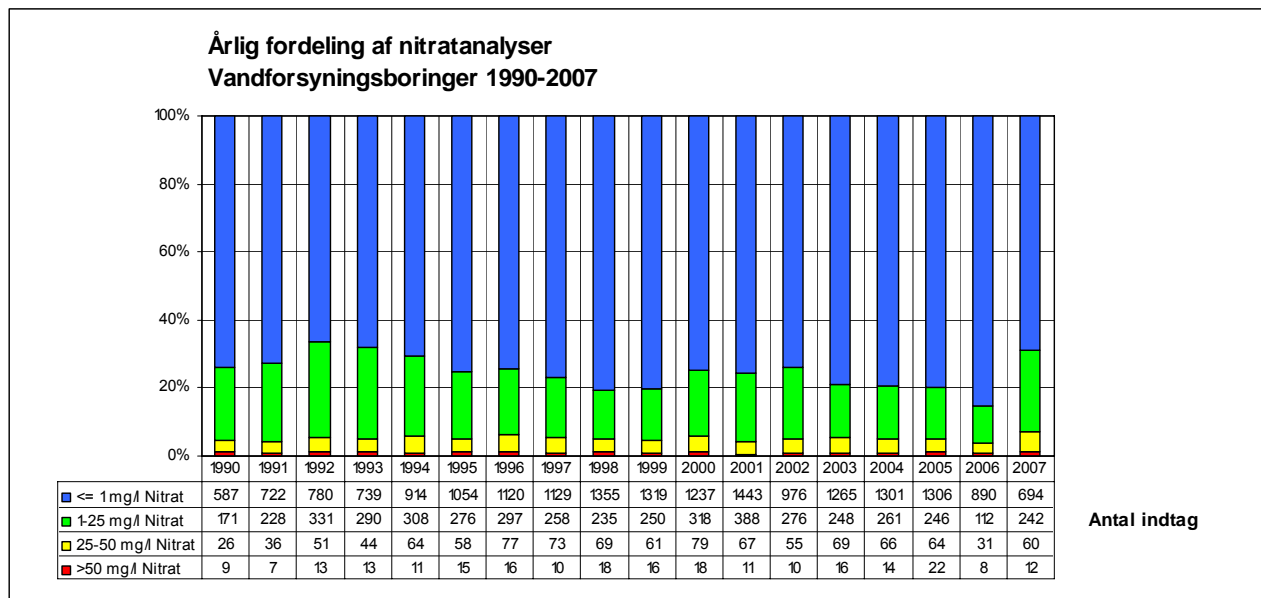
Nitratindhold i vandværkernes indvindingsboringer

Datagrundlag

Der er fra 1990 til og med 2007 indberettet i alt 27.022 nitratanalyser til Jupiter-databasen, udført i forbindelse med vandværkernes boringskontrol. I 2007 er der indberettet 1.031 analyser fra vandværkernes boringskontrol mod henholdsvis 1.732 og 1.101 analyser i 2005 og 2006. Grundvandet i indvindingsboringerne analyseres ikke hvert år, men i en turnus på 3 til 5 år. Formålet er at beskrive udviklingen af indholdet af nitrat i det grundvand, der indvindes til drikkevandsformål.

Tilstand, udvikling og årsager

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, se figur 15.



Figur 15. Det årlige antal af indtag analyseret for nitrat for indvindingsboringer (boringskontrollen) fordelt på 4 koncentrationsklasser i perioden 1990-2007.

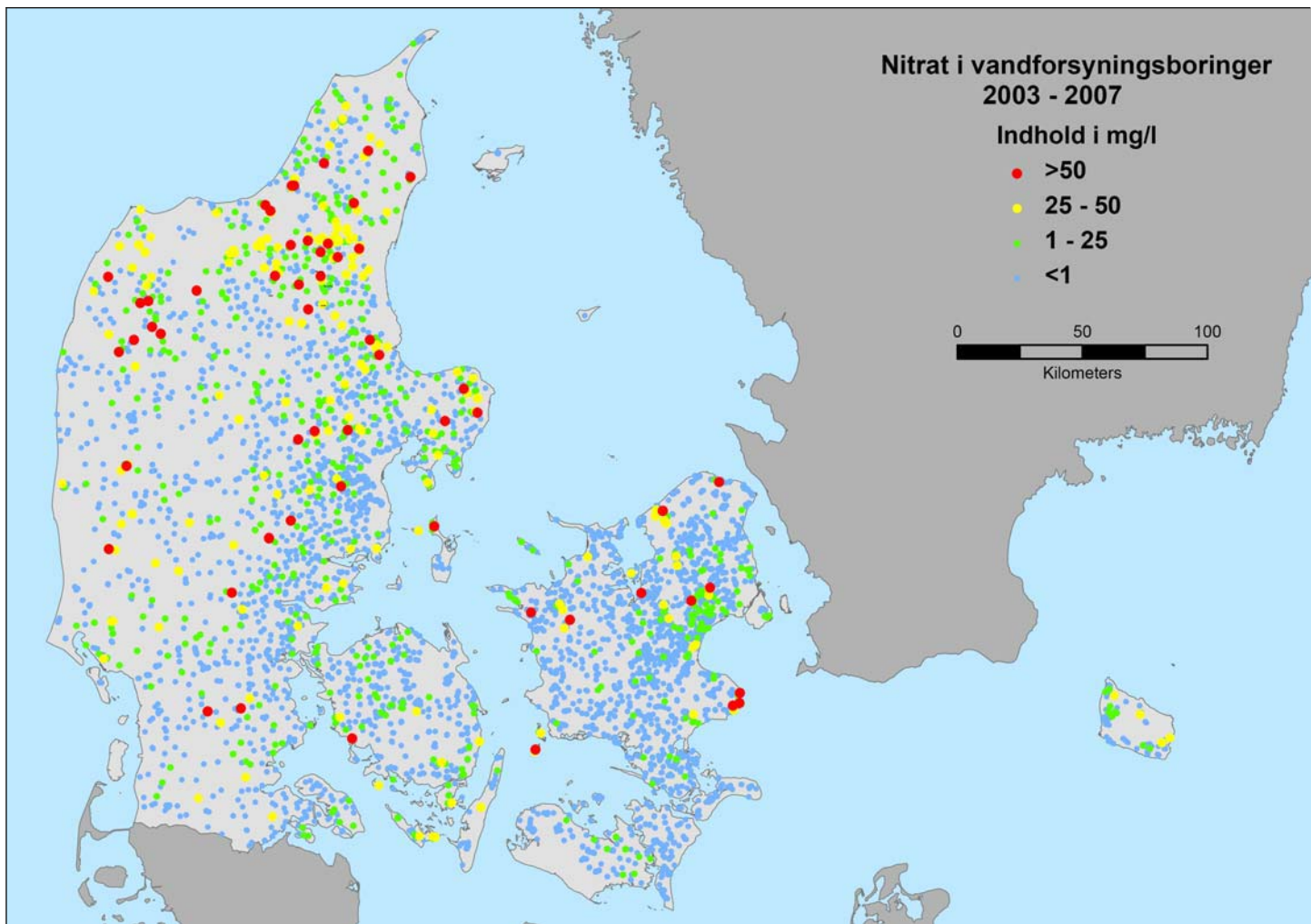
Der ses en tendens til, at antallet af analyser fra det nitratholdige grundvand er faldet igennem måleperioden fra 25-35 % i begyndelse af 1990'erne til omkring 20 % i 2003-2005. Dog viser analyserne fra 2007 en stigning i andelen af nitratholdig grundvand i indvindingsboringer med til ca. 31 %. Der ses også en svag stigning (fra ca. 4 til ca. 7 %) i andelen af nitratbelastede boringer (>25 mg/l nitrat) fra 2006 til 2007, hvilket sandsynligvis skyldes forskelle i datagrundlaget.

Regional fordeling

På figur 16 vises den geografiske fordeling i Danmark af nitratindholdet i vandværkernes indvindingsboringer gennem de seneste 5 år (2003-2007). På figuren er kun vist data fra aktive vandværker. Det kan forekomme, at der vises 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 beskyttede af lerdæklag.

Det fremgår også af figur 16, 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.



Figur 16. Nitratindholdet i grundvandet i vandforsyningsboringer opdelt på 4 koncentrationsklasser. Data er fra perioden 2003-2007 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 oxiske og anoxiske zone, hvor det har været muligt at CFC-datere grundvandet. I alt er der analyseret ca. 745 indtag med grundvand med et CFC-årstal over detektionsgrænsen (> 1940).

CFC alder og nitratanalyser

Udviklingen i nitratindholdet i iltet grundvand dannet efter vedtagelsen af den første Vandmiljøhandlingsplan i 1990 er en indikator, der kan illustrere, hvorvidt handlingsplanernes mål om reduktion af udledning af nitrat har en målbar effekt på grundvandskvaliteten.

Nitratanalyser og CFC-dateringer fra iltet grundvand i grundvandsovervågningen kan bruges direkte til at beskrive udviklingen i nitratindholdet i iltet grundvand og indirekte til at beskrive udviklingen i nitratudvaskningen fra rodzonen, se kapitel 3.

Ved anvendelse af metoden fra Thorling (2004) er det også muligt at anvende nitrat- og sulfat-analyser og CFC-dateringer fra anoxisk grundvand i grundvandsovervågningen til at vurdere udviklingen i nitratindholdet i iltet grundvand og i nitratudvaskningen fra rodzonen. De 745 målte CFC-årstal på indtag i grundvandsovervågningen er brugt til at estimere grundvandets dannelsesår på i alt 4462 nitratanalyser fra den iltede zone og i alt 3509 nitratanalyser fra den anoxiske zone målt i grundvandsovervågningen fra 1990 - 2007.

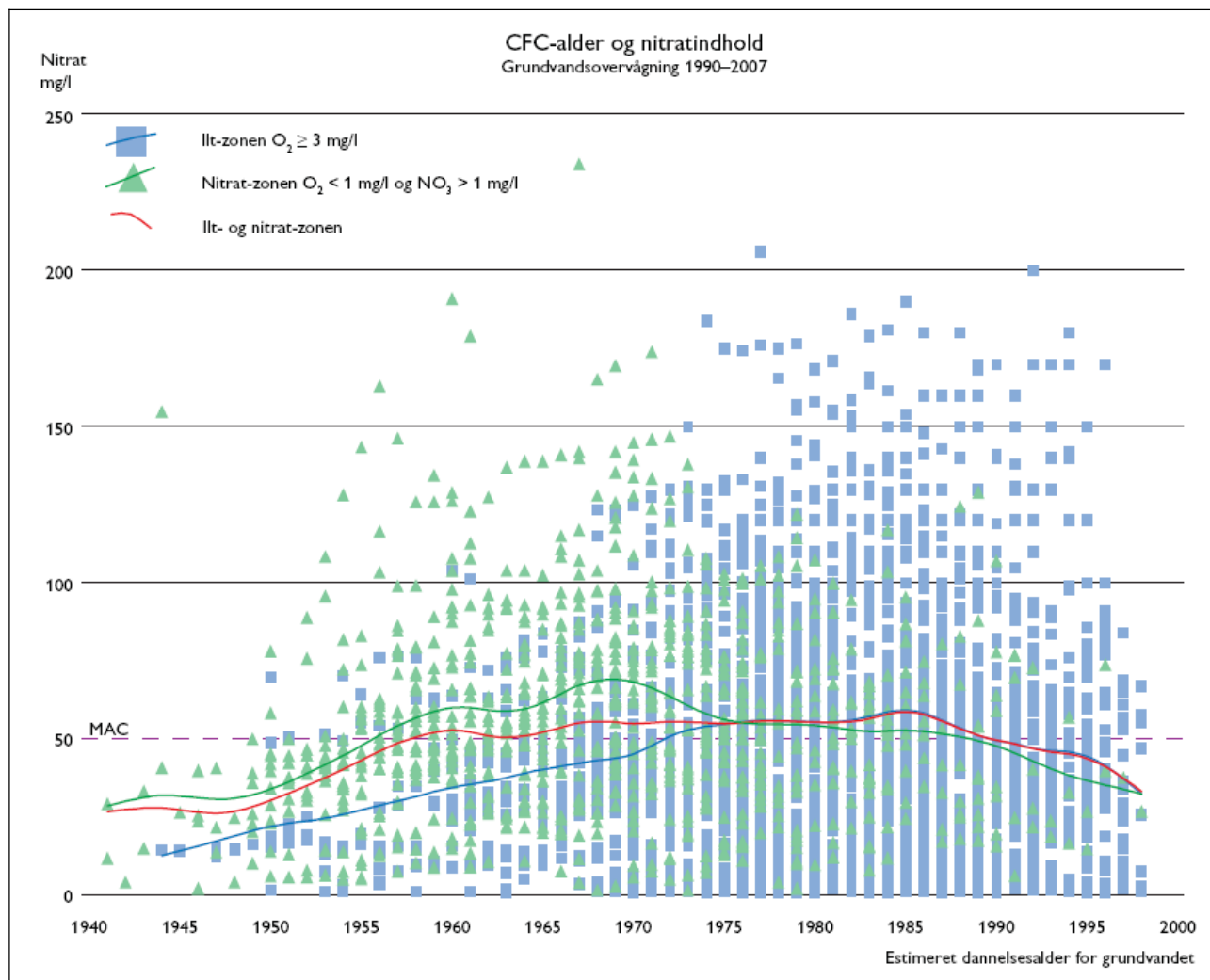
For at estimere det oprindelige nitratindhold, der blev udvasket til grundvandet, ud fra enkelte CFC dateringer og nitratkoncentrationer i iltet og anoxisk grundvand i grundvandsovervågningens indtag, er der anvendt en metode, som bygger på følgende antagelser:

1. Dannelsesåret for grundvandet fra i alt 7.971 nitratanalyser fra iltet og anoxisk grundvand fra grundvandsovervågningen estimeres ud fra 745 målinger af CFC alderen i de samme indtag idet det antages at strømningsregimet fra jordoverfladen til indtaget i boringen er konstant i hele perioden. Dermed bliver dannelsesåret et år større, for hvert kalenderår der går.
2. Iltet grundvand defineres som grundvand med et iltindhold ≥ 3 mg/l.
3. Anoxisk grundvand defineres som grundvandet med et iltindhold < 1 mg/l og et nitratindhold > 1 mg/l. (Bemærk: på denne måde ses der bort fra en mellemgruppe med lavt iltindhold)
4. Det anoxiske grundvands oprindelige nitratindhold estimeres ved brug af metoden i Thorling (2004). Nitratindholdet i anoxiske grundvandsprøver viser en fraktion af det udvaskede nitrat, da nitratreduktionen i sådanne lag ikke er løbet til ende. Det antages, at pyrit er det vigtigste reduktionsmiddel for nitrat i grundvandsmagasinerne. Ved reduktion af nitrat med pyrit dannes for 1 mg/l nitrat ca. 1 mg/l sulfat. Det betyder, at forhøjede værdier af sulfat i anoxisk grundvand kan anvendes til at estimere minimumreduktionen af nitrat, idet nitrat reduceret med andre reduktionsmidler ikke er medtaget.

Ud over selve prøvetagnings- og analyseusikkerheden på nitrat og CFC analyserne, må der yderligere regnes med en usikkerhed på den anvendte metode, som diskuteres indgående i Thorling (2004).

I figur 17 er nitratindholdet i iltet grundvand afbilledet mod det estimerede dannelsesår for grundvandet for iltede og anoxiske indtag i grundvandsovervågningen. Data dækker grundvand, der iflg. CFC dateringer er dannet i perioden fra 1940 til 2000, og den udglattede linje viser årsgennemsnit (figur 16). Det fremgår af figur 17, at det iltede grundvand stammer fra omtrent 1945 og frem, dog ligger hovedvægten af målinger i iltet grundvand fra 1970 og frem. Målingerne i anoxisk grundvand stammer fra 1940 og frem, og hovedparten af målingerne i anoxisk grundvand er generelt ældre end målingerne i iltet grundvand. Derfor giver dataene fra anoxisk grundvand især mulighed for at forbedre datagrundlaget for tolkningen af nitratudvaskningen i den tidlige del af perioden fra 1940 til omtrent 1970.

Det er stor spredning i nitratindholdet inden for det enkelte estimerede dannelsesår af grundvandet. Figur 17 viser, at nitratindholdet i iltet grundvand og dermed også nitratudvaskningen i flere indtag i grundvandsovervågningsområder er skønnet til at ligge over 50 mg/l for grundvand dannet efter 1950.



Figur 17. Udviklingen i det iltede grundvands nitratindhold i forhold til det estimerede dannelsesår for grundvandet i grundvandsovervågningen. Data dækker grundvand CFC dateret til at stamme fra perioden fra 1940 til 2000. Data er fra den oxiske zone (ilt ≥ 3 mg/l) og den anoxiske zone (nitrat > 1 mg/l og ilt < 1), hvor nitratindholdet er korrigeret på grundlag af sulfatindholdet efter metoden i Thorling (2004). Udviklingen i gennemsnitsværdierne er vist som udglattede kurver. Det estimerede dannelsesår af grundvandet er vurderet ved hjælp af CFC-dateringer af grundvandet.

Iltet grundvand, som er skønnet til at være dannet efter 1996, viser en lille grad af variation i nitratindholdet i forhold til de foregående år, med meget færre høje nitratkoncentrationer. Dette skyldes antagelig et tyndere datagrundlag, men muligvis også at vandmiljøhandlingsplanerne har en begyndende effekt på grundvandskvaliteten i det iltede grundvand.

Data for den anoxiske zone ligger over den oxiske zone frem til ca. 1980, hvorefter kurverne nærmer sig hinanden. Slås alle grundvandsovervågningsdata sammen fås en udglattet og jævnt stigende gennemsnitskurve frem til ca. 1985 (rød kurve figur 17), hvorefter kurven flader ud og får en faldende tendens i det iltede grundvandsnitratindhold.

Det skal pointeres, at der er en del usikkerhed i forbindelse med den anvendte metode, hvor bl.a. dannelsesåret for grundvandet skønnes. Det må også bemærkes, at der er stor spredning i nitratindholdet inden for det enkelte estimerede dannelsesår af grundvandet.

Tidsmæssige variationer i redoxzonernes dybde og tykkelse

Datagrundlag

Fra 4 redoxboringer er der i perioden 1999-2007 indsamlet analysedata for den begrænsende "redoxpakke" (nitrat, nitrit, klorid, sulfat, kalium, jern, mangan, ilt, pH, ledningsevne og redox-potentiale). Der er i 2005 etableret yderligere to redoxboringer i hhv. Vestsjællands og Frederiksborg amter med samme analyseprogram. Data fra Vejby på Nordsjælland afrapporteres i år for første gang. Da der er tegn på forbigående forurening fra borearbejdet i redoxboringen på Vestsjælland afrapporteres resultaterne herfra endnu ikke. Alle redoxboringer pejles i flere dybder.

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 nitratindhold. Magasinernes redoxkapacitet og ikke mindst omsætningshastigheden af nitrat er af stor betydning for drikkevandsforsyningen. I områder med lav reaktionshastighed eller lav reduktionskapacitet ses hyppigt nitratgennembrud eller stigende nitratindhold i vandforsyningsboringer.

Målsætning

Forbedret beskrivelse af redoxzonernes vertikale udbredelse og en dybere forståelse af årsager til tidsmæssige ændringer heri.

Databehandling:

Følgende grænser for zonerne er benyttet i figurerne:

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)

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

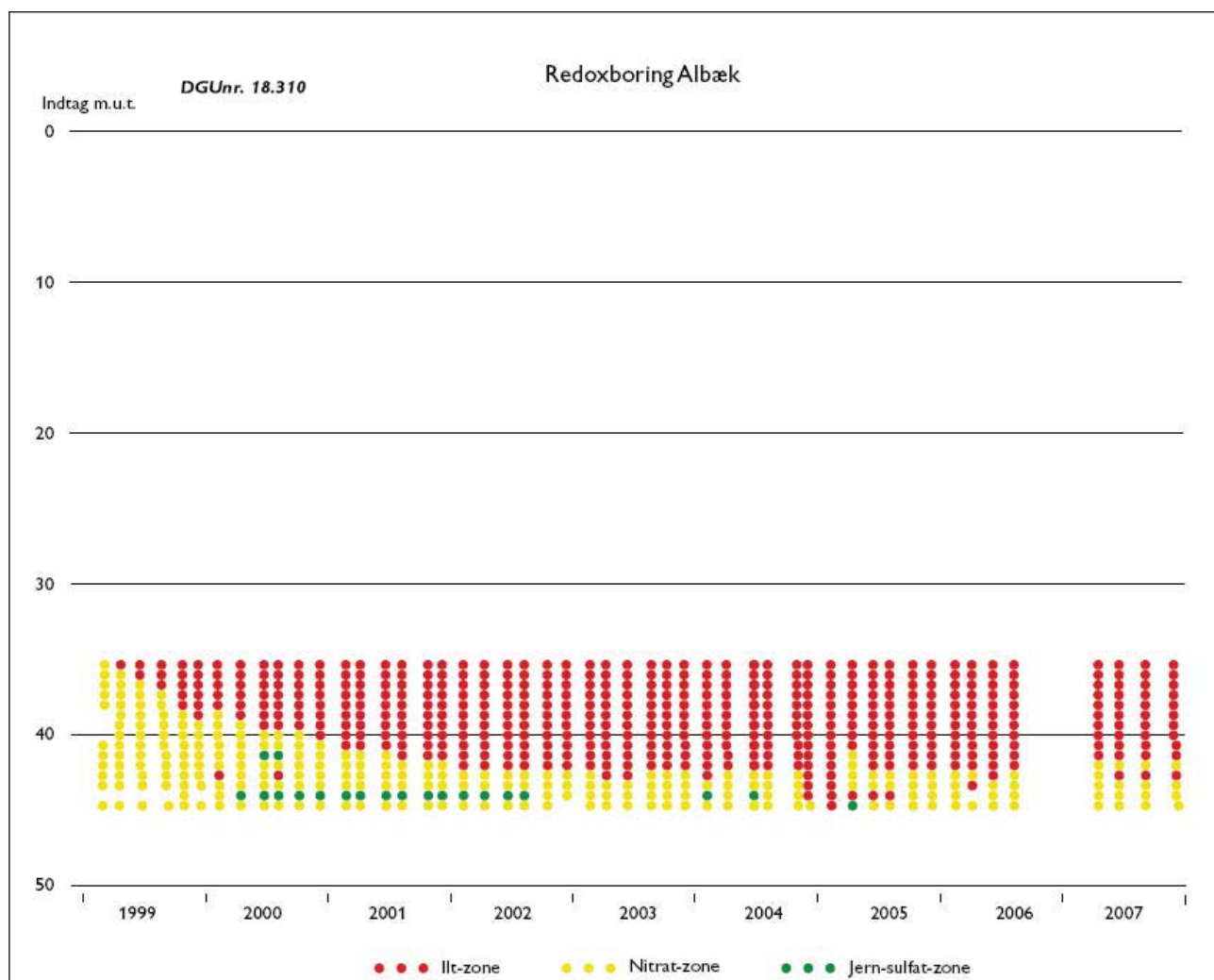
Svagt reduceret grundvand: $NO_3 \leq 1 \text{ mg/l}$, $O_2 \leq 1 \text{ mg/l}$ og $SO_4 > 20 \text{ mg/l}$, (vandtype C)

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.

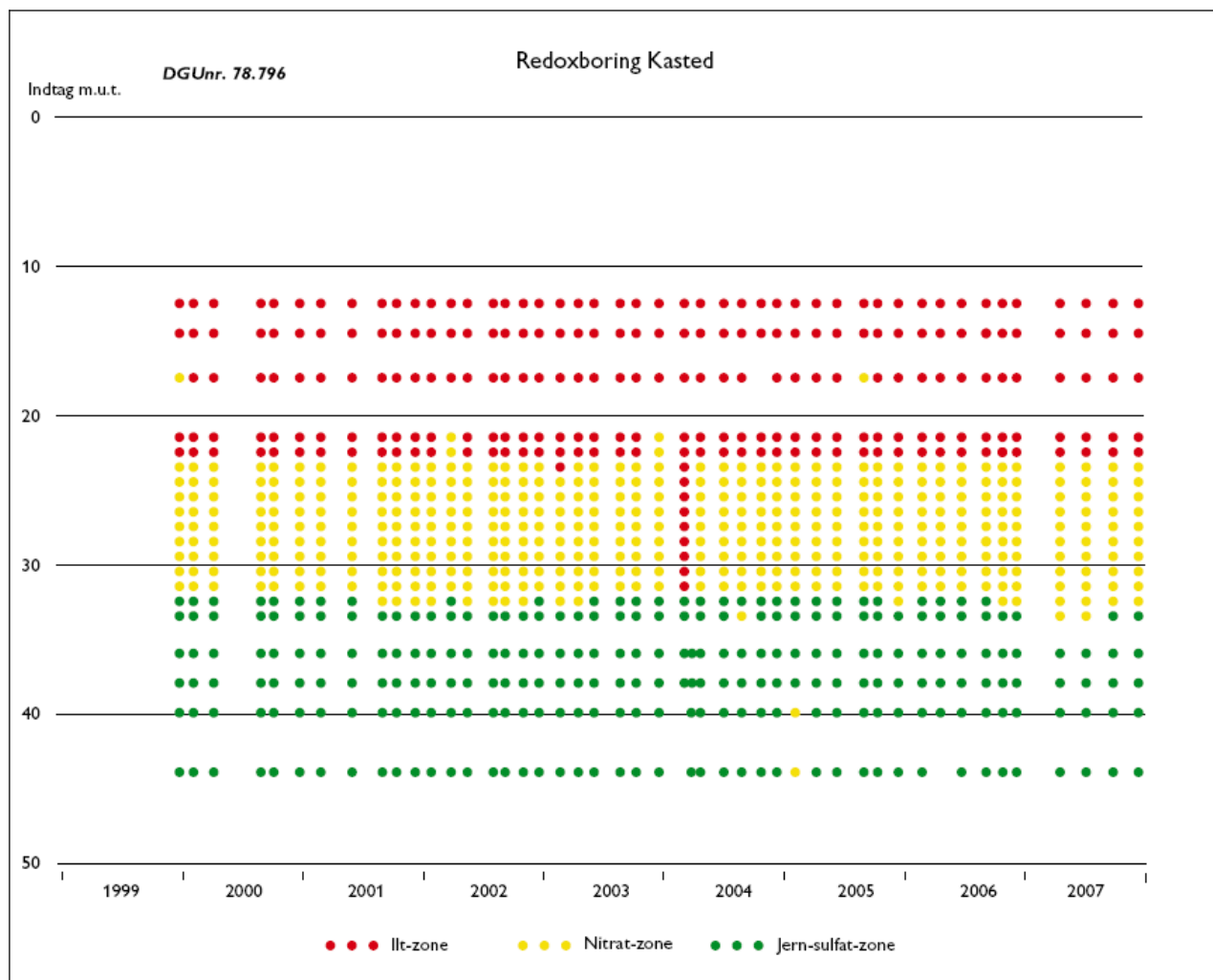
Der er nitratholdigt grundvand i hele det overvågede interval indenfor dybden 34 m til 41 m i redoxboringen ved Ålbæk, viser (figur 18). Grundvandsspejlet ligger ca. 10 m.u.t, og nitrat når ca. 30 m under grundvandsspejlet. Herunder findes et lille lerlag. Nitratinholdet har de senere år ligget konstant 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 filter 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. Nitratinholdet i den øverste del af nitrat-zonen er stigende fra juni 2000 til august 2002. Dette kan være forårsaget af indvinding fra det nærliggende Præstbro vandværk. Vandværket har flere borer nedstrøms for redoxboringen i forskellig afstand. Den samlede årlige indvinding på ca. 72.500 m³ er ikke ændret væsentligt siden 1999. Redoxboringen har ingen filtre i den reducerede del af grundvandet, og kan således ikke overvåge om nitratfronten bevæger sig yderligere nedad. Der er dog forsat mulighed for at vurdere evt. ændringer i indtrængningsdybden for ilt, der varierer med 1-2 m.



Figur 18. Redoxzoner 33-43 m.u.t for redoxboring DGU 18.310, Albæk, v Sæby i Miljøcenter Ålborg 2000-2007. Grundvandsspejl i ca. 10 mut.

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

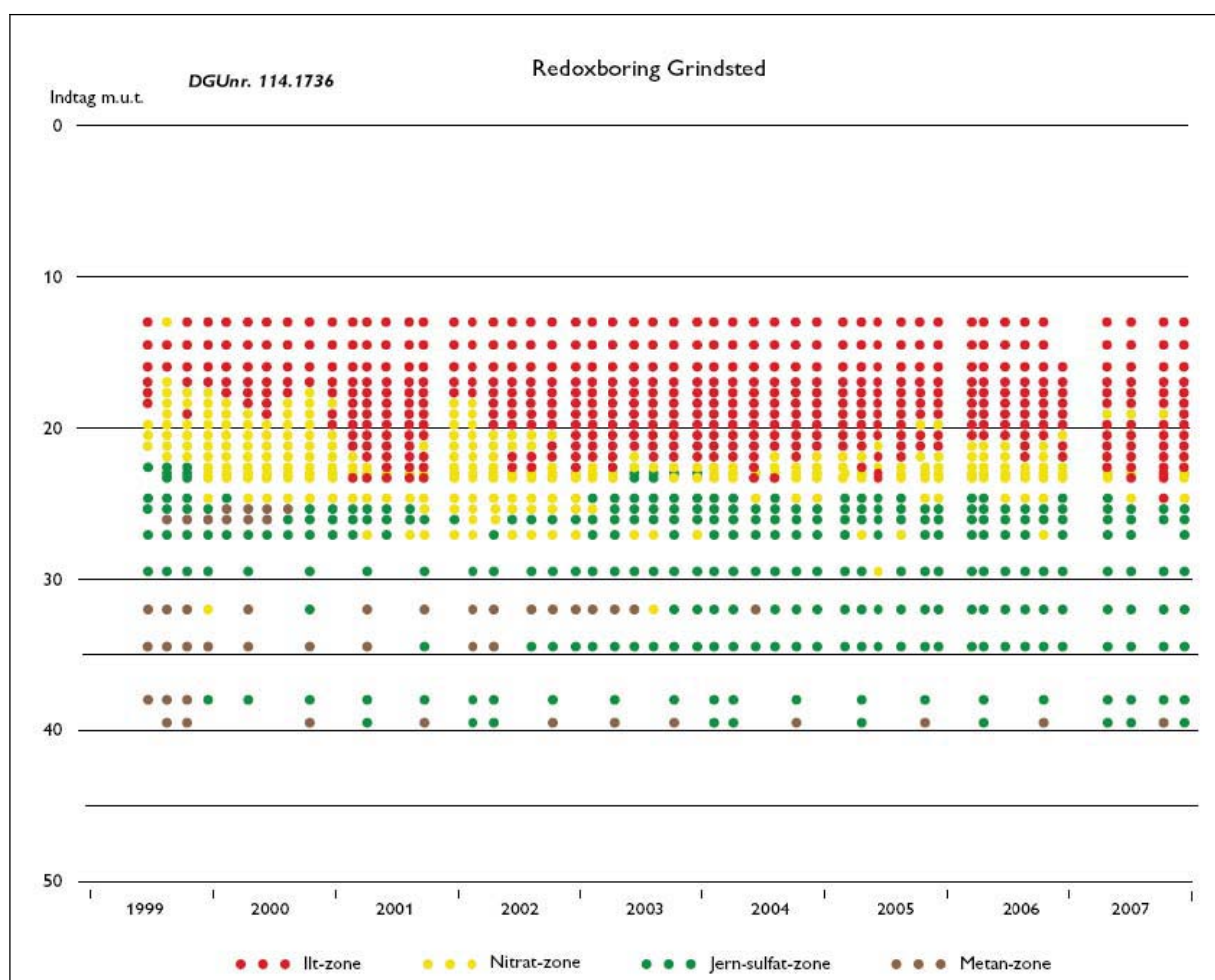
Data fra redoxboringen ved Kasted viser (figur 19), at redoxzonerne har ligget relativt stabilt siden 2000, og svinger omkring 1 m op og ned. Der er nitratholdigt grundvand ned til ca. 33 m.u.t svarende til ca. 25 meter under grundvandsspejlet. Den iltfrie nitratholdige zone har en bemærkelsesværdig stor mægtighed på knap 10 meter. Vandkvaliteten i de to øverste filtre 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- og våddositionen 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 vandkemien 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 Kommunale 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 19. Redoxzoner 13 - 44 m.u.t i redoxboring DGU 78.796, Kasted i Miljøcenter Århus 2000-2007. Grundvandsspejl i ca. 8 mut.

Tilstand, udvikling og årsager Grindsted DGU nr. 114.1736

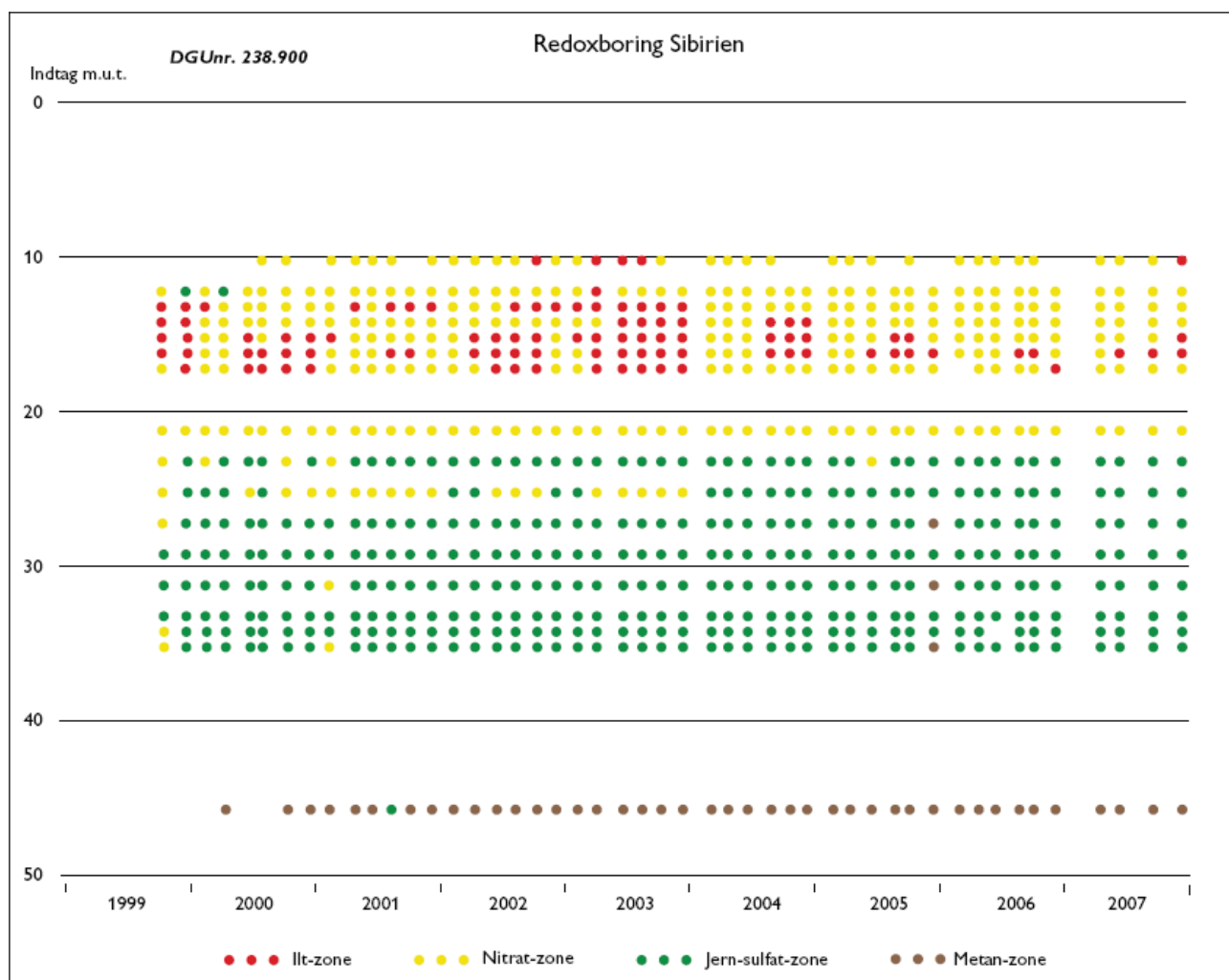
Redoxzonerne i denne boring ved Grindsted har varieret ganske betragteligt i hele overvågningsperioden. Ilt-zonens beliggenhed, se figur 20, følger overordnet set et forløb der kunne minde om boringen ved Albæk, med en indsvingningsperiode, hvor iltten i løbet af et par år trænger ned i magasinet til 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 filtrene 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 til nu blot ca. 3 m. Variationer i vintervedbøren 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 filter (fra 3,5 til 50 mg/l), der giver anledning til, at redoxzonen svinger mellem det svagt og det stærkt reducerede.



Figur 20. Redoxzoner 23- 40 m.u.t for redoxboring DGU 114.1736, Grindsted i Miljøcenter Ribe 2000-2007. Grundvandsspejl i ca. 6 mut.

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

Det ses af figur 21, at der er nitrat ned til ca. 25 m.u.t. i redoxboringen ved Sibirien på Falster. Det iltholdige vand er ikke truffet dybere en 18 m.u.t og der er generelt tale om at grundvandet har et meget lavt indhold af ilt på 1-2 mg/l. Det er naturligt, at når der er valgt en grænse på 1 mg/l, for om grundvandet er iltholdigt eller iltfrit, så vil redoxtilstanden hyppigt svinge mellem de to tilstande, sådan som det også ses af figur 21. 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. Der er tale om et magasin med en stor mægtighed for den anoxiske zone



Figur 21. Redoxzoner 10 - 46 m.u.t for redoxboring DGU nr. 238.900, Sibirien, på Falster, Miljøcenter Nykøbing Falster 2000-2007. Grundvandspejl i ca. 8-9 mut.

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

Redoxboringen i Vejby på Nordsjælland er etableret i 2005 og blev taget i drift i 2006. Grundvandsspejlet ligger ca. 11,5 m.u.t og nitrat er fundet ned til ca. 16 m.u.t. (figur 22) Der er kun påvist lave iltkoncentrationer, idet selv det iltede grundvandet har et meget lavt indhold af ilt på 1-2 mg/l. Det er naturligt, at når der er valgt en grænse på 1 mg/l, for om grundvandet er iltholdigt eller iltfrit, så vil redoxtilstanden hyppigt svinge mellem de to tilstande, sådan som det også fremgår af figur 21 og 22.

Der er tale om et grundvandsmagasin, hvor hele den nitratholdige del i overvejende grad kan betragtes som anoxisk nitratreducerende, med maximale nitratindhold for samtlige prøver på 16 mg/l. Nitrit og mangan optræder således sammen med nitrat i alle dybder. Der er tale om et magasin med en mægtighed for den anoxiske zone på ca. 4-5 m. Der var i de første prøvetagningsrunder et meget højt indhold af ammonium i alle filtre, der dog siden er forsvundet helt i de øverste filtre. Det øverste filter 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 filtre, og der i alle dybere nitratfrie filtre er fundet metan. Ligeledes antyder jernkoncentrationer på 5-20 mg/l i det nederste filter 30 m.u.t., at der er et højt indhold af organisk stof, der kan kompleksbinde jern.



Figur 22. Redoxzoner 13 - 30 m.u.t for redoxboring DGU nr. 186.854, Vejby, Nordsjælland, Miljøcenter Roskilde 2006-2007. Grundvandsspejl i ca. 11,5 mut.

Sammenfatning for de 5 redoxboringer

Der er i måleperioden observeret variationer i såvel dybden til ilt/nitratfronten som af nitratindholdet i grundvandet i de enkelte filtre. 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. 7 år, hvilket i forhold til de forventede langtidsvariationer er en kort periode, og der ses endnu ikke noget entydig bevægelsesmønster for fronten.

Referencer, hovedbestanddele

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

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.

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

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

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.

5 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 egenkontrol 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 landovervågningsprogrammet pr. 1. januar 2007.

Datagrundlag

De enkelte stoffer er placeret i en af grupperne: Aromatiske kulbrinter, halogenerede alifatiske kulbrinter, fenoler, klorfenoler, nonylfenoler, phthalater, detergenter, PAH-forbindelser, olieprodukter og andre forbindelser. I resultatet for en række såkaldte sumparametre indgår såvel naturlige som miljøfremmede komponenter, eksempelvis den uspecifikke analyse for anioniske detergenter. Der er anvendt meget lave detektionsgrænser for disse stoffer, og der har gennem tiden været en del analyser med uventede enkeltfund af stoffer, hvor der med stor sandsynlighed har været tale om analysefejl. Det er imidlertid meget vanskeligt at afgøre om noget sådant er tilfældet, og derfor bliver der lagt særlig vægt på gentagne fund af samme stof i samme indtag, når forekomsten af disse miljøfremmede stoffer skal vurderes.

En række forhold bør tages i betragtning ved vurdering af analyseresultaterne af de organiske mikroforureninger, især de olierelaterede. Der bør udvises særlig omhu under etablering af boring og indtag, herunder bør det undgås at der spildes olie og eller brændstof på borepladsen, som kan kontaminere de materialer (forerør, filterrør m.v.) der senere placeres i boringen. Ligeledes bør det sikres, at de anvendte materialer under produktion, transport og oplagring ikke kontamineres. Da koncentrationen i grundvand ofte er lav, bør det på laboratoriet påses, at grundvandsprøver ikke analyseres umiddelbart efter prøver med højt indhold af de samme stoffer, f. eks. spildevandsprøver eller prøver hidrørende fra forurenede grunde, depoter og lign. da der kan forekomme afsmitning på den/de følgende prøver, hvis disse har en meget lav koncentration.

Mulige kilder til de 7 grupper af 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 metylfenoler kan dannes ved nedbrydning af naturligt organisk stof. Ifølge (Miljøstyrelsen 1995b) 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 nonylfenoletoxylater, som blandt andet findes i vaskemidler og rengøringsmidler. Brugen af nonylfenoletoxylater ophørte dog i 1989 (Miljøstyrelsen, 1991).

Halogenerede alifatiske kulbrinter

Kilderne til de halogenerede alifatiske kulbrinter kan være fyld- og lossepladser, farve- og lakindustri, galvanisering, benzinanlæg og kemisk tøjrensning. Stoffet vinylklorid er et nedbrydningsprodukt fra de klorerede kulbrinter. Ved nedbrydning af tetrakloreten dannes trikloreten, som via dikloreten isomere nedbrydes til vinylklorid. 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 nedstrøms 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-syrer; disse har gennem mange år været anvendt i store mængder som ukrudtsmidler. Samtidig kan der ved nedbrydning af klorfenoxy-syrer 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 oktantal og fremme forbrændingen i motoren. Siden 2000 har det ikke været anvendt i Danmark i oktan 92 og 95 benzin. (www.oliebranchen.dk)

Grundvandsovervågning

Der er i grundvandsovervågningen i perioden 1993-2006 i alt gennemført analyse for organiske mikroforureninger i 10.228 vandprøver repræsenterende 1.224 forskellige indtag. I 847 af de 1.127 undersøgte indtag er der i perioden mindst en gang fundet én eller flere organiske mikroforureninger, svarende til fund i 69 % af indtagene. Det skal bemærkes, at et enkelt fund i perioden ikke nødvendigvis er ensbetydende med en konstant tilstedeværelse af organiske mikroforureninger i grundvandet ved indtaget (bilag 1: Detaljerede oplysninger om enkeltstoffer). I 2007 var der ikke programlagt analyser for organiske mikroforureninger i GRUMO.

Grundvandsovervågning 1993-2006	Indtag med analyse	Indtag med fund		Indtag med fund over grænseværdi ¹⁾
	antal	antal	%	%
Aromatiske kulbrinter	891	229	26	0,2
Halogenerede alifatiske kulbrinter	892	118	13	1,2
Fenoler	915	182	20	1,3
Nonylfenoler	760	19	3	0,3
Klorfenoler	925	18	2	0,7
Phthalater (Blødgørere)	765	28	4	0,7
Detergenter, specifik analyse	535	8	2	0
PAH-forbindelser	30	2	7	0
Olieprodukter	15	2	13	13
Ætere, MTBE	341	9	3	0

1) Der anvendes her grænseværdien for drikkevand hvor en sådan findes, se sidste års rapport.

Tabel 2. Oversigt over analyseresultaterne for de organiske mikroforureninger i grundvandsovervågningen fordelt på grupper i perioden 1993-2006. Antallet af analyser og undersøgte indtag vises. Desuden vises den procentandel af de undersøgte indtag, hvor der er fund samt, indtag med indhold over grænseværdien for drikkevand.

Det er karakteristisk for fundene i GRUMO, at koncentrationen ofte er lav, dvs. på eller sommetider under den detektionsgrænse (D.G.), som laboratorierne har opnået godkendelse til ved Miljøstyrelsens udpegning 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.

Disse forhold er illustreret i nedenstående tabel 3, 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 ifht. den pågældende analyse.

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

	Antal indtag med fund	Indtag med sikre fund	Antal indtag med genfund	Genfund med sikre fund
	Konc. \geq D.G.	Konc $\geq 3 \times$ D.G	Konc \geq D.G.	Konc $\geq 3 \times$ D.G.
DEHP	14	8	1	0
DNP	8	5	0	
1,2-Dibrometan	8	2	0	
LAS	6	0	0	
Nonylphenoler	39	17	4	2
MTBE	7	0	0	
Naftalen	27	7	1	1
Benzen	218	95	30	21
Toluen	346	131	51	27
Xylen	13	7	0	
Triklormetan	352	237	ikke opgjort	
Tetraklormetan	17	7	0	
Tetrakloretylen	72	55	7	7
Triklloretylen	128	71	12	11
1,1,1-trikloretan	47	23	6	5
O-Xylen	115	60	12	9
M+P-Xylen	236	117	32	20
Fenol	227	52	ikke opgjort	
4-metylfenol	21	8	3	2
2,6-metylfenol	3	0	0	
2,4-metylfenol	3	3	1	1
4-klor,2-metylfenol	10	2	1	1
2,4-diklorfenol	23	9	4	3
2,6-diklorfenol	3	0	1	0
2,4,6-triklorfenol	1	0	0	
2,3,4,6-tetraklorfenol	1	0	0	
Pentaklorfenol	10	0	3	0
Dibutylphthalat	47	14	0	0
Nonylphenoletoxylater	1	0	0	0
Vinylklorid	39	27	6	6

Tabel 3. Antal indtag med fund, henholdsvis genfund, opgjort henholdsvis uden krav til den fundne koncentration (konc.) og med et krav om at den fundne koncentration skal være mindst 3 gange større end den detektionsgrænse (D.G.), som er krævet i henhold til laboratoriets udpegnings til at udføre den pågældende analyse. Tabellen omfatter kun stoffer for hvilke, der er sket en udpegnings af laboratorier til analyse af grundvand i NOVANA-programmet.

Det er endvidere karakteristisk for fundene i GRUMO, at de fundne overskridelser af grænseværdier (hvor en sådan findes) ligger omkring 1 % eller mindre af de undersøgte indtag.

I grupperne aromatiske kulbrinter, halogenerede alifatiske kulbrinter, fenol og alkylfenoler samt klorfenolerne er der blevet analyseret stort set lige mange indtag, omkring 900. Stofgruppen aromatiske kulbrinter er den hyppigst fundne med en hyppighed på 26 %. For benzens vedkommende er der overskridelser af grænseværdien for drikkevand (Miljøministeriet 2007) i ca. 0,2 % af de undersøgte indtag. For flere af de halogenerede alifatiske kulbrinter er der ligeledes tilfælde med overskridelse af grænseværdien for drikkevand. For stofferne trikloretylen, cis-1,2-dikloretylen, vinylklorid og dibrom-etan overskrider også gennemsnitsværdien af fund grænseværdien.

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

I gruppen klorfenoler forekommer også overskridelser af grænseværdier. For 2,4-diklorfenol er der overskridelser i en tredjedel af de indtag, hvor der er gjort fund af stoffet. Grænseværdien for pentaklorfenol i drikkevand er 0,01 µg/l, og i 13 ud af 14 indtag med fund er grænseværdien overskredet. Ud over de strukturelt simple fenoler analyseres der også for nonylfenoler og nonylfenol-etoxylaterne. Fenol analyseres dog langt hyppigere end nonylfenol og etoxylaterne.

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, mens 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.

Sammenfatning om organiske mikroforureninger

Der er i grundvandsovervågningen i perioden 1993-2006 undersøgt 10.228 vandprøver fra 1.224 indtag for organiske mikroforureninger. I 847 af de undersøgte indtag er der i perioden mindst en gang fundet én eller flere organiske mikroforureninger, svarende til at der er fund i 69 % af indtagene. En mindre del af disse resultater kan skyldes naturligt dannede stoffer som for eksempel kloroform. Derudover ligger mange af fundene tæt ved detektionsgrænsen, hvilket giver en risiko for falske positive.

Parallelt med Grundvandsovervågningsprogrammet sker der en betydelig kortlægning og overvågning af grundvandets påvirkning med miljøfremmede stoffer fra punktkilder. (Miljøstyrelsen, 2008). I forbindelse med punktkilder iagttages betydelige overskridelser af grænseværdien for en lang række af de stoffer der overvåges i Grundvandsovervågningsprogrammet, hvor fokus i højere grad er på diffuse kilder.

Referencer organiske mikroforureninger

Albretchen, J.H., og Bjerg, B.L., 2000: Nedbrydning i grundvandsmiljøer. – Kemiske stoffer i miljøet (red. Helweg, A.)

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.

Miljøministeriet 2007 Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. – Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 1449 11. december 2007

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 2008: Redegørelse om Jordforurening 2006. Depotrådet. Redegørelse nr. 1 2008.

DMU, 2009 Kvalitetssikring af kemiske analyser i NOVANA.

Albers, C.N., Laier, T. & Jacobsen, O.S. 2008: Vertical and horizontal variation in natural kloroform 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: Kloroform 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 kloroform I grundvand. BLST, 2007 120 pp.

www.oliebranchen.dk

6 Pesticider

Indledning

I grundvandsovervågningsprogrammet analyseres der i NOVANA for 34 forskellige pesticider og nedbrydningsprodukter. I vandværkernes kontrol af indvindingsboringer indgår der 23 obligatoriske stoffer, men ofte analyseres der for flere. Pesticider og disses nedbrydningsprodukter i grundvand stammer fra brug af pesticider i skov- og jordbrug samt fra anvendelse på be-fæstede arealer i byområder og nær anden bebyggelse. De pesticider, der indgår i NOVANA grundvandsovervågningsprogrammet ses i tabel 4.

Aminometylphosphorsyre (AMPA)*	Diuron
Atrazin	DNOC
Bentazon xx	Glyphosat xx
4-CPP *	Hexazinon
2,4-D	Hydroxyatrazin*
2,6 DCPP*	Hydroxysimazin*
Desaminodiketometribuzin*	Hydroxyterbutylazin*
Desethylatrazin*	Isoproturon
Desethyldeisopropylatrazin*	MCPA xx
Desethylterbutylazin*	Meklorprop xx
Desisopropylatrazin*	Metamitron xx
Dichlobenil	Metribuzin
2,6-Dichlobenzamid (BAM)*	4-nitrofenol*
2,6-Diklorbenzoesyre*	Pendimethalin xx
Diklorprop xx	Simazin
Diketometribuzin*	Terbutylazin xx
Dinoseb	Trikloredikesyre (TCA)

Tabel 4. Pesticider i overvågningsprogrammet. Tilladte stoffer er angivet med **xx**. Nedbrydningsprodukter angivet med*

Målsætning

Pesticider og nedbrydningsprodukter bliver ikke tilbageholdt eller nedbrudt ved traditionel vandbehandling på de danske vandværker. Grundvandets indhold af disse stoffer må derfor ikke øges, således at videregående vandbehandling bliver nødvendig for drikkevandsproduktionen. Pesticidindholdet i drikkevand og grundvand må ikke overstige 0,1 µg/l for enkeltstoffer. Enkeltstoffer er relevante nedbrydningsprodukter og disses moderstoffer. Forekommer der flere stoffer i drikkevandet eller i grundvandet, må summen ikke overstige 0,5 µg/l. I Danmark er sumgrænseværdien næsten aldrig i anvendelse, da der i boringer med pesticidfund over grænseværdien altid forekommer 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 drik-

kevandsformål, da begge vandtyper ofte indeholder mange pesticider og nedbrydningsprodukter.

Grænseværdierne 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.

Pesticidfund i grundvandsovervågningen

Datagrundlag

Indikatoren er baseret på pesticidanalyser i grundvandsovervågningsområdernes indtag i perioden 1990 – 2007, begge år inklusive. Denne indikator beskriver udviklingen i indholdet af pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandet i det danske grundvandsovervågningssystem fra 1990 - 2007. Desuden vises den dybdemæssige fordeling af fund, dels i 2007, dels for hele perioden 1990 - 2007. Der er i år ikke et afsnit om pesticider i landovervågningsoplandene (LOOP), hvor der prøvetages højtliggende grundvand, da pesticider er udgået af analyseprogrammet. Pesticider er samtidig udgået af Redoxboringernes overvågning.

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.

Tilstand, udvikling og årsager

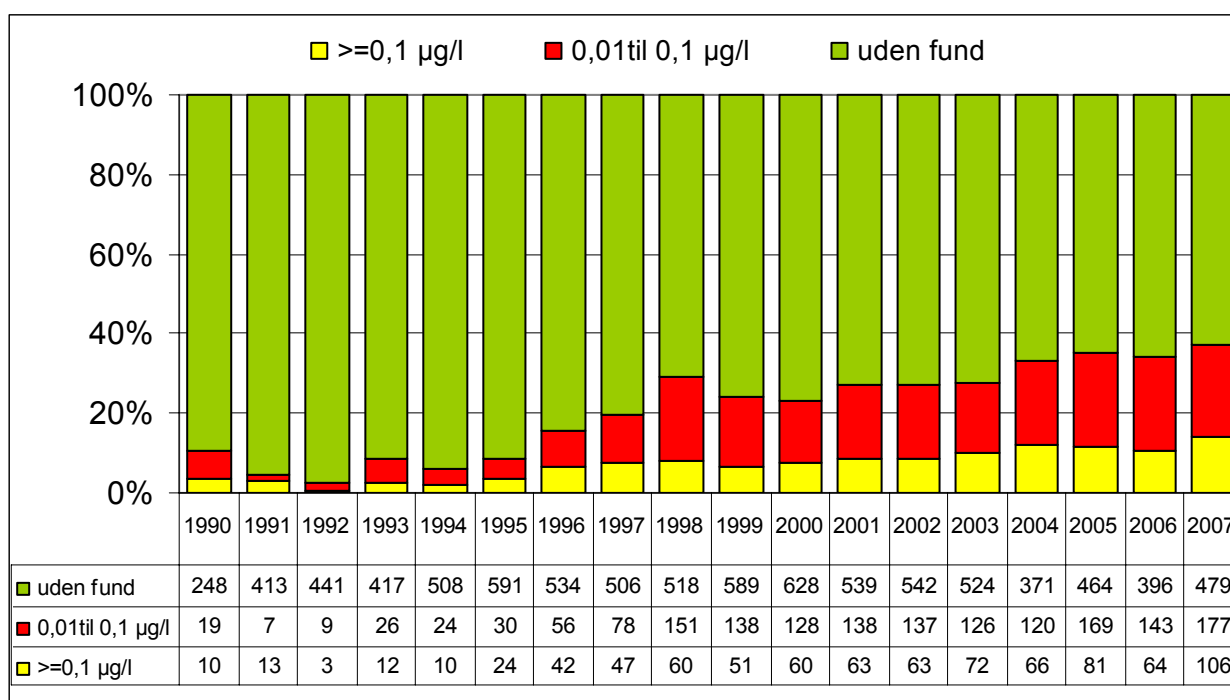
Der blev i 2007 fundet pesticider eller nedbrydningsprodukter i 37 % af de undersøgte indtag, mens grænseværdien blev overskredet i 14 %, tabel 5 og figur 23. Indikatoren viser, at antallet af indtag med fund for perioden 1993-1995 ligger lidt under 10 % pr. år, men stiger til næsten 30 % i 1998, hvorefter andelen falder til ca. 21 % i 2000. I perioden 2001 til 2003 er andelen af indtag med fund ca. 27 %, mens andelen igen stiger i 2004 til 2007, hvor der findes pesticider i næsten 40 % af det analyserede grundvand.

GRUMO	analyser		indtag		andel i %		
	antal	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
2007	766	762	177	106	23,2	13,9	37,1
2006	639	603	143	64	23,7	10,6	34,3
perioden 90 - 07	12.830	1531	455	275	29,7	18,0	47,7
perioden 90 - 06	11.499	1469	428	249	29,1	17,0	46,1

Tabel 5. Pesticidfund i grundvandsovervågningen. Der er medtaget oplysninger om perioden 1990 til 2006, 1990 til 2007, 2006 og 2007. Opgørelserne for perioderne viser, hvor stor en del af grundvandsmagasinerne, der er sårbare overfor denne forureningstype, mens opgørelserne for de enkelte år viser øjebliksbilleder af forurenings omfang.

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, mens stigningen i den sidste tre års periode afspejler, at der oftere analyseres højtliggende grundvand, og at forureningen af det højtliggende grundvand generelt er forøget i forhold til dybere grundvand.

Ukrudtsmidlet metribuzin, der blev anvendt i kartoffelmarker og forbudt i 2003, er inddraget i analyseprogrammet fra 2004. Nedbrydningsprodukter fra stoffet metribuzin findes hyppigt i sandede områder i Jylland, hvor stoffet har været anvendt ved kartoffeldyrkning. Da nedbrydningsprodukterne er ret stabile i grundvand, vil vi fremover se en stigende andel indtag med disse stoffer under kartoffelområder.



Figur 23. Andel af pesticidfund pr. år i grundvandsovervågningen. Antal indtag med analyseresultater i hvert af de 3 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.

Antallet af indtag med overskridelse af grænseværdien for drikkevand ($0,1 \mu\text{g/l}$) har været næsten konstant i perioden 1996-2002, mens andelen, der overskrider grænseværdien, er steget i 2003 og frem til i dag, hvor næsten 15 % overskrider grænseværdien på $0,1 \mu\text{g/l}$.

I perioden 1990 til 2007 er der fundet pesticider en eller flere gange i 48 % af de undersøgte indtag i grundvandsovervågningen, og i 18 % 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. Rester af pesticiderne i grundvandet stammer fra anvendelse i skov- og jordbrug samt fra privat og offentlig anvendelse på befæstede arealer. Befæstede arealer er fx vejanlæg, parkeringspladser, fortove, gangarealer, gårdspladser, stier, jernbaner, haver med mere.

Pesticiderne og deres nedbrydningsprodukter kan nedvaskes, når udbringning sker før regn eller ved sen udbringning om efteråret, når der allerede sker en nedsivning af vand. Også geologiske, hydrauliske og topografiske forhold spiller en rolle og betyder, at pesticiderne ofte forekommer som pulser/fronter, der bevæger sig gennem grundvandsmagasinerne. Derfor finder man ikke fra år til år de samme pesticider eller pesticider i de samme indtag.

Prøve år	Antal	Prøve år	Antal
1990	296	1999	936
1991	330	2000	867
1992	504	2001	792
1993	469	2002	793
1994	708	2003	779
1995	788	2004	634
1996	821	2005	786
1997	826	2006	766
1998	909	2007	766

Tabel 6. Grundvandsovervågning, antal analyser pr år 1990 – 2007.

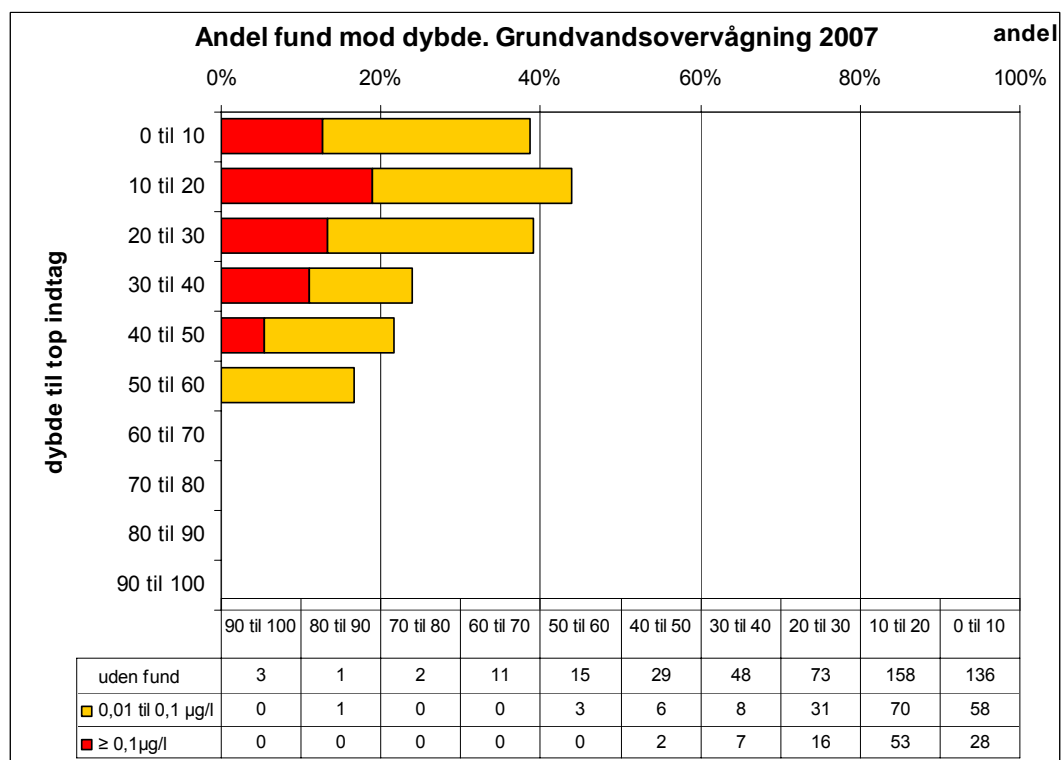
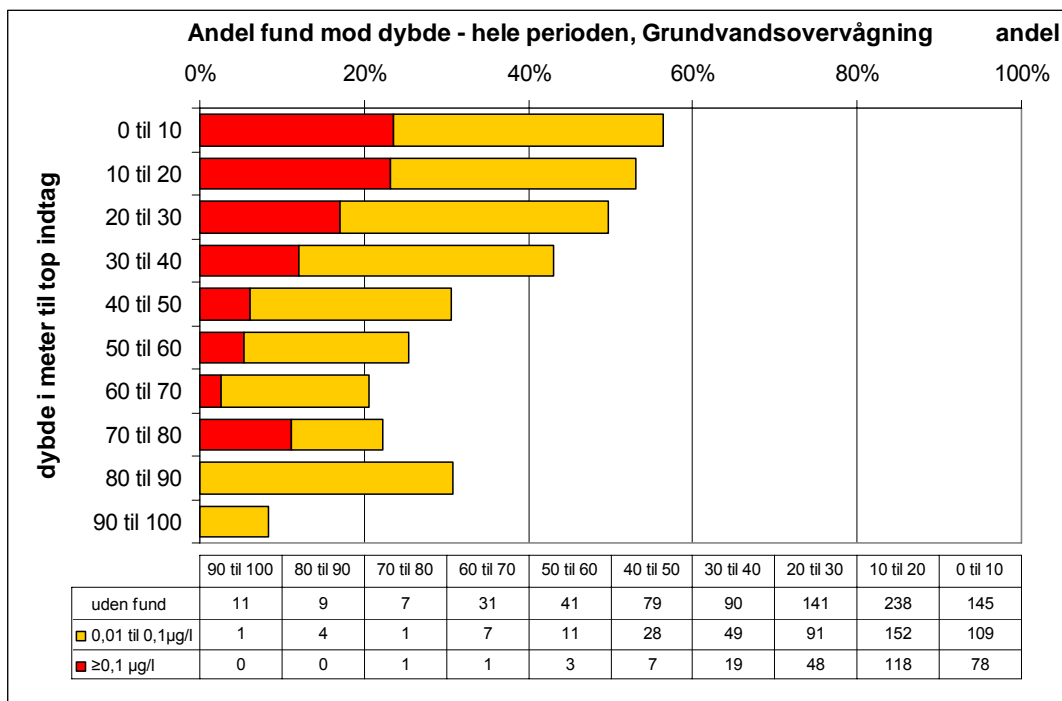
Tabel 6 viser antal analyser gennemført pr år i overvågningsperioden. Antallet af analyser er faldet til små 800 analyser i 2007, og samtidig er analyseprogrammet blevet reduceret, da stoffer, der kun findes sjældent, ikke længere indgår i analyseprogrammet.

Forekomst af pesticider mod dybde i grundvandsovervågningen

Figur 24 viser fordelingen af pesticider og nedbrydningsprodukter mod dybden i grundvandsmagasinerne. Det fremgår, dels hvordan den aktuelle situation var i 2007, 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 1990-2007 er fundet pesticider eller nedbrydningsprodukter i ca. 55 % af indtagene i dybdeintervallet 0-20 meter under terræn, og at grænseværdien var overskredet i næsten 25 %. Antallet af fund aftager med dybden til ca. 20 % i intervallet 60-70 meter under terræn, 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 2007 viser et tilsvarende billede, dog er der i 2007 ikke fundet så mange pesticider og nedbrydningsprodukter i dybere niveauer af magasinerne, hvilket bl.a. skyldes, at antallet af analyserede dybe indtag er reduceret. 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 (Brusch 2007).



Figur 24. Fund af pesticider og nedbrydningsprodukter mod dybde i hele overvågningsperioden (1990-2007) og i 2007. Antal indtag med analyseresultater i hver af de 3 klasser i hvert dybdeinterval er anført under figurerne.

Pesticider i vandværkernes kontrol af indvindingsboringer

Datagrundlag

Indikatoren er baseret på pesticidanalyser i indvindingsboringer ved offentlige og private vandværker for perioden 1993 til 2007. Derudover er der skelet til 2008 datasættet, som dog ikke endnu er fuldt indberettet. Indvindingsboringer analyseres ikke hvert år, men i en turnus på 3 til 5 år. Boringer, hvorfra der ikke gennem de sidste 5 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.

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.

Tilstand, udvikling og årsager

Indikatoren viser udviklingen i fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i vandværkernes indvindingsboringer, se figur 25 og tabel 7. Der blev i 2007 og 2008 fundet pesticider i 25 % og 27 % af de analyserede boringer, mens der i hele undersøgelsesperioden blev fundet pesticider i 25 % af boringerne. Det lavere tal for hele perioden skyldes, at vandværkerne løbende har lukket boringer med pesticidfund.

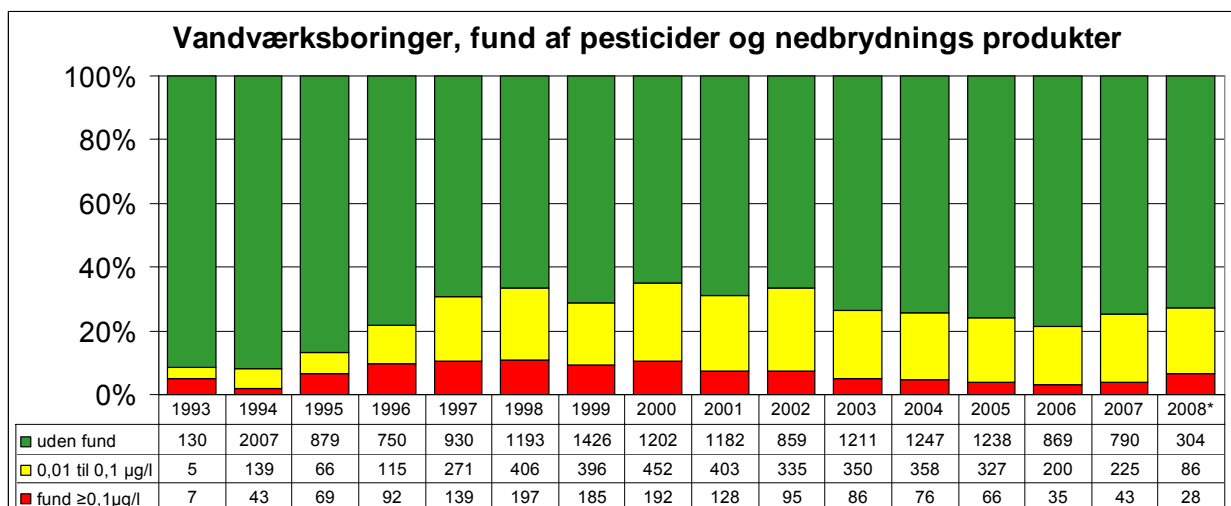
I løbet af de seneste år har antallet af pesticidforurenede indvindingsboringer været faldende, og der blev i 2006 fundet pesticider i 21 % af de undersøgte boringer, mens grænseværdien var overskredet i 3 %, hvilket var det laveste niveau siden 1995. I 2007 og 2008 er udviklingen vendt, og der blev fundet en stigende mængde pesticider, i henholdsvis 25 og 27 % af de aktive boringer, mens grænseværdien var overskredet i henholdsvis 4 og 7 %.

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	1.237	1.104	200	35	18,1	3,2	21,3
2007	1.197	1.058	225	43	21,3	4,1	25,3
2008	458	418	86	28	20,6	6,7	27,3
1992-2008	20.985	6.407	1.265	342	19,7	5,3	25,1

Tabel 7. Vandværkernes kontrol af indvindingsboringer. Boringskontrollen. Der er kun medtaget vandindvindingsboringer, hvor der er indvundet grundvand de seneste 5 år. Boringer uden indvinding er overført til gruppen "Andre Boringer".

De senere års fald i andelen af boringer med fund over grænseværdien kan skyldes, at vandværkerne tager forurenede boringer ud af drift, men årsagen til den stigende andel af pesticid-

påvirkede boringer op gennem 90'erne er ikke, at grundvandet er blevet mere forurenet, men at mange vandværker har analyseret for et stigende antal pesticider og nedbrydningsprodukter. Den stigende påvirkningsgrad af de aktive vandindvindingsboringer i 2007 og 2008 viser måske, at vandværkerne ikke i samme omfang som tidligere kan finde rene magasiner eller lukke forurenede drikkevandsboringer.



Figur 25. Pesticidfund pr. år fundet ved vandværkernes kontrol af indvindingsboringer. Indikatoren indeholder ikke de samme boringer fra år til år, da disse analyseres i en turnus på op til 5 år. Desuden lukker vandværkerne indvindingsboringer med fund af pesticider. Antal boringer med analyseresultater i hver af de 3 klasser er anført under de enkelte år. Datasættet fra 2008 er ikke fuldstændig, men anses som repræsentativt.

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 vist, at der kan findes nedbrydningsprodukter i grundvandsmagasinerne fra kartoffelmidler, 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 fremover.

En gennemgang af de hyppigst fundne stoffer i grundvandsovervågningen og fra vandværkernes boringskontrol viser, at glyphosat og AMPA i stigende omfang bliver fundet i dansk højtliggende grundvand, og at stoffet nu er det tredje hyppigst i aktive vandboringer, se tabel 9, nedenfor.

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

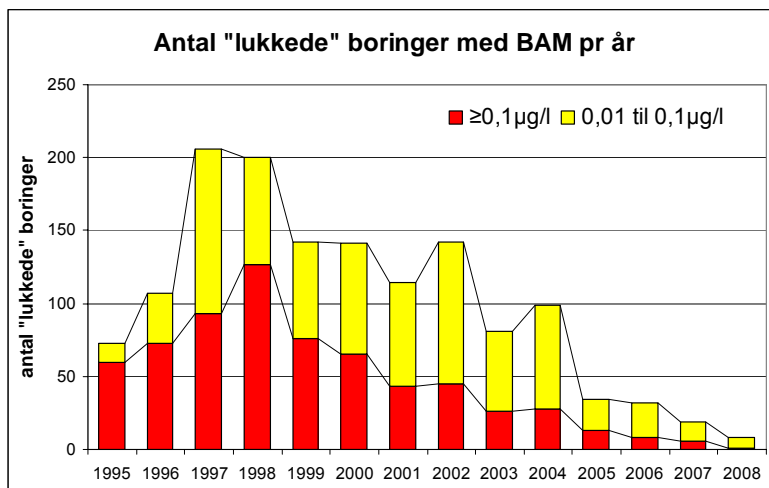
	Vandværkerne boringskontrol ("bk")				Andre Boringer ("ab")
	Analyser pr år retrospektivt	Indhold i nuværende SAS udtræk sept. 08	fald i %	fald i antal analyser	antal "bk" i gruppen "ab"
1993	159	60	62	99	126
1994	2.437	1.280	47	1.157	1.520
1995	1.213	624	49	589	784
1996	1.152	711	38	441	840
1997	1.747	891	49	856	1.068
1998	2.387	1.450	39	937	1.177
1999	2.714	1.802	34	912	1.143
2000	2.496	1.743	30	753	978
2001	2.097	1.889	10	208	808
2002	1.622	1.611	1	11	1.245
2003	1.896	1.972	-4	-76	854
2004	1.631	2041	-25	-410	1.038
2005	1.681	1.949	-16	-268	778
2006	1.237	1.237	0	0	491
2007	1.177	1.177	0	0	267
2008	458	458	0	0	106
sum	26.104	20.895	Avg: 20	5.209	13.223

Tabel 8 Antal analyser pr år i SAS udtræk fra Jupiter sept. 2008, og antal analyser pr år fra de oprindelige opgørelser. Forskellen mellem antal i dag og antal fra tidligere opgørelser kan skyldes flere forhold, fx at vandværkerne ophører med at pumpe vand fra en boring, og at boringen derfor overføres til gruppen "andre boringer". Gruppen andre boringer indeholder dog også andre boringer end nedlagte vandværker og der er derfor stor forskel på antallet i "andre boringer" og i forskellen mellem de to "boringskontrol" datasæt. I rækken markeret "sum" er også medtaget det gennemsnitlige (Avg) fald i %.

Antallet af analyser pr. år opgjort retrospektivt (det oprindelige antal analyser er medtaget fra de enkelte år) viser, at antallet af analyser falder fra omkring 2.500 i 2000 til omkring 1.200 i 2006/07, tabel 8. Andelen af analyser af aktive vandværksboringer, som er medtaget i det nyeste udtræk, er generelt faldet omkring 20-30 %, under samtidig overførsel af disse analyser til gruppen "Andre boringer." "Andre Boringer" indeholder også oplysninger fra boringer, som både kommuner, amter og andre har prøvetaget og analyseret for et eller flere pesticider. Tabellen viser, at vandværkerne nedlægger boringer, men også at antallet af analyser er faldet de sidste par år, hvilket kan skyldes tekniske problemer med dataindberetningen efter strukturreformen. (se kap 1, denne rapport)

Figur 26 viser antallet af boringer mærket "BK" i databasen med BAM fund i gruppen "Andre Boringer" opgjort pr år. Da boringerne er mærket "BK" vil hovedparten af boringerne særligt fra sidste dekade formodentlig være nedlagte vandværksboringer mærket med "BK" – boringskontrol.. Det må formodes, at BK-boringer med fund over grænseværdien for drikkevand er overført til gruppen "Andre boringer", mens BK-boringer med fund under grænseværdien kan være overført til denne gruppe 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 fund i boringen, også selv om borerne oftest er analyseret flere gange. Antallet af borer med fund over grænseværdien er faldet fra 2001, men dette kan skyldes at kvantiteten af rapporterede indvindingsmængder for vandværkerne er dalende. Der blev formodentlig lukket omkring 100 vandværksboringer i perioden frem til 2004 pga. BAM, hvorefter antallet er faldet til under 20 i 2007. Data fra 2008 er ikke fuldt indberettet, og de samlede analysedata fra 2008 rapporteres ultimo 2009.

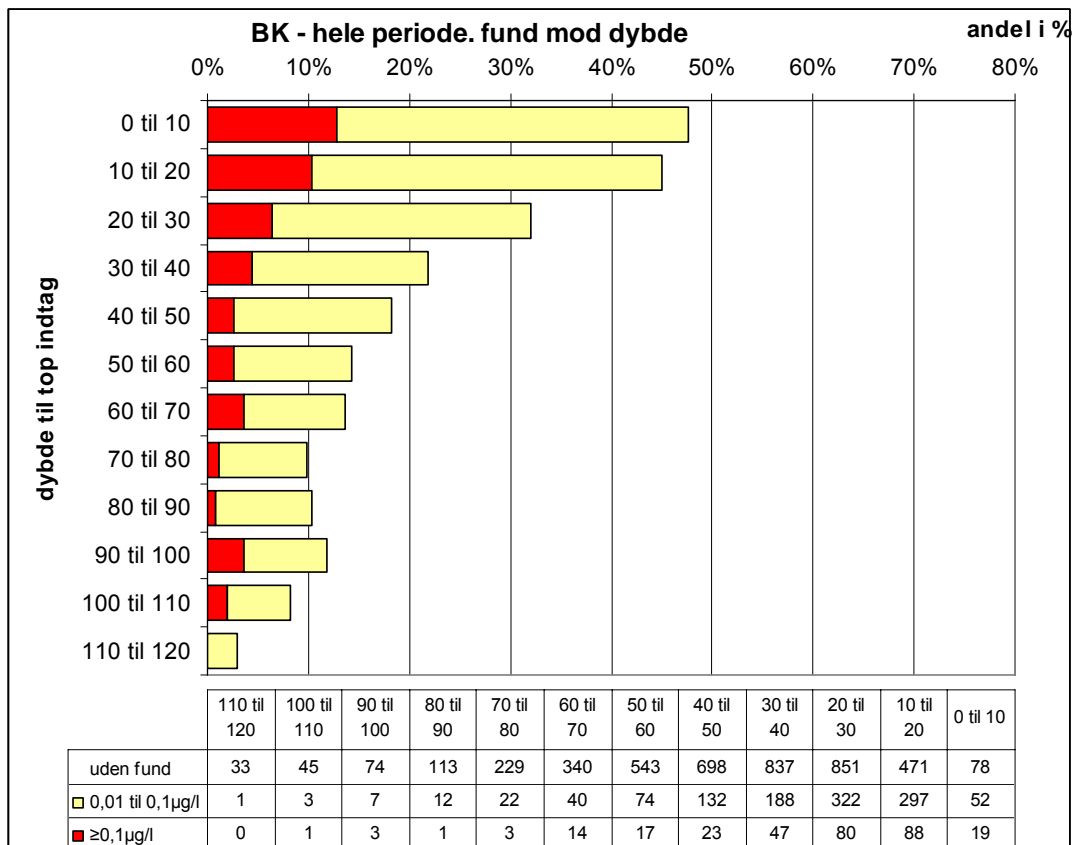
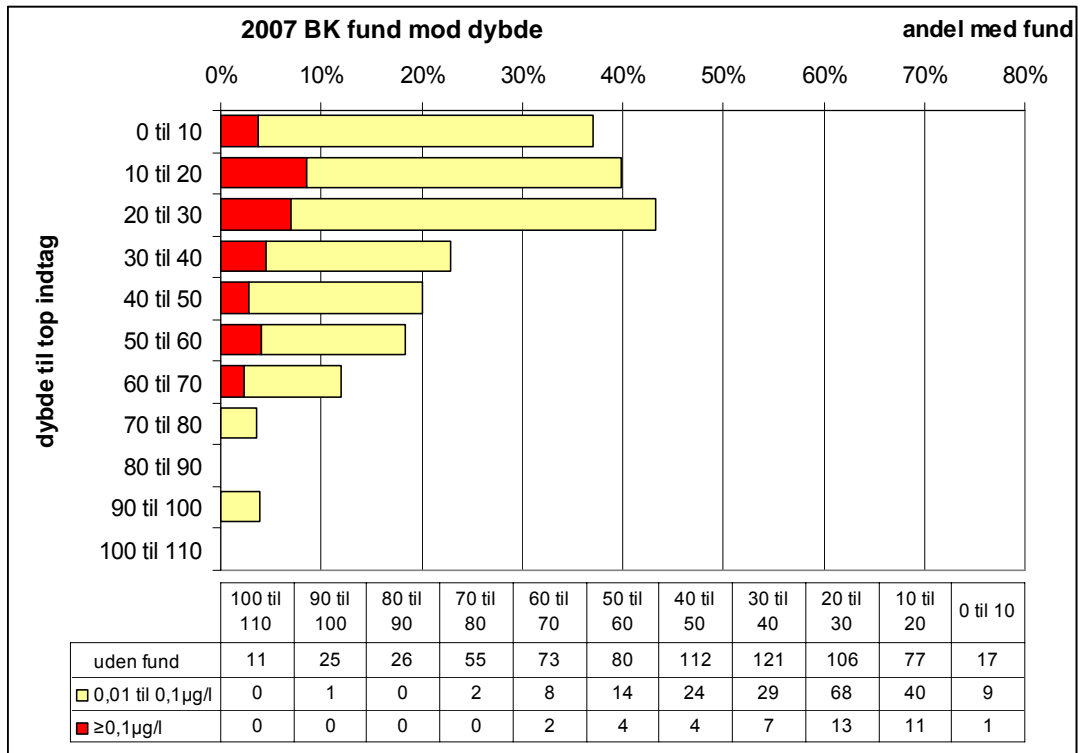


Figur 26. Andre Boringer: Antal boringskontrol-boringer med BAM i gruppen "Andre boringer".

Vandværkernes filterdybder og risiko for pesticider

Vurderes indtag med BAM-fund findes, at hovedparten af BAM-fundene med høje koncentrationer stammer fra grundvand i intervallet 0 – 50 meter under terræn, men også at der kan findes BAM i meget dybtliggende grundvandsmagasiner (se figur 27). 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 forurenet ungt højtliggende grundvand ned langs borestammerne. Da der er tale om indvindingsboringer, vil der ske en opblanding af gammelt og yngre grundvand i indvindingsboringerens indtag.

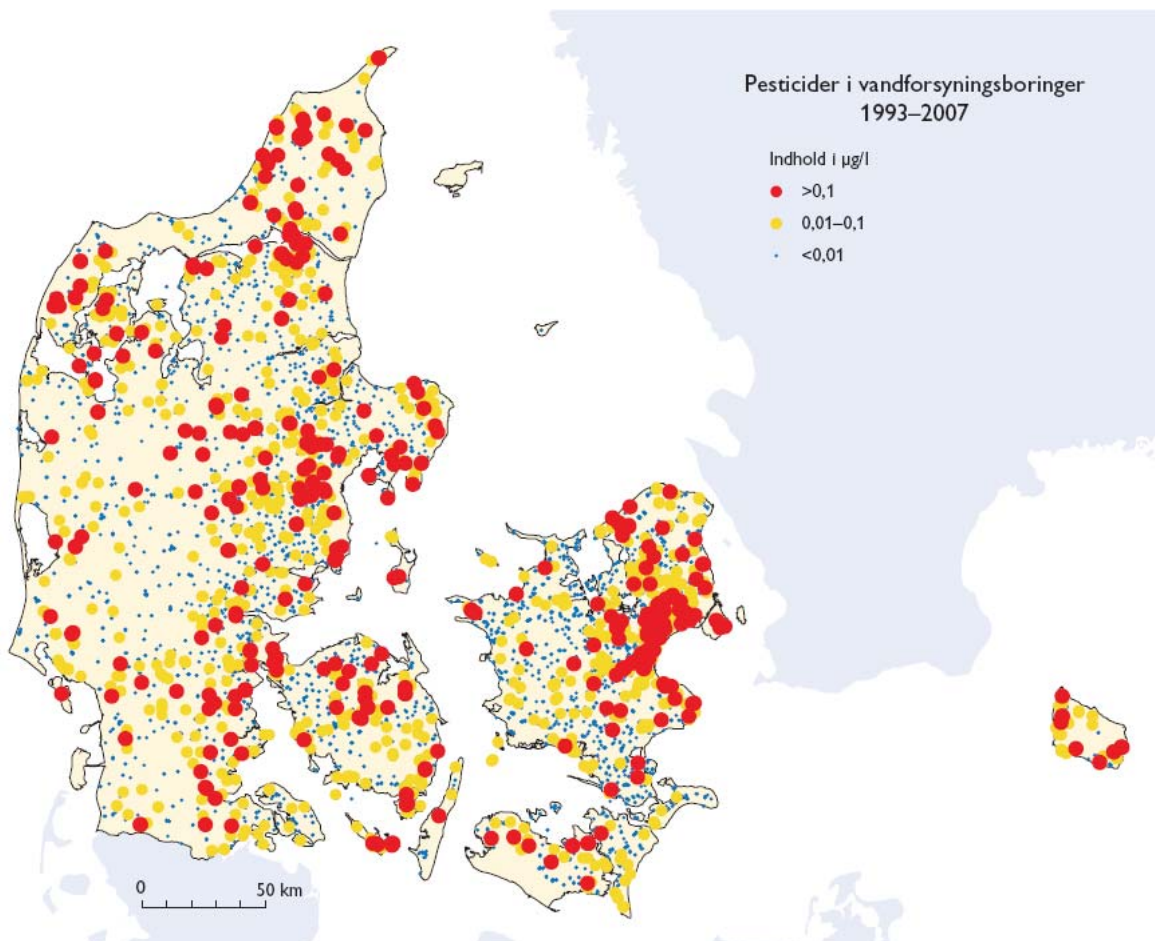
En opgørelse af pesticidfund mod dybde viser, at andelen af fund af pesticider falder med dybden til toppen af borerne vandindtag målt i forhold til terræn, figur 26. Det fremgår, at der i 2007 blev fundet omkring 40 % pesticider i de aktive drikkevandsboringer, der indvandt grundvand fra 0 til 30 meter under terræn. Andelen af boringer, der overskred grænseværdien for drikkevand, var fra ca. 5 til 10 %. Det er problematisk, at grundvandsovervågningen viser en tilsvarende eller værre forurening i det højtliggende grundvand. Dette betyder, at vandværkerne på et tidspunkt ikke fortsat kan lukke boringer for at løse aktuelle forureningsproblemer.



Figur 27. Boringskontrollen, hele perioden. Fund mod dybde, kun indtag med oplysninger om dybde er medtaget.

Geografisk fordeling af fund af pesticider og nedbrydningsprodukter

Fordelingen på landsplan af indvindingsboringer med fund af pesticider og nedbrydningsprodukter fremgår af figur 28. Der foreligger ikke oplysninger om koordinater for alle boringer med fund, og kortet viser derfor ikke alle boringer, der er analyseret.



Figur 28. Fund af pesticider og nedbrydningsprodukter ved vandværkernes boringskontrol af aktive indvindingsboringer. 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 er fundet mange pesticider og nedbrydningsprodukter ved de større byer (fortrinsvis BAM + moderstof), og 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.

Andre analyseprogrammer fra små vandværker (Brüsch, 2007) viser dog, at det højtliggende grundvand under sandede arealer også er stærkt præget af pesticider og nedbrydningspro-

dukter. En skarp grænse ses på Lolland, til et område, hvor der ikke er gennemført eller fundet pesticider på den sydligste del af øen. Dette skyldes, at der netop i dette område kan være problemer med at finde højt ydende 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 9 viser, hvilke stoffer der er fundet hyppigst i henholdsvis grundvandsovervågningen, ved vandværkernes kontrol af aktive indvindingsboringer, i gruppen "Andre Analyser" der dels omfatter nedlagte vandværksboringer, private små vandforsyningsanlæg og andre boringer.

Grundvandsovervågning			Aktive vandværksboringer			Andre boringer		
stof	% fund	% o.gr.	stof	% fund	% o.gr.	stof	% fund	% o.gr.
BAM (2,6-Diklorbenzamid)	20,3	8,0	2,6-Diklorbenzamid	19,1	4,1	2,6-Diklorbenzamid	31,7	16,1
DEIA	14,1	4,0	4-Nitrofenol	3,3		2CPP	16,8	3,6
Atrazin, deisopropyl	9,8	1,7	<i>Glyphosat</i>	2,9	0,4	4-Nitrofenol	14,4	9,7
4-Nitrofenol	9,4	0,6	4CPP	2,5	0,4	DEIA	9,6	2,1
Atrazin, deethyl-	7,7	1,4	DEIA	2,3		Atrazin, deethyl-	7,6	1,9
Atrazin	5,6	1,4	Hydroxysimazin	2,1	0,6	Atrazin, deisopropyl	7,5	1,6
Bentazon	5,6	1,6	Meklorprop	2,1	0,2	Atrazin	7,1	2,0
Diklorprop	5,2	1,4	Bentazon	2,0	0,3	4CPP	6,3	4,6
Trikloredikesyre	4,4	1,4	Atrazin	2,0	0,2	AMPA	6,3	2,1
Metribuzin desam-diketo	4,3	1,7	Atrazin, deethyl-	2,0	0,1	2,6-DCPP	5,4	1,5
<i>Glyphosat</i>	4,3	0,5	Diklorprop	1,8	0,2	<i>Glyphosat</i>	5,0	1,0
Meklorprop	4,0	0,9	Atrazin, deisopropyl	1,6	0,1	Simazin	4,9	0,8
Simazin	3,0	0,5	AMPA	1,6	0,6	deethylterbuthylazin	4,6	1,0
AMPA	2,7	0,6	Hexazinon	1,3	0,1	Diklorprop	3,8	1,6
Metribuzin-diketo	2,4	1,0	Simazin	1,1	0,1	Meklorprop	3,8	1,6

Tabel 9. De 15 hyppigst fundne stoffer i Grundvandsovervågningen, Vandværkernes boringskontrol af aktive vandværksboringer og i "Andre boringer", 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. "0.gr." betyder fund over grænseværdien på 0,1 µg/l. Se også bilag 2 - 4 med oplysninger om antal analyser, antal boringer og koncentrationsintervaller.

BAM findes hyppigst i alle typer undersøgelser af dansk grundvand, men også triazinerne og de tilhørende nedbrydningsprodukter forekommer hyppigt (fx atrazin, DEIA, simazin, hexazinon). Det fremgår også, at nedbrydningsprodukterne fra kartoffelmidlet metribuzin nu findes hyppigt i grundvandsovervågningen. Da nedbrydningsprodukterne først for nyligt er medtaget i grundvandsovervågningsprogrammet er vandværkerne ikke begyndt at lede efter stoffet endnu, og det må imødeses, at stoffet vil blive fundet hyppigt i råvandsboringer der indvinder vand under 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. Brüscher og Rosenberg, 2008 viser dog, at glyphosat særligt forekommer i højtliggende grundvand, og at glyphosat og AMPA formodentlig tilbageholdes, før stofferne når de mest betydende dybtliggende grundvandsmagasiner. De høje fund andele 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.

Referencer

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

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

EU 2000: Europaparlamentets og rådets direktiv 2000/60/EF Om fastsættelse af en ramme for fællesskabets vandpolitiske foranstaltninger (Vandrammedirektivet)

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

Miljøstyrelsen 2007, Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 26, 2007. Almene vandværkers boringskontrol af pesticider og nedbrydningsprodukter. red: Walter Brüscher.

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

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

Brüscher 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>

7 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 og afværgeoppumpning.

I henhold til Vandforsyningsloven (Miljøministeriet, 2008) skal alle indvindinger indberettes til kommunerne, der efterfølgende kontrollerer og indlæser data til Jupiter-databasen. Indberetning til databaserne foregår hovedsageligt via kommunernes fagdatasystemer, idet afværgeoppumpninger dog indberettes af regionerne.

Vandforsyningsanlæggets ejer skal registrere dato for hver opgørelse af indvindingen og den vandmængde, der er indvundet siden sidste registrering. Antallet af registreringer pr. år afhænger af størrelsen på den årligt tilladte indvindingsmængde. Indvindinger opgøres fra den 1. januar til den 31. december, og indberetningen til kommunalbestyrelsen skal foretages inden den 1. februar det følgende år. På denne måde bliver de oppumpede vandmængder til aktive data i Jupiter-databasen.

Relevans

Vandindvindingen i Danmark er i langt overvejende grad baseret på indvinding af grundvand. Indvinding af overfladevand til drikkevandsformål foregår i beskedent omfang fra Haraldsted og Gyrstinge Sø på Sjælland og på Christiansø.

Drikkevandsforsyningen i Danmark er bygget op omkring en decentral struktur med 2.622 almene vandforsyninger, hvoraf 158 er kommunalt ejede (2005), (DANVA, 2006). Derudover findes der en række lokale vandforsyninger til bl.a. industri, institutioner, markvanding, sportspladser, gartneri og dambrug samt enkelt-vandforsyninger, som hver forsyner 1-9 til husstande.

Målsætning

Vandindvindingen må ikke have et omfang så det giver anledning til at miljømålene i vandløb og terrestriske økosystemer ikke kan opfyldes. Dataindsamlingen skal kunne dokumentere ændringer i de oppumpede grundvands- og overfladevands-mængder på nationalt niveau, og anvendes i den nationale vandbalance model, se kapitel 9.

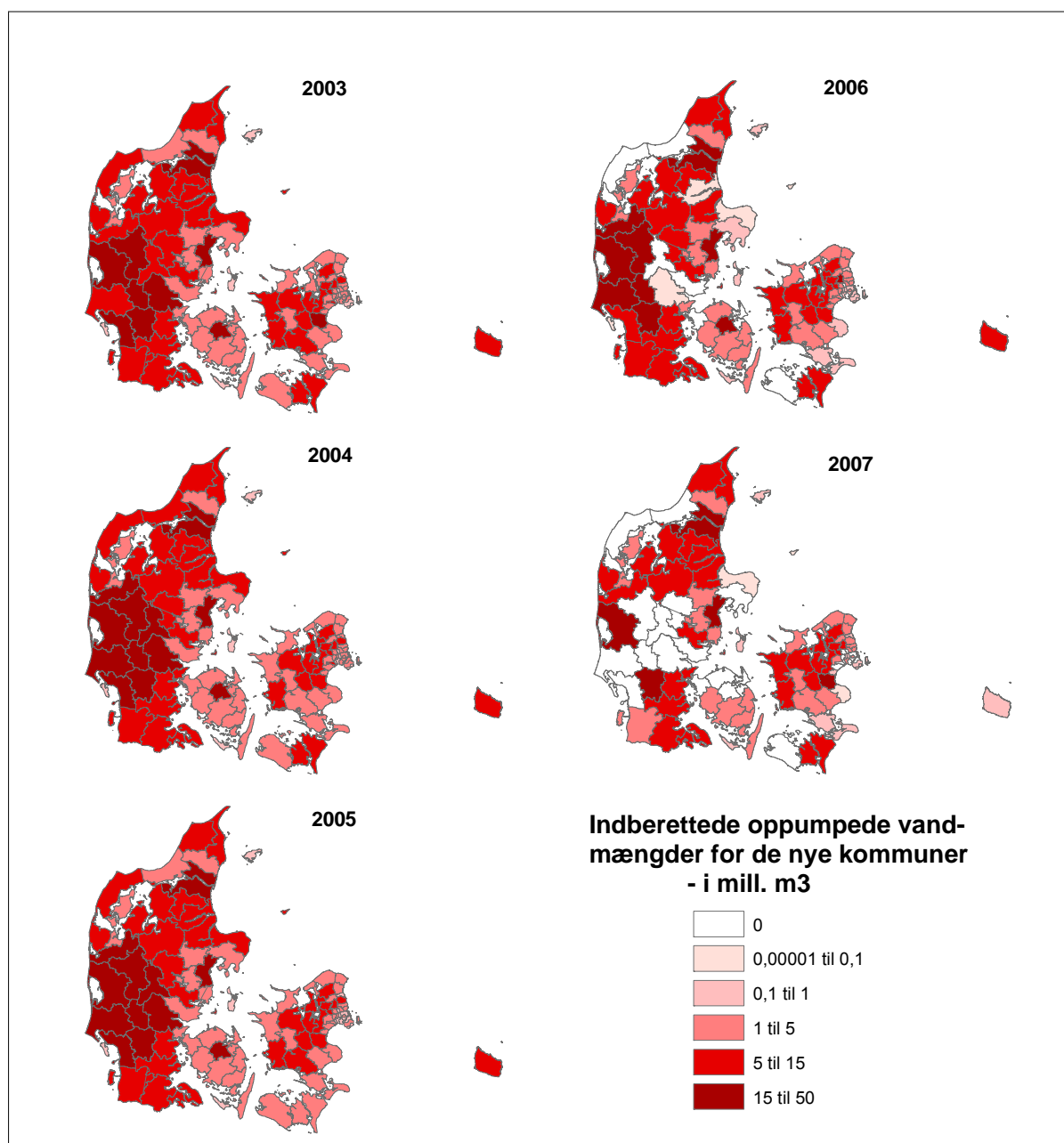
Datagrundlag

Til denne rapport er der lavet et udtræk af indvindingsdata den 20. januar 2009. Udtrækket er lavet for de oppumpede vandmængder, der findes i Jupiter for perioden 1989 frem til og med 2007.

Som en del af den årlige rapportering af grundvandsovervågningen opgør GEUS de oppumpede mængder af både grundvand og overfladevand. I perioden 1989 til 2005 blev indikatoren beskrevet på baggrund af de indberetninger, som GEUS hvert år modtog fra amterne om de indvundne vandmængder, hvorefter opgørelserne blev sammenlignet med de tal, amterne opgjorde til den regionale afrapportering af grundvandsovervågningen. Ofte manglede der indberetninger fra enkeltindvindere, grundvandssænkninger mm. Amterne foretog derfor et skøn over hvor store vandmængder, der var indvundet ud over de indberettede vandmæng-

der. GEUS's strategi var frem til 2005, at hvis tallene var større i rapporten end i udtrækket fra JUPITER, så blev tallene opjusteret i henhold til amternes rapporter.

I forbindelse med strukturreformen er tilsynsmyndigheden for indvinding af grundvand overgået fra amterne til de 98 nye kommuner, og det er derfor ikke længere muligt at lave en korrektion på baggrund af amternes regionale afrapporteringer, da disse ikke udarbejdes i den nye myndighedsstruktur. Opgørelsen på vandindvindingen for 2006 og 2007 bliver derfor alene foretaget på baggrund af indberettede vandmængder til Jupiter databasen i GEUS. Dette er problematisk, da tidsserierne for de oppumpede vandmængder således ikke kan fortsættes på samme databaggrund, som lå til grund for tidsserierne inden strukturreformen.



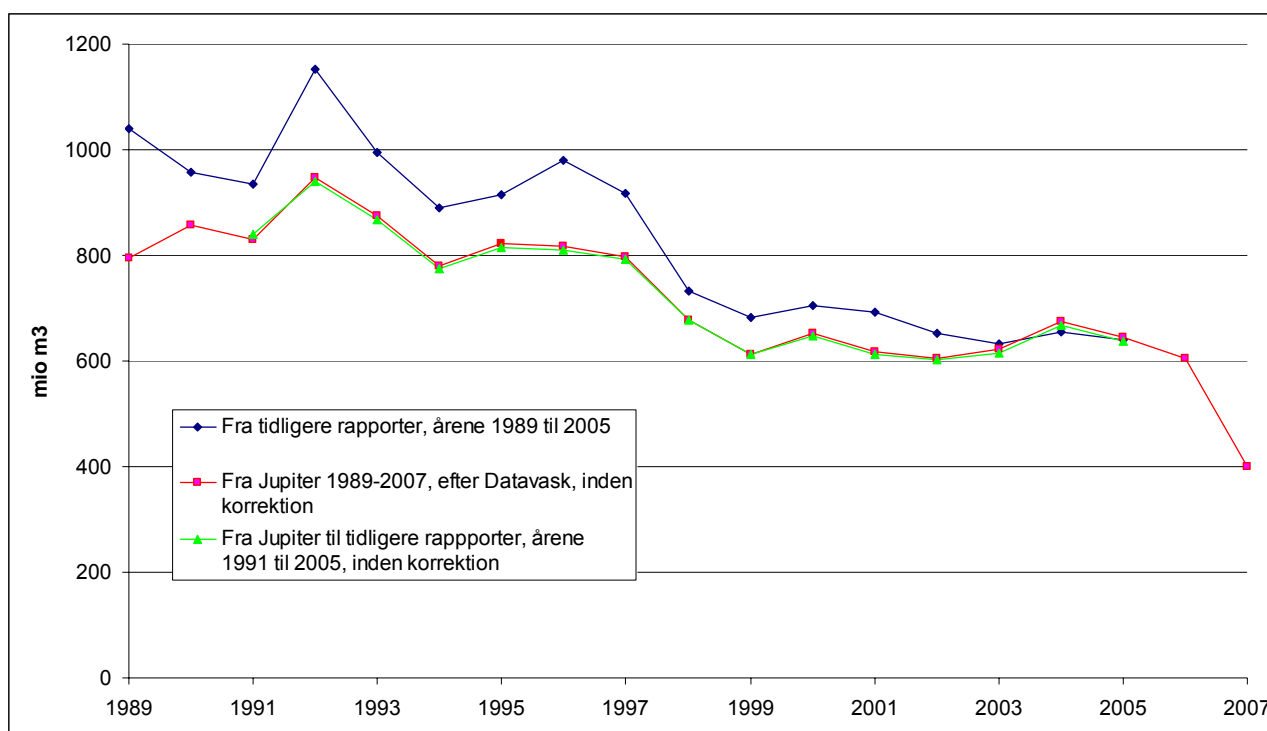
Figur 29. De oppumpede vandmængder tematiseret for de nye kommuner for årene 2003 til 2007 – tallene er i mio. m³.

Manglende indberetning i forbindelse med strukturreformen

I forbindelse med databehandlingen har flere kommuner ikke indberettet til Jupiter-databasen. For at illustrere den manglende indberetning er der lavet 5 nationale kort (figur 29), hvor den indberettede indvinding er tematiseret på kommuneniveau for årene fra 2003 til 2007. For 2003, 2004 og 2005 er det tydeligt, at der er en konstant indberetning fra alle kommuner. For 2006 er der 10 kommuner der ikke har indberettet data overhovedet, mens der er yderligere 4 kommuner, der har indberettet mindre end 100.000 m³. For 2007 er der 25 kommuner, der ikke har indberettet data og yderligere 2, der har indberettet mindre end 100.000 m³. Indberetninger på 100.000 m³ eller mindre er vurderet som udtryk for mangelfuld indberetning, idet alle kommuner før 2006 havde større indberetning.

Oprydning af data – konsekvenser af "Datavasken"

Foranlediget af strukturreformen udførte GEUS i samarbejde med amterne, en storstilet "Datavask" i 2005 og 2006, som bestod i en gennemgang og oprydning af Jupiter-databasen. I den forbindelse blev det bl.a. besluttet, at de data, som fremover skal udgøre de oppumpede vandmængder på nationalt niveau, og som derfor skal indlæses i Jupiter, skal stamme fra amterne, da de var den ansvarlige tilsynsmyndighed for grundvandsressourcen.



Figur 30. Grøn og rød tidsserie viser totalsum for indberettede oppumpede vandmængder i Jupiter. Grøn er størrelsen på de oppumpede vandmængder inden datavask og rød er efter datavask. Blå er tidligere afrapporterede oppumpede vandmængder tilbage til 1989.

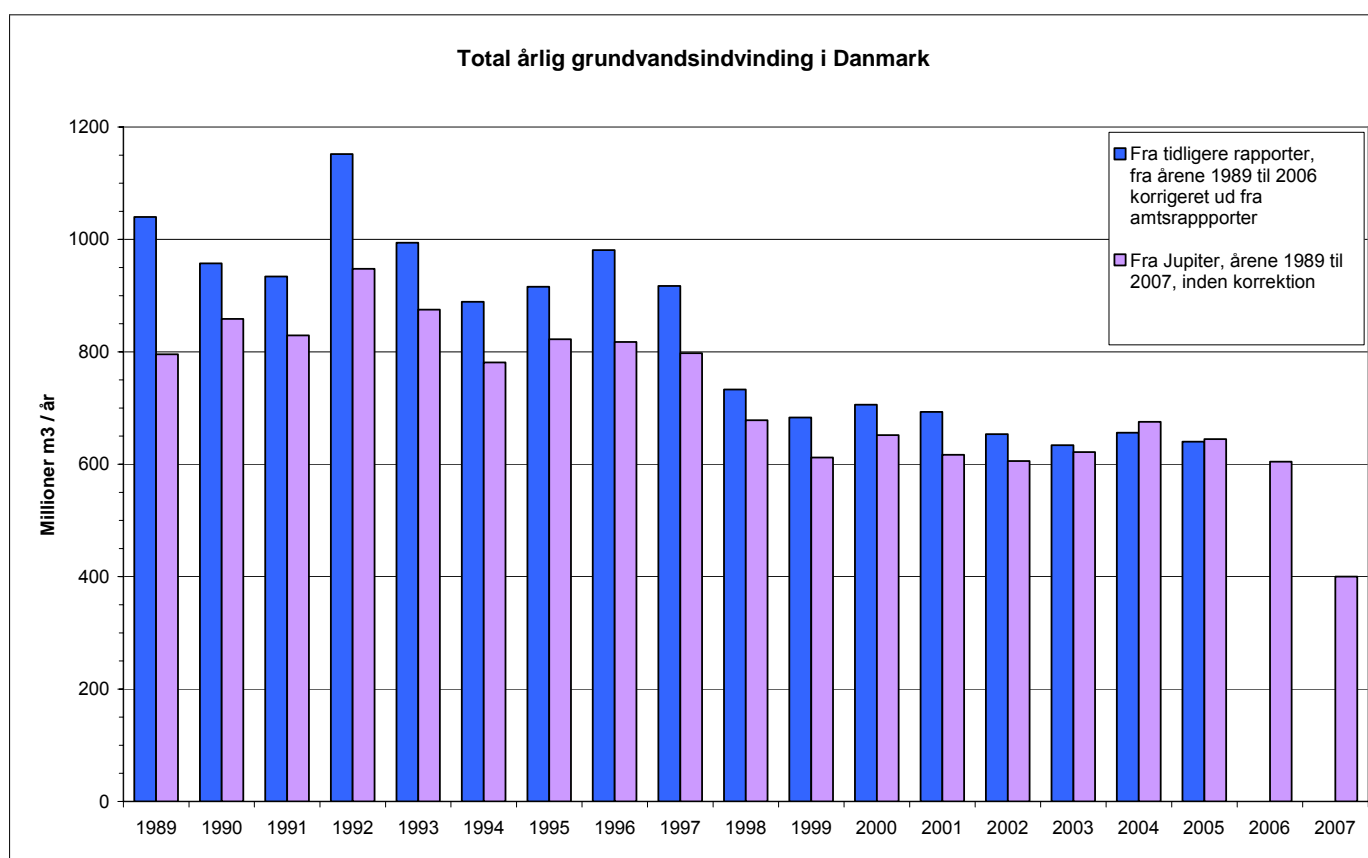
For at vise om der evt. er forskelle på størrelsen af indvindingsdata i Jupiter før og efter datavasken, er der på figur 30 afbildet en grøn kurve, for de indberettede vandmængder i Jupiter inden datavasken og med rød kurve de samme data efter datavasken. Den røde tidsserie ligger umiddelbart oveni den grønne, og hvor den afviger, ligger den lidt højere pga. efterindbe-

retninger mv. Der er således den samme størrelse på de oppumpede vandmængder i Jupiter før og efter datavasken, hvilket selvfølgelig også er ønskeligt. Den blå kurve viser de afrapporterede oppumpede vandmængder i tidligere GRUMO-rapporter og differencen til grøn/rød kurve angiver den andel der blev korrigeret op på baggrund af amternes årsrapporter – denne korrektion af underindberetning fra kommunerne kan man ikke længere udføre.

Sommeren 2006 var meget tør og i kommuner, hvor der traditionelt er en stor markvanding, oppumpedes der så meget mere end gennemsnittet for 2003 - 2006, at de opvejer den manglende indberetning fra de 14 kommuner, der har underindberettet/ikke har indberettet, jf. figur 29. Således er der markante fald i år 2006 og 2007 pga. mangelfuld indberetning.

Total årlige grundvandsindvinding i Danmark

På figur 31 fra sidste års GRUMO rapport er der tilføjet lilla søjler, som viser de totale oppumpede vandmængder for perioden 1989 til 2007. Data er fra dataudtræk (uden korrektion af underindberetning) af Jupiter pr. 20. januar 2009. Af figuren fremgår det, at der i hvert fald fra 2002 og bagud i tid er lavet markante korrektioner på helt op til ca. 250 mio. m³ i 1989 og 1992 på baggrund af amternes indberetninger.



Figur 31. Den samlede grundvandsindvinding i Danmark (mio. m³/år) baseret på indberetninger til GEUS og oplysninger fra amternes overvågningsrapporter for perioden 1989-2004, for 2005 udelukkende på den elektroniske indberetning. De lilla søjler viser data inden korrektion – på baggrund af elektroniske indberetning.

På baggrund af korrigerede data (de blå søjler) ser det ud til, at den samlede indvinding har fundet et stabilt niveau omkring godt 600 mio. m³ pr. år efter en periode med et fald på om-

kring 37 % over de sidste ca. 15 år. Regionalt er der store udsving, idet markvanding i nogle områder af landet udgør over halvdelen af den årlige indvinding i år med tørre forår og somre, og derfor vil vejret i vækstsæsonen i høj grad påvirke det regionale indvindingsmønster. På figuren fremgår det, at den totale oppumpning for 2006 ligger lige omkring 600 mio. m³. Man kan foranlediges til at tro, at dette er udtryk for den totale indvinding for 2006, da det ligger på niveau med de foregående år. For 2007 er det tydeligt, at der er mangelfuld indberetning, da den totale indberetning er på 400 mio. m³, hvilket udgør mindre end 2/3 af de foregående års indberetning.

Tilstand, udvikling og årsager

I GRUMO-rapporten 2007 blev der foretaget en opgørelse af vandindvindingen for hele landet fordelt på fire hovedkategorier frem til år 2005. Kategorierne var

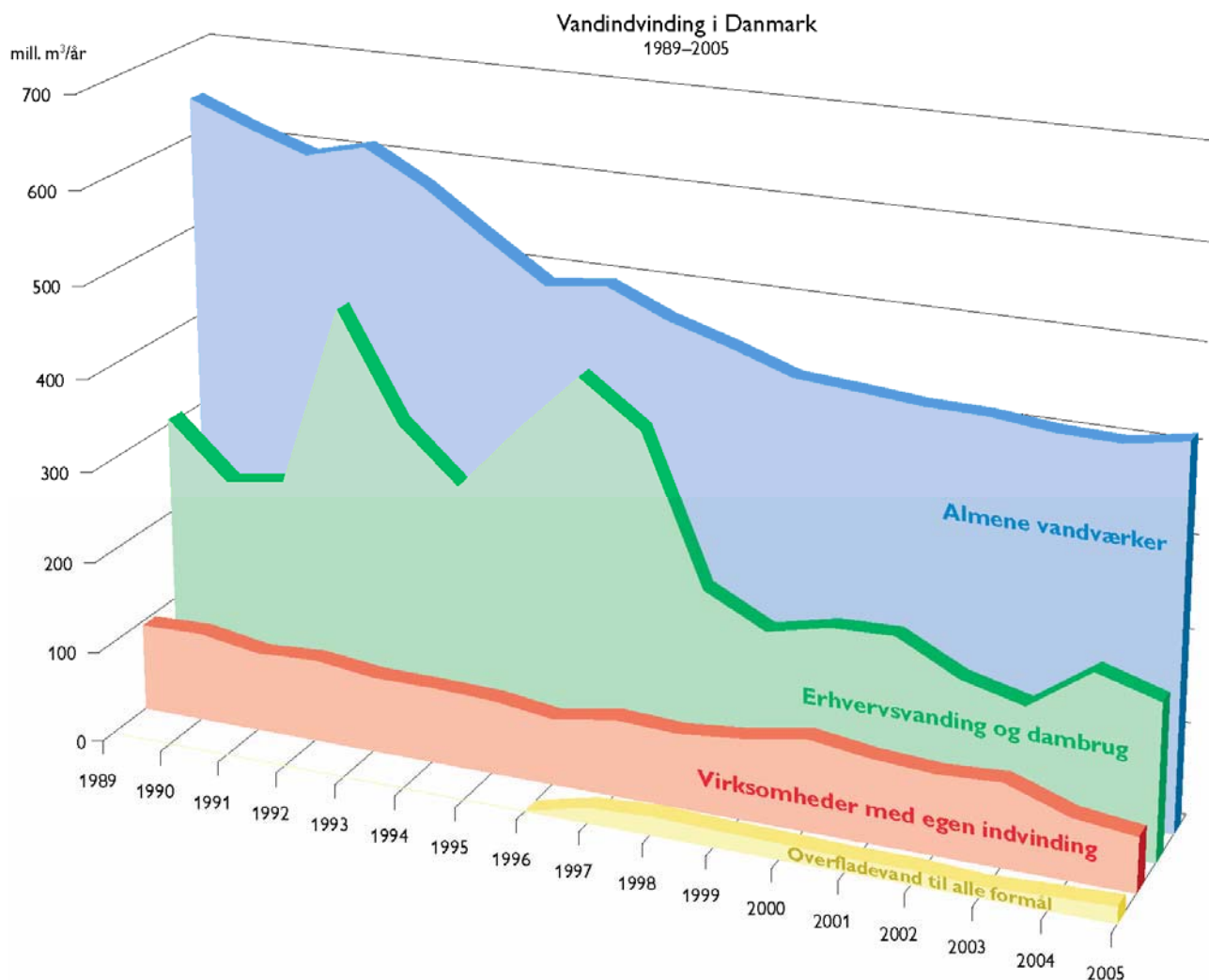
1. Almene vandværker: offentlige og private enkeltanlæg.
2. Erhvervsvanding: markvanding, gartneri og dambrug.
3. Industri mv.: erhverv, industri, institutioner, afværgepumpninger, grundvandssænkninger, enkelt-indvindinger til husholdninger og anden grundvandsindvinding.
4. Overfladevand.

På figur 32, der stammer fra 2007-rapporten er vandindvindingen opgjort på de fire hovedkategorier for perioden 1989-2005.

Den totale grundvandsindvinding i 2005 var på 640 mio. m³, og indvindingen af overfladevand 18 mio. m³. Indvindingen fra vandværker, den almene vandforsyning, udgjorde 65 % af den samlede indvinding (413 mio. m³). Oppumpning af grundvand til markvanding, gartneri og dambrug tegnede sig for 26 % af grundvandsindvindingen i Danmark i 2005.

Grundvandsindvinding til markvanding faldt lidt i 2005 i forhold til 2004. Modsat steg indvindingen til almen vandforsyning tilsyneladende på landsplan for første gang i over ti år fra 401 til 413 mio m³. Det blev understreget i rapporten, at ændringerne i høj grad kunne skyldes det ændrede datagrundlag.

På baggrund af ovenstående gennemgang af data for oppumpede vandmængder i Jupiter-databasen konkluderes det, at hvis man benytter det inkomplette datasæt vil man få et misvisende billede af indvindingens udvikling og tendenser for årene 2006 og 2007.



Figur 32. Vandindvinding i Danmark (mill. m³/år) fordelt på indvindingskategorier baseret på indberetninger til GEUS og oplysninger fra amternes overvågningsrapporter for perioden 1989-2004, for 2005 udelukkende på elektroniske indberetninger til GEUS. Der er ingen opgørelse af indvinding af overfladevand før 1997. Figuren er fra 2007 GRUMO-rapporten.

Referencer

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

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

8 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 kan observeres ud fra et landsdækkende pejlestationsnet, som regelmæssigt eller dagligt via loggerdata 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.

Pejletidsserierne afspejler generelt 4 hydrogeologiske situationer: 1. terrænnære grundvandsmagasiner med hurtig og markant respons på nedbørsbegivenheder. 2. dybere magasiner med en afdæmpet eller begrænset respons på årstidsvariationer i nedbørsfordelingen. 3. vandindvindingsstrategi for en evt. nærliggende kildeplads. 4. 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. Pejlenettet skal samtidig opfylde Vandrammedirektivets krav til en sammenhængende overvågning af grundvandets kvantitative tilstand med pejlinger.

Målsætning

Befolkningen skal til enhver tid sikres den nødvendige og tilstrækkelige forsyning af drikkevand, og den økologiske tilstand i overfladevands- og vådområder skal bevares eller forbedres. Vandressourcerne kan anvendes til markvanding og industrielle formål under hensyntagen til denne målsætning.

Grundvandspotentialet

Datagrundlag

De statslige miljøcentre fik i forbindelse med kommunalreformen i 2007 ansvaret for Det nationale Pejlenet. Amterne havde indtil da drevet et mere heterogent pejlenet ud fra regionale prioriteringer. Nærværende stationsnet bygger på udvalgte pejleboringer fra amterne suppleret med nye boringer. 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 80'erne, hvor amterne etablerede flere pejlestationer i forbindelse med grundvandsovervågningen. Enkelte tidsserier går dog helt tilbage til 50'erne eller endnu tidligere, hvor GEUS oprettede de første lange pejletidsserier.

I mange af pejleboringerne registrerer dataloggere dagligt grundvandsstanden i de enkelte indtag. Tidligere var de fleste af boringerne ikke udstyret med dataloggere og derfor indgår der i de længste tidsserier enkeltpejlinger med typisk 2-4 årlige pejlinger pr. boring. Det ses endvidere flere steder i forbindelse med kommunalreformen for perioden 2005-2007, at dataloggere er taget ud af drift og suppleret med enkeltpejlinger.

Der indgår pr. 1.3.2009 i alt 122 boringer i det nationale pejlenet jf. tabel 10 (Miljøcenter Roskilde, 2009). I skrivende stund har det ikke været muligt at udarbejde et samlet udtræk af alle observerede pejledata fra det nationale pejlenet, da flere Miljøcentre endnu ikke har indberettet data for perioden 2007-2008.

Miljøcenter	Antal stationer	Antal dataloggere	Bemærkninger
Ålborg	21	21	
Ringkøbing	21	Ikke oplyst	Alle nye bor. under udpegning
Århus	15	4 årlige pejlinger	
Ribe	23	16	
Odense	10	10	Flere boringer i ikke kotesat m. GPS
Roskilde	18	6	
Nykøbing	15	15	Flere boringer i ikke kotesat m. GPS

Tabel 10. Opgørelse over pejlestationer pr. Miljøcenter, (marts 2009).

Status for Oprettelse af Pejlenet

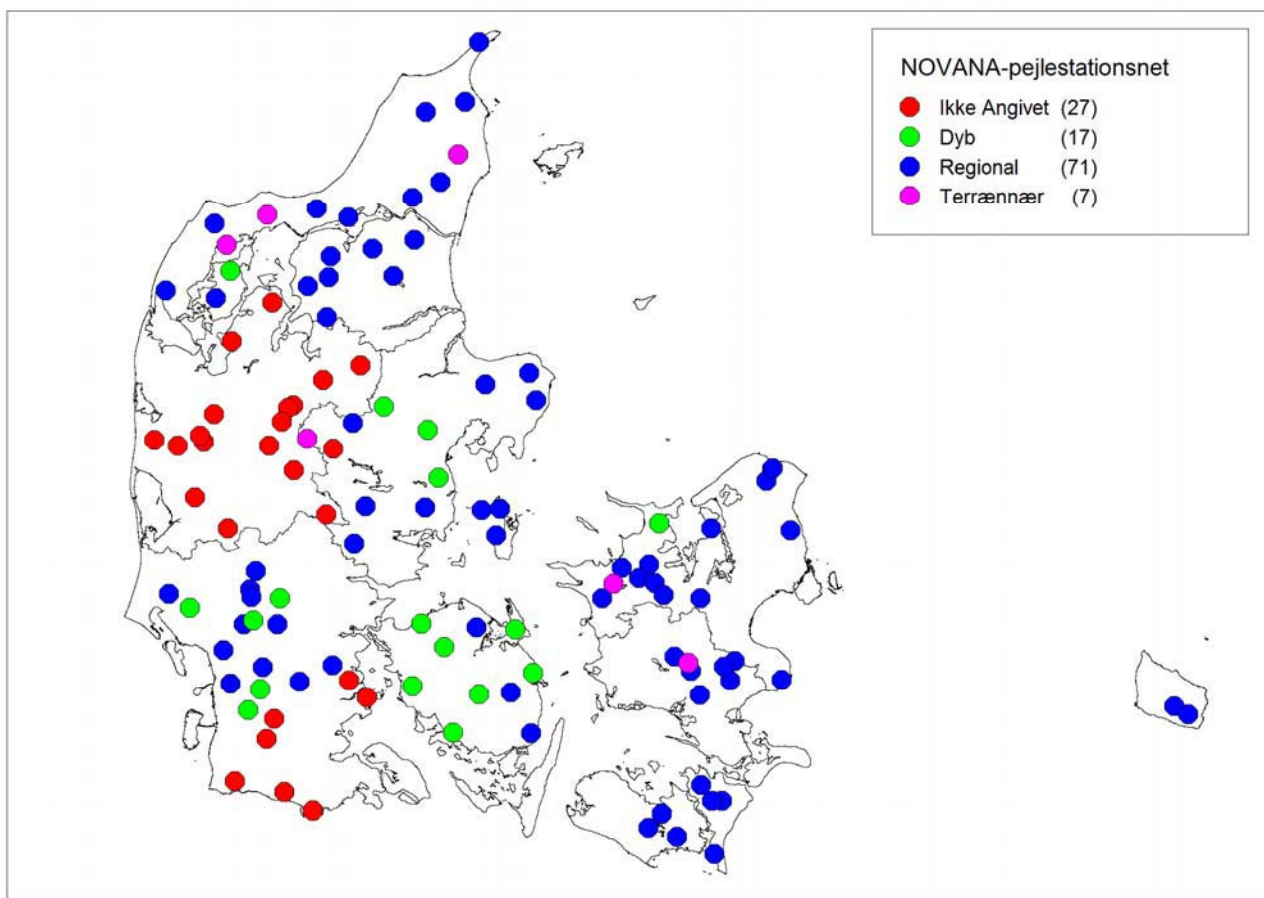
En kort gennemgang af de enkelte indberetninger af pejledata fra hvert Miljøcenter giver status pr. 1. marts 2009 for drift af det nationale pejlenet. Figur 33 viser fordelingen af pejleboringer på grundvandsforekomst-type, dyb, regional og terrænnær. For en del pejleboringer er dette ikke angivet og en rød signatur er vist.

Miljøcenter Aalborg

Der findes i alt 21 pejleboringer tilhørende Miljøcenter Aalborg. 15 af disse boringer har pejletidsserier på 10 - 20 år eller længere. De resterende 6 boringer har tidsserier på 3 - 10 år, da de er blevet etableret i forbindelse med gebyrkortlægningens opstart omkring år 2000. For størstedelen af boringernes vedkommende er de af en god kvalitet mht. indmåling og kendt filterniveau. En god kvalitet indebærer at boringen er nivelleret fx med GPS. Ca. halvdelen af pejlestationerne med data fra 2007-2008 er indberettet til Jupiter.

Miljøcenter Ringkøbing

Miljøcenter Ringkøbing råder over i alt 21 pejleboringer, hvor en del af disse består af nyere pejleboringer med korte tidsserier. Ca. halvdelen af pejleboringerne er ikke af tilfredsstillende kvalitet, da de ikke er indmålt med GPS, og derfor kendes den eksakte kote på boringerne ikke. Miljøcenter Ringkøbing har indberettet alle boringer til GEUS på nær DGU-nr. 65.1643 da boringen antageligt tages ud af pejleprogrammet, da den er påvirket af indvinding. Pejlenettet er pt. under omorganisering for at opnå en bedre kvalitet og dækning.



Figur 33. Det nationale pejlenet pr. 1.1 2009. Pejlenettet er opdelt på grundvandsforekomster dyb/regional/terrænnær.

Miljøcenter Århus:

Der er i alt 15 pejleboringer tilhørende Miljøcenter Århus, og mange af pejleboringerne har lange pejetidsserier på 10-20 år og har generelt en god kvalitet mht. indmåling og kendt filterniveau. Kun ca. 1/3-del af pejleboringerne er indberettet til GEUS. Dette skyldes, at den resterende del af boringerne ikke er indmålt med en præcis målepunktskote.

Miljøcenter Ribe

Miljøcenter Ribe har i alt 23 pejleboringer. Den overvejende del af boringerne har lange tidsserier, som strækker sig over 20 år. Da man har haft problemer mht. korrektion af barometereffekten, er pejedata ikke indberettet til GEUS. Pejleboringerne er generelt af en god kvalitet mht. indmåling og kendt filterniveau.

Miljøcenter Odense

Miljøcenter Odense råder over 10 stationer, hvoraf de 6 er overtaget fra GEUS' gamle pejleprogram. De resterende 4 boringer er oprettet i 1992. Der findes således lange tidsserier for samtlige boringers vedkommende. Kvaliteten af pejleboringerne er ikke tilfredsstillende, da flere ikke er indmålt med GPS og derfor kendes den eksakte kote på boringerne ikke. Miljøcenteret har ikke indberettet pejedata pr. 1.1.2009.

Miljøcenter Roskilde

Miljøcenter Roskilde råder over i alt 18 stationer, hvor der for de fleste boringer vedkommende findes tidsserier som er mere end 20 år gamle. Pejledata er indberettet til GEUS.

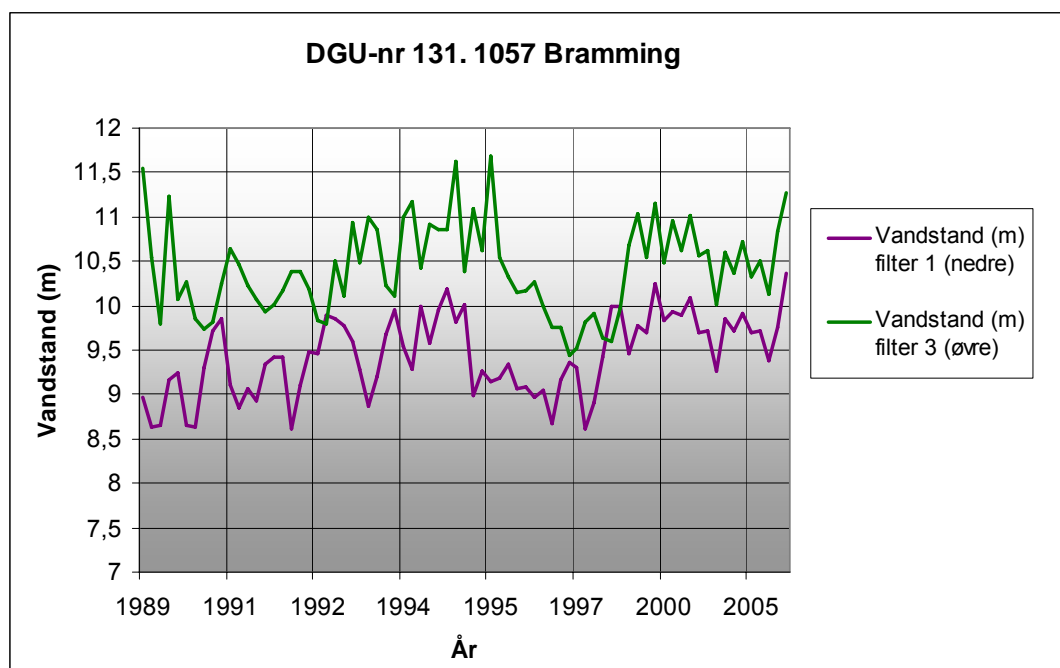
Miljøcenter Nykøbing

Miljøcenter Nykøbing råder over i alt 15 pejleboringer med et filter pr. boring. 9 af boringerne har tidsserier som er længere end 20 år, og de resterende 6 har tidsserier som er under 10 år. Halvdelen af boringerne er ikke kotesat og kvaliteten af pejlingerne er således ikke tilfredsstillende. Miljøcenter Nykøbing har valgt ikke at indberette pejledata fra deres stationsnet, før alle boringer indmålt.

Udvalgte tidsserier

Regionale grundvandsforekomster

DGU-nr. 131.1051, som tilhører Miljøcenter Ribe er beliggende ved Bramming og er en pejleboring, som tilhører *det regionale grundvandsmagasin*. Boringen har en dybde på 135 meter med 3 indtag i 102-103 mut. (filter 1), 54-55 mut. (filter 2), og 7-8 mut. (filter39). Pejlinger fra filter 1 og 3 er vist på figur 34.

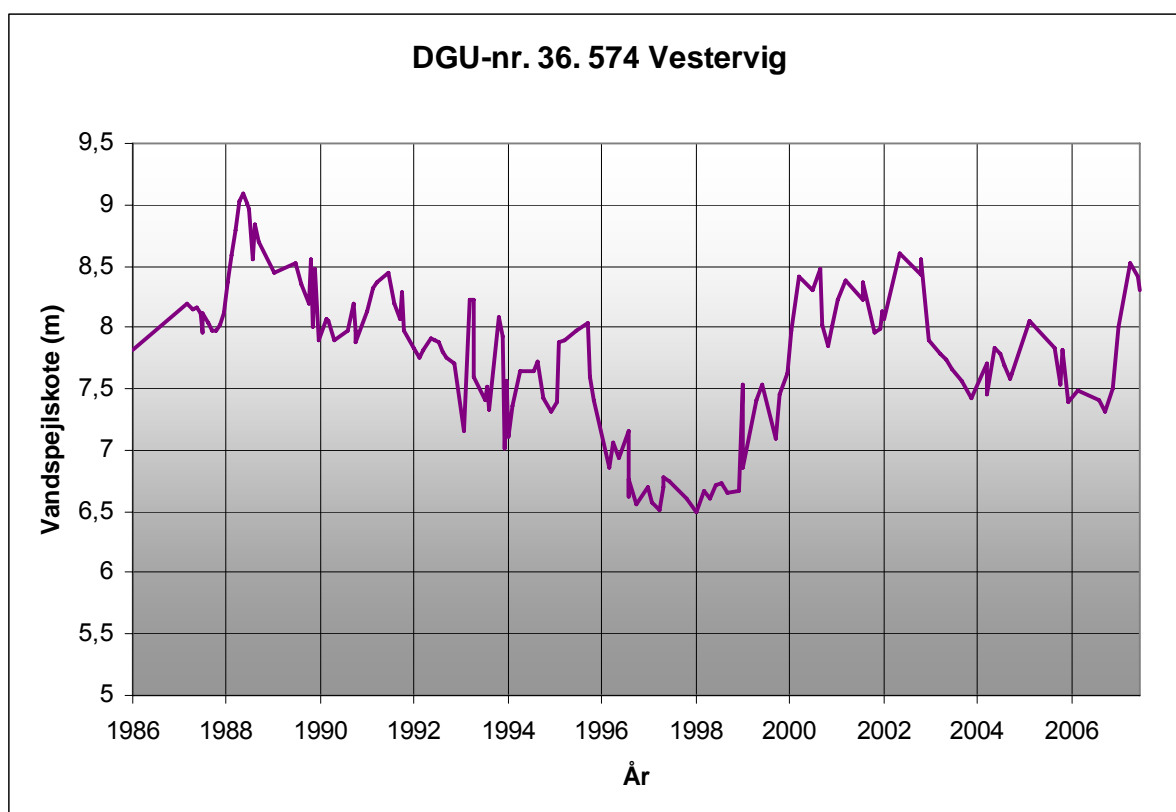


Figur 34. Pejletidsserie fra Bramming i Sydjylland, fra en regional grundvandsforekomst.

Det regionale grundvandspotentiale er repræsenteret i filter 1 og filter 2, hvor magasinet udgøres af smeltevandssand fra 40-120 mut. Der ses ens respons i grundvandspotentialerne, idet begge filtre viser årlige fluktuationer i grundvandspotentialet med lavere værdier i sommerhalvåret og højere værdier i vinterhalvåret. Samtidig erkendes tørkeperioden i midt 90'erne i begge filtre. Det regionale grundvandspotentiale fluktuerer mellem kote 8,75 og godt kote 10 meter. Fra slut 90'erne og til i dag ses en generel stigning i potentialet fra i gennemsnit kote 9 til ca. kote 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.

Øvre terrænnære grundvandsforekomster

DGU-nr. 36.574 som tilhører Miljøcenter Aalborg er beliggende ved Vestervig i Nordjylland, Figur 35 viser pejletidsserien fra 1986-2007. Boringen er filtersat i smeltevandssand fra 27 til 38 mut. og repræsenterer det øvre magasin, der i vandplansammenhæng kaldes *terrænnære grundvandsforekomster*. 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 i sommeren 1999 og 2007, der begge var meget nedbørsrige, ikke det normale fald i vandspejlet. Tørkeperioden i midt 90'erne træder ligeledes tydeligt frem med de klart laveste værdier observeret i 1996-1998 med en vandstand omkring kote 6 meter. Der er således variationer på mere ned 2 meter i dette frie magasin inden for de tyve år hvor overvågningen har fundet sted.



Figur 35. Pejletidsserie fra Vestervig i Thy, fra en terrænnær grundvandsforekomst

Dybe grundvandsforekomster

DGU-nr. 191.102 som tilhører Miljøcenter Roskilde er beliggende ved Odsherred på Nordsjælland. Boringen er filtersat i kalken fra 75,5 til ca. 100 mut. og repræsenterer det dybe kalkmagasin, og dermed de *dybe grundvandsforekomster* i vandplansammenhæng. Der findes pejlinger tilbage fra begyndelsen af 70'erne og til i dag, hvor registreringerne i pejlniveauet har ligget på mellem kote 0 til 5 meter. Årlige udsving er ikke muligt at se i boringen, da disse fluktuationer ikke påvirker det dybe magasin. 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 de større kildepladser i de senere år pga. vandafgifter mv.



Figur 36. Pejletidsserie fra Odsherred på Nordsjælland fra en dyb grundvandsforekomst.

Sammenfatning

På baggrund af 122 pejleboringer, som udgør det nationale pejlenet, kan grundvandsstanden overvåges og følges over hele landet for både de terrænnære, regionale og dybe grundvandsforekomster. Da flere Miljøcentre i skrivende stund endnu ikke har indberettet pejledata til GEUS for de seneste 2 år (2007-2008) efter kommunalreformen, har det ikke været muligt at få et fuldstændigt overblik over alle pejlestationer i Danmark. Dette vil blive vist i næste udgave af denne rapportering af grundvandets tilstand og udvikling.

Ud fra de tilgængelige tidsserier over pejledata i NOVANA-stationsnettet, som fx er vist på figur 34 og 36, ses der generelt en stigning i grundvandspotentialiet fra slutningen af 90'erne og til i dag for både de dybe og regionale pejleboringer. Dette skyldes antageligt et fald i indvindingen fra de større kildepladser pga. indførelse af vandafgifter mv. Den største effekt af denne reduktion i indvindingen ses især på Sjælland og i Østdanmark, hvor der også er observeret stigninger i grundvandspotentialiet over de senere år.

Referencer

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

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

9 Hydrologisk modellering og vandressourcevurdering

Frem til 2003 blev den første version af den Nationale Vandressource model (DK-model) etableret (Henriksen og Sonnenborg., 2003). Indenfor NOVANA programmet 2004 – 2009 sker der en opdatering af denne model. Opdateringen blev påbegyndt i et samarbejde mellem GEUS og de danske amter, efter amternes nedlukning er projektet videreført i samarbejde med de syv danske miljøcentre. Den opdaterede version af modellen er en videreudvikling af den Nationale Vandressource Model (DK-model), og videreføres under samme navn. I det følgende beskrives alene den opdaterede DK-model.

Formål

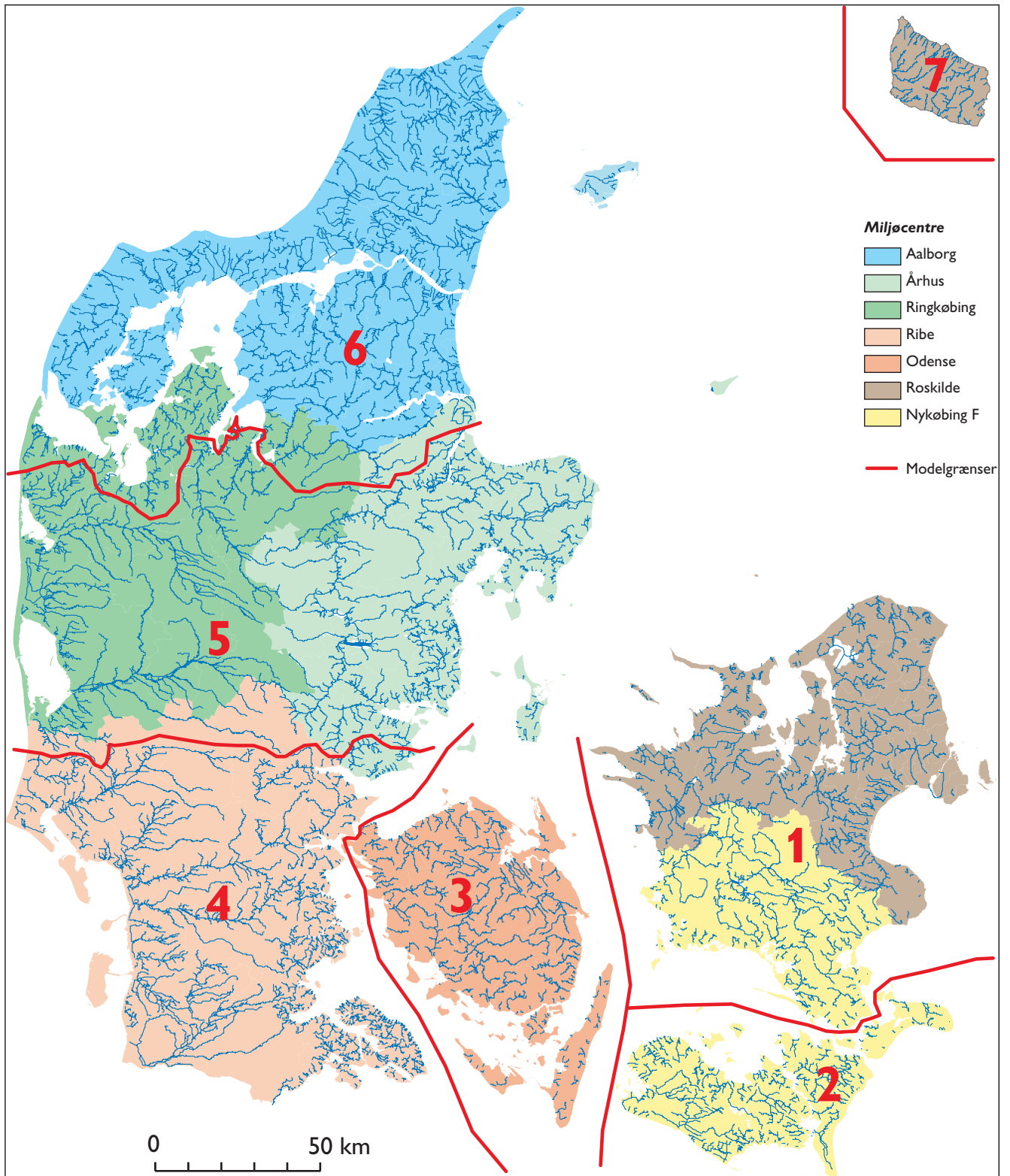
De overordnede formål med DK-modellen er, at den skal kunne anvendes som værktøj til vurdering af vandbalancen og grundvandsdannelsen på overordnet oplandsniveau og for grundvandsforekomster, samt kunne belyse grundvandsressourcens størrelse og udnyttelsesgrad under hensyn til klima, arealanvendelse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

Model opdatering og udvikling

En beskrivelse af modellens opbygning, herunder opdateringen samt udvikling i øvrigt, kan findes på hjemmesiden for den Nationale Vandressource Model www.vandmodel.dk. Modellens opbygning og opdatering vil derfor ikke blive gennemgået i detaljer i nærværende rapport.

DK-modellen er opdelt i syv delområder som angivet på figur 37. For område 7 (Bornholm) forelå der ved opdateringens start en model, der levede op til de kravspecifikationer der var opstillet for den hydrologiske modellering indenfor 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 National Vandressource Model.

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. Øvrige elementer i opdateringen har været en detaljering af vandløbsopsætningen og input data, såsom klima data, indvindingsdata og spildevandsudledninger, ligesom der er sket en detaljering af det numeriske grid. Under opdateringen er der lagt vægt på at inkludere input data så detaljeret som muligt. Dette er begrundet i et ønske om at kunne anvende modellen til formål, der rækker ud over en regional og national opgørelse af grundvandsressourcen. Modellens opbygning samt opdateringer er opsummeret i Tabel 11.



Figur 37. Afgrænsning af de syv delmodeller indeholdt i den opdaterede DK-model samt grænser for de syv miljøcentre.

Geologi og hydrostratigrafi	Opdatering har taget afsæt i den opdaterede geologiske viden og forståelse, der var opnået i amterne frem til 2006. Opdateringen er udført i et samarbejde mellem GEUS og de enkelte amter, hvor DK-modellens geologi er sammenlignet med amternes geologiske og hydrogeologiske modeller samt viden i øvrigt. Baseret herpå er det besluttet hvor og hvordan DK-modellens geologi skal erstattes af amternes modeller.
Klimadata	Der er anvendt daglige værdier af nettonedbør samt potentiel fordampning. Fra 1999 og frem er data baseret på 10x10km nedbørsgrid og 20x20km temperatur og fordampningsgrid. Før 1999 anvendes 40x40km klimagrid.
Indvindinger	For at opnå en samlet oversigt over indvindingerne og deres fysiske placering, er det valgt at medtage samtlige indvindinger lagret i Jupiter, uden skelen til indvindingernes størrelse og betydning for vurdering af den overordnede vandbalance. Samtlige indvindinger er endvidere fordelt ud på de enkelte indtag indenfor et anlæg. Denne fremgangsmetode er begrundet i ønsket om at opbygge modellen, så den i videst muligt omfang kan anvendes som udgangspunkt for detailmodeller.
Vandløb	Vandløb beskrives med MIKE11. Som led i opdateringen er der indsamlet tidligere MIKE11 opstillinger, som er indbygget i modellen. For øvrige områder har amterne og GEUS foretaget en vurdering af hvilke vandløb, der bør medtages for en tilstrækkelig beskrivelse af kredsløbet på oplandsskala. Tværsnitsbeskrivelser af vandløbene er en vigtig komponent, og hvor der ikke eksisterede tidligere MIKE11 modelopstillinger, er der indsamlet vandløbsopmålinger. På grund af modelafviklingstiden har det ikke været muligt at medtage samtlige vandløbsopmålinger i modellen, men disse er indlagt i en samlet MIKE11 opsætning, der kan danne udgangspunkt for en yderligere detaljering af vandløbsbeskrivelse i forbindelse med detailmodellering.
Udledninger	Data om udledninger fra renseanlæg og afværgeforanstaltninger er indhentet fra amterne. Samtlige udledninger er indlagt som MIKE11 randbetingelse i modellen.
Diskretisering	Under modelopstillingen er det udnyttet, at MIKE SHE giver mulighed for at anvende forskellige diskretiseringer for den geologiske og den numeriske model. For at udnytte opløsningen i de tidligere amts modeller optimalt, er der anvendt en horisontal diskretisering i den geologiske model på 100x100 m. Det er dog ikke praktisk muligt at anvende denne opløsning for den numeriske model, hvorfor der her er anvendt en horisontal diskretisering på 500x500 m.
Tidsskridt	Der anvendes daglige tidsskridt i modellen.

Tabel 11. Oversigt over DK-modellens opbygning og opdateringer i den nye version

Opstilling af en landsdækkende model medfører en håndtering af store datamængder, der skal processeres og kvalitetssikres inden brug. En omfattende opgave har således været processeringen af indvindings- og pejledata, hvor begge datatyper er håndteret på indtagsniveau. Under modelopstillingen er der lagt stor vægt på at associere de enkelte indtag til de korrekte magasiner, så der i modellen oppumpes de korrekte mængder fra de enkelte magasiner. Dette er vurderet vigtigt for modellens anvendelighed i forbindelse med vandplanerne og rapporte-

ringen til Vandrammedirektivet, hvor indvindinger skal angives på grundvandsforekomst niveau. Linket mellem indtag og grundvandsforekomster er ikke indlagt i modellen, men vil kunne gøres på basis af en 2D horisontal afgrænsning af grundvandsforekomsterne kombineret med en angivelse af hvilke(t) hydrostratigrafisk(e) lag forekomsterne ligger i. For at optimere datahåndteringen og sikre en udførlig dokumentation af databehandlingen, er der i forbindelse med opdateringen af DK-modellen udviklet en GIS-rutine. Med denne er det muligt at trække data direkte fra Jupiter databasen, udføre en kvalitetssikring af data, indpasse data i modellen og dokumentere databehandlingen på indtagsniveau. Med den udviklede GIS-rutine er fremtidige opdateringer med nye indvindings- og pejledata endvidere blevet væsentligt mindre resourcekrævende. I takt med at indvindings- og pejledata er processeret, fremsendes der en samlet tabel over databehandlingen til de respektive miljøcentre, der efterfølgende kan udføre en detaljeret kvalitetssikring af datamaterialet baseret på lokalkendskab. GIS-rutinen er udviklet som et generelt værktøj, der vil kunne anvendes i forbindelse med ethvert modelarbejde, og rutinen stilles frit til rådighed for alle. For mere information henvises til hjemmeside for den Nationale Vandressource Model www.vandmodel.dk.

Med den igangværende opdatering af modellen er der sket en betydelig detaljering i beskrivelsen af ferskvandets kredsløb, ikke mindst pga. den omfattende opdatering der er foretaget baseret på den geologiske viden opnået i amterne. I forbindelse med den statslige grundvandskortlægning vil der imidlertid genereres betydelige mængder data og ny viden. Det er derfor vigtigt, at DK-modellen ikke betragtes som en stationær størrelse, men løbende opdateres på basis den nyeste viden om de geologiske forhold. Ligeledes vil der til stadighed ske en ændring i indvindingsstrategien, hvilket også bør indbygges i modellen for at opnå så retvisende billede af grundvandsudnyttelsen samt konsekvenserne heraf. Endelig er der en stigende fokus på, at flere dele af ferskvandskredsløbet samt deres indbyrdes interaktion skal kunne beskrives i større detaljering, hvorfor der er behov for en løbende udvikling mht. hvilke processer, der kan medtages i modellen samt detaljeringen heraf. Der er således et væsentligt behov for, at DK-modellen løbende opdateres, også efter den nuværende opdatering der afsluttes i 2009.

Anvendelse af modellen

DK-modellen er essentiel for grundvandsovervågningen, og den vil indenfor NOVANA programmet blive anvendt til vurdering af den kvantitative del af grundvandsressourcen. Som en oplandsmodel, der beskriver hele det hydrologiske kredsløb, vil den desuden på væsentlige punkter understøtte overvågningen af overfladevand og våd natur. Modellen vil således kunne bidrage væsentligt til at skabe bedre sammenhæng i overvågningen på tværs af den traditionelle mediemæssige opdeling mellem overfladevand, grundvand, natur mv. En integreret betragtning af ferskvandsressourcen er ligeledes vigtig indenfor forvaltningen af ferskvandsressourcen, fx i forbindelse med udarbejdelsen af Vand og Natur planer. DK-modellen vil således også kunne understøtte den danske forvaltning af grundvandsressourcen, og modellen vil dermed kunne sikre en bedre synergi mellem overvågningen og forvaltningen.

I den nuværende form af NOVANA programmet indgår DK-modellen i forbindelse med den kvantitative overvågning med hensyn til grundvandstrykniveau, grundvandsdannelse og vandløbsafstrømning. Potentialet for model anvendelsen indenfor såvel overvågningen som forvaltningen er dog væsentligt større. Nogle opgaver vil kunne løses med modellen umiddelbart efter den nuværende opdatering, mens andre opgaver vil kræve en yderligere detaljering eller udvikling af metoder og/eller modelkonceptet.

En oplagt anvendelsesmulighed for den opdaterede model er ved en vurdering af det nationale overvågningsnetværk. Grundvandet overvåges i dag i 74 grundvandsovervågningsområder (GRUMOer) suppleret med et nationalt pejleprogram bestående af ca. 120 boringer. I henhold til Vandrammedirektivet og Grundvandsdirektivet skal overvågningen fremover dokumentere status af grundvandsforekomsternes kemiske og kvantitative tilstand. Der er udpeget 385 grundvandsforekomster, det er indtil videre uklart, hvorledes og i hvor stort omfang de 74 GRUMOer henholdsvis de ca. 120 boringer i pejleprogrammet vil være i stand til på repræsentativ vis at beskrive tilstandene i de 385 grundvandsforekomster. Der er derfor et behov for et revideret stationsdesign, hvor grundvandsforekomsterne er samlet i ensartede grupperinger, og som knytter GRUMO overvågningen og det nationale pejleprogram sammen med grupperinger af grundvandsforekomster. Modellens landsækkende tredimensionelle geologiske og hydrostratigrafiske opbygning samt kobling mellem indtag og magasiner, gør DK-modellen til et naturligt og stærkt arbejdsredskab under re-design af overvågningsnetværket.

Indenfor overvågningen kan der opnås en væsentlig synergieffekt ved kombination af overvågningsdata og modellering. Dette emne har bl.a. været i fokus i forbindelse med revisionsprocessen for det kommende NOVANA program, hvor der blev nedsat en modelarbejdsgruppe til belysning af mulige gevinster ved en sådan kombination. Arbejdsgruppen pegede på en række områder, hvor kombinationen vil kunne styrke såvel dataindsamling og analyse samt modelleringen (Notat 1. Modelarbejdsgruppen). På nogle områder understøtter DK-modellen allerede den nationale overvågning, men potentialet for en kombination mellem data og modellering er langt fra udtømt. Dette felt har primært været udforsket i forbindelse med forskningsundersøgelser på mindre skala. For at opnå en øget synergieffekt på national skala ligger der stadig en udfordring i udvikling af metoder og værktøjer.

Indenfor forvaltningen af ferskvandsressourcen har DK-modellen været benyttet af flere miljøcentre til eksempelvis beregning af den kvantitative påvirkning af grundvandet i forbindelse med udarbejdelse af vandplanerne. Den opdaterede version af DK-modellen for Sjælland, der lå færdig i begyndelse af 2008, har endvidere været benyttet i screeningfasen af VVM godkendelser for vandindvinding. Øvrige potentielle muligheder for anvendelsen af den nationale model indenfor forvaltningen inkluderer vurderinger relateret til belastninger fra diffuse kilder (fx nitrat og pesticider) samt effekter af fremtidige klimaforandringer. Der er allerede opnået nogle erfaringer mht. anvendelse af DK-modellen til vurdering af såvel klimaforandringer (Roosmalen et al., 2007; Roosmalen et al., 2008; Sonnenborg et al., 2006), vurdering af den samlede ferskvandsafstrømning (Windolf et al., 2009) samt stofbelastning (Bøgestrand, 2007). Disse vurderinger er foretaget på regional og national skala.

En unik styrke ved DK-modellen er dens nationale udbredelse, der giver en vurdering af de overordnede vandbalanceforhold for hele landet på et sammenligneligt grundlag. Modellen udgør således en naturlig national referencemodel for ferskvandets kredsløb. I forbindelse med mere detaljerede undersøgelser vil der være behov for opstilling af detailmodeller, hvor der kan tages udgangspunkt i DK-modellen. For at DK-modellen kan udgøre en troværdig referencemodel, er det afgørende at resultaterne fra sådanne detailstudier holdes op mod data og resultater fra DK-modellen, og det vurderes om de nye undersøgelser giver anledning til en yderligere opdatering af DK-modellen. For at opnå den nødvendige interaktion mellem den nationale model og detailmodeller, stilles DK-modellen samt data generet heraf frit tilgængelig for enhver modelopgave via den nationale modeldatabase. På grund af størrelsen af de enkelte delmodeller er der imidlertid nogle tekniske problemer med at kunne uploade modellerne til

modelledatabasen. Problemet forventes at være løst inden for kort tid, men indtil da vil data kunne rekvireres ad hoc ved henvendelse til GEUS.

Referencer

Bøgestrand J (red.) (2007) Vandløb 2006. NOVANA. Faglig rapport fra DMU nr. 642, 2007

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

Notat 1. Model-arbejdsgruppen.*

* Benny Bruhn (MC NYK), Jens Würzler Hansen (MC RIN), Mette Thorsen (MC AAR), Lilian van der Bijl (DMU), Jens Christian Refsgaard (hovedforfatter)(GEUS), Tonny Niilonen (BLST), Bent Sørensen (MOS), Esben Tind (MOS), Kristine Munk Pollas (MOS)
Hvad kan modeller bruges til i overvågningen?

Roosmalen Lv, Christensen BSB & Sonnenborg TO (2007). Regional differences in climate change impacts on groundwater and stream discharge in Denmark, Vadose Zone Journal, 6, 554-571, doi:10.2136/vzj2006.0093.

Roosmalen Lv, Sonnenborg TO, Jensen KH & Brandt G (2008). Effects of future climate change on water resources in Denmark, GEUS rapport 2008/23.

Sonnenborg TO, Christensen BSB, Roosmalen Lv & Henriksen HJ (2006). Klimaændringernes betydning for vandkredsløbet i Danmark, GEUS rapport 2006/22.

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

Windolf J, Troldborg L & Henriksen HJ (2009) Vandløb 2008, NOVANA. Faglig rapport fra DMU 2009.

10 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 5.

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 4 prøvetagninger fordelt over 1 år. Dog 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 data-dækning, eller hvor der kan være mistanke om, at kvaliteten af det vand, der fra grundvandsforekomsten tilgår overfladevand eller marine vande, bidrager til, at disse ikke kan overholde deres miljømål, og hvor sammensætningen af grundvandsforekomstens afstrømning ikke er tilstrækkeligt belyst.

Programindhold

Der blev gennemført et basisanalyseprogram afhængigt af risikoens art.

Såfremt risikovurderingen udpeger nitrat som værende årsag til risiko for manglende målopfyldelse, var analyseredes for analyseprogrammet for hovedbestanddele i NOVANA: Lednings-evne, 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 for analyseprogrammet for pesticider i NOVANA: AMPA, atrazin; bentazon, 4-CPP, 2,6 DCP, 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. Metribuzin, diketometribuzin og desaminodiketometribuzin analyseres kun, hvor der forekommer kartoffelavl i oplandet til grundvandsforekomsten.

11 Fokuspunkt: Klimaforandringernes effekt på grundvand.

De sidste 50 års klimaforandringer

I princippet burde det være muligt at registrere effekten af historiske ændringer i klimatiske variable såsom nedbør eller fordampning på grundvandsstanden, da grundvandsdannelsen og dermed grundvandsstanden afhænger af disse størrelser. På basis af forsøg med udtræk af tilgængelige data fra den nationale database Jupiter for Skjern Å oplandet har det imidlertid ikke været muligt at observere en signifikant trend. Det skyldes delvis utilstrækkelige data. Der er kun få pejlinger af grundvandsstanden til rådighed fra perioden før 1950. Og for de borer, hvorfra der er data fra før 1950, er der meget få tidsserier, som også dækker perioden efter 1950. Desuden er der kun få lange tidsserier til rådighed fra de terrænnære grundvandsmagasiner, hvor effekten af klimaændringer vil slå hurtigst igennem og vil kunne registreres de fleste steder. Som vist i Sonnenborg et al. (2006) vil grundvandsstanden i de dybe magasiner ikke nødvendigvis blive påvirket af ændringer i nedbør. Responset på de dybe magasiner afhænger af den geologiske opbygning af de overfladenære formationer, hvor sandede enheder vil resultere i stigende grundvandsdannelse og –stand, mens lerede formationer kun vil give anledning til ubetydelige ændringer i de dybe magasiners trykniveau.

Samtidig er grundvandsstanden ikke kun påvirket af klimaet men i høj grad også af indvindingsstrykket, som er steget markant i Danmark gennem de sidste 50 - 60 år. En eventuel stigning i grundvandsstanden pga. ændringer i klimaet kan derfor være svær at identificere, da grundvandsindvindingen har en modsatrettet effekt. Effekten af indvinding på grundvandsstanden på Sjælland er belyst i Christensen og Sonnenborg (2006), hvor det dokumenteres, at den observerede stigning i grundvandsstanden på knap 10 cm/år i perioden 1989-2003 skyldes reduktioner i grundvandsindvindingen og ikke klimatiske ændringer. Den analyserede periode er imidlertid for kort til, at undersøgelsen kan be- eller afkræfte effekten af klimaændringer på lang sigt.

For at kunne komme med et troværdigt udsagn om klimaændringernes effekt på grundvandet er det nødvendigt at have lange tidsserier af observeret grundvandsstand til rådighed. Det vil imidlertid være svært at adskille klimaeffekter og andre menneskeskabte effekter såsom ændringer i grundvandsindvinding, dræning, arealanvendelse, mm. Det anbefales derfor, at der benyttes en hydrologisk model, som anvendes på den historiske periode 1920-2009, hvorfra der eksisterer data for nedbør og vandløbsafstrømning for en række oplande i Danmark. Den hydrologiske model vil være i stand til at separere effekten af de enkelte ændringer og vil kunne fortælle, hvilke grundvandssystemer (terrænnære/dybe, sandede/lerede områder) der er følsomme overfor klimaændringer.

Overvågning af klimaforandringer

Klimaændringer påvirker alle led i det hydrologiske kredsløb. Mht. vandbalancen og grundvandsressourcen er det vigtigt at kvantificere følgende størrelser: Nedbør, vandløbsafstrømning, aktuel fordampning, grundvandsudstrømning til havet samt opmagasinering (primært i grundvandsmagasinerne). Både nedbør og vandløbsafstrømning bliver observeret på en lang række målestationer i landet og må anses for at være tilfredsstillende kortlagt.

Aktuel fordampning

Aktuel fordampning bestemmes ikke i den aktuelle overvågning. På et begrænset antal klimastationer måles en række variable (indstråling, temperatur, mm), som udgør grundlaget for estimering af referencefordampning. For at kvantificere den aktuelle fordampning skal der yderligere tilvejebringes information om vegetation samt jordtype- og fugtighed. Denne fremgangsmåde betyder, at der er forholdsvis stor usikkerhed på kvantificeringen af den aktuelle fordampning. I et fremtidigt perspektiv vil denne usikkerhed sandsynligvis stige, da atmosfærens indhold af CO₂ påvirker transpirationen fra planter (Kruijt et al., 2008). Ved stigende CO₂-koncentration reduceres transpirationen, hvilket i ukendt grad vil påvirke den aktuelle fordampning fra beplantede overflader. For at opnå en bedre bestemmelse af den aktuelle fordampning både under nuværende og fremtidige klimaforhold anbefales det at etablere en række målestationer, hvor den aktuelle fordampning bestemmes direkte ved måling.

Målrettet pejleprogram

Opmagasinerne i grundvandsmagasinerne overvåges bedst ved at observere grundvandsstanden, som er en funktion af havvandsstand, grundvandsindvinding og klimatiske forhold. Grundvandsstanden kan bestemmes forholdsvis ukompliceret og nøjagtigt. Baseret på Sonnenborg et al. (2006) vil klimaændringernes påvirkning af grundvandsstanden i de dybe magasiner afhænge af den geologiske opbygning, og typiske målinger af trykniveauet i grundvandsmagasinerne vil derfor ikke altid kunne registrere en klimaændring. Baseret på klimamodelresultater forventes vinterne nedbøren at stige i fremtiden, mens der om sommeren forventes fald i nedbøren og stigning i fordampningen. Det forventes derfor, at grundvandsstanden i de terrænnære magasiner vil stige om vinteren samtidig med, at der kan optræde et svagt fald om sommeren. Grundvandsstanden i de overfladenære, frie magasiner forventes dermed at udgøre en vigtig indikator for klimaændringer. Det anbefales derfor, at der etableres en række stationer, hvor grundvandsspejlets variation observeres. Nogle af disse stationer bør placeres relativt tæt på kysten (1-5 km), hvorved effekten af ændringer i havvandsstand på grundvandet kan kvantificeres. Det er vigtigt, at stationerne registrerer vandstanden hyppigt nok til at beskrive den sæsonmæssige variation i grundvandsspejlet beliggenhed.

Udstrømning til havet

Det sidste led i vandbalancen er grundvandsudstrømningen til havet. Denne størrelse er vanskelig at bestemme eksperimentelt. Grundvandsudstrømningen vil blive påvirket både af ændringer i havvandsstanden og klimaet. Det bedste måde at kvantificere denne størrelse på er ved anvendelse af en hydrologisk model, som kan beregne udstrømningen til havet gennem grundvandsmagasinerne.

Referencer:

- Kruijt, B., J.-P.M. Witte, C.M.J. Jacobs, and T. Kroon (2008), Effects of rising atmospheric CO₂ on evapotranspiration and soil moisture: A practical approach for the Netherlands, *Journal of Hydrology*, 349, 257– 267.
- Sonnenborg, T.O., B.S.B. Christensen, L.v. Roosmalen, and H.J. Henriksen (2006), Klima-ændringer betydning for vandkredsløbet i Danmark, Projekt udført for Miljøstyrelsen, GEUS rapport 2006/22.
- Christensen, B.S.B., and T.O. Sonnenborg (2006), Grundvandsstandens udvikling på Sjælland 1989-2001, Projekt udført for Vandplan Sjælland, GEUS rapport 2006/59.

12. Referencer

- DANVA 2006: vand i tal. Benchmarking og vandstatistik 2006.
- DMU 2007: NOVANA – det nationale program for overvågning af vandmiljøet og naturen. Programbeskrivelse 2007-09 del 2 og 3. Faglig rapport fra Danmarks Miljøundersøgelser nr. 495 og 508 615
<http://www.dmu.dk/Overvågning/NOVANA/Programbeskrivelse+del+3/> DMU 2005
- DMU, 2009 Kvalitetssikring af kemiske analyser i NOVANA.
- Miljøministeriet 1988: Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. – Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 515 af 29. august 1988
- Miljøministeriet, 2008. Lovbekendtgørelse nr. 1026 af 20. september 2008 om lov om vandforsyning mv.
- Miljø- og Energiministeriet 2006: Bekendtgørelse om kvalitetskrav for vandområder og krav til udledning af visse forlige stoffer til vandløb, søer eller havet. Miljø- og Energiministeriets bekendtgørelse nr. 1669 af 12. dec. 2006.
- 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.
- Miljø- og Energiministeriet 2001: Bekendtgørelse nr 871 om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. – Miljø- og Energiministeriets bekendtgørelse nr. 871 af 21. september 2001.
- Miljøstyrelsen, 2006. BEK nr. 1664 af 14/12/2006. Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. Miljøministeriet, Miljøstyrelsen.
- Miljøstyrelsen 2007 Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. – Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 1449 11. december 2007 (Drikkevandsbekendtgørelsen)
- Miljøstyrelsen 2007, Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 26, 2007. Almene vandværkers boringskontrol af pesticider og nedbrydningsprodukter. red: Walter Brüsch.
- Europaparlamentets og Rådets direktiv nr. 98/83/EF om kvaliteten af vand til drikkevand. (Drikkevandsdirektivet)
- Europa-parlamentets og rådets direktiv 2006/118/EF om beskyttelse af grundvandet mod forurening og forringelse, EU 2006 (Grundvandsdirektivet)
- Europa-parlamentets og rådets direktiv 2000/60/EF, EU 2000, om fastsættelse af en ramme for fællesskabets vandpolitiske foranstaltninger. (Vandrammedirektivet).
- GEUS, 2004 Forurenede drikkevand i små vandforsyningsanlæg. GEUS rapport 2004/9.
- GEUS 2006: Teknisk anvisning NOVANA: Hydrologiske modeller for Vanddistrikter
”(http://www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/ta_hydrologisk_modellering_marts2006.pdf)
- Notat 1. Model-arbejdsgruppen.*
- * Benny Bruhn (MC NYK), Jens Würglér Hansen (MC RIN), Mette Thorsen (MC AAR), Lilian van der Bijl (DMU), Jens Christian Refsgaard (hovedforfatter)(GEUS), Tonny Niilonen (BLST), Bent Sørensen (MOS), Esben Tind (MOS), Kristine Munk Pollas (MOS)
- Hvad kan modeller bruges til i overvågningen?
- Albretchen, J.H., og Bjerg, B.L., 2000: Nedbrydning i grundvandsmiljøer. – Kemiske stoffer i miljøet (red. Helweg, A.)
- Albers, C.N., Laier, T. & Jacobsen, O.S. 2008: Vertical and horizontal variation in natural kloroform 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.
- Brüsch W. og Rosenberg P. 2008. Fund af glyphosat og AMPA i drikkevand fra små vandforsyningsanlæg i Storstrøms Amt. Miljøstyrelsen, Miljøprojekt nr. 1163, 2008 .
- 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>
- Bøgestrand J (red.) (2007) Vandløb 2006. NOVANA. Faglig rapport fra DMU nr. 642, 2007
- Christensen, B.S.B., and T.O. Sonnenborg (2006), Grundvandsstandens udvikling på Sjælland 1989-2001, Projekt udført for Vandplan Sjælland, GEUS rapport 2006/59.
- 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.
www.vandmodel.dk
- 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 kloroform I grundvand. BLST, 2007 120 pp.

- Jensen, T. F. m. fl. , 2003: Nikkelfrigivelse ved pyritoxidation forårsaget af barometerånding., Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen, nr. 5, 2003
- Kruijt, B., J.-P.M. Witte, C.M.J. Jacobs, and T. Kroon (2008), Effects of rising atmospheric CO2 on evapotranspiration and soil moisture: A practical approach for the Netherlands, *Journal of Hydrology*, 349, 257– 267.
- 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. & Laternus, F. 2005: Kloroform 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
- 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.
- 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.
- Larsen, C.L. og Larsen, F., 2003: Arsen i danske sedimenter og grundvand. Vand og Jord 10. årgang nr. 4, side 147-151.
- Roosmalen Lv, Christensen BSB & Sonnenborg TO (2007). Regional differences in climate change impacts on groundwater and stream discharge in Denmark, *Vadose Zone Journal*, 6, 554-571, doi:10.2136/vzj2006.0093.
- Roosmalen Lv, Sonnenborg TO, Jensen KH & Brandt G (2008). Effects of future climate change on water resources in Denmark, GEUS rapport 2008/23.
- Sonnenborg, T.O., B.S.B. Christensen, L.v. Roosmalen, and H.J. Henriksen (2006), Klima-ændringer betydning for vandkredsløbet i Danmark, Projekt udført for Miljøstyrelsen, GEUS rapport 2006/22.
- Thorling, L., 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.
- Windolf J, Troldborg L & Henriksen HJ (2009) Vandløb 2008, NOVANA. Faglig rapport fra DMU 2009.
www.oliebranchen.dk

BILAG 1: Organiske Mikroforureninger

Gennemgang af fund af organiske mikroforureninger i aktive overvågningsboringer, baseret på forekomst af genfund for perioden 1993 - 2007. Tidsserier, hvor fundene er ophørt er ikke medtaget. Ved "spor" forstås fund lavere end 3 gange den krævede detektionsgrænse.

Triklormetan (kloroform), som kan dannes naturligt er ikke inddraget.

Miljøcenter Roskilde			
Område	Boring	Dybde m.u.t.	Beskrivelse
Frederiksberg	201. 274	27,00	Frederiksberg Vandforsyning. Boringen viser forurening med benzen 1995 - 2007, trikloretylen og tetrakloretylen
	201. 3933	13,90	Nørrebroparken. I det midterste indtag er der tidligere konstateret forurening med 2,4-diklorfenol. Boringen er/har været pesticidbelastet.
	201. 4760	23,70	Grønt område. I det midterste indtag er der tidligere konstateret forurening med benzen og toluen 1994 – 1998 (seneste analyse).
Søndersø			
	200. 19	48,00	Beliggende i skovområde. Forurening med nonylfenoler 2003-2006 og M+P-xylene. Vandet er gammelt.
	200. 3435		Beliggende i villaområde. Boringen har i 1998 og 2002 haft spor af fenol. Vandet er gammelt.
Gladsaxe			
	200. 3438	29,50	Beliggende nedstrøms industrikvarter. Det nederste indtag viser forurening med trikloretylen, tetrakloretylen, fenol og vinylklorid.
	200. 5116	21,50	Beliggende nedstrøms villaområde. Øverste indtag viser forurening med benzen.
Ishøj			
	207. 2819		Sammenhængende industriarealer. I 2001 blev der målt 21 µg fenol pr. L. Analysen er bekræftet af laboratoriet, men det er tvivlsomt om den er repræsentativ for grundvandet.
	207. 3003	9,60	Beliggende Ishøj Landsby. Spor af triklorethylen.
Espergærde			
	188. 143	74,20	Espergærde Vandværk. Forurening af toluen i toppen af kalken. Boringen etableret 1939.
Asemose			
	212. 1051	3,80	Landbrugsarealer. Forurening af M+P-xylene.
St. Fuglede			
	203. 567	6,25 12,50	Landbrugsarealer. Det øverste og midterste indtag viser forurening med benzen 1997 -2007, toluen 1997 - 2007, og M+P-xylene
	203. 569	13,50 16,25	Landsby. Det øverste og midterste indtag tidligere forurenede med 2,4-diklorfenol
Nykøbing Sj.			

	191. 36A		Byområde. Spor af toluen 1998 -2001 (seneste analyse). Boringen etableret i 1951.
St Heddinge	Byområde og landbrugsarealer i omdrift. Området er generelt forurenet med klorerede organiske mikroforureninger som følge af omfattende dumpninger af garveriaffald i gamle mergelgrave med kontakt til det opsprækkede kalkmagasin		
	218. 946	14,35	Spor af tetrakloretylen.
	218. 987	12,00	Forurening med tetrakloretylen.
	218. 988	15,00	Forurening med tri- og tetraklorethylen samt triklorethan.
	218. 990	28,00	Spor af M+P-xylen.
	218. 993	16,00 28,00	Forurening med triklorethylen. Forurening af benzen 1991 – 2000 (seneste analyse) i nederste indtag. Koncentrationen faldende.
	218. 994	12,00	Forurening med tetraklorethylen og triklorethan. Forurening af benzen 1991 – 2000 (seneste analyse).
	218. 995	13,00 28,00	Forurening med tri- og tetraklorethylen samt triklorethan i 13 m.u.t. samt triklorethylen i 28 m.u.t. Forurening af benzen 1991 – 1998 (seneste analyse) i nederste indtag.
	218. 996	13,00	Forurening med tetraklorethylen.
Smålyngen			
	247. 349	7,50	Landbrugsarealer. Forurening af toluen 1993 -2007 og spor af M+P-xylen.
	247. 333	23,00	Landbrugsarealer. Spor af nonylfenoler 2002 – 2003 (seneste analyse) og forurening af toluen 2000 - 2007, O-xylen og M+P-xylen
	247. 382	6,00 23,00	Landbrugsarealer. Forurening af toluen 2001 - 2007 i 23,00 m.u.t. forurening af 4-methylfenol og spor af fenol i 6 m.u.t.
	247. 550	15,00 33,00	Landbrugsarealer. Forurening af toluen 1994 - 2007, O- og M+P-xylen samt spor af fenol i 15 m.u.t. Forurening af benzen, toluen, O- og M+P-xylen samt spor af trichloethylen og trichhlo-rethan i 33 m.u.t.
	247. 253	4,00	Skov og græsarealer. Forurening af toluen.
	247. 574	5,50	Landbrugsarealer. Forurening af toluen 2001 - 2007 samt spor af fenol.
	247. 575	24,50	Skov og landbrugsarealer. Forurening af toluen, O-xylen og M+P-xylen samt spor af fenol.
	247. 576	9,00	Skov og landbrugsarealer. Spor af fenol.
Miljøcenter Nykøbing			
Holeby			
	236. 479		Det åbne land. Forurening af nonylfenoler 2000- 2007
Hjemsøllille			
	216. 693	55,00	Det åbne land. Spor af M+P-xylen i midterste indtag.
	216. 694	18,50 33,00 57,00	Det åbne land. Forurening af benzen 1995 - 2007 og vinylklorid i øverste indtag. Spor af M+P-xylen i midterste indtag. Forurening af toluen og xylener i øverste og nederste indtag.
Vesterborg			

	230. 111	38,00	Det åbne land. Forurening af toluen 2002 - 2007 og vinylklorid.
	230. 112	27,00 40,00	Det åbne land. Forurening af vinylklorid. Ingen fund af andre organiske mikroforureninger
	230. 130	25,50	Det åbne land. Forurening af vinylklorid. Ingen fund af andre organiske mikroforureninger
	230. 236	15,00	Det åbne land. Forurening af benzen 1991 – 2003 (seneste analyse)
Sibirien	238. 622	26,00 57,00	Landbrugsarealer i omdrift. Forurening af benzen 1991 – 2001 (seneste analyse) i nederste indtag 57 m.u.t. Tidligere forurening af benzen i øverste indtag 26 m.u.t.
	238. 623	14,00 19,50	Det åbne land. Forurening af benzen 1991 – 2000 (seneste analyse) i nederste indtag. Koncentrationen faldende. Tidligere forurening af benzen i øverste indtag.
	238. 624	27,00 57,00	Det åbne land. Forurening af benzen 1991 - 2007, O-xylen og M+P-xylen i øverste indtag 27 m.u.t. Forurening af benzen og M+P-xylen i nederste indtag 57 m.u.t.
	238. 625	15,00 28,00	Det åbne land. Forurening af benzen i nederste indtag 1991 - 2007. Tidligere forurening af benzen i øverste indtag.
	238. 630	44,30	Det åbne land. Forurening af benzen 1991 – 2000 (seneste analyse) i mellemste indtag. Koncentrationen faldende. Tidligere forurening af benzen i nederste indtag.
Miljøcenter Odense			
Svendborg			
	164. 1098	60,30	Landbrugsarealer i omdrift. Forurening af O-xylener i nederste indtag.
Nørre Søby			
	146. 2063	21,00	Landbrugsarealer i omdrift. Forurening af phthalat (DEHP) i øverste indtag 2005 - 2007.
Miljøcenter Ribe			
Mjang			
	170. 527	18,00	Landbrugsarealer i omdrift. Forurening af toluen 2000-2003 (seneste analyse) i øverste indtag. Vandet er gammelt.
	170. 528	28,50	Landbrugsarealer i omdrift. Forurening af toluen 2000-2003 (seneste analyse). Vandet er gammelt.
Bedsted			
	159. 980	48,00	Landbrugsarealer i omdrift. Forurening af toluen 1994-2003 i nederste indtag. Vandet er gammelt.
	159. 982	1,50	Landbrugsarealer i omdrift. Forurening af toluen 1995 – 2006 (seneste analyse) samt spor af fenol i øverste indtag.
	159. 983	51,50	Landbrugsarealer i omdrift. Spor af fenol i nederste indtag 51,50 m.u.t. Tidligere spor af fenol i øverste indtag 30,50 m.u.t.
Christiansfeld			
	142. 678	40,00	Landbrugsarealer i omdrift. Spor af toluen i 40 m.u.t.
Grindsted			
	114. 1444	6,00	Det åbne land. Forurening af fenol.

Ølgod			
	102. 726	23,50	Det åbne land. Spor af fenol.
	102. 1406	19,50	Landbrugsarealer i omdrift. Spor af fenol i øverste indtag.
Forumlund			
	121. 958	16,50	Det åbne land. Spor af toluen i 16,50 m.u.t.
	121. 1095	17,00 22,00	Landbrugsarealer i omdrift. Forurening af toluen i to øverste indtag.
Thyregod			
	105. 1395	12,66 28,00	By-, landbrugs- og skovarealer. Forurening af triklorethylen i øverste indtag. Spor af fenol i midterste indtag 28 m.u.t
	105. 1703	37,75	Landbrugs- og skovarealer. Spor af fenol.
	105. 1700	20,30	Landbrugs- og skovarealer. Spor af fenol.
Follerup			
	125. 898	41,50	By- og landbrugsarealer. Spor af fenol.
Miljøcenter Århus			
Havdal	71. 569	26,00	Tidligere forurening af fenol i nederste indtag.
	71. 630	15,60	Forurening af M+P-xylene i nederste indtag.
Nordby			
	100. 71	28,80	Forurening af toluen 2002 – 2006 (seneste analyse). Koncentrationen er stigende
	100. 88	38,40	Forurening af toluen 2002 – 2006 (seneste analyse).
Hvinningdal			
	86. 1631	36,60	Spor af nonylfenoler 2003 - 2004.
Homå			
	71. 480	15,10	Forurening af 2,4-diklorfenol.
Miljøcenter Ringkøbing			
Ejstrupholm			
	96. 1975	18,20	Tidligere forurening af M+P-xylene i øverste indtag.
	96. 1977	18,80	Spor af toluen og M+P-xylene i nederste indtag.
	96. 1978	26,30	Tidligere spor af toluen og M+P-xylene i øverste indtag.
Brande			
	104. 1992	6,85	Spor af M+P-xylene i øverste indtag 6, 85 m.u.t.
	104. 1997	105,00	Forurening af tetraklorethylen i nederste indtag.
Klosterhede			
	63. 946	67,00	Forurening af triklorethylen i næstnederste indtag.
	63. 1037		Svage spor af pentaklorfenol i indtag 1, 2 og 4
Miljøcenter Ålborg			
Albæk	18. 264	40,00	Det åbne land. Forurening af naphthalen i nederste indtag 2000 - 2007.

Bilag 2: Pesticider i Grundvandsovervågning.

Pesticider og metabolitter analyseret i det nationale monitoringsprogram for pesticider, GRU-MO. I tabellen er medtaget: antal analyser, analyser med fund og antal analyser med fund $\geq 0,1 \mu\text{g/l}$, antal indtag(boringer) analyseret, indtag med fund, indtag med fund $\geq 0,1 \mu\text{g/l}$ samt maksimal, middel og median koncentration ($\mu\text{g/l}$) for de enkelte stoffer. Sorteret efter faldende fund hyppighed.

Grundvands- overvågning	Analyser			Indtag antal			Andel fund i %		Koncentration i $\mu\text{g/l}$		
	analyseret	med fund	$\geq 0,1 \mu\text{g/l}$	analyseret	med fund	$\geq 0,1$	Med fund	$\% \geq 0,1 \mu\text{g/l}$	maks	middel	median
Hele perioden.											
2,6-Diklorbenzamid	9070	1407	476	1396	283	112	20,3	8,0	43	0,407	0,060
DEIA	6827	597	159	1310	185	53	14,1	4,0	1,3	0,102	0,042
Atrazin, desisopropyl	8867	499	81	1391	137	23	9,8	1,7	0,84	0,066	0,028
4-Nitrofenol	6739	146	8	1305	123	8	9,4	0,6	0,49	0,041	0,023
Atrazin, desethyl	8894	490	79	1392	107	20	7,7	1,4	5,5	0,162	0,030
Metribuzin-desamino	88	5	2	85	5	2	5,9	2,4	8,8	1,830	0,065
Atrazin	12399	372	53	1529	86	22	5,6	1,4	19,9	0,510	0,039
Bentazon	8893	203	34	1393	78	22	5,6	1,6	2,8	0,147	0,040
Diklorprop	12416	292	135	1527	79	22	5,2	1,4	370	5,828	0,030
Triklorreddikesyre	5567	65	24	1239	55	17	4,4	1,4	17	0,754	0,035
Metribuz-desam-diket	2866	101	32	1023	44	17	4,3	1,7	2,8	0,161	0,076
Glyphosat	7022	65	6	1316	56	6	4,3	0,5	0,52	0,048	0,022
Herbicer	24	1	1	24	1	1	4,2	4,2	0,1	0,100	0,100
Meklorprop	12403	172	57	1527	61	14	4,0	0,9	5,3	0,218	0,030
Simazin	12332	144	17	1524	46	8	3,0	0,5	0,51	0,067	0,031
2CPP, 2-(2-Klorphen	51	1		35	1		2,9		0,01	0,010	0,010
AMPA	7011	49	8	1316	36	8	2,7	0,6	1	0,087	0,026
Metribuzin-diketo	2962	83	32	1030	25	10	2,4	1,0	3,6	0,265	0,090
MCPA	11632	71	23	1493	36	6	2,4	0,4	1,6	0,105	0,026
Ethylentiurea	4206	28	6	944	22	3	2,3	0,3	2,67	0,179	0,023
Atrazin, hydroxy-	7295	48	1	1322	29	1	2,2	0,1	0,78	0,062	0,030
Hexazinon	8849	99	39	1390	29	6	2,1	0,4	1,8	0,139	0,029
4CPP,2-(4-Klorpheno	3176	44	20	1072	22	7	2,1	0,7	1	0,157	0,043
Didealk.-hydr.atraz.	209	3	2	172	3	2	1,7	1,2	0,26	0,133	0,120
Deeth.-hydr.-atrazin	200	3		172	3		1,7		0,06	0,033	0,030
Metribuzin	7503	71	16	1347	23	8	1,7	0,6	3,7	0,286	0,050
Dinoseb	11640	32	5	1493	23	4	1,5	0,3	0,6	0,079	0,029
2,4_D	10492	23	4	1438	22	3	1,5	0,2	2,8	0,171	0,020
Dichlobenil	7802	30	2	1369	20	1	1,5	0,1	0,36	0,049	0,028
Pendimethalin	7713	19	1	1338	19	1	1,4	0,1	8,39	0,460	0,016
Terbuthylazin	8145	20		1364	18		1,3		0,07	0,026	0,020
2,6-diklorebnzosyre	3115	39	4	1045	13	3	1,2	0,3	0,29	0,070	0,032
Delsopr.-hydr.atraz.	200	2	1	172	2	1	1,2	0,6	0,11	0,060	0,060
2,6-DCPP	3314	31	16	1079	12	5	1,1	0,5	2,4	0,357	0,072
desethylterbuthylazin	6242	15		1278	14		1,1		0,096	0,025	0,019
DNOC	11643	17	3	1492	16	3	1,1	0,2	0,294	0,054	0,020
Maleinhydrazid	2858	8	3	875	8	3	0,9	0,3	0,25	0,075	0,025

Grundvands- overvågning	Analyser			Indtag antal			Andel fund i %		Koncentration i µg/l		
	analyseret	med fund	>=0,1µg/l	analyseret	med fund	>= 0,1	Med fund	%>= 0,1µg/l	maks	middel	median
Diuron	7335	16		1315	12		0,9		0,07	0,024	0,020
Dalapon	3831	6		946	6		0,6		0,024	0,018	0,019
Cyanazin	5878	6		1046	6		0,6		0,05	0,029	0,025
Bromoxynil	4523	5		988	5		0,5		0,09	0,033	0,020
Hydroxyterbutylazin	2256	6		890	4		0,4		0,05	0,022	0,014
hydroxysimazin	5446	5	1	1230	5	1	0,4	0,1	0,17	0,046	0,013
Kloridazon	4482	5	2	989	4	1	0,4	0,1	0,13	0,059	0,043
Propiconazol	4534	4		989	4		0,4		0,034	0,020	0,017
Metamitron	7637	5		1339	4		0,3		0,054	0,029	0,026
Isoproturon	8102	7	1	1355	4	1	0,3	0,1	0,635	0,175	0,028
Metsulfuron methyl	3931	2		944	2		0,2		0,03	0,025	0,025
hydroxycarbofuran	4066	2	1	959	2	1	0,2	0,1	0,15	0,110	0,110
Ethofumesat	4230	2		968	2		0,2		0,03	0,020	0,020
Lenacil	4245	7		987	2		0,2		0,084	0,065	0,065
Fenpropimorph	4464	2		988	2		0,2		0,03	0,025	0,025
Dimethoat	5493	2		1028	2		0,2		0,06	0,040	0,040
Klorsulfuron	3908	1		944	1		0,1		0,033	0,033	0,033
Carbofuran	5030	1		1002	1		0,1		0,01	0,010	0,010
2-(2,6-dich.ph)props	4			3							
2,3,6-TCBA	188			55							
2,4,5-T	232			59							
2,4,5-Triklorfenol	196			144							
2,4-DB	173			54							
2,6-D	188			55							
2-6 MCPA	17			15							
2C6MPP	3			2							
2CPA	60			59							
2-M-4,6-DCPA	188			55							
2-M-4,6-DCPP	207			55							
2-M-6-CPA	188			55							
Alaklor	334			186							
Aldicarb	38			19							
Aldrin	38			19							
Benazolin-ethyl	202			59							
Bromacil	38			19							
Bromophos	51			24							
Bromophos-ethyl	38			19							
Carbofenotion	38			19							
Klordan	38			19							
Klorfenvinphos	38			19							
Klorpyrifos	226			55							
Clopyralid	189			55							
Cycloaot	38			19							
DDD, o,p-	38			19							
DDD, p,p-	38			19							
DDE, o,p-	38			19							
DDE, p,p-	19			19							

Grundvands- overvågning	Analyser			Indtag antal			Andel fund i %		Koncentration i µg/l		
	analyseret	med fund	>=0,1µg/l	analyseret	med fund	>= 0,1	Med fund	%>= 0,1µg/l	maks	middel	median
Hele perioden.											
DDT, o,p-	38			19							
DDT, p,p-	19			19							
Diazinon	226			55							
Dicamba	458			194							
Dieldrin	38			19							
Dinoterb	188			55							
Endosulfan, alpha	38			19							
Endosulfan, beta	38			19							
Endrin	38			19							
Esfenvalerat	38			19							
Fenitrothion	38			19							
Fenvalerat	38			19							
Flamprop	193			55							
Flamprop-M-isopropyl	6			6							
Fluazifop	207			61							
Fluazifop-butyl	191			154							
Fonofos	38			19							
HCH-alfa	38			19							
HCH-beta	38			19							
HCH-delta	38			19							
Heptaklor	38			19							
Heptaklorreoxid	38			19							
Heptenophos	3			3							
Hexaklorbenzen	38			19							
Imazalil	1			1							
loxynil	4539			989							
Lindan	38			19							
Linuron	1308			549							
Malathion	38			19							
MCPB	226			55							
Metazaklor	426			245							
Methabenzthiazuron	403			194							
Methomyl	72			65							
Metolaklor	38			19							
Mirex	38			19							
Omethoat	114			47							
Parathion	249			177							
Parathion-methyl	38			19							
Phenmedipham	105			86							
Phenoxysyrer	0			0							
Pirimicarb	4459			972							
Prokloraz	245			84							
Prometryn	42			23							
Propazin	168			140							
Propyzamid	477			197							
Sebutylazin	104			85							
Terbacil	38			19							

Grundvands- overvågning Hele perioden.	Analyser			Indtag antal			Andel fund i %		Koncentration i µg/l		
	analyseret	med fund	>=0,1µg/l	analyseret	med fund	>= 0,1	Med fund	%>= 0,1µg/l	maks	middel	median
Thifensulfuron methyl	19			11							
Triadimenol	452			191							
Tri-allat	11			4							
Triasulfuron	19			11							
Trifluralin	4			3							

Bilag 3: Pesticider i Vandværkernes Boringskontrol.

Vandværkernes boringskontrol. Sorteret efter faldende fundhyppighed. Pesticider og metabolitter analyseret i aktive drikkevandsboringer ved vandværkernes boringskontrol, BK. I tabellen er medtaget: antal analyser, analyser med fund og antal analyser med fund $\geq 0,1 \mu\text{g/l}$, antal boringer analyseret, boringer med fund, boringer med fund $\geq 0,1 \mu\text{g/l}$ samt maksimal, middel og median koncentration ($\mu\text{g/l}$) for de enkelte stoffer.

Vandværkernes Boringskontrol BK Hele perioden.	Analyser			Boringer antal			Andel fund i %		Koncentration i $\mu\text{g/l}$		
	analyseret	Med fund	$\geq 0,1 \mu\text{g/l}$	analyseret	Med fund	$\geq 0,1$	Med fund	% $\geq 0,1 \mu\text{g/l}$	maks	middel	median
2,6-Diklorbenzamid	17861	4554	797	6336	1209	257	19,1	4,06	50	0,100	0,036
Bromophos-methyl	14	4	1	12	2	1	16,7	8,33	0,37	0,11275	0,0285
Urea, CH ₄ N ₂ O	18	1	1	13	1	1	7,7	7,69	0,23	0,230	0,230
Malathion	124	3	2	52	3	2	5,8	3,85	0,42	0,242	0,210
2,3,6-TBA	48	3		35	2		5,7	0,00	0,023	0,019	0,019
Aldicarb	49	2		48	2		4,2	0,00	0,02	0,020	0,020
4-Nitrofenol	442	12		338	11		3,3		0,022	0,015	0,015
Glyphosat	796	14	2	475	14	2	2,9	0,42	8,7	0,653	0,020
Trikloredikesyre	161	4	1	147	4	1	2,7	0,68	8	2,026	0,040
4CPP,2-(4-Klorpheno	2466	183	17	1258	32	5	2,5	0,40	0,43	0,052	0,040
Clopyralid	157	9	1	86	2	1	2,3	1,16	0,14	0,080	0,079
DEIA	297	6		263	6		2,3		0,073	0,032	0,027
hydroxysimazin	471	16	5	327	7	2	2,1	0,61	0,39	0,087	0,036
Meklorprop	17225	392	20	6324	132	13	2,1	0,21	26	0,106	0,029
Bentazon	14382	253	31	6244	127	20	2,0	0,32	0,68	0,050	0,020
Atrazin	16814	351	15	6309	128	13	2,0	0,21	65	0,226	0,020
Atrazin, desethyl-	14248	323	14	6225	122	7	2,0	0,11	1,4	0,039	0,023
Diklorprop	17296	427	49	6324	112	12	1,8	0,19	0,73	0,055	0,024
Atrazin, desisopropy	14118	255	12	6219	102	5	1,6	0,08	0,86	0,038	0,023
AMPA	805	8	3	488	8	3	1,6	0,61	13	1,696	0,024
Diazinon	70	1		62	1		1,6		0,02	0,020	0,020
Hexazinon	14334	206	13	6228	83	7	1,3	0,11	0,26	0,037	0,024
Simazin	16840	171	7	6322	69	3	1,1	0,05	0,321	0,036	0,020
2,6-DCPP	1245	17	6	783	8	2	1,0	0,26	0,37	0,094	0,046
Dichlobenil	9785	44	2	5042	41	2	0,8	0,04	1,1	0,042	0,005
Atrazin, hydroxy-	12581	73	6	6081	42	6	0,7	0,10	0,23	0,037	0,021
2-(2,6-dich.ph)props	476	5		296	2		0,7		0,036	0,031	0,034
MCPA	16881	103	15	6322	39	8	0,6	0,13	2,4	0,076	0,023
2,4,5-triklorfenol	201	1		167	1		0,6		0,025	0,025	0,025
Klorsulfuron	265	1		185	1		0,5		0,01	0,010	0,010
Diuron	6067	29	2	3551	18	2	0,5	0,06	0,46	0,036	0,018
desethylterbutylazi	889	5	1	636	3	1	0,5	0,16	0,21	0,054	0,015
Hydroxyterbutylazin	1192	6	1	722	3	1	0,4	0,14	0,112	0,048	0,043
Pendimethalin	13779	22	1	6192	21	1	0,3	0,02	0,327	0,034	0,017
Trifluralin	627	1		327	1		0,3		0,022	0,022	0,022
2,4_D	16557	35	1	6301	19	1	0,3	0,02	0,3	0,032	0,016
Terbutylazin	13467	25		6085	18		0,3		0,072	0,020	0,016
Isoproturon	13993	22		6221	15		0,2		0,061	0,027	0,022
Alaklor	559	1		429	1		0,2		0,01	0,010	0,010

Vandværkernes Boringskontrol BK Hele perioden.	Analyser			Boringer antal			Andel fund i %		Koncentration i µg/l		
	analyseret	Med fund	≥ 0,1µg/l	analyseret	Med fund	≥ 0,1	Med fund	% ≥ 0,1µg/l	maks	middel	median
Cyanazin	13913	15		6170	14		0,2		0,06	0,021	0,014
DNOC	16691	14		6282	13		0,2		0,072	0,024	0,013
Fenpropimorph	829	1		588	1		0,2		0,034	0,034	0,034
Dicamba	951	1		614	1		0,2		0,085	0,085	0,085
Dinoseb	16682	10		6280	10		0,2		0,089	0,014	0,006
Propyzamid	1118	1		705	1		0,1		0,015	0,015	0,015
Metamitron	13803	8	1	6196	8	1	0,1	0,02	0,17	0,049	0,031
Linuron	5846	4	2	3367	4	2	0,1	0,06	10	2,581	0,157
Dimethoat	13806	6		6166	6		0,1		0,029	0,016	0,012
2,3,6-TCBA	60			56							
2,4,5-T	733			435							
2,4-DB	90			85							
2,6-D	88			69							
2C6MPP, 2-(2-klor-6	191			152							
2CPA, 2-Klorphenoxy	170			141							
2CPP, 2-(2-Klorphen	254			204							
2-M-4,6-DCPA	92			70							
2-M-4,6-DCPP	100			72							
2-M-6-CPA	93			71							
2-Nitrofenol	1			1							
Aldrin	56			18							
Azinphos-ethyl	54			16							
Azinphos-methyl	62			24							
Benazolin	15			15							
Benazolin-ethyl	128			104							
Bromacil	54			39							
Bromophos-ethyl	3			3							
Bromoxynil	837			564							
Carbofuran	1579			1160							
Klorfenvinphos	22			22							
Kloridazon	1369			830							
Klormefos	1			1							
Klorpyrifos	67			59							
Klorpyrifos-methyl	4			4							
Dalapon	16			15							
DDD, o,p-	3			3							
DDD, p,p-	3			3							
DDE	41			14							
DDE, o,p-	41			17							
DDE, p,p-	3			3							
DDT	44			17							
DDT, o,p-	41			17							
DDT, p,p-	3			3							
DEPAT	1			1							
Desmedipham	26			14							
d-ethyl-parathion	1			1							
Dibenzofuran	2			2							

Vandværkernes Boringskontrol BK Hele perioden.	Analyser			Boringer antal			Andel fund i %		Koncentration i µg/l		
	analyseret	Med fund	≥ 0,1µg/l	analyseret	Med fund	≥ 0,1	Med fund	% ≥ 0,1µg/l	maks	middel	median
DIKLORVOS	86			29							
Dicofol	19			19							
Dieldrin	75			37							
Dinoterb	84			79							
Disulfoton	3			3							
d-met-MP3	1			1							
EEHOOOPS	1			1							
EEHOOSPS, EP-1	1			1							
EEMOOOPS	1			1							
EEMOOSPO	1			1							
EEMOOSPS	1			1							
EHHOOOPS	1			1							
Endosulfan	40			33							
Endosulfan, alpha	43			19							
Endosulfan, beta	43			19							
Endosulfansulfat	22			22							
Endrin	56			18							
EOOSPO	1			1							
EOOSPS	1			1							
EP-1-methylamid	1			1							
Esfenvalerat	66			33							
Ethion	4			4							
Ethofumesat	628			410							
Ethylamino-parathion	1			1							
Ethylentiurea	69			67							
Fenamirol	19			19							
Fenklorphos	3			3							
Fenitrothion	56			18							
Fenpropathrin	19			19							
Fenvalerat	19			19							
Flamprop	103			75							
Flamprop-M-isopropyl	86			53							
Fluazifop	113			83							
Fluazifop-butyl	243			228							
fluazifop-p-butyl	99			45							
Fluazinam	1			1							
Fluroxypyr	24			24							
Fonofos	3			3							
Formothion	3			3							
HCH-alfa	3			3							
HCH-beta	3			3							
Heptaklor	3			3							
Hexaklorbenzen	26			14							
hydroxycarbofuran	350			228							
Imazalil	17			16							
loxynil	895			619							
ISODRIN	53			15							

Vandværkernes Boringskontrol BK Hele perioden.	Analyser			Boringer antal			Andel fund i %		Koncentration i µg/l		
	analyseret	Med fund	≥ 0,1µg/l	analyseret	Med fund	≥ 0,1	Med fund	% ≥ 0,1µg/l	maks	middel	median
Iso-MP-1	1			1							
Isoxaben	12			12							
Lenacil	475			333							
Lindan	75			36							
Maleinhydrazid	5			5							
MCPB	94			70							
Mecarban	1			1							
MERCAPTODIMETHUR	19			19							
Metamitron-desamino	26			14							
Metazaklor	584			401							
Methabenzthiazuron	989			567							
Methidathion	3			3							
Methomyl	111			111							
Methylsulfotep	1			1							
METOXURON	98			27							
Metribuzin	981			678							
Metribuzin-desamino	26			14							
Metribuzin-desamino-	210			184							
Metribuzin-diketo	208			174							
Metsulfuron methyl	254			175							
Mevinphos	64			36							
MMEOOOPS	1			1							
MMEOOSPS	1			1							
MMHOOOPS	1			1							
MMHOOSPS, MP-1	1			1							
MOOOPS	1			1							
MP-1-methylamid	1			1							
Omethoat	107			64							
Parathion	150			82							
Parathion-methyl	58			20							
Permethrin	19			19							
Phenmedipham	355			291							
Phosalon	3			3							
Phosphamidon	3			3							
Pirimicarb	883			610							
Pirimicarb-desmethyl	26			14							
Pirimiphos-methyl	4			4							
Prokloraz	354			225							
Prometryn	3			3							
Propaklor	99			28							
Propazin	387			321							
Propiconazol	988			691							
Propoxur	26			25							
Pyrimidin	1			1							
Sulfotep	1			1							
Tetrasul	15			13							
Thifensulfuron methy	54			21							

Vandværkernes Boringskontrol BK Hele perioden.	Analyser			Boringer antal			Andel fund i %		Koncentration i µg/l		
	analyseret	Med fund ≥ 0,1µg/l		analyseret	Med fund ≥ 0,1		Med fund % ≥ 0,1µg/l		maks	middel	median
thiram	6			3							
Triadimefon	28			26							
Triadimenol	417			292							
Tri-allat	36			30							

Bilag 4: Pesticider fra andre borerger

Analyse af Andre Borerger (ikke GRUMO og aktive indvindingsboringer). Sorteret efter faldende fundhyppighed. Pesticider og metabolitter analyser fra nedlagte vandværksboringer, små private vandforsyningsanlæg, monitoringsboringer drevet af vandværker og andre analyser gennemført ved fx forureningsundersøgelser. I tabellen er medtaget: antal analyser, analyser med fund og antal analyser med fund $\geq 0,1 \mu\text{g/l}$, antal borerger analyseret, borerger med fund, borerger med fund $\geq 0,1 \mu\text{g/l}$ samt maksimal, middel og median koncentration ($\mu\text{g/l}$) for de enkelte stoffer.

Andre borerger	Analyser			Borerger antal			Andel fund i %		Koncentration i $\mu\text{g/l}$		
	analyseret	med fund	$\geq 0,1 \mu\text{g/l}$	analyseret	med fund	$\geq 0,1$	Med fund	% $\geq 0,1 \mu\text{g/l}$	maks	middel	median
Hele perioden											
2,6-Diklorbenzamid	11592	4410	1927	5382	1708	867	31,7	16,1	260	0,56	0,100
2CPP	499	156	25	220	37	8	16,8	3,6	10	0,36	0,052
2-6 mcpa	9	1	1	6	1	1	16,7	16,7	0,3	0,30	0,300
2-(2,6-dich.ph)props	237	51	19	162	26	10	16,0	6,2	18	1,01	0,057
4-Nitrofenol	671	81	60	444	64	43	14,4	9,7	427	28,00	
2,4,5-triklorfenol	222	23	17	135	19	14	14,1	10,4	1	0,35	0,270
2C6MPP	333	59	8	163	17	2	10,4	1,2	0,35	0,06	0,020
DEIA	846	58	15	471	45	10	9,6	2,1	4	0,16	0,033
Atrazin, desethyl	8614	601	142	4961	378	95	7,6	1,9	3,8	0,11	0,040
Atrazin, desisopropyl	8523	584	109	4900	368	77	7,5	1,6	110	0,41	0,035
Atrazin	11672	783	193	6179	438	124	7,1	2,0	30	0,28	0,043
4CPP	2859	319	222	1487	94	69	6,3	4,6	34	1,39	0,250
AMPA	1827	113	35	1276	80	27	6,3	2,1	69,4	1,11	0,040
2,6-DCPP	1014	87	9	588	32	9	5,4	1,5	60	3,77	0,043
Glyphosat	1905	84	18	1284	64	13	5,0	1,0	11,3	0,36	0,028
Simazin	11609	472	67	6178	302	47	4,9	0,8	210	0,80	0,026
deethylterbutylazin	2045	77	14	1154	53	11	4,6	1,0	1,6	0,10	0,031
Diklorprop	12034	681	284	6233	236	97	3,8	1,6	570	6,23	0,062
Meklorprop	12004	683	318	6225	235	99	3,8	1,6	276	4,57	0,058
Bentazon	8669	290	95	4954	172	52	3,5	1,0	9,8	0,26	0,048
Trikloredikesyre	342	11	3	256	8	3	3,1	1,2	0,48	0,11	0,035
Ethylentiurea	948	27	6	836	22	6	2,6	0,7	1,3	0,17	0,033
Dichlobenil	7178	125	14	4297	99	11	2,3	0,3	2,8	0,10	0,020
Hexazinon	8703	222	94	4958	109	38	2,2	0,8	4,3	0,25	0,040
Diuron	5066	97	24	3055	65	13	2,1	0,4	1800	27,79	0,027
Atrazin, hydroxy-	5809	75	6	3643	61	5	1,7	0,1	0,62	0,05	0,020
MCPA	11742	125	64	6251	97	53	1,6	0,8			0,140
Hydroxyterbutylazin	410	5		279	4		1,4		0,026	0,02	0,020
Maleinhydrazid	109	1		72	1		1,4		0,04	0,04	0,040
Lenacil	576	5	2	370	5	2	1,4	0,5	0,17	0,08	0,040
2,6-diklorebenzosyre	299	3		239	3		1,3		0,018	0,02	0,014
Terbutylazin	8001	74	10	4780	57	9	1,2	0,2	1,1	0,07	0,026
2,4,5-t	514	5	1	365	4	1	1,1	0,3	0,138	0,06	0,044
2,3,6-tcba	99	1		93	1		1,1		0,05	0,05	0,050
Dinoterb	103	1		97	1		1,0		0,02	0,02	0,020
Isoproturon	8319	57	7	4857	41	5	0,8	0,1	0,982	0,07	0,029
2,4_D	11282	61	14	6071	46	14	0,8	0,2	14	0,41	0,062
Clopyralid	213	1	1	158	1	1	0,6	0,6	0,26	0,26	0,260
Pendimethalin	7946	24		4734	22		0,5		0,088	0,03	0,020

Andre boringer	Analyser			Boringer antal			Andel fund i %		Koncentration i µg/l		
	analyseret	med fund	≥ 0,1µg/l	analyseret	med fund	≥ 0,1	Med fund	% ≥ 0,1µg/l	maks	middel	median
Hele perioden											
Propiconazol	1044	3	1	679	3	1	0,4	0,1	0,19	0,08	0,030
DNOC	11164	30	3	6079	26	3	0,4	0,0	17	0,70	0,028
Metribuzin	1177	3		762	3		0,4		0,063	0,03	0,020
Dinoseb	11190	26	7	6096	23	6	0,4	0,1	1,28	0,14	0,032
Fenpropimorph	949	2		571	2		0,4		0,085	0,08	0,083
Metsulfuron methyl	1610	3	1	891	3	1	0,3	0,1	0,11	0,06	0,043
Hydroxysimazin	558	1		334	1		0,3		0,023	0,02	0,023
Metamitron	7880	14	1	4714	13	1	0,3	0,0	0,21	0,05	0,022
Dicamba	491	1		389	1		0,3		0,02	0,02	0,020
Cyanazin	7928	14	6	4731	12	4	0,3	0,1	99	8,31	0,048
Dimethoat	7882	10	4	4716	8	3	0,2	0,1	5,7	0,75	0,026
Kloridazon	955	1		633	1		0,2		0,02	0,02	0,020
Pirimicarb	1004	1		645	1		0,2		0,01	0,01	0,010
Ioxynil	1041	2		707	1		0,1		0,043	0,04	0,043
Carbofuran	2302	1		1568	1		0,1		0,04	0,04	0,040
Linuron	2773	1		1838	1		0,1		0,016	0,02	0,016
2,4-db	53			48							
2,6-d	100			93							
2-m-4,6-dcpa	102			93							
2-m-4,6-dcpp	105			96							
2-m-6-cpa	102			93							
2-nitrofenol	20			20							
Alaklor	426			319							
Aldicarb	59			57							
Benazolin-ethyl	222			179							
Bromophos	45			43							
Bromoxynil	917			627							
Klorpyrifos	134			120							
Klorsulfuron	385			264							
Dalapon	249			182							
Diazinon	227			179							
Esfenvalerat	172			108							
Ethofumesat	797			508							
Flamprop	113			101							
Fluazifop	161			132							
Fluazifop-butyl	137			100							
hydroxycarbofuran	420			286							
Mcpb	160			135							
Metazaklor	481			332							
Methabenzthiazuron	416			284							
Omethoat	65			51							
Phenmedipham	174			127							
Prokloraz	230			156							
Propazin	230			187							
Propyzamid	687			490							
Triadimefon	35			34							
Triadimenol	432			279							
Tri-allat	66			38							

BILAG 5: Oversigt over DEVANO aktivitet

Nedenstående tabel viser en oversigt over DEVANO aktiviteten pr. 12. feb 2009.

DEVANO – Status pr. 12. februar 2009

Boringer	Roskilde	Nykøbing	Odense	Ribe	Århus	Ringkøbing	Ålborg	Normtal
2007	2	5	3	0	2	4	3	2 - 4
2008	2	2	2	0	0	0	0	1 - 2
2009								

Roskilde								
Lokalitets-navn	DGU-nummer	"GRUMO"-nummer	Påvirkninger	Vandløb/vådområde	Etableret	Status	Antal prøvetagninger i Jupiter	Bemærkninger
Kærby Å (Kalundborg)	203. 699	01.91.03.01	Nitratpåvirket magasin sydvest for åen.	Kærby Å	2008	Aktiv	0	SV for lokaliteten er sek. magasin nitratpåvirket. Vandløb nitratpåvirket
Rø Plantage	245. 211	01.91.02.01	Pesticider og evt. nitrat	Bobbe Å	2007	Sløjfet (ingen vand)		
Vedskølle Å			Nitrat, pesticider, strontium og bor	Vedskølle Å				Boringen placeres nedstrøms for landbrugsdrift.
Tuse Å			?	Tuse Å				Nedre del af større sjællandsk vandløbssystem med betydelige natur- og indvindings-interesser opstrøms.
Nord for Tejn	244. 613	01.91.01.01	Pesticider og evt. nitrat	Tejn Å	2007	Aktiv	1 godkendt 3 ikke godkendt	Boringen er placeret nedstrøms for intensiv landbrugsdrift og bynært område

Græse Å			Pesticider og evt. nitrat	Græse Å				Boringen placeres nedstrøms for landbrugsområder
Duemose Rende			Grundvandsforekomsten er formentlig salt.	Duemose Rende				
Åmose Å v. Sandlyng	198. 718	01.91.04.01		Åmose Å v. Sandlyng	2008	Aktiv	0	Under udpegning til nationalpark, planlægges naturgenoprettet ved (delvist) at omgøre sidste hovedafvandning.
Gentofte v. Gentofte Sø			Nitrat, pesticider, Klorerede opl. midler	Gentofte Sø				Forekomst 11, sekundært magasin. Evt. muligt at finde eksisterende boring (fx 201.4938). Natura 2000 område.
Mellem Aakirkeby og Lodbæk			Pesticider	Læså				Balka Sandsten må formodes at være dobbeltporøs.
Blykobbe Plantage nord for Rønne			Pesticider	Blykobbe Å				
Melby Enghave			Nitrat, pesticider	Arrenakke Å				Ved ny udpegning formentlig i risiko for ikke at opnå god kemisk tilstand pga. pesticider
Nykøbing								
Lokalitetsnavn	DGU-nummer		Påvirkninger	Vandløb/vådområde	Etableret	Status		Bemærkninger
Øst for Skælskør			Nitrat i vandløb	Fladmose Å				
Suså syd for Sorø	215. 1066	02.92.04.01	Højtliggende sandforekomst, stedvis med højt nitratindhold. Direkte kontakt til væld og højt prioriterede vandløb.	Tystrup Sø	2007	Sløjfet (ingen vand)	0	Datatyndt område.
Tuel Å ved Fjenneslev			Vandløb over små sandforekomster, der ikke er særligt højtydende.	Tuel Å (øvre del af Suså)				

Tingerup Tykke			Kontakt en del af året til vandløb. Nitrat Pesticider Olieprodukter	Lille Å ud-spring Suså Ud-spring				Vil gerne anbore kalken i ca 100 m til en pejleboring. Evt. en boring med 2 indtag. Et pejle og et DEVANO.
Ø for Rettestrup	221. 1149	02.92.03.01	Kontakt en del af året til vandløb. Ringe beskyttelse. Nitrat, Pesticider Olieprodukter	Fladså	2007	Aktiv	1 godkendt 2 ikke godkendt OBS: ikke analyseret for olieprodukter?	Regional vandløbsstation i Rettestrup. NOVANA station ca. 7 km opstrøms.
S/V for Hyllinge	221. 1148	02.92.02.01	Kontakt til vandløb hele året. Nitrat, Pesticider	Saltå	2007	Aktiv	1 godkendt 1 ikke godkendt	
Ø for Nørre Mern			Kontakt til vandløb en del af året/ hele året. Nitrat, Pesticider Olieprodukter	Mern Å				
Ø for Faksinge	226. 1229 (226.1216 opgivet)	02.92.05.01 (02.92.01.01)	Kontakt til vandløb en del af året. Nitrat Pesticider	Tubæk	2007	Aktiv	1 godkendt 1 ikke godkendt	
S for Tågerudsgård			Kontakt til vandløb en del af året. Nitrat Pesticider	Nældevals Å (udspring)				
N/V for Bregninge			Kontakt til vandløb en del af året. Nitrat Pesticider	Gjedeløbet Tilløb til Sakskøbing Å				

Odense								
Lokalitetsnavn	DGU-nummer		Påvirkninger	Vandløb/vådområde	Etableret	Status		Bemærkninger
Hundstrup Å			Landbrug	Hundstrup Å				Mindre end 15 m ler, ringe naturlig beskyttelse
Alne Nor	163. 685	03.93.02.01	Landbrug	Sønderfjord	2007	Udfaset	6 godkendte	Mindre end 15 m ler, ringe naturlig beskyttelse
Horneland			Landbrug	Lyø Krog				Mindre end 15 m ler, ringe naturlig beskyttelse
Korinth	154. 1282	03.93.03.01	Landbrug/By	Arreskov Sø	2007	Overført til GRUMO	5 godkendte	Mindre end 15 m ler, ringe naturlig beskyttelse
Brahetrolleborg			Landbrug	Brahetrolleborg Sø				Mindre end 15 m ler, ringe naturlig beskyttelse
Bårdesø	128. 155	03.93.01.01	Landbrug	Rishave	2007	Overført til GRUMO	5 godkendte	Mindre end 15 m ler, ringe naturlig beskyttelse
Sarup Sø	153. 307	03.93.04.01	Landbrug	Haarby Å	2008	Aktiv	1 godkendt	Søen er 60-80 % grundvandsfødt, med forhøjet P-indhold
Brænde Å	144.682 (144. 675 opgivet)	03.93.05.01	Landbrug	Brænde Å	2008	Aktiv (144. 675 sløjfet)	0 ikke indberettet fra brøndborer endnu	Vandløbet har højt næringsindhold
Ribe								
Lokalitetsnavn	DGU-nummer		Påvirkninger	Vandløb/vådområde	Etableret	Status		Bemærkninger
Gestlunde			Datagrundlag mht. grundvandsforekomsten er utilstrækkeligt. Vådområdet i samme område er generelt eutrofieret	Vådområde ved Sneum Å				Kildevæld og Rigkær i grundvandsforekomsten. Muligvis kontakt mellem grundvand og vandløb

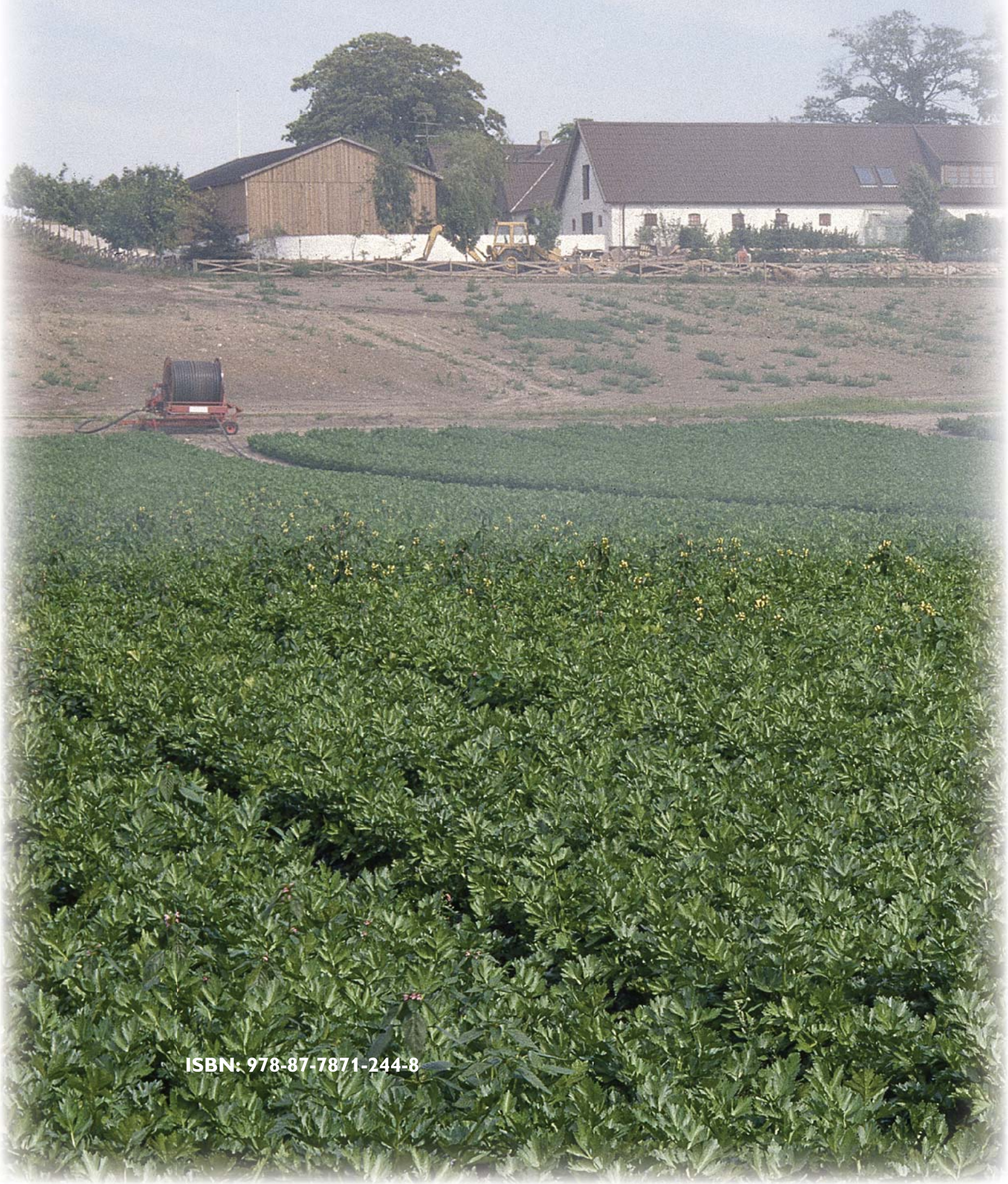
Lavborg			Datagrundlag mht. grundvandsforekomster er utilstrækkeligt. I vandløbene ses generelt et ensartet nitratniveau over amtet	Ansager Å				Vandløbsnær placering i grundvandsforekomsten. Muligvis kontakt mellem grundvand og vandløb. Intet ordentligt datagrundlag mht. grundvandskemi
Løbæk			Det vurderes at der er direkte kontakt mellem	Løbæk				Lokaliteten er beliggende mellem Toftlund bakkeø og Rødding bakkeø midt på en hedeslette (del af Tinglev hedeslette).
Århus								
Lokalitetsnavn	DGU-nummer		Påvirkninger	Vandløb/vådområde	Etableret	Status		Bemærkninger
a): Ulstrup b): Tvillum			nitrat/pesticider	Gudenåen				Tvillum er international vandløbsstation og Ulstrup vigtig station Gudenåens overvågning. stationsnumre (070244-070234)
Sorvad bro	60. 98	05.95.01.01 05.95.01.02 05.95.01.03	nitrat/pesticider	Hevring Å	2007	Aktiv	1 godkendt 1 ikke godkendt 1 godkendt 1 ikke godkendt 1 godkendt 1 ikke godkendt	Sorvad bro vandløbsstation (050018)
Øster Kondrup	50. 702	05.95.02.01 05.95.02.02	nitrat/pesticider	Kastbjerg Å	2007	Aktiv	1 godkendt 1 ikke godkendt 1 godkendt 1 ikke godkendt	Mange små vandløbsstationer ved Øster Kondrup bæks tilløb til kastbjerg Å fx (010027, 010030, 010064, 010159)
Klaks Mølle			nitrat/pesticider Meget stort husdyrtryk	Bygholm Å				NOVANA vandløbsstation i dette opland

Ringkøbing								
Lokalitetsnavn	DGU-nummer		Påvirkninger	Vandløb/ vådområde				Bemærkninger
Stovbæk, NØ for Aulum	74. 1171	06.96.02.01	Org. mic., NVOC	Lindholt Grøft/ Storå	2007	Aktiv	5 godkendte	I det nedre magasin har der i Feldborg vandværk været problemer med kvaliteten af råvandet (NVOC og Clorid).
Præstbro	103. 1671	06.96.01.01	Nitrat, clorid, org. mic.	Gundesbøl Å/ Skjern Å	2007	Aktiv	5 godkendte	Gundesbøl bæk ligger i oplandet til Skjern Å og bækken har ikke opfyldt målsætningen (Laksefiskevand).
Glarbjerg, NØ for Bøvlingbjerg	53. 682	06.96.03.01	Nitrat	Fåremølle Å	2007	Aktiv	5 godkendte	Oplandet til Nissum Fjord med ekstra stor næringsstofvaskning (gyde- og yngelopvækstområde for laksefisk)
Åsted	46. 1037	06.96.04.01	Dyrkede arealer	Hinnerup Å	2007	Aktiv	5 godkendte	
Ålborg								
Lokalitetsnavn	DGU-nummer		Påvirkninger	Vandløb/ vådområde	Etableret	Status		Bemærkninger
Syd for Østergård, som ligger nord for Vester Hvidbjerg	37. 1350	07.97.03.01	Nitrat	Ejstrup bæk	2007	Sløjfet (ingen vand)		
Munksjørup Syd for Vilsted Sø, vestlige Himmerland	39. 1040	07.97.01.01	Nitrat	Bjørnsholm å	2007		0	
Barsbøl Øst f. Oue Nord f. Mariager Fjord	49. 1031	07.97.02.01	Nitrat	Villestrup å	2007		0	

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