



GRUNDEVANDS OVERVÅGNING 2002

DANMARKS OG GRØNLANDS GEOLOGISKE UNDERSØGELSE
MILJØMINISTERIET

Særudgivelse

Redaktør: Lisbeth Flindt Jørgensen

Tegning: Forfattere og Kristian Rasmussen

Omslag og foto: Peter Moors

Oplag: 800

Dato: 1. december 2002

Rapporten kan hentes på internettet på www.grundvandsovervaagning.dk

ISBN 87-7871-105-3

Pris: kr. 160, - inkl. moms

© **Miljøministeriet**

Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, GEUS

Øster Voldgade 10

DK-1350 København K

Telefon: 38 14 20 00

Telefax: 38 14 20 50

E-post: geus@geus.dk

Internet: www.geus.dk

I kommission hos:

Geografforlaget ApS.

Fruerhøjvej 43, 5464 Brenderup

Telefon: 63 44 16 83

Telefax: 63 44 16 97

E-post: go@geografforlaget.dk

Indhold

INDHOLD	3
FORORD	5
SAMMENFATNING	7
ENGLISH SUMMARY	9
INDLEDNING	11
Overvågningsprogrammet	11
<i>Grundvandsovervågningen</i>	<i>11</i>
<i>Vandværksboringer</i>	<i>11</i>
<i>Rapportering</i>	<i>12</i>
Vandrammedirektivet og revisionen af NOVA 2003	13
Rapport om Grundvandsovervågningsboringers egnethed til analyse	14
Forskellige definitioner mv.	14
<i>Detektionsgrænse</i>	<i>14</i>
<i>Fund og fund over grænseværdien for drikkevand</i>	<i>15</i>
<i>Boringsindretning</i>	<i>15</i>
<i>Box-diagram</i>	<i>15</i>
<i>Redoxzoner</i>	<i>16</i>
GRUNDVANDETS HOVEDBESTANDDELE	17
Nitrat	17
<i>Udviklingen i grundvandets indhold af nitrat</i>	<i>17</i>
<i>Nitratudvikling i grundvandsovervågningsområderne</i>	<i>20</i>
<i>Nitrat i ungt grundvand</i>	<i>21</i>
<i>Nitrat i vandværkernes boringskontrol</i>	<i>23</i>
<i>Redoxboringer</i>	<i>25</i>
<i>Redoxboring ved GRUMO Sibirien, Storstrøms Amt</i>	<i>25</i>
<i>Redoxboring ved GRUMO Grindsted, Ribe Amt</i>	<i>28</i>
<i>Redoxboring ved GRUMO Kasted, Århus Amt</i>	<i>30</i>
<i>Redoxboring ved GRUMO Albæk, Nordjyllands Amt</i>	<i>32</i>
Sammenfatning om nitrat	34
Fosfor	35
UORGANISKE SPORSTOFFER	37
Måleprogrammer	38
<i>Grundvandsovervågning</i>	<i>38</i>
<i>Landovervågningens grundvandsindtag</i>	<i>39</i>
<i>Vandværksboringer</i>	<i>40</i>
Grundvandets tilstand	40
<i>Overskridelser af grænseværdier for drikkevand</i>	<i>40</i>
<i>Overskridelser af økotoksikologiske kvalitetskrav</i>	<i>41</i>
Enkeltstoffer	42
<i>Arsen</i>	<i>42</i>
<i>Nikkel</i>	<i>43</i>

<i>Zink</i>	44
<i>Aluminium</i>	44
<i>Cadmium</i>	44
Sammenfatning om uorganiske sporstoffer	44
ORGANISKE MIKROFORURENINGER	47
Mulige kilder til de 7 grupper af organiske mikroforureninger	48
<i>Aromatiske kulbrinter</i>	48
<i>Phenoler</i>	48
<i>Nonylphenoler</i>	48
<i>Halogenerede alifatiske kulbrinter</i>	48
<i>Chlorphenoler</i>	49
<i>Phthalater (blødgørere)</i>	49
<i>Detergenter</i>	49
<i>Ethere</i>	49
Grundvandsovervågning	49
Landovervågningsoplande	52
Vandværkernes boringskontrol	53
Andre boringer	54
Sammendrag om organiske mikroforureninger	55
PESTICIDER OG NEDBRYDNINGSPRODUKTER	57
Pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandsovervågningen	57
Undersøgelse af pesticidforurening i små vandforsyningsanlæg	62
Pesticider og nedbrydningsprodukter i landovervågningen	64
Vandværksboringer	64
BAM – 2,6-dichlorbenzamid	69
Andre boringer	71
VAP - Varslingsystem for tidlig udvaskning af pesticider	72
Sammenfatning om pesticider og nedbrydningsprodukter	74
GRUNDVANDSRESSOURCEN OG HYDROLOGISK MODELLERING	75
Grundvandspotentiale	75
Vandindvinding	78
Hydrologisk modellering	81
Status for modellering af GRUMO	82
Erfaringer fra modellering af GRUMO	84
Temarapport om ferskvandets kredsløb	86
Sammenfatning om grundvandsressourcen og hydrologisk modellering	86
LITTERATUR	89
BILAG	93

Forord

Nærværende rapport præsenterer resultater og konklusioner om grundvandets tilstand og udvikling, baseret på data indsamlet af amterne og amternes årlige rapporter, der udføres som en del af den nationale grundvandsovervågning. Endvidere bygger nærværende rapport på resultaterne af vandværkernes boringskontrol, der indsamles af kommunerne og videreformidles til amterne, hvor de indgår i amternes rapportering og dataindberetning til fagdatacentret for grundvand ved Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS).

Omfanget af analyseprogrammet og rapporteringerne er fastlagt i rapporten 'Programbeskrivelse for det nationale program for overvågningen af vandmiljøet 1998 – 2003, NOVA 2003 (Miljøstyrelsen 2000b).

Rapporten er en faglig rapport og målgrupperne er Regeringen, Folketinget og offentligheden samt DMU, der har ansvaret for den samlede rapportering af NOVA 2003.

De indrapporterede data og amternes rapporter danner som nævnt grundlag for denne rapport, som præsenteres på grundlag af indlæg fra medarbejdere ved GEUS, der har de pågældende fagområder som deres arbejdsområde:

Grundvandets hovedbestanddele	Per Nyegaard
Uorganiske sporstoffer	Carsten Langtofte Larsen
Organiske mikroforureninger	René Juhler og Walter Brüsçh
Pesticider og nedbrydningsprodukter	Walter Brüsçh og René Juhler
Vandindvinding og modellering	Per Rasmussen og Anker Lajer Højbjerg

Projektgruppen, der står bag databearbejdning og rapportering, består endvidere af Birgit Ahlgren Pedersen, Frants von Platen, Jens Stockmarr, Kristian Rasmussen, Lisbeth Flindt Jørgensen, Poul Merkelsen og Uffe Larsen.

Sammenfatning

”Grundvandsovervågning 2002” bygger på oplysninger fra grundvandsovervågningen, landovervågningen og vandværkernes boringskontrol og giver dermed et omfattende kvalitativt billede af grundvandets kemiske og forureningsmæssige tilstand.

Den generelle vurdering af **nitrat**koncentrationen i grundvandet er fortsat, at der ikke kan konstateres nogen overordnet ændring af nitratindhold i grundvandet begrundet i implementeringen af Vandmiljøplanen i 1987, idet langt størstedelen af det overvågede grundvand er dannet før 1990.

I år er det muligt at følge udviklingen i nitratindholdet i 10 indtag med grundvand dannet efter vedtagelsen af Vandmiljøplanen, men disse viser ikke nogen entydigt tidslig udvikling. Det unge grundvand (6-7 år gammelt) i grundvandsovervågningsområderne (GRUMO) viser varierende udviklingstendenser. I det øverste og mest terrænnære grundvand i landovervågningsoplandene (LOOP), hvor det må forventes at en eventuel effekt af Vandmiljøplanens tiltag til begrænsning af nitratudvaskningen først må kunne erkendes, ses en variation i nitratindholdet, der tilsyneladende i stor udstrækning følger variationen i vinternebdøren.

Ca. 50% af de liniemoniterende indtag i GRUMO og ca. 75 % af vandforsyningsboringerne er nitratfrie (dvs. nitratindhold ≤ 1 mg/l). I GRUMO indeholder ca. 17 % af indtagene nitrat over grænseværdien for drikkevand på 50 mg/l, hvilket er det samme som i 2001. Kun 1,3% af vandværksboringerne indeholder nitrat over grænseværdien. Det lave tal for vandværksboringer skyldes, at boringer med et for højt nitratindhold typisk lukkes og erstattes af dybere boringer, således at den forurenede del af grundvandet fravælges.

De første års analyseresultater fra fire **redoxboringer** etableret til forståelse af nitratomsætning viser betydelige forskelle i redoxzoner.

Uorganiske sporstoffer er naturligt forekommende i dansk grundvand. I grundvand med lav pH kan der forekomme høje indhold af eksempelvis aluminium. I iltfrit grundvand kan der forekomme særskilt høje indhold af arsen. Men forekomster af uorganiske sporstoffer nær grænseværdierne for drikkevand kan også skyldes samfundsmæssige aktiviteter, enten i form af forurening, vandspejlsænkning eller anden påvirkning.

Generelt kan høje indhold af uorganiske sporstoffer i grundvandet påvirke kilder, vandløb og søer gennem tilstrømning af terrænnært grundvand. Der er konstateret høje indhold af bl.a. zink, nikkel og aluminium i det allerøverste grundvand i landovervågningsoplandene, og disse stoffer må antages at kunne spredes til hele vandmiljøet. Dette kan have væsentlig betydning set i lyset af de kommende krav i Vandrammedirektivet. Der er antagelig et vidensbehov på dette område, da spredningen af uorganiske sporstoffer i vandmiljøet er dårligt belyst.

Der ses en stigning i antallet af vandværksboringer med et nikkelindhold, hvor grænseværdien for drikkevand er overskredet i samtlige analyser. Problemet med forhøjet nikkelindhold udgør dermed et stigende problem for vandværkerne.

Med den nye drikkevandsbekendtgørelse er der kommet en lavere grænseværdi for arsen. Denne nye værdi vil antageligvis visse steder sætte en ny nedre grænse for, hvor dybt der kan indvindes grundvand til drikkevand – en grænse, der kommer til at ligge højere end den i dag oftest sete begrænsning i form af forhøjet saltindhold.

Der er i grundvandsovervågningen i perioden 1993-2001 undersøgt 7.749 vandprøver fra 1.116 indtag for **organiske mikroforureninger**. Ses der bort fra de anioniske detergenter var der

mindst én gang i perioden fund i 67% af indtagene. Data har vist, at mange af stofferne kan trænge dybt ned i jordlagene, eksempelvis er stoffet trichlormethan fundet på dybder ned til over 60 m under terræn. De fleste fund koncentrerer sig dog i intervallet fra overfladen og ned til 40 m under terræn.

I vandværksboringer er der udført analyser af miljøfremmede stoffer i knap 4.800 boringer. I godt hver 5. boring er der fundet mindst et miljøfremmed stof (hvis der ses bort fra anioniske detergenter). Fælles for langt de fleste fund er, at de er under grænseværdien for drikkevand.

Der er blevet analyseret for **pesticider og nedbrydningsprodukter** i grundvandsovervågningsprogrammet siden 1990. I starten kun for enkelte stoffer, men antallet er gradvist tiltaget i analyseprogrammet, og med det også antallet af fund. Siden 1998 har antallet af analyserede stoffer dog været nogenlunde konstant, men der er alligevel sket en stigning i andelen af indtag med fund af pesticider fra 21,4% i 2000 til 27,2% i 2001. Andelen af indtag med fund over grænseværdien er tilsvarende steget fra 6,8% til 8,5%. I hele perioden fra 1990 til 2001 er der nu fundet pesticider i ca. 40% af de undersøgte indtag.

Det er særligt BAM (nedbrydningsprodukt af de nu forbudte herbicider chlorthiamid og dichlobenil), triaziner og triazinnedbrydningsprodukter, der findes i grundvandsovervågningsområderne. I de sidste par år har amterne også rapporteret om et stigende antal fund af glyphosat og særligt dette stofs nedbrydningsprodukt, AMPA. Dette stof er også fundet i Varslingsystemet for tidlige udvaskning af pesticider, VAP.

Grundvandsmagasiner med frit vandspejl er i særlig grad sårbare overfor nedvaskning af pesticider. I 1990-2001 er der således en eller flere gange fundet pesticider i mere end 50% af de indtag, der ligger i intervallet 0-40 meter under terræn i sådanne magasiner. Under denne dybde findes kun få indtag med pesticidfund. I de artesiske magasiner er der fund i næsten 50% af indtagene i intervallet 0-20 meter under terræn. Antallet af fund aftager langsomt med stigende dybde, men selv i dybder på 60-70 meter under terræn er der fundet pesticider i mere end 10% af de undersøgte indtag.

Vandværkernes boringer er stadig kraftigt påvirket af pesticider, men andelen af boringer med fund er faldet fra 34,8% i 2000 til 31% i 2001. Det er stadig BAM, atrazin og triazinnedbrydningsprodukter samt mechlorprop og dichlorprop, som findes hyppigst. I 2001 blev der fundet pesticider i ca. 50% af indvindingsboringer sat i intervallet 0-20 meter under terræn, og påvirkningen bliver som i grundvandsovervågningen mindre med tiltagende dybde.

En undersøgelse af pesticider i små vandforsyningsanlæg (boringer/brønde til forsyning af enkelthusstande) viser, at der er fundet pesticider i mere end 50% af de udtagne drikkevandsprøver, og at grænseværdien var overskredet i ca. hver tredje boring. Derudover er der fundet coliforme bakterier over grænseværdien i ca. 40% af boringerne, og grænseværdien for nitrat er også overskredet i en del af anlæggene.

Den samlede **vandindvinding** på almene vandværker udgjorde i 2001 411 millioner m³ mod 640 millioner m³ i 1989, et fald på næsten 36%. Indvindingen til erhvervs Vandning var i 2001 på 192 millioner m³ mod 453 millioner m³ i 1992, hvor den var højest i perioden 1989 - 2001.

Der er nu på femte år udarbejdet og beskrevet geologiske **modeller** og strømningsmodeller i amternes grundvandsovervågningsrapporter. Der er opbygget konceptuelle hydrogeologiske modeller for mere end ni ud af ti GRUMO, og der er opstillet strømningsmodeller for omkring halvdelen af de 67 grundvandsovervågningsområder. Det sidste giver i flere tilfælde anledning til revision af de eksisterende oplandsgrænser.

English summary

“Grundvandsovervågning 2002” presents data from the national ground water monitoring areas (GRUMO), the agricultural watershed catchment areas (LOOP) and water abstraction wells, and thereby provides a comprehensive picture of chemistry and state of pollution in ground water in Denmark.

The Action Plan for the Aquatic Environment was approved in 1987. The effect of this plan on the **nitrate** content in ground water is unknown because the age of ground water in the majority of well screens predates 1990. The age of ground water in 10 monitoring well screens is younger than 1987, and thus allow for monitoring of the affect of the Action Plan on nitrate concentrations in ground water. However, the monitoring data from these well screens show ambiguous variations. It is expected that possible effects of the Action Plan first should be seen in shallow ground water (LOOP). However, the variation in the nitrate content in these well screens appears to follow the variations in the winter precipitation.

Half of the GRUMO monitoring wells screened in primary aquifers and about 75% of the water abstraction wells do not contain nitrate (less than 1 mg/l). The nitrate concentration in about 17% of the monitoring screens exceeds the maximum admissible concentration (MAC) for drinking water (50 mg/l). This is the same as was observed in 2001. Presently, only 1.3 % of the water abstraction wells contains nitrate concentrations that exceed the MAC for drinking water as most wells with nitrate concentrations have been abandoned and replaced with deeper wells.

Four **redox wells** have been installed with the objective of increasing our knowledge concerning the degradation of nitrate. The first years of analysis show significant differences in the redox zonation.

Inorganic trace elements occur naturally in ground water in Denmark. Where pH is low some of these elements as aluminium may occur in high concentrations. In aquifers without oxygen arsenic may be abundant in high concentrations. But the occurrence of inorganic trace elements near the MAC for drinking water may also be due to anthropogenic activities such as contamination, lowering of the ground water level etc.

Generally high contents of inorganic trace elements in the ground water may impact the water quality of natural springs, streams and lakes if these are feed by ground water. High concentrations of e.g. zinc, nickel and aluminium have been detected in the uppermost ground water in LOOP areas and these elements may be spread throughout the aquatic environment. But the dynamics of the spreading of these elements is not well described.

There is an increase in the number of water abstraction wells with nickel concentrations that exceed the MAC for drinking water in all analysis. It appears that the problem with high nickel concentrations in ground water is increasing in some parts of Denmark.

The MAC for arsenic in drinking water has been lowered due to new legislation. The new MAC for arsenic may limit the depth to which it is possible to abstract ground water for drinking water in some areas. Up to now the occurrence of saline conditions has been the pre-dominant limitation to the depth from which drinking water could be abstracted.

Organic micro pollutants, excluding anionic detergents, have been analysed for in 7749 samples from 1116 well screens during the period from 1993 to 2001 and have been detected at least once in 67% of the well screens. Data have shown that organic micro pollutants can

readily be transported to depth in aquifers and aquitards. For example, the pollutant trichloro-methan has been found at depths exceeding 60 meters below ground surface (mbgs). However, the occurrence of this compound is limited predominately to wells screens at depths between 0 to 40 mbgs. During the same period approximately 4800 analyses of organic micro pollutants have been carried out on samples from ground water abstraction wells. At least one organic micro pollutant (excluding anionic detergents) has been detected in about 20% of the samples. However, the concentration of these compounds is below the MAC for drinking water in most of the ground water abstraction wells.

Monitoring for **pesticides and their metabolites** has been conducted in the national ground water monitoring program since 1990. In the beginning only a few substances were analysed for, but the number of substances has gradually increased and with that also the number of detections. Since 1998 the number of compounds analysed for has been constant. However, there has been an increase in the number of well screens with pesticides and/or metabolites from 21.4 % in 2000 to 27.2% in 2001. The number of well screens with concentrations above the MAC for drinking water has increased from 6.8 to 8.5%. Pesticides or their metabolites have been detected in about 40% of well screens sampled during the period from 1990 until 2001.

The metabolite 2,6-dichlorbenzamid (BAM) (degradation product of chlorthiamid and dichlo-benil) and the triazines and their metabolites are the most commonly detected compounds. In the last couple of years the counties have reported an increasing number of detections of gly-phosat and in particular it's metabolite AMPA. This substance has also been detected in the "Pesticide warning" project.

Unconfined aquifers are particularly vulnerable to pesticide contamination. During the period 1990-2001 pesticides or their metabolites were detected in more than half of the GRUMO wells screened at the depths between 0-40 mbgs. There have only been a few detections of pesticides and metabolites in wells screened at depths greater than 40 mbgs. In confined aqui-fers, pesticides or their metabolites have been detected in almost half of the wells screened at depths between 0-20 mbgs. The number of detections decreases with depth, although pesti-cides or metabolites has been detected in more than 10% of wells screened at depths of 60-70 mbgs.

Ground water abstraction wells are still severely affected by pesticides or metabolites, al-though the number of detections has decreased from 34.8% in 2000 to 31% in 2001. The most frequently detected substances are BAM, atrazin and metabolites of triazines, as well as mechlorprop and dichlorprop. In 2001 pesticides or their metabolites were detected in almost 50% of the shallow (0 to 20 mbgs) ground water abstraction wells sampled. As in GRUMO areas their occurrence decreases with increasing depth.

An investigation of pesticides in domestic wells shows that there are pesticides or metabolites in more than 50% of the wells and that the MAC for drinking water was surpassed in approxi-mately one third. Coliform bacteria were detected in about 40% of the wells sampled, and ni-trate concentrations were also high in some of the wells.

The total **ground water abstraction** during 2001 for municipal water works was 411 million m³ in comparison to 640 million m³ in 1989, a difference of almost 36%. Ground water ab-straction for irrigation was 192 million m³ in 2001, in comparison to 453 million m³ in 1992 during which time it was the lowest in many years.

Conceptual hydrogeological **models** have been made in 90% of the GRUMO areas and flow models are found for half of the areas. Modelling results has helped to redefine the capture zones of abstraction wells within some of the GRUMO areas.

Indledning

Overvågningsprogrammet

Den landsdækkende grundvandsovervågning, der er en del af det nationale overvågningsprogram for vandmiljøet, NOVA 2003, blev oprindeligt iværksat som en konsekvens af vedtagelsen af Vandmiljøplanen i 1987 med det hovedformål at registrere grundvandets belastning med kvælstof og fosfor samt vurdere virkningerne af ændringer i næringsstofbelastningen, som Vandmiljøplanens tiltag ville medføre. Endvidere har 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. Endelig er det et formål at beskrive kvaliteten af det vand, der udgør basistilstrømningen til de danske ferske vande.

Grundvandsovervågning

Nogenlunde jævnt fordelt over landet er der etableret 67 grundvandsovervågningsområder (GRUMO), se figur 1.1, hver udbygget med ca. 17 overvågningsindtag fordelt i hovedgrundvandsmagasinet (liniemoniterende boringer), øvre sekundære grundvandsmagasiner (punktmoniterende boringer) og én indvindingsboring (volumenmoniterende boring), se principskitsen figur 1.2. Det skal bemærkes, at en overvågningsboring kan indeholde flere adskilte indtag i forskellige dybder.

Grundvandsovervågningen omfatter i alt 1.043 indtag, der er egnede til analyse for grundvandets hovedbestanddele. Heraf er 973 indtag egnede til analyse for specielle parameter som uorganiske sporstoffer, pesticider og andre organiske mikroforureninger. Hertil kommer 112 indtag til overvågning af grundvandets hovedbestanddele i Rabis Bæk området, og 77 indtag i fire redox-boringer etableret i 1998-1999. Grundvandsovervågningen omfatter endelig ca. 85 indtag i grundvandet i de fem landovervågningsoplande (LOOP), se figur 1.1, hvor bl.a. kvaliteten af det helt nydannede grundvand overvåges.

Vandværksboringer

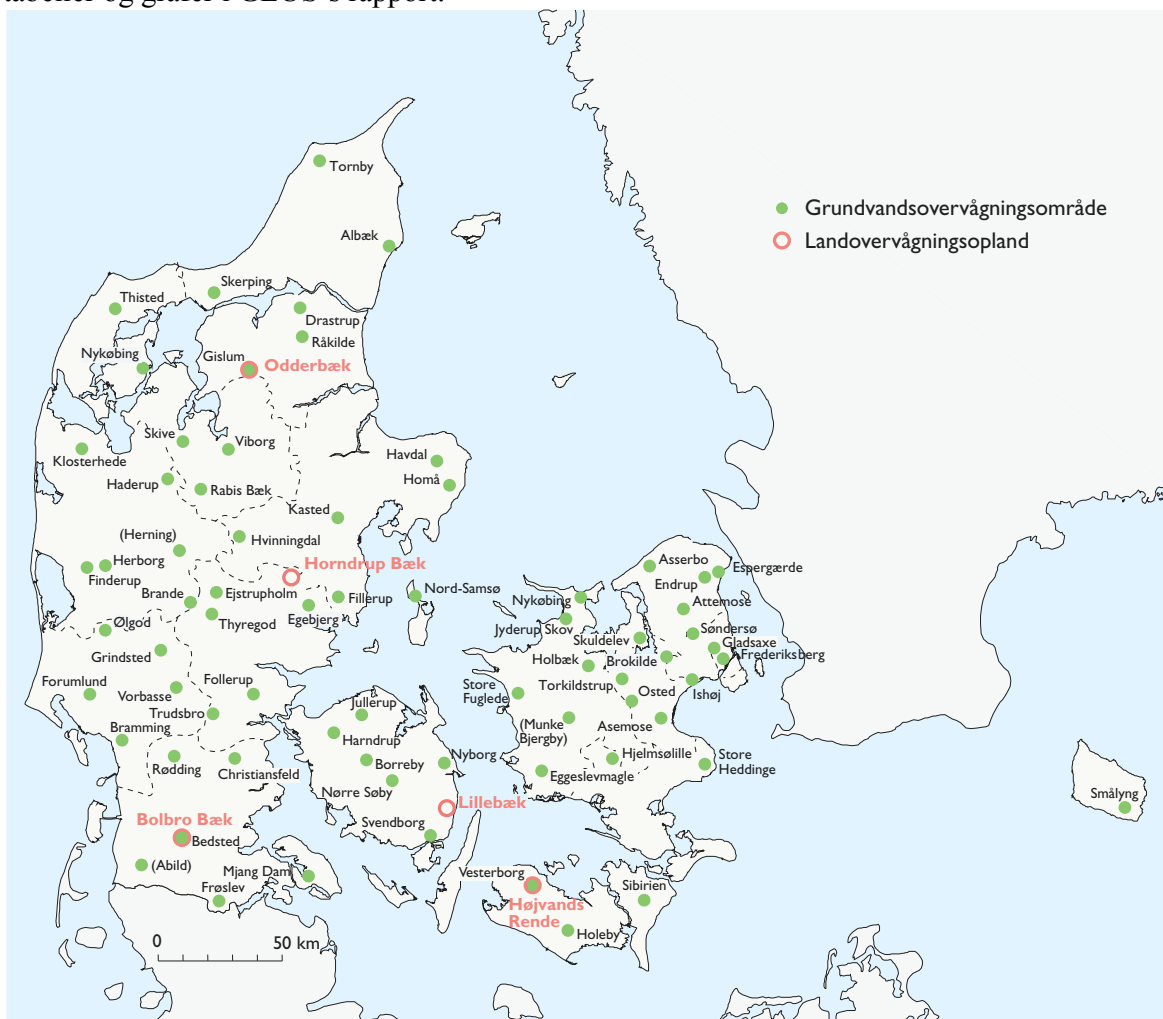
I Miljøministeriets bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg (Miljøministeriet 1988, Miljø- og Energiministeriet 2001) er der siden 1989 stillet krav om overvågning af det grundvand, der indvindes fra vandværkernes boringer - boringskontrol (Miljøstyrelsen 1990, 1997).

Dette års rapport er som i 2001 gennemført på baggrund af GEUS nye databasesystem Jupiter. Der er med anvendelsen af Jupiter sket en kobling mellem det tidligere vandressourceregister og den tidligere grundvandskemidatabase ved GEUS. Dette skulle udelukke, at analyse-resultater som tilsyneladende ikke stammer fra vandindvindingsboringer, men som er indberettet som "boringskontrol", indgår som vandværksboringer. Herved bliver et antal boringer med forskelligt andet formål, f.eks. afværgeboringer eller boringer til overvågning af lossepladser, ikke medtaget som vandværksboringer, med deraf følgende krav til kvalitet. Det er dog ikke lykkedes fuldstændig at undgå, at der indgår andre boringer i det anvendte datasæt, fordi boringer som tilhører vandværker, men som benyttes til andet formål, f.eks. som pejleboringer eller afværgeboring, ikke har kunnet udskilles på baggrund af de informationer, GEUS er i besiddelse af.

Rapportering

Hvert år siden 1989 har GEUS udarbejdet en rapport over grundvandsovervågningen. Det er vedtaget, at rapporteringen skal ske efter et standardiseret format, således at rapporteringen bliver overskuelig og ikke for omfattende. Grundvandsovervågning 1995 (GEUS 1995) var ekstraordinært omfattende, idet grundvand var udvalgt som årets tema indenfor vandmiljøplanens overvågningsprogram. Dette års rapport er en standardrapport.. Det gældende analyseprogram for grundvandsovervågningen i såvel GRUMO som LOOP er beskrevet i NOVA 2003 (Miljøstyrelsen 2000b).

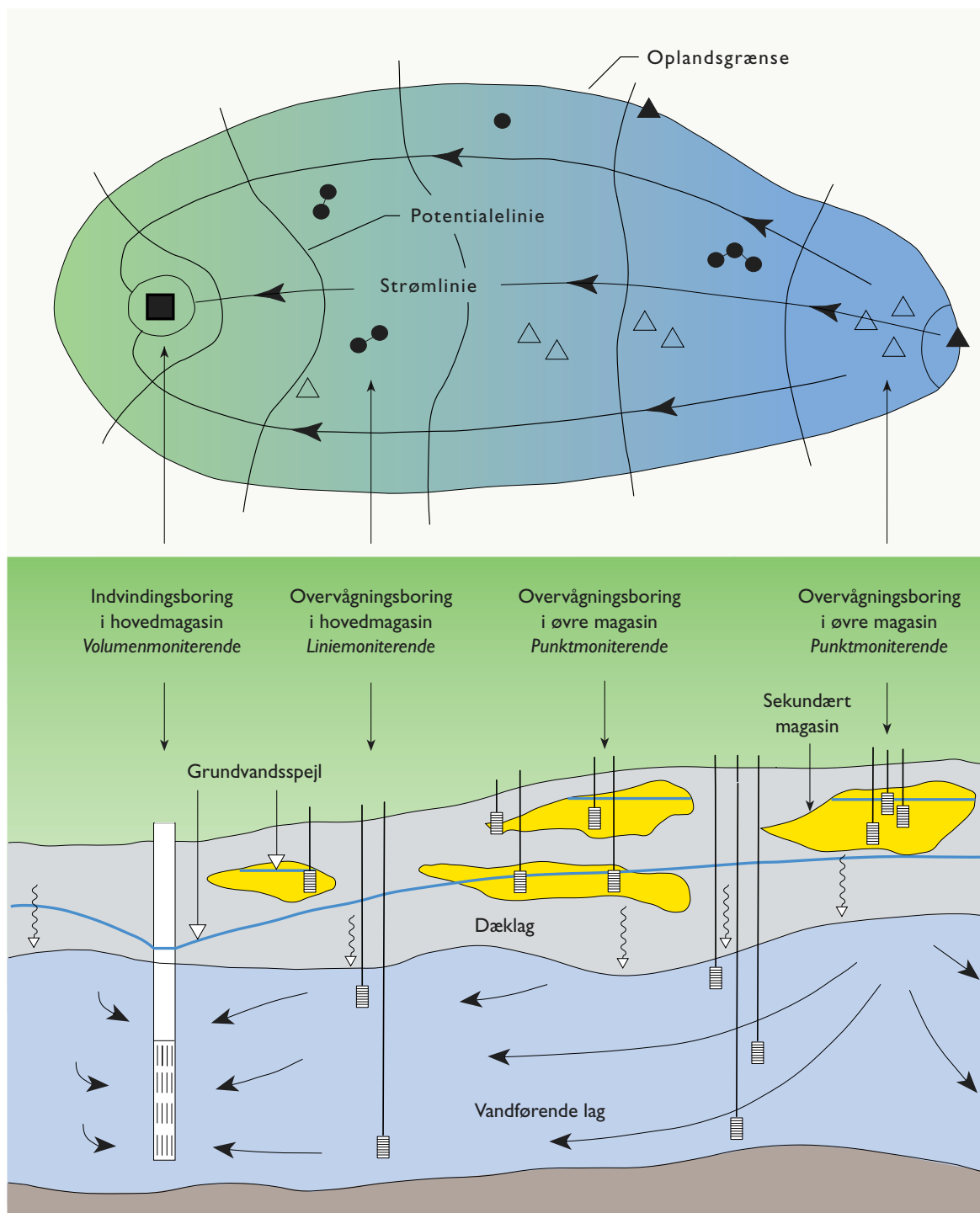
Årets rapport bygger, som de foregående, på de data amterne har indberettet til GEUS's database Jupiter samt på de årlige rapporter fra amterne. Dog er data der måtte være nævnt i amternes rapporter, men som ikke er indberettet til databasen ved GEUS, normalt ikke medtaget i tabeller og grafer i GEUS's rapport.



Figur 1.1 Grundvandsovervågningen i Danmark omfatter 67 grundvandsovervågningsområder (GRUMO) og 5 Landovervågningsoplande (LOOP).

I områderne Sibirien, Grindsted, Kasted og Albæk er der yderligere etableret en redoxboring til overvågning af de kemiske forhold omkring redoxzonerne. Endelig gennemføres der en meget begrænset overvågning i de tre områder Munke Bjergby, Herning og Abild.

Landovervågningsoplandene består af tre ler-oplande (Horndrup Bæk, Lillebæk og Højvads Rende) og to sand-oplande (Odderbæk og Bolbro Bæk).



Figur 1.2 Principskitse for et Grundvandsovervågningsområde (efter Andersen 1987).

Vandrammedirektivet og revision af NOVA 2003

I 2002 arbejdes der med at revidere det eksisterende overvågningsprogram NOVA 2003 til NOVANA (Det Nationale Overvågningsprogram for Vandmiljø og Natur), der skal træde i kraft pr. 1. januar 2004. Som akronymet antyder, skal der i det nye program udover vandmiljøovervågning også etableres en overvågning af naturen (biodiversitet og terrestrisk natur).

For grundvandsovervågningens vedkommende vil det nye program fortrinsvis betyde en øget fokusering på det øvre grundvand og vandets kredsløb, herunder grundvandsdannelsen. Det betyder bl.a., at et antal af de eksisterende grundvandsovervågningsområder vil blive yderligere udbygget med nye borer, mens et mindre antal skal overgå til begrænset overvågning.

Vandrammedirektivets (EU 2000) bestemmelser på grundvandsområdet vil blive suppleret med et særligt Grundvandsdirektiv, der forventes fremlagt primo 2003. Først herefter kan NOVANA-programmets grundvandsdel endeligt sammenholdes med de samlede overvågningsforpligtigelser i forhold til de nævnte direktiver.

For nuværende er grundvandsdelen i NOVANA ikke i stand til at opfylde kravene vedrørende den kvantitative del af den vandressourceovervågning, Vandramme- og Grundvandsdirektiverne stiller eller forventes at stille krav om. Den mængdemæssige opgørelse er nødvendig for at sikre en velafbalanceret udnyttelse af grundvand uden ødelæggende effekter på hverken grundvand, drikkevand, overfladevand eller vandafhængige økosystemer. Hertil kommer, at der i forbindelse med Grundvandsdirektivet indgår drøftelser om fastsættelser af kvalitetskrav til grundvandet. Fra dansk side søges dette undgået ud fra en betragtning om, at sådanne værdier vil virke som såkaldte "fill-up" værdier, hvor man kan forurene op til et vist niveau.

Vedrørende samspillet mellem grundvand og overfladevand har GEUS og DMU opgjort videnbehovet (Refsgaard m.fl. 2002) til Miljøstyrelsen, der har igangsat de første aktiviteter for at skaffe nødvendig ny viden. For at sikre en omkostningseffektiv overvågning af vandressourcerne skal der fortsat sikres en tæt koordination mellem det statslige niveau og vandområdedistrikterne/amterne. Se endvidere afsnittet om NOVA temarapporten om Ferskvandets kredsløb (GEUS 2002a) på side 86.

Kvalitetssikring af grundvandsovervågningsboringeres egnethed til analyse

Efter ønske fra styringsgruppen for grundvandsovervågning blev der i 2001 gennemført en kritisk vurdering af alle aktive indtag i grundvandsovervågningsprogrammet med hensyn til deres egnethed til analyse og med fokus på eventuelle utætheder. Vurdering blev gennemført af en arbejdsgruppe, hvori 5 amter samt GEUS var repræsenteret (GEUS 2002b).

Rent praktisk blev vurderingen gennemført ved hjælp af et spørgeskema opstillet på baggrund af erfaringer fra de seneste 13 års overvågning. Udfyldelsen af skemaet sikrede en kritisk gennemgang af de enkelte overvågningsboringer på indtagniveau.

Arbejdsgruppens konklusioner var, at langt størstedelen af de aktive indtag i overvågningsprogrammet fungerer tilfredsstillende. Et antal indtag var dog karakteriserede ved en række forhold, der kræver en nærmere undersøgelse med henblik på at vurdere, hvorvidt forholdene skyldes naturlige tilstande eller eventuelt utætheder. Styringsgruppen har konkluderet, at disse indtag skal vurderes og resultaterne heraf beskrives med rapporteringen pr. 1. juni 2003. Samtidig skal utætte borer erstattes eller repareres inden udgangen af indeværende programperiode, dvs. inden udgangen af 2003.

Arbejdsgruppens rapport kan ses og downloades på www.grundvandsovervaagning.dk.

Forskellige definitioner m.v.

Detektionsgrænse

I Grundvandsovervågning 2000 (GEUS 2000) blev der redegjort for detektionsgrænser. Det fremgik her, at den egentlige betydning af ordet "detektionsgrænse" er, at et stof kan detekte-

res (påvises), uden at der nødvendigvis kan gøres rede for, i hvilken mængde stoffet forekommer. Der blev også gjort rede for at det rigtige ord for den grænse, hvorover der med rimelig sikkerhed kan sættes værdier på indholdet af et stof er ”kvantificeringsgrænse”. Kvantificeringsgrænsen ligger betydelig over detektionsgrænsen.

Den detektionsgrænse, der oplyses fra laboratorierne, er behæftet med en vis usikkerhed, der varierer fra stof til stof og som afhænger af beregningsmetoden. Et enkelt fund (detektion) af et stof kan således være behæftet med en betydelig usikkerhed, især hvis den målte koncentration er tæt på detektionsgrænsen. Sikkerheden for et stofs forekomst i koncentration nær detektionsgrænsen er betinget dels af fund ved gentagen analyse fra den samme lokalitet og dels ved tilsvarende fund på andre lokaliteter.

Fund og fund over grænseværdien for drikkevand

I nærværende rapport betyder et ”fund” at analyseresultatet er større end eller lig med (\geq) detektionsgrænsen for det pågældende stof i den pågældende analyse.

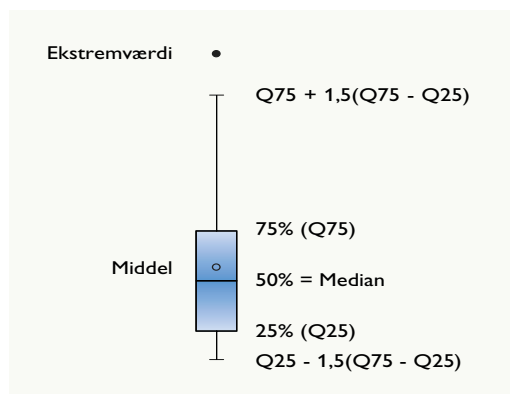
Tilsvarende opereres med ”fund over grænseværdien for drikkevand” eller ”fund over højst tilladelige værdi for stoffet i drikkevand” (Miljø- og Energiministeriet 2001).

Boringsindretning

I forbindelse med indberetning til Jupiter-databasen ved GEUS har der været behov for præcisering af terminologien omkring boringsindretning. For denne henvises til GEUS 2001.

Box-diagrammer

Box-diagrammer er en god måde at præsentere statistisk bearbejdede data. Box-diagrammer fortæller noget om en række grundlæggende statistiske parametre for et datasæt. Det er her 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 utro værdier) er udeladt. Nedenfor i figur 1.3 er præsenteret en legende til alle de anvendte box-diagrammer i denne rapport.



Figur 1.3 Legende til box-diagrammer anvendt i denne rapport. Q står for kvartil således at Q25 udgør grænsen mellem 25% og 75% af datamængden.

Redoxzoner

I grundvandsovervågningen opereres der i denne rapport generelt med tre redoxzoner:

- Oxisk zone også kaldet Ilt-zonen
- Anoxisk zone også kaldet Nitrat-zonen
- Reducerende zone også kaldet Jern-, sulfat og metan-zonen

De forskellige zoner er i rapporten defineret således:

- Oxisk zone > 1 mg/l ilt
- Anoxisk zone ≤ 1 mg/l ilt og > 1 mg/l nitrat
- Reducerende zone ≤ 1 mg/l ilt og ≤ 1 mg/l nitrat

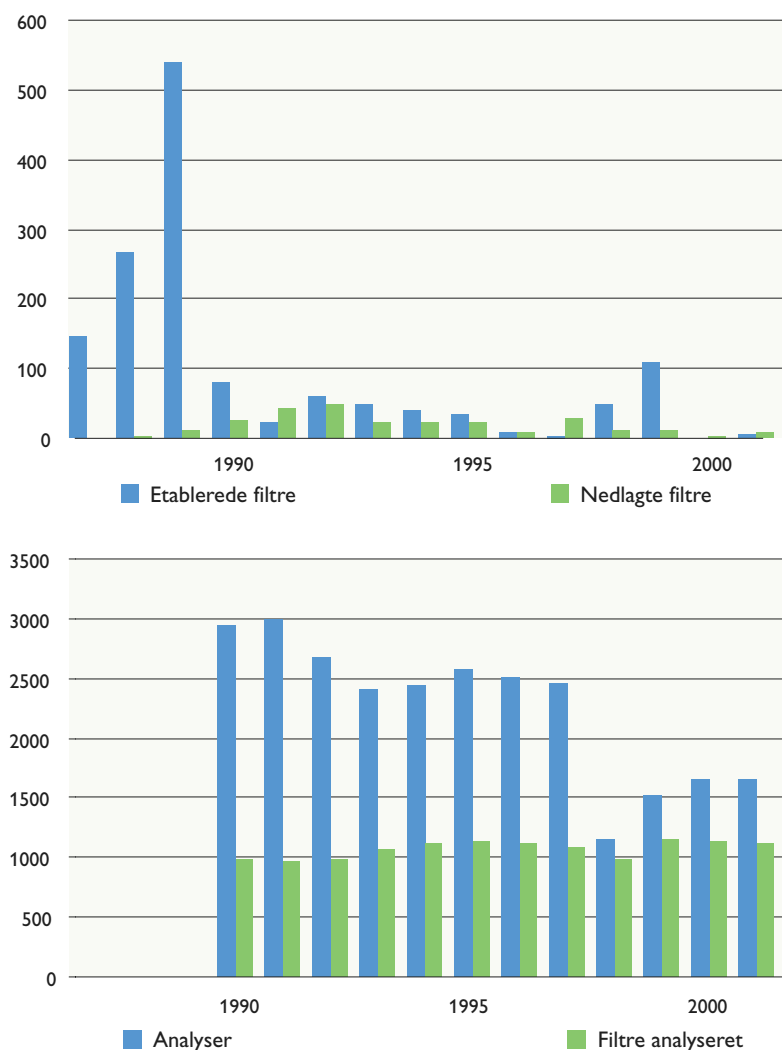
Grundvandets hovedbestanddele

Nitrat

Udviklingen i grundvandets indhold af nitrat

I denne rapport er nitratdata fra **alle aktive** indtag blevet benyttet til bedømmelse af udviklingen i grundvandets nitratindhold for hele perioden 1990-2001. Denne praksis betyder, at der vil indgå et varierende antal indtag i de årlige beregninger. Hvis kun indtag der var analyseret kontinuerligt fra 1990 og frem blev anvendt, ville det betyde væsentlige færre data og dermed tab af informationer, samt at nye GRUMO-boringer ikke vil blive inddraget i databehandlingen.

Der er i overvågningsperioden frem til 2002 blevet etableret 1602 indtag og i alt nedlagt 274 indtag i GRUMO. De fleste indtag er blevet etableret i perioden 1987-1989 (figur 2.1), mens de fleste nedlæggelser af indtag er sket i begyndelsen af 1990'erne. I 1998-99 er der igen en stigning i antallet af nye indtag i forbindelse med etableringen af redoxboringerne.

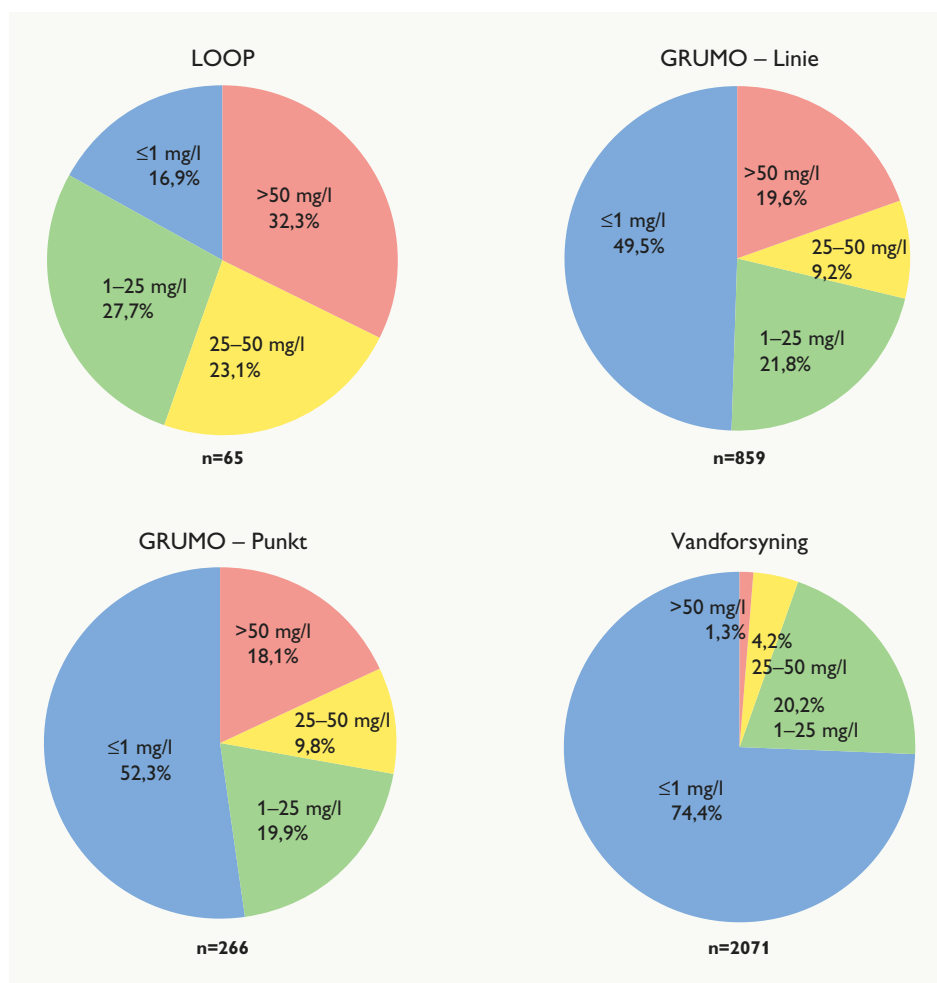


Figur 2.1 Antallet af etablerede og nedlagte indtag i GRUMO fordelt efter år samt antallet af nitratanalyser og antallet af aktive indtag frem til 2002.

Antallet af nitratanalyser har frem til 1998 ligget nogenlunde konstant omkring 2500 om året. Efter revisionen af overvågningsprogrammet i 1997 er der sket et fald i 1998 efterfulgt af en stigning ved ibrugtagning af redoxboringerne.

Med hensyn til LOOP boringerne er der sket et kraftigt fald i antallet af prøvetagede indtag i perioden 1988-2001. I begyndelsen af 1990'erne lå antallet af aktive indtag på ca. 270, mens de i 2001 er nede på 65. Et tilsvarende fald i antallet af nitratanalyser ses ligeledes. En stor del af faldet skyldes den ovennævnte revision, herunder nedlæggelse af et LOOP-område, mens en række indtag ikke er prøvetaget i 2001 pga. renovering af boringer.

Denne udvikling i antallet af prøvetagede indtag og nitratanalyser, både i GRUMO og LOOP, betyder generelt et tyndere datagrundlag til bedømmelse af udviklingen af nitratudviklingen i det danske grundvand.



Figur 2.2 Indtag fordelt efter nitratindholdet i mg/l for de fire grupperinger – LOOP, GRUMO linie, GRUMO punkt samt boringskontrol (vandværksboringer). Medianværdier for nitratdata kun for 2001.

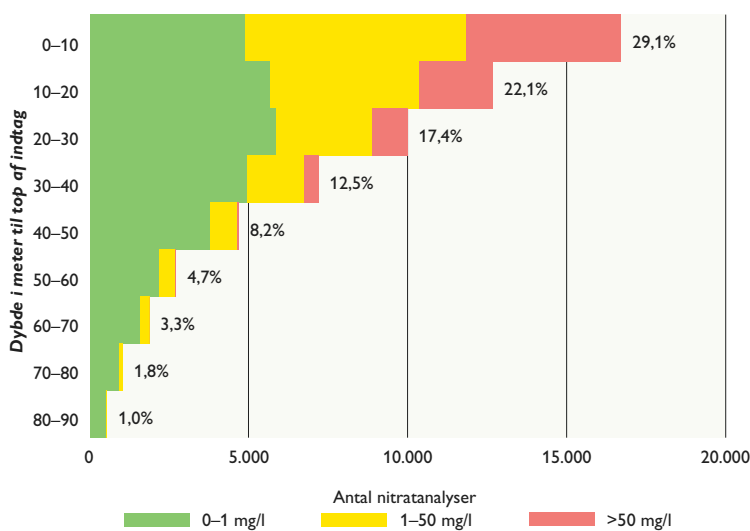
De indtag som indgår i overvågningen af det danske grundvand kan grupperes i henholdsvis LOOP-indtag som ligger 1½ - 5 meter under terræn og derfor overvåger det nydannede grundvand; GRUMO-indtag klassificeret som punktmoniterende der typisk overvåger vand i øvre sekundære magasiner med en nedadgående gradient, mens GRUMO-indtag klassificeret som liniemoniterende overvåger grundvand med en hovedsagelig horisontal bevægelseskomponent

(typisk områdets hovedmagasin). Endelig er der boringskontrol-indtagene (vandværksboringerne), som overvåger det grundvand, der anvendes til drikkevandsproduktion. En oversigt over fordelingen af nitratindholdet for disse grupperinger i 2001 er vist i figur 2.2.

Som det fremgår af figur 2.2 er det LOOP-områderne med det yngste grundvand, der har det største andel af indtag med nitrat over 25 mg/l (den tidligere vejledende max. værdi for drikkevand jf. Miljøministeriet 1988) – ca. 55%. For linie- og punktmoniterende indtag i GRUMO er det ca. 28%, mens det for vandforsyningsboringerne er nede på 5,5%. Denne fordeling har stort set været uændret siden overvågningsprogrammets start.

I 2001 er der i LOOP udført analyse for nitrat i 65 indtag, mens nitratanalyserne for GRUMO fordeler sig på 721 liniemoniterende og 242 punktmoniterende indtag (i alt 963 GRUMO-indtag). Endelig indgår der i rapporten nitratanalyser fra i alt 2071 aktive vandforsyningsboringer analyseret i 2001. Den højst tilladelige værdi for nitrat i drikkevand er 50 mg/l nitrat (Miljø- og Energiministeriet 2001).

Geokemisk kan grundvandet opdeles i 4 redoxzoner, hvor den øverste - ilt-zonen - har et højt iltindhold svarende til iltindholdet i regnvand. Desuden kan nitratindholdet være højt på grund af udvaskning fra rodzonen. Som oxidationsmiddel forbruges ilt før nitrat, og iltindholdet falder ned mod den næste zone – nitrat-zonen, hvor iltindholdet er meget lavt, og hvor det er nitrat, der bliver omsat (anoxiske forhold). Under denne zone findes så jern- og sulfat-zonen med jern og sulfat, men uden nitrat og ilt. Endelig findes der nederst den stærkt reducerede sulfidholdige/sulfatreducerende zone – metan-zonen.



Figur 2.3 Indtag fordelt efter nitratindholdet i mg/l og indtagsdybde under terræn for LOOP, GRUMO og boringskontrol (vandværksboringer). Alle data i basen er medtaget. Det skal bemærkes, at der kun er medtaget data fra aktive boringer fra vandværkernes boringskontrol, og da vandværkerne typisk lukker boringer med forhøjet nitratindhold, kan disse data skævvride billedet af nitratindholdet i det danske grundvand betraget som et hele.

Der er i perioden 1990-2001 udført i alt 27.013 nitratanalyser på vand fra 1504 indtag i GRUMO-boringer. Desuden findes der nu nitratdata fra 4 redoxboringer, hvor de i alt 1.034 analyser fordeler sig på 75 indtag. Der er 369 LOOP-indtag med i alt 10.449 nitratanalyser, og i boringskontrollen er der nu 6.187 boringer med i alt 18.237 nitratanalyser. Fordeling af disse mange nitratanalyser opdelt i tre grupper – ≤ 1 , 1-50 og >50 mg/l er i figur 2.3 plottet mod toppen af indtaget (m.u.t.). Den største del af analyserne med nitrat kommer fra indtag, der ligger

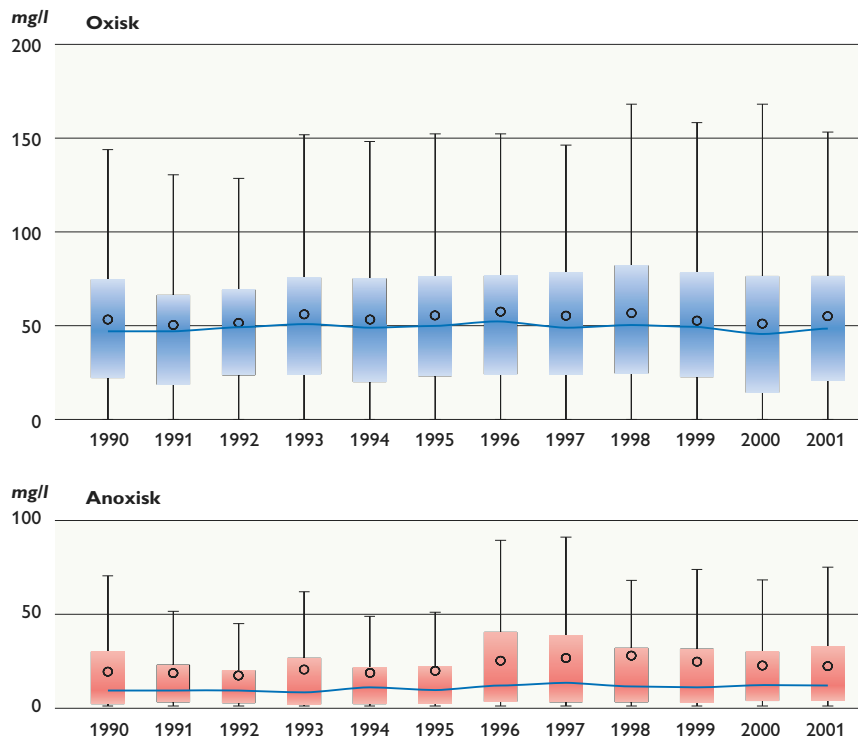
ned til ca. 40 meter under terræn, og de højeste nitratindehold findes ikke uventet i de øverste 10 meter af jordsøjlen.

Nitratudvikling i grundvandsovervågningsområderne

Til vurdering af den tidsmæssige udvikling af nitratindeholdet i det øverste ofte nitratbelastede grundvand er der i dette års rapport anvendt data fra grundvand med oxiske og anoxiske forhold, dvs. iltholdigt grundvand og iltfattigt men nitratholdigt grundvand. Nitrat er omregnet til årlige medianværdier for indtag med mere end én analyse pr. år. Kun aktive indtag er anvendt.

Der er maksimalt anvendt 269 indtag i det oxiske grundvand og 157 i det anoxiske grundvand. Udviklingen fra 1990 til 2001 indenfor disse 2 redoxkategorier er vist i figur 2.4. Grundvands nitratindehold i de to redoxzoner varierer meget for de enkelte år, mens variationen i medianværdien (50% over og 50% under) for perioden 1990 – 2001 kun viser meget små udsving både for det anoxiske grundvand og for det oxiske grundvand. Det anoxiske vand – nitratzonen - har et lavere nitratindehold end den oxiske zone på grund af omsætning af nitrat bl.a. ved oxidation af pyrit.

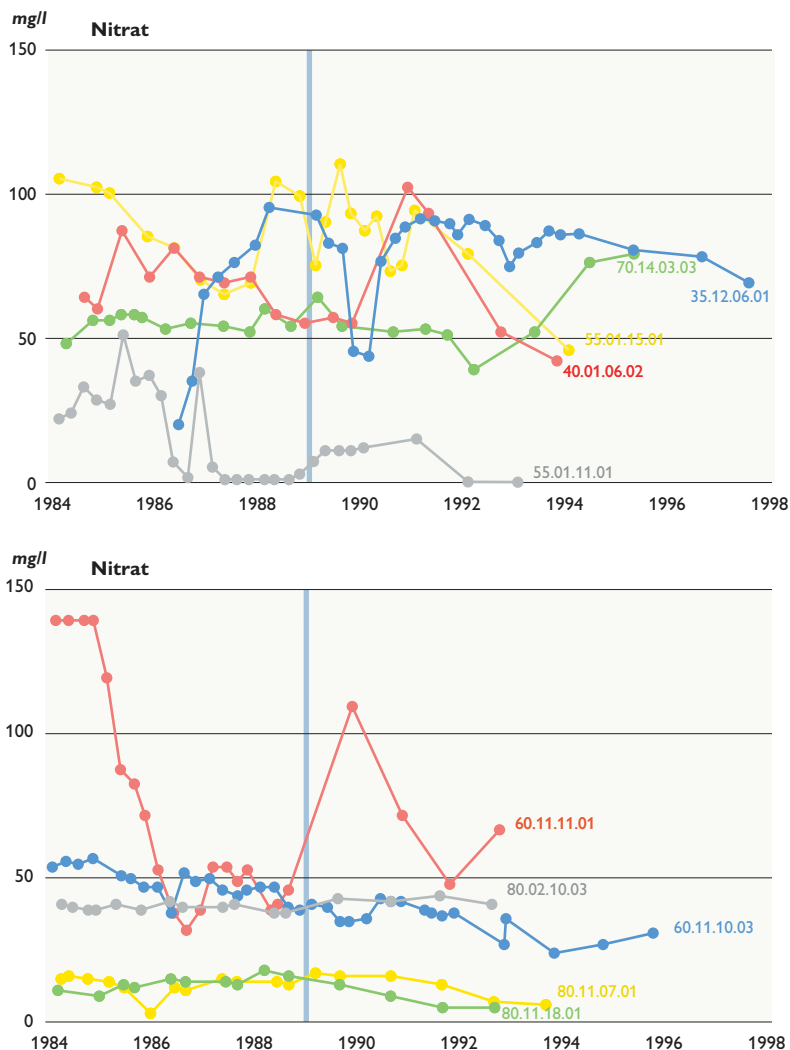
Langt den største del af grundvandet i GRUMO-indtagene er dateret til at være dannet før 1990. Derfor kan en effekt af de tiltag, der blev gennemført som en del af Vandmiljøplanen, naturligvis ikke forventes at kunne erkendes i grundvands indhold af nitrat endnu. Den generelle udvikling viser kun svage udsving, idet der dog er en ret stor spredning i indtagenes nitratindehold. Undersøges variationen i nitratindeholdet i de enkelte indtag, ses der store variationer uanset om disse viser et faldende, stigende eller har et meget fluktuerende nitratindehold. Disse forhold kan skyldes vandspejlsændringer, ændringer i nedbøren eller landbrugspraksis og dermed i udvaskningen af nitrat fra rodzonen.



Figur 2.4 Nitratudviklingen i mg/l i perioden 1990-2001 baseret på data fra alle aktive indtag. Redoxzonerne er: Oxisk (med ilt) med max. 269 indtag og Anoxisk (med nitrat men uden ilt) med max. 157 indtag.

Nitrat i ungt grundvand

I et stort antal indtag (553) blev i 1998 og delvist i 1997 udtaget vandprøver med henblik på CFC-datering af grundvandet (GEUS 1999). Dateringerne viste, at kun ca. 40 indtag indeholdt vand, som i 1997-1998 var yngre eller samtidig med Vandmiljøplanens igangsættelse i 1988. For at kunne se en eventuel effekt af planen er nitratdata fra 10 indtag med det yngste grundvand og med kontinuerlige nitratanalyser vist i figur 2.5. Data er blevet tidskorrigeret efter CFC-dateringerne, hvor der må regnes med en usikkerhed på et par år. De tekniske data er vist i tabel 2.1.



Figur 2.5 Nitratudviklingen i ungt grundvand. 10 indtag med grundvand dannet efter Vandmiljøplanens igangsættelse (markeret med blå linie) og med kontinuerlig prøvetagning.

GRUMO-indtag 35.12.06.01 viser et tydeligt fald fra ca. 1991, mens GRUMO-indtag 40.01.06.02 viser en fald frem til 1990 efterfulgt af en kraftig stigning og så igen et fald til under niveauet før 1990. Indtag 55. 01.11.01 viser et meget fluktuerende forløb. GRUMO-indtag 55.01.15.01 viser et markant fald fra ca. 1989. Dette indtag har dog også tidligere vist et fald for perioden 1984-1988 efterfulgt af en stigning. Indtag 70.14.03.03 viser et svagt fald frem til 1990, hvorpå der sker en stigning. GRUMO-indtag 60.11.10.03 har vist et fald fra ca. 1985 og frem til 1993, men derpå en stigning gennem de sidste prøvetagninger. Indtag 60.11.11.01 varierer meget kraftigt. GRUMO-indtag 80.02.10.03 viser ingen variation, mens

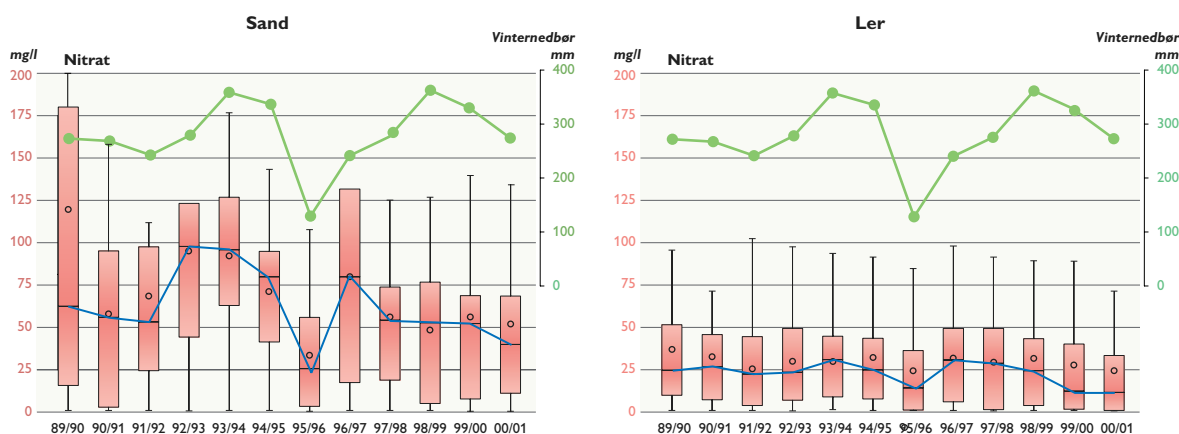
80.11.07.01 og 80.11.18.01 viser en svagt faldende tendens siden 1988/89. Flere GRUMO-indtag vil blive benyttet, når dataserierne bliver længere.

GRUMO nr.	DGU nr.	Top af indtag m.u.t.	Bund af indtag m.u.t.	Lertykkelse meter	Tykkelse af umættet zone meter	CFC- alder, år før 1998
35.12.06.01	238. 626	13,6	14,6	4,2	6,5	4
40.01.06.02	247. 550	15	17	3	3	8
55.01.11.01	114. 1440	8,5	9	0	2,5	8
55.01.15.01	114. 1444	6	6,5	0	6	7
60.11.10.03	105. 1395	12,66	13,36	6	6,2	6
60.11.11.01	105. 1380	6,6	7,3	1,6	4	9
70.14.03.03	71. 484	20	22	4,7	12	6
80.02.10.03	34. 1915	19	21	0	9,7	9
80.11.07.01	34. 1706	21	33	0	10	8
80.11.18.01	34. 1746	10	18	0	10	9

Tabel 2.1 Boretekniske data for de 10 indtag plottet i figur 2.5.

Det er således endnu ikke muligt at se en klar udviklingstendens i grundvandets nitratindhold for de GRUMO-indtag, der overvåger det yngste grundvand.

Grundvandet i landovervågningsoplandene (LOOP) er det yngste vand som overvåges. Nitratindholdet i dette grundvand, fordelt på sand- og lerområder, er vist som et box-diagram i figur 2.6 sammen med vinternedbøren. Da det er den relative variation, som er interessant og ikke mængden af nedbør, er det valgt at benytte et gennemsnit af DMI's 40x40 km nedbørsdata for de grid, hvori LOOP-områderne ligger. Der er kun medtaget nitratdata fra grundvandsprøver indsamlet i kvartal 4 og 1, og kun de indtag fra hvilke der foreligger data for 2001. For sandområderne er data fra 24 indtag benyttet og for lerområderne fra op til 55 indtag.



Figur 2.6 Nitrat i landovervågningsoplandene, LOOP, fordelt på sand- og lerområder, sammenlignet med vinternedbøren (øverste kurve). Kun nitratdata fra kvartalerne 4 og 1 er medtaget.

Af box-diagrammet i figur 2.6 fremgår det, at der er en stor spredning i nitratdata for vinterperioderne, hvor der i sandområderne er et noget højere nitratindhold i grundvandet end i lerområderne, hvor der er en større reduktionskapacitet. Sammenlignes medianværdien for nitrat

med kurven for vinternedbøren ses en tydelig sammenhæng, således at den første forøgede vinternedbør giver et højt nitratindhold i det nydannede grundvand, som de næste år med høj nedbør resulterer i et fald i nitratindholdet, der evt. kan skyldes en fortyndingseffekt. Hvert år efter høst og evt. nedvisning af markerne er der ved mineralisering af plantedelene ophobet et stort kvælstofoverskud i jorden i den såkaldte nitratpulje. Kommer der herefter et efterår og en vinter med stor nedbør, giver det et højt nitratindhold i det nydannede grundvand. Det reducerer kvælstofindholdet i nitratpuljen, og har det næste efterår/vinter også stor nedbør, vil nitratindholdet i det nydannede grundvand være betydeligt mindre, fordi bidraget fra tidligere års nitratpulje nu er formindsket ved udvaskning og/eller denitrifikation. Det vurderes således, at grundvandet i LOOP-områderne har et nitratindhold, som i høj grad er præget af vinternedbøren, der overskygger andre udviklingstendenser.

Nitrat i vandværksboringer

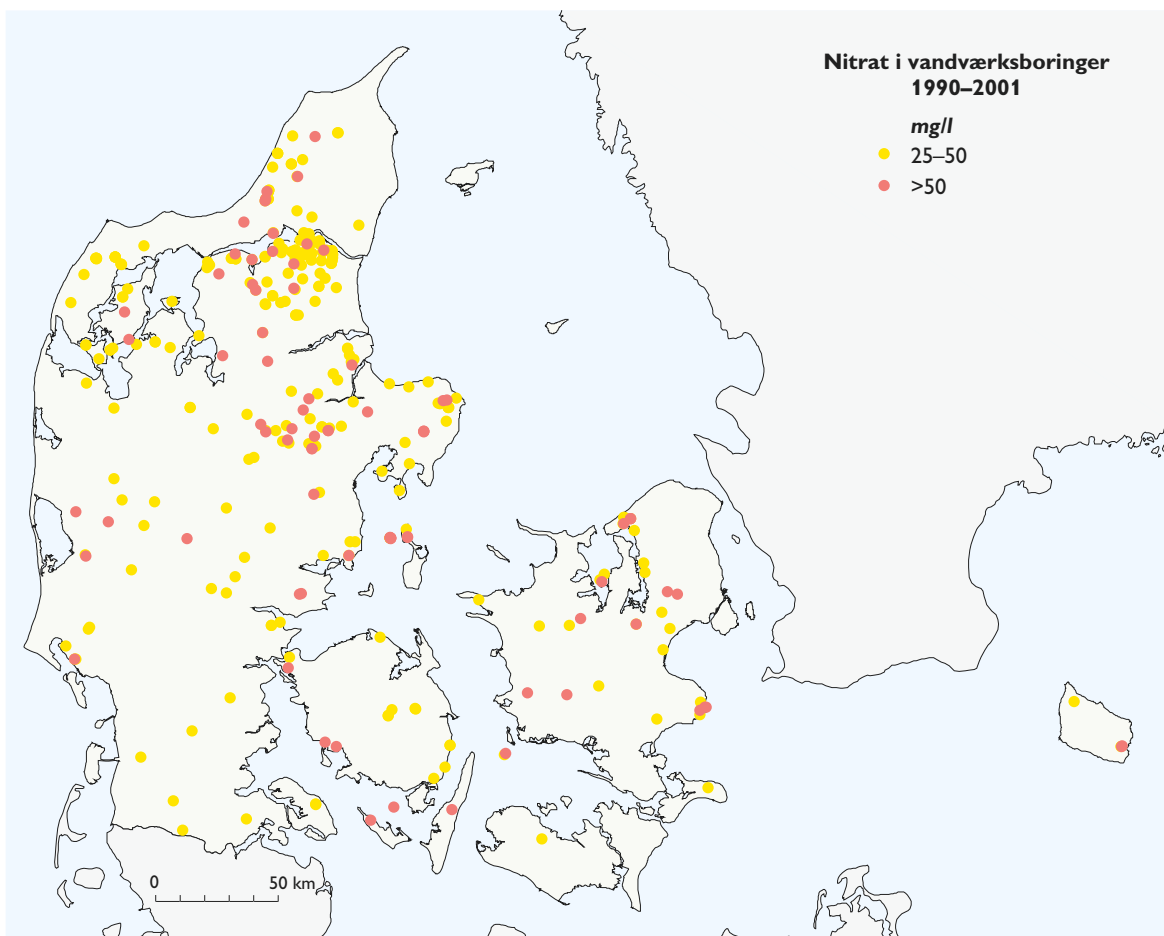
Der er frem til og med 2001 indberettet i alt 6.187 vandværksboringer/pejleboringer med i alt 18.237 nitratanalyser til GEUS's database. Hovedparten af boringerne, ca. 75%, er nitratfrie – dvs. med et nitratindhold under 1 mg/l nitrat (figur 2.2).

Den procentvise andel af nitratbelastede boringer (>25 mg/l nitrat) har ikke ændret sig væsentligt gennem 90-erne, mens andelen af nitratfrie boringer er svagt stigende. Nitratindholdet i det grundvand, som benyttes til drikkevandsproduktionen, har således ikke ændret sig væsentligt gennem de sidste 12 år. Det skyldes sandsynligvis, at boringer med over 50 mg/l nitrat bliver nedlagt, og nye boringer uden eller med lavt nitratindhold bliver taget i anvendelse.

De høje indhold over 25 mg/l nitrat optræder mest i det såkaldte 'Nitrat-bælte', der strækker sig fra det nordvestlige Århus Amt til ind i Viborg Amt (figur 2.7). Grundvand, der indvindes til drikkevand i dårligt beskyttede områder som på Mors, ved Ålborg, på Djursland og omkring Roskilde Fjord, har også et højt nitratindhold.

På grund af kombinationen af stor nitratbelastning og geologi (ringe reduktionskapacitet) er det som de tidligere år stadig Nordjylland, Viborg, Århus og Ribe amter, der har den største andel af indtag med over 25 mg/l nitrat. I Ringkøbing, Vejle, Sønderjylland og Bornholm amter ligger andelen af indtag med over 25 mg/l nitrat på mellem 5 og 10%. Det er således stadigvæk i Jylland - med de mest sandede områder - at andelen af boringer med relativt meget nitrat i det oppumpede grundvandet er størst. En del af de boringer, der ydede grundvand med over 50 mg/l nitrat, kan de seneste år være erstattet af nye boringer med lavt nitratindhold.

Der er nu indberettet data gennem de sidste 12 år for de boringer, der benyttes til drikkevandsproduktion, og der begynder at være nitratdata for flere år for den samme boring. For at undersøge udviklingen i nitratindholdet er analyserne delt op i 3-års perioder med start i 1990 – 1990-92, 1993-95, 1996-98 og 1999-2001. Der er derefter beregnet en median for boringerne for perioderne. Der er kun medtaget data for boringer, der i mindst en af perioderne har haft et indhold af nitrat over 25 mg/l. Den sidste periode, der foreligger data for, er så sammenlignet med den forrige periode. Hvis ændringen i nitratindholdet er større end 10 mg/l, er ændringen betegnet som stigende eller faldende, og hvis den er mindre eller lig 10 mg/l nitrat, er betegnelsen ingen ændring benyttet. I alt er der medtaget 432 boringer. Antallet af boringer i de forskellige grupperinger fremgår af tabel 2.2, og den geografiske fordeling af boringer med fald eller stigning fremgår af figur 2.8. De fleste boringer med ændringer ligger i det såkaldte 'Nitrat-bælte'. På Sjælland forekommer der dog en del boringer, som har en stigning over 10 mg/l til et nitratindhold på over 50 mg/l.

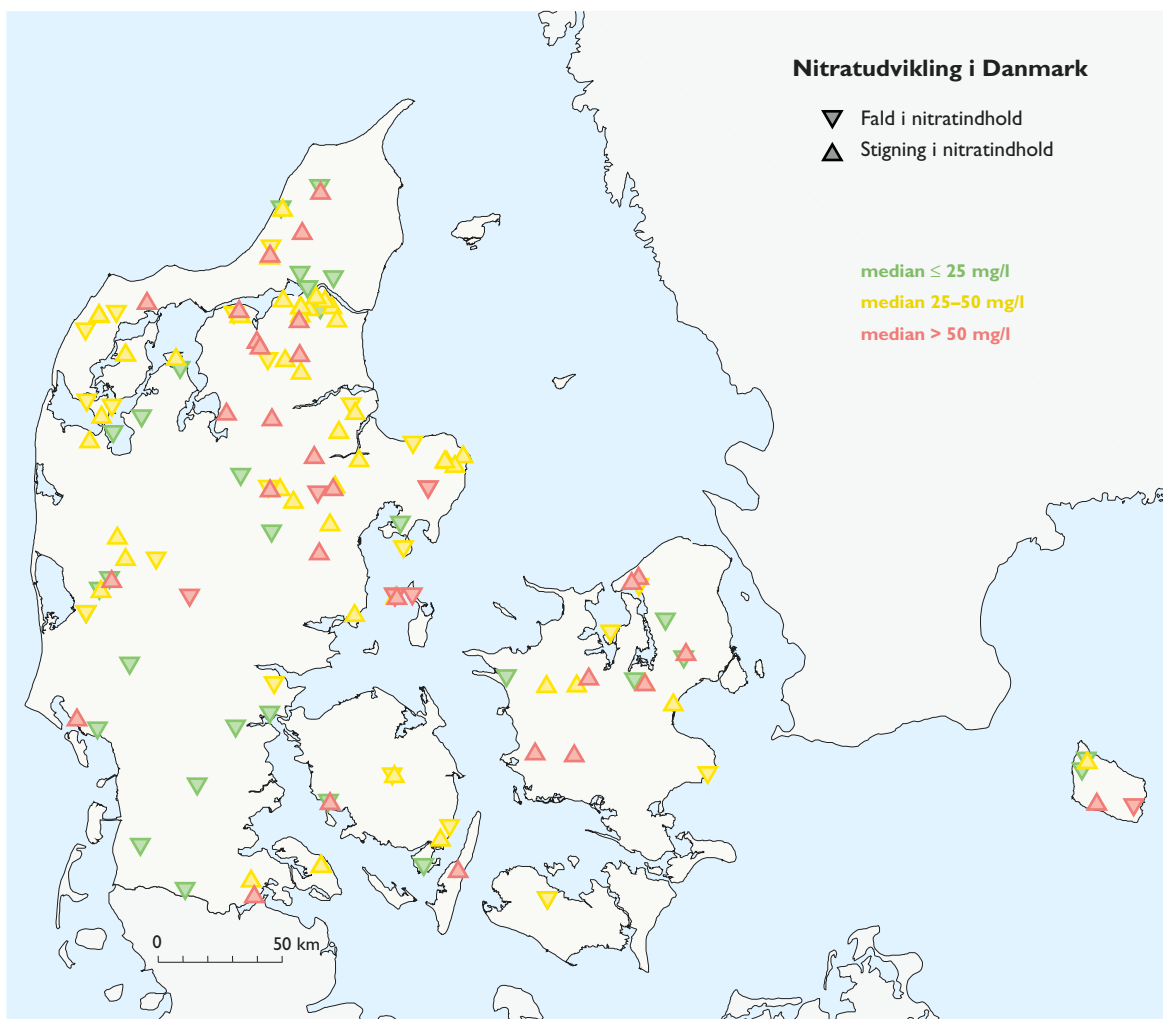


Figur 2.7 Nitratkoncentrationen i vandværksboringer baseret på samtlige analyser fra perioden 1990-2001. Kun boringer med mere end 25 mg/l nitrat er medtaget.

Ændring	Nitratgruppe	n	Bemærkninger
Ingen	≤ 25 mg/l	35	Ændring ≤ 10 mg/l. Har i en tidligere gruppe været >25 mg/l
	25-50 mg/l	159	Ændring ≤ 10 mg/l
	> 50 mg/l	31	Ændring ≤ 10 mg/l
Fald	≤ 25 mg/l	32	Fald > 10 mg/l
	25-50 mg/l	21	Fald > 10 mg/l
	> 50 mg/l	10	Fald > 10 mg/l
Stigning	25-50 mg/l	51	Stigning > 10 mg/l
	> 50 mg/l	29	Stigning > 10 mg/l
?	25-50 mg/l	47	Kun data for én periode
	> 50 mg/l	17	Kun data for én periode

Tabel 2.2 Variation i gennemsnitlige nitratindhold på boringsniveau for boringer med over 25 mg/l nitrat på basis af nitratdata fra vandværksboringer for alle indberettede data for perioden 1990-2001. n = antal.

De fleste vandværksboringer har et uændret nitratinhold, mens der er en svag overvægt af boringer med en stigning i forhold til boringer med et fald i nitratinholdet.



Figur 2.8 Variationer i nitratinholdet på 3-årsperioder for vandværksboringer. Nitratkoncentrationen i boringerne er baseret på samtlige analyser fra perioden 1990-2001. Kun boringer med mere end 25 mg/l nitrat i en 3-års periode er medtaget. Kun fald og stigninger er vist.

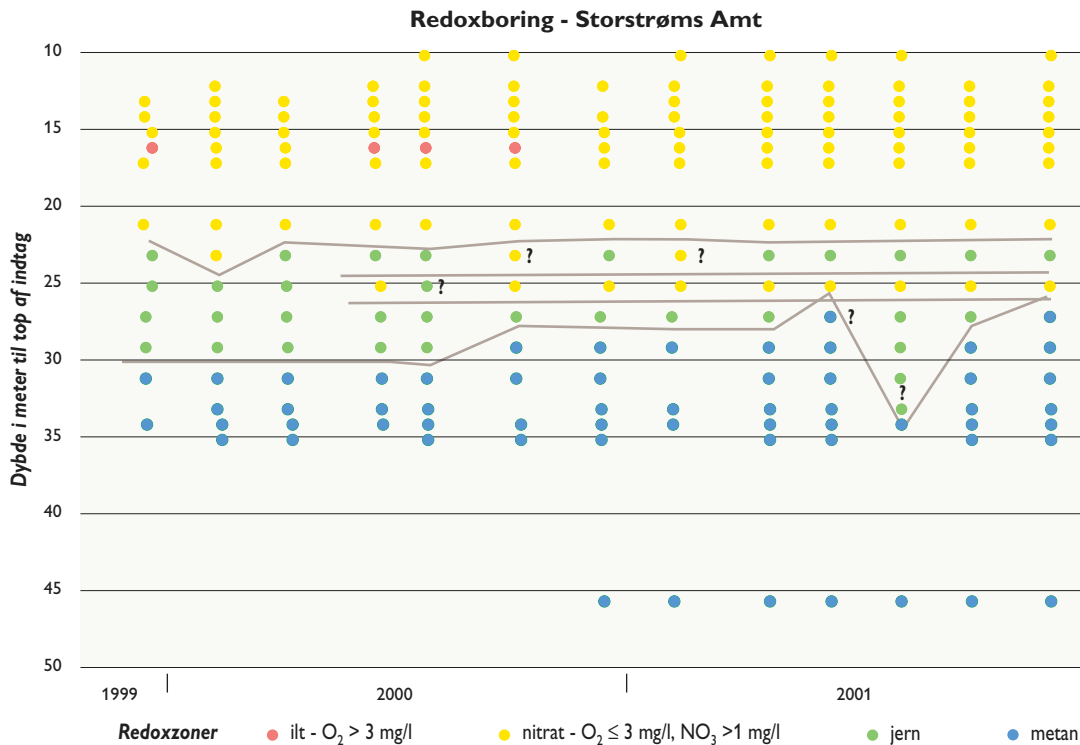
Redoxboringer

Der er etableret 4 redoxboringer i forbindelse med grundvandsovervågningen. Boringerne ligger fordelt ud over landet med én boring i hvert af amterne Storstrøm, Ribe, Århus og Nordjylland. Formålet med boringerne er at få mere detaljerede oplysninger om nitratfrontens bevægelser i forskellige områder af Danmark og i forskellige geologiske scenarier.

Redoxboring ved GRUMO Sibirien, Storstrøms Amt.

Redoxboringen er etableret i 1999 med i alt 18 indtag, og der er prøvetaget fra oktober 1999 til december 2001 – i alt 14 prøvetagninger. Indtagene ligger i en kvartær lagsøjle bestående af moræneler, smeltevandssand, -grus og -ler, og boringen slutter i skrivekridt. Der er dog ikke altid vand i det øverste indtag 7,7-7,8 m.u.t.

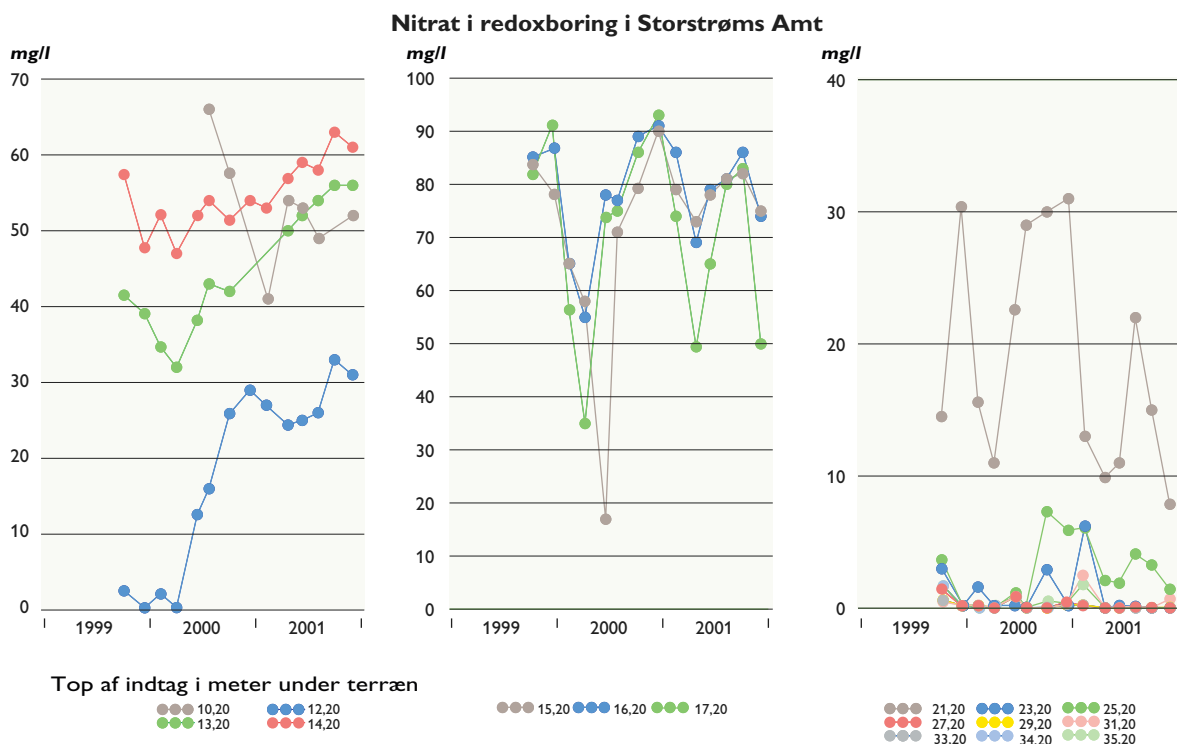
Redoxboringen gennemskærer en lagserie, der øverst består af 0,6 m muld efterfulgt af 3,1 m oxideret moræneler. Derunder følger en smeltevandsserie domineret af finkornet sand med 2 lag af grus, som er ca. 2 meter tykke. Serien er ca. 12 meter tyk. Derunder oxideret moræneler og -sand underlejret af reduceret smeltevandsler. Under disse lerede indslag kommer igen en smeltevandsserie bestående af øverst finkornet sand, som nedad gå over i sand og grus og slutter i grus. Serien er 15,5 meter tyk. Derpå følger 9 meter moræneler ovenpå skrivekridt. Ifølge prøvebeskrivelsen var bjergarterne, på det tidspunkt boringen blev udført, oxiderede ned til 19 meter. Det øverste sandlag har frit vandspejl, med en umættet zone på ca. 6 meter.



Figur 2.9 Variationer i indtagenes redoxforhold for perioden 1999-2001. Redoxboring, Storstrøms Amt.

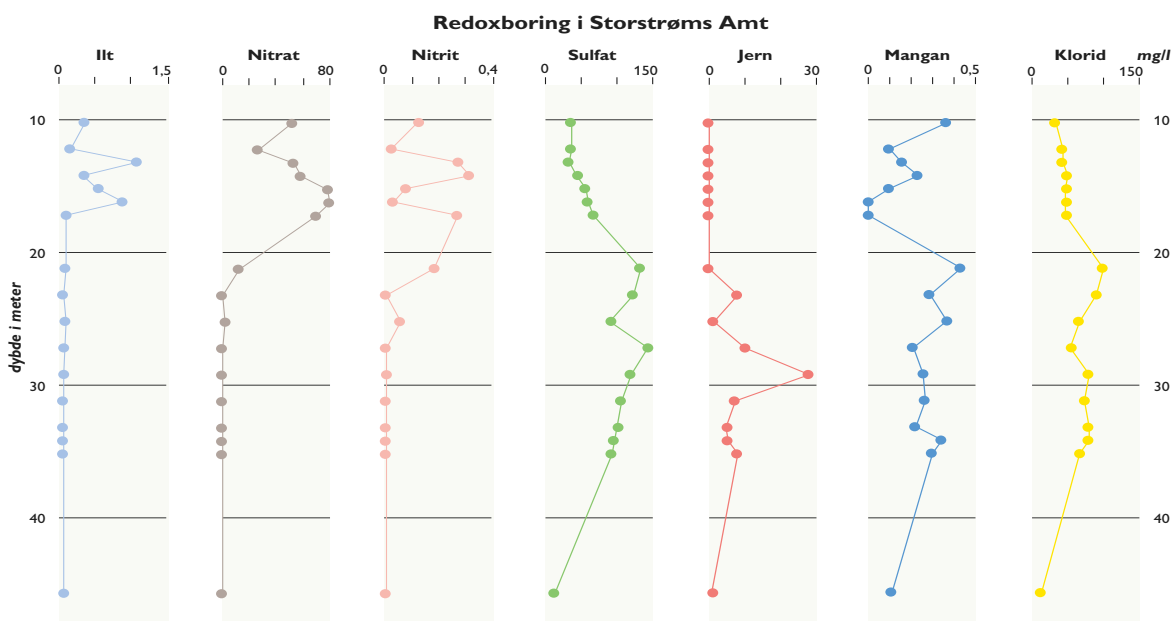
Til trods for frit vandspejl i det øverste sandlag, er der ikke udviklet/bevaret nogen markant iltzone i sandlaget. Først i moræneleret og det overliggende finkornede sand er der fundet iltindhold over 1-3 mg/l. Det øverste sandlag ligger derfor primært i nitrat-zonen. I det næste sandlag er nitrat-zonen udviklet i det øverste finkornede sandlag 21,2 m.u.t., mens det næste indtag ved 23,2 meter varierer mellem nitrat og jern- og sulfat-zonen. Det næste indtag ved 25,2 m.u.t. i fin og mellemkornet sand viser igen nitrat-zone efterfulgt af jern- og sulfat-zonen. Fra ca. 31,2 m.u.t. kommer metan-zonen (figur 2.9). Redoxzonernes placering varierer en del gennem tid, hvilket kan skyldes sandets varierende kornstørrelser og deraf følgende horisontal vandstrømning, eller usikkerhed på analyserne af især iltmålingerne. Grænsen mellem jern- og sulfat-zonen og metan-zonen varierer ligeledes en del, hvilket kan skyldes usikkerhed på metanalyserne.

Variationen i nitratindholdet gennem tid (figur 2.10) er for en del af indtagene meget stor, og afhængig af hvilken formation vandprøven er taget i. Nitratindholdet i det øverste sandlag viser en svag stigning, mens variationen i moræneleret og indtaget i sand lige over morænen viser en stor variation, som muligvis kan være årstidsbestemt. Indtaget lige under morænen viser tilsvarende udsving. Resten af indtagene i det nederste sandlag har et lavt indhold af nitrat.



Figur 2.10 Variationer i indtagens nitratindehold. Redoxboring, Storstrøms Amt.

For parametrene ilt, nitrat, nitrit, sulfat, jern, mangan og klorid er der beregnet medianværdier for perioden 2000-2001, som er plottet mod top af indtag i meter under terræn (figur 2.11). Dette generelle billede viser også en mangel på en tydelig ilt-zone, og under den mellemste morænebænk er iltet opbrugt. Nitraten forsvinder i indtaget 27,2 m.u.t., kommer igen ved 29,2, hvorefter det ikke findes i resten af indtagene herunder. Nitrit følger i vid udstrækning nitrat. Sulfatindholdet er højt i det nederste sandlag, hvor også jernindholdet begynder at stige.



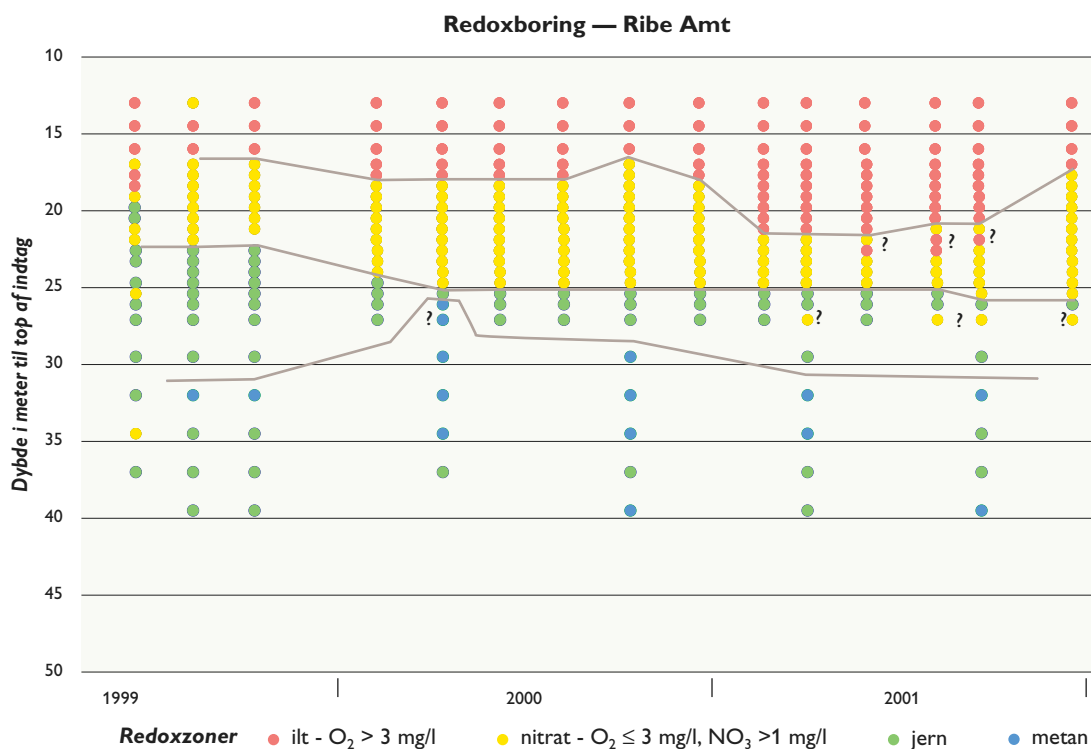
Figur 2.11 Variationer i indtagens indhold af ilt, nitrat, nitrit, sulfat, jern, mangan og klorid i forhold til dybden. Redoxboring, Storstrøms Amt. Medianværdier for perioden 2000-2001.

Placeringen af redoxzonerne er tydelig påvirket af den varierende kornstørrelse af den geologiske lagsøjle og dermed af den horisontale strømning mere end af den vertikale.

Redoxboring ved GRUMO Grindsted, Ribe Amt.

Boringen blev etableret i 1999 og er monteret med i alt 23 indtag fra 12,98 til 39,48 meter under terræn. Indtagene er placeret i smeltevandssand, som er underlejret af tertiære kvarts- og glimmersand med brunkul. Hovedparten af smeltevandssandet er mellemkornet, dog med enkelte indslag af en blanding af mellem- og grovkornet sand. Der er i alt gennemført 16 prøvetagningsrunder. Den umættede zone varierer fra ca. 1 m om vinteren til ca. 2,5 meter om sommeren.

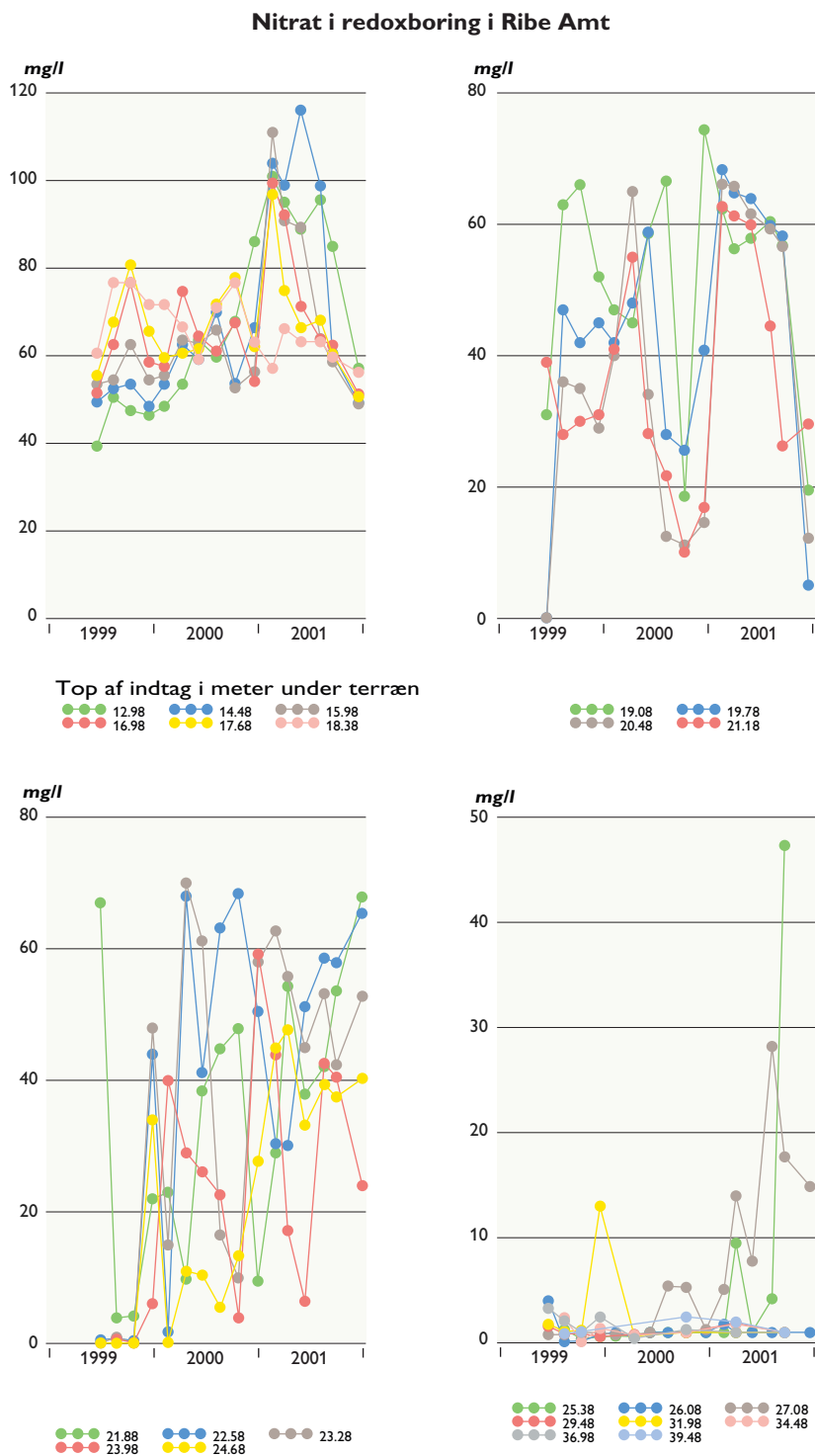
Beliggenheden af ilt-zonen varierer fra ca. 16 m.u.t. i slutningen af 1999, hvorpå den falder til ca. 17 m.u.t. i løbet af sommeren 2000. I slutningen af 2000 stiger beliggenheden af zonen igen til ca. 16 m.u.t., hvorpå der sker et stort fald til ca. 21,5 m.u.t. i sommeren 2001 efterfulgt af en stigning til ca. 17 m.u.t. Ilt-zonens placering varierer tilsyneladende med årstiden (figur 2.12). Nitrat-zonens beliggenhed falder gennem prøvetagningsperioden fra ca. 22 m.u.t. i 1999 til ca. 25 m.u.t. i 2000/01 og slutter i ca. 26 m.u.t. i slutningen af 2001. Gennem måleperioden har nitratfronten bevæget sig ned med ca. 3,5 meter (ca. 4 mm/dag), hvilket er hurtigt. Grænsen mellem jern- og sulfat-zonen synes diffus men ligger omkring 40 meter under terræn.



Figur 2.12 Variationer i indtagens redoxforhold for perioden 1999-2001. Redoxboring, Ribe Amt.

Nitratindholdet falder ned gennem ilt- og nitrat-zonen og fra omkring 100 mg/l i de øverste 5 indtag som det højeste. I disse indtag har nitratindholdet været stigende fra 1999 frem til begyndelsen af 2001, hvorefter der er sket et kraftigt fald på ca. 40-50 mg/l (figur 2.13). Disse indtag ligger i ilt-zonen. De næste 4-5 indtag ned til 21,5 meter ligger i en zone, hvor grænsen mellem ilt- og nitrat-zonen har svinget frem og tilbage. Nitratindholdet i disse indtag varierer lidt anderledes end i de øverste indtag. De viser relativt lave indhold i begyndelsen af året og relativt høje indhold i slutningen af året. Svingningerne er på op til 60 mg/l. Alle disse indtag

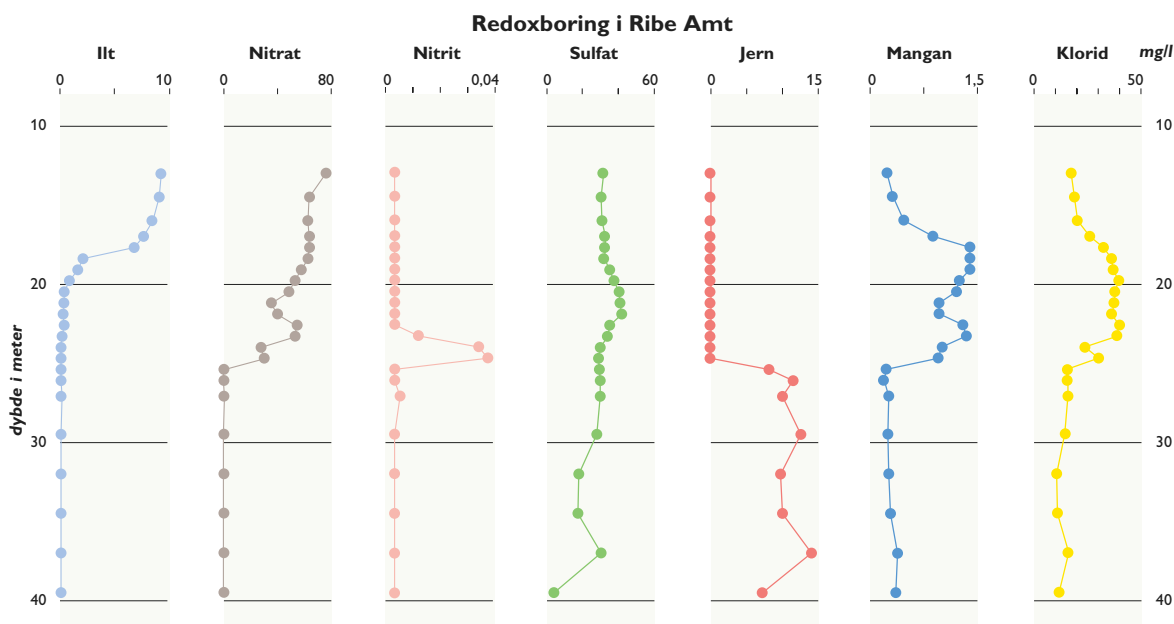
ligger i mellemkornet smeltevandssand. De næste 5 indtag ligger i en blanding af mellem- og grovkornet smeltevandssand, og de befinder sig i det interval, hvor nitrat-zonen har bevæget sig nedad. Nitratindholdet i disse indtag varierer ikke så sammenfaldende som i de øverste indtag. De nederste indtag står i mellemkornet smeltevandssand, og de øverste af disse befinder sig på grænsen mellem nitrat- og jern/sulfat-zonerne.



Figur 2.13 Variationer i indtagenes nitratindhold. Redoxboring, Ribe Amt.

For parametrene ilt, nitrat, nitrit, sulfat, jern, mangan og klorid er der beregnet medianværdier for perioden 2000-2001 som er plottet mod top af indtag i meter under terræn (figur 2.14).

Nitratinholdet falder ned gennem ilt- og nitrat-zonen. Tilsyneladende er der en 1-meter zone ved ca. 21 m.u.t., hvor der sker en nitratreduktion samtidigt med en sulfatstigning, hvilket kan skyldes et forhøjet pyritindhold i sedimentet. I den nederste del af nitrat-zonen ses et højt indhold af nitrit, som er et mellemprodukt ved omsætningen af nitrat. Under nitrat-zonen stiger jernindholdet markant. Sulfat falder jævnt ned gennem boringen. Klorid stiger jævnt i ilt-zonen og ligger relativt højt i nitrat-zonen, hvorpå det falder til et lavt niveau i jern- og sulfat-zonen. Manganindholdet stiger på overgangen mellem ilt- og nitrat-zonen og ligger relativt højt gennem hele nitrat-zonen, hvorpå der sker et fald på overgangen mellem nitrat-zonen og jern- og sulfat-zonen. I de andre redoxboringer ses ikke samme fald ved denne grænse (figur 2.11, 2.17 og 2.20), men i stedet en stigning i mangan i jern- og sulfat-zonen som kan være startet i nitrat-zonen.



Figur 2.14 Variationer i indtagenes indhold af ilt, nitrat, nitrit, sulfat, jern, mangan og klorid i forhold til dybden. Redoxboring, Ribe Amt. Medianværdier for perioden 2000-2001.

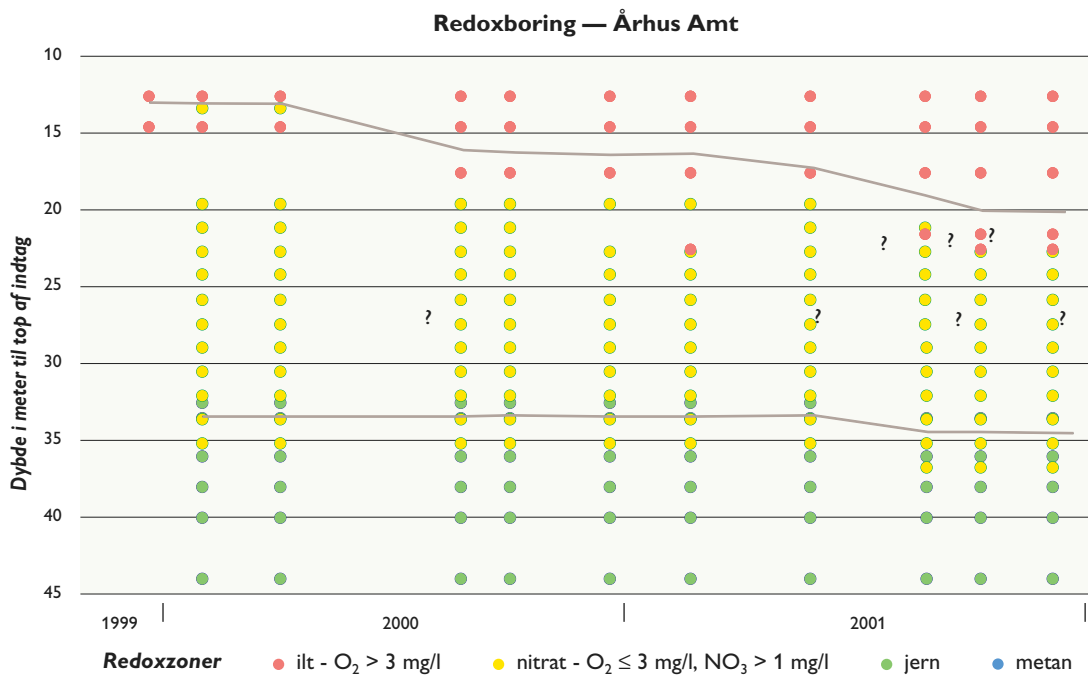
Redoxboring ved GRUMO Kasted, Århus Amt.

Boringen med 21 indtag blev etableret i 1999. Det øverste indtag sidder ca. 7 m.u.t. og det dybeste i ca. 44 m.u.t., og alle indtag sidder i smeltevandssand og -grus. I boringen findes desuden et indslag af morænesand og enkelte horisonter af smeltevandsler og -silt. Til trods for at boringen var udsat for groft hærværk i 2000, blev 5 ud af 6 planlagte prøvetagningsrunder gennemført, og der er nu i alt gennemført 11 prøvetagningsrunder. Det øverste indtag sidder over grundvandsspejlet, men de resterende 20 indtag er prøvetaget.

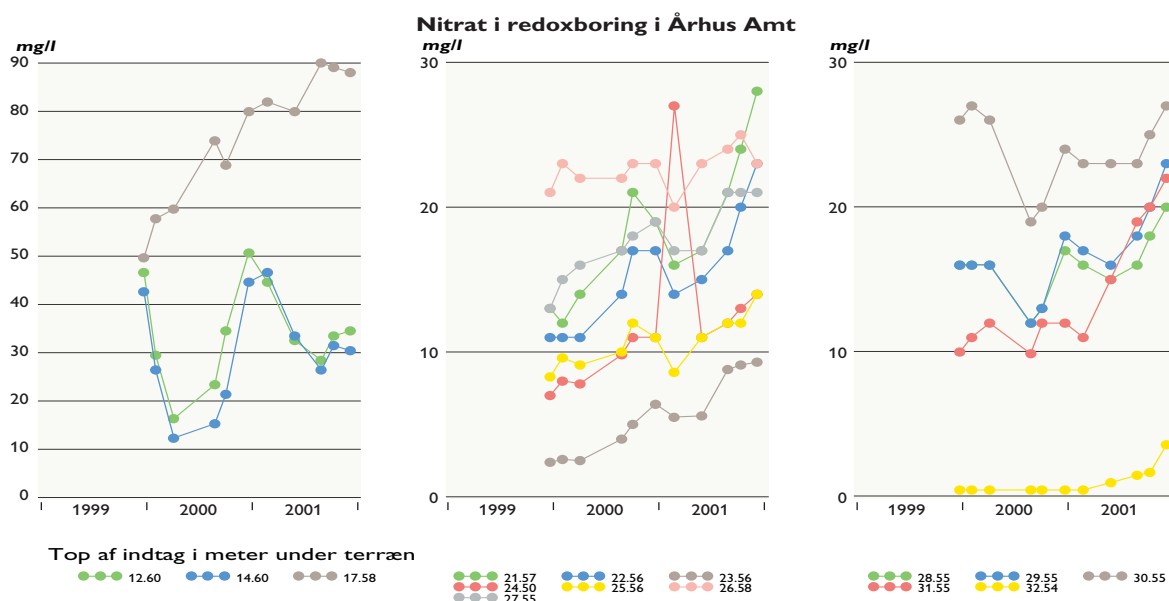
Ilt-zone udvikling kan følges fra omkring 17 m.u.t. ved etableringen af boringen i 1999 ned til ca. 23 m.u.t. ved slutningen af 2001. Derpå følger den anoxiske nitrat-zone, som har ligget stabilt omkring de 32 m.u.t. det meste af perioden. Den falder dog i første halvår af 2001 ca. 1 meter, hvorpå den igen ligger stabilt resten af 2001. Herunder følger reduceret grundvand i jern- og sulfat-zonen (figur 2.15). De øverste indtag er formodentlig påvirkede af en svingende grundvandsstand, men ellers har boringen en veludviklet anoxisk nitrat-zone på ca. 10 meters tykkelse.

Nitratinholdet i de to øverste indtag svinger med et-års intervaller (figur 2.16). Det næste indtag viser en stigning gennem perioden fra ca. 50 op til ca. 90 mg/l nitrat. Indtaget ligger i et

sand-gruslag mellem to tynde (30 cm) lerlag. Den næste indtag har et nitratindhold på under 30 mg/l. Indtagene mellem 21 og 28 m.u.t. viser en sammenlignelig variation med en stigning frem til januar 2001 efterfulgt af et kortvarigt fald og så en fortsat stigning i 2002. Indtagene mellem 28 og 32 meter varierer ligeledes på samme måde med et fald i slutningen af 2000, en stigning omkring årsskiftet og endnu et fald efterfulgt af en stigning i resten af 2001. Indtaget ved 32,54 m.u.t. viser en stigning og ændrer oxidationszone fra reduceret til anoxisk. De resterende indtag har nitrat under detektionsgrænsen.

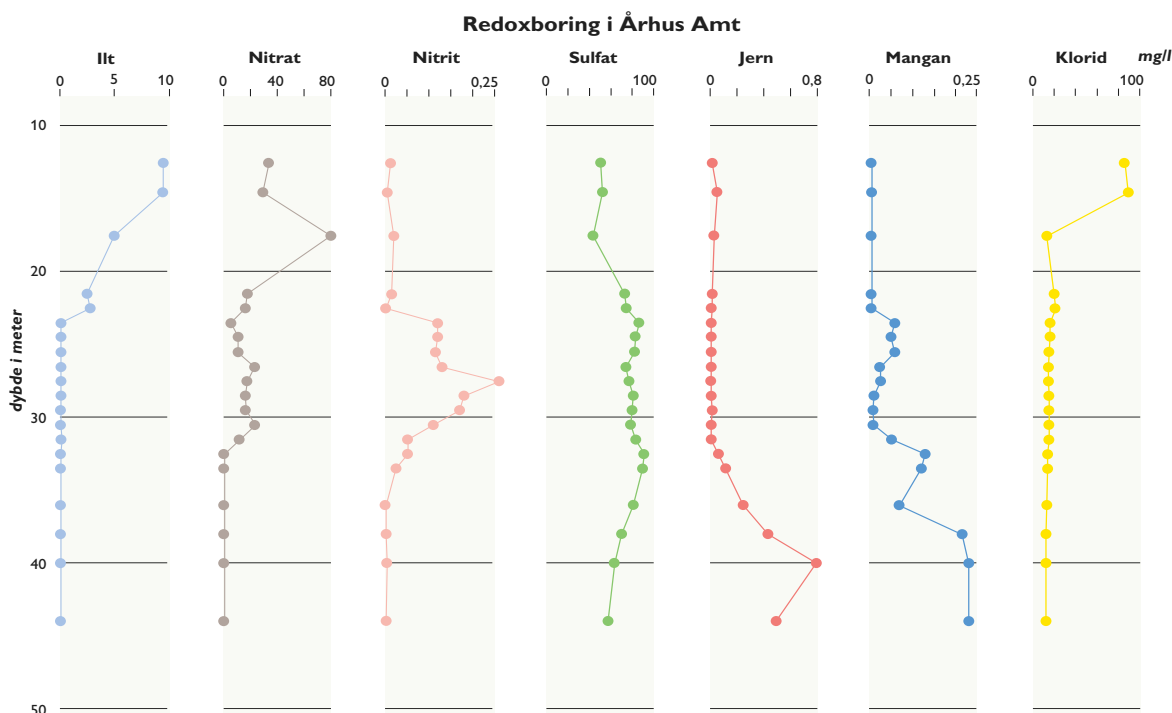


Figur 2.15 Variationer i indtagenes redoxforhold for perioden 1999-2001. Redoxboring, Århus Amt.



Figur 2.16 Variationer i indtagenes nitratindhold. Redoxboring, Århus Amt.

For parametrene ilt, nitrat, nitrit, sulfat, jern, mangan og klorid er der beregnet medianværdier for perioden 2000-2001, som er plottet mod top af indtag i meter under terræn (figur 2.17). Det gennemsnitlige nitratindhold ligger nogenlunde konstant i nitrat-zone. Nitritindholdet er højt i nitrat-zonen, hvor også sulfat viser forhøjet indhold. Jern og mangan stiger i jern- og sulfat-zonen, og mangan viser ligeledes en svag stigning på overgangen mellem ilt- og nitrat-zonen. Klorid er højest i ilt-zonen.



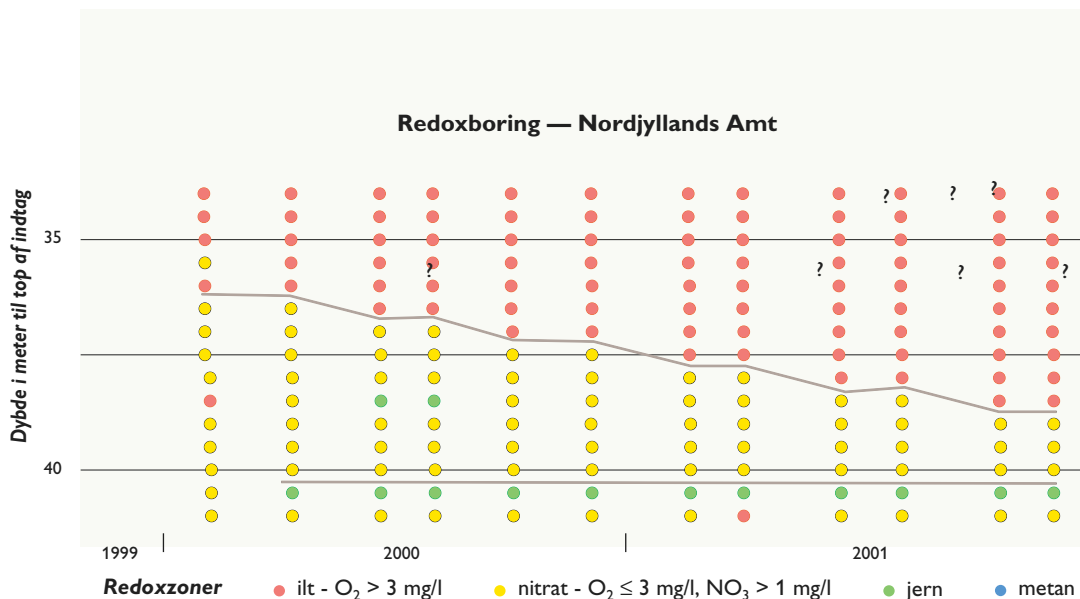
Figur 2.17 Variationer i indtagens indhold af ilt, nitrat, nitrit, sulfat, jern, mangan og klorid i forhold til dybden. Redoxboring, Århus Amt. Medianværdier for perioden 2000-2001.

Redoxboring ved GRUMO Albæk, Nordjyllands Amt.

Denne redoxboring er etableret i 1998/99 med 15 indtag og dækker en zone på 7 meter fra 34 til 41 m.u.t. Hele boringen står i smeltevandssand med et enkelt indslag af smeltevandsler. Den umættede zone er ca. 16 meter tyk.

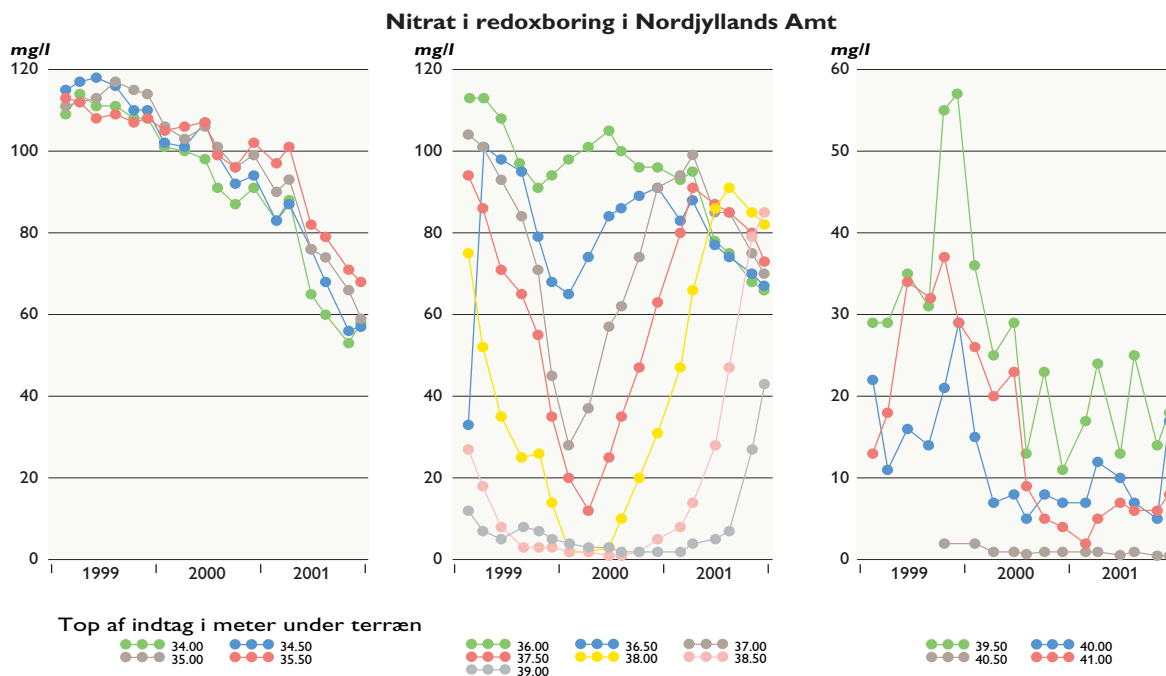
Den oxiske ilt-zone strakte sig ned til ca. 36 m.u.t. ved etableringen af boringen i 1998/99 og er nu nået ned til ca. 38,5 m.u.t. ved slutningen af 2001 (figur 2.18). Nitratfronten ligger ved ca. 40,5 m.u.t., men den er ikke klart afgrænset, idet der under indtaget med reduceret grundvand igen kommer vand, der tilhører nitrat-zonen (41 m.u.t.). Der er således ikke nogen indtag i en veldefineret jern- og sulfat-zone. Dette kan være forårsaget af, at indtaget 41 m.u.t. ligger i et lag af smeltevandsler. Det meget kraftige fald i grænsen mellem ilt- og nitrat-zonen kan evt. skyldes, at der pumpes på nærliggende vandværksboringer.

Udviklingen i nitratindholdet er vist i figur 2.19. De 4 øverste indtag viser et jævnt fald fra ca. 115 mg/l nitrat ved etableringen af boringen i 1998/99 til ca. 75 mg/l ved slutningen af 2001. De næste 7 indtag viser samme variation, men tidsmæssigt forskudt således at jo dybere indtag ligger jo senere kommer der et minimum i nitratindholdet. En beregning giver en forskydning på ca. 1 cm om dagen i vertikal retning. De øverste af disse indtag viser et fald i den sidste del af perioden. Denne meget store gradient kan være forårsaget af pumpning på nærliggende boringer.

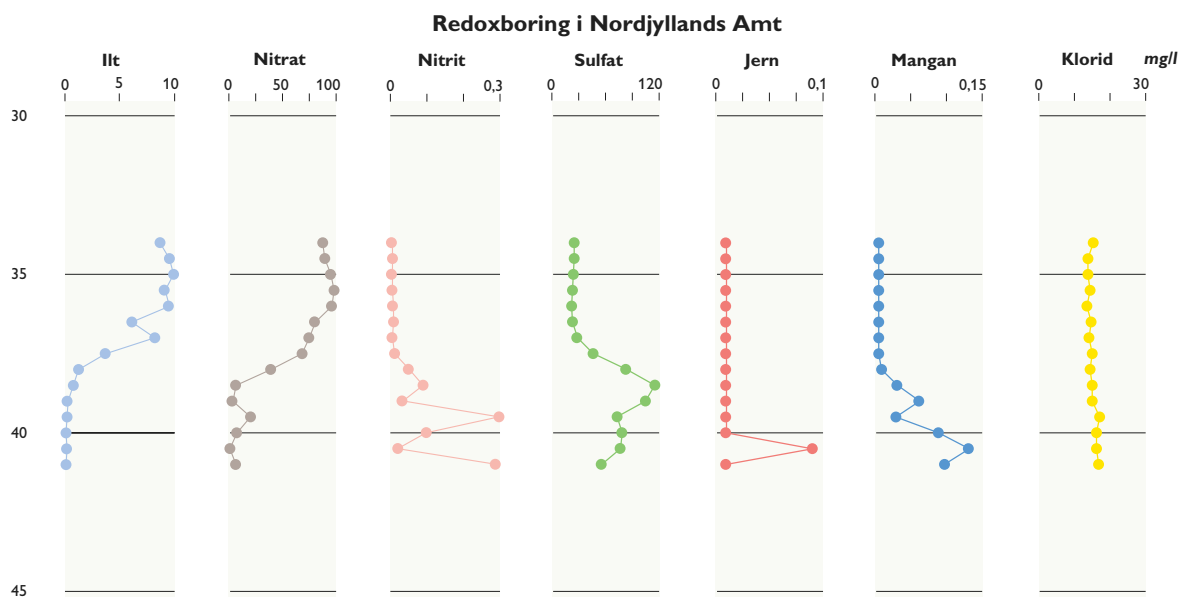


Figur 2.18 Variationer i indtagens redoxforhold for perioden 1999-2001. Redoxboring, Nordjyllands Amt.

For parametrene ilt, nitrat, nitrit, sulfat, jern, mangan og klorid er der beregnet medianværdier for perioden 2000-2001, som er plottet mod top af indtag i meter under terræn (figur 2.20). Det gennemsnitlige nitratindhold ligger nogenlunde konstant i ilt-zonen med et jævnt fald i nitrat-zonen. I nitrat-zonen stiger indholdet af sulfat og nitrit ligeledes. Et stykke nede i nitrat-zonen begynder mangan at stige. Jern bliver kun højt i den reducerede zone og falder igen i det nederste indtag. Klorid er højest i den nederste del af nitrat-zonen og i jern- og sulfat-zonen.



Figur 2.19 Variationer i indtagens nitratindhold. Redoxboring, Nordjyllands Amt.



Figur 2.20 Variationer i indtagenes indhold af ilt, nitrat, nitrit, sulfat, jern, mangan og klorid i forhold til dybden. Redoxboring, Nordjyllands Amt. Medianværdier for perioden 2000-2001.

Sammenfatning om nitrat:

- De indberettede data for 2001 viser, at hovedparten af borerne, ca. 50 % af de liniemoniterende overvågningsindtag og ca. 75 % af vandforsyningsboringerne, ikke indeholder nitrat (≤ 1 mg/l nitrat).
- For GRUMO indeholder ca. 26 % af de aktive overvågningsindtag mere nitrat end den tidligere vejledende grænseværdi på 25 mg/l for nitrat i drikkevand og ca. 17 % mere end grænseværdien for drikkevand på 50 mg/l, hvilket er det samme som i 2001.
- Det gennemsnitlige (median) nitratindhold i indtag med oxiske forhold ligger for perioden 1990-2001 stabilt omkring 50 mg/l nitrat. I indtag med anoxiske forhold ligger gennemsnittet (medianen) stabilt på ca. 20 mg/l nitrat.
- Det unge grundvand (6-7 år gammelt) i GRUMO viser varierende udviklingstendenser. Nitratindholdet i det unge grundvand i LOOP varierer tilsyneladende med vinternefbøren.
- Ændringer i grundvandets nitratindhold, som overvåges i GRUMO, ses hovedsageligt i Jylland, hvor også de fleste indtag med højt nitratindhold findes.
- Amter med størst nitratproblemer i drikkevandsproduktionen er amterne i det såkaldte 'Nitrat-bælte' (Nordjylland, Viborg og Århus) samt Ribe Amt.
- Data fra de fire redoxboringer viser, i to af borerne, veludviklede og veldefinerede redoxzoner ned gennem lagsøjlen fra oxisk (ilt-zonen), anoxisk (nitrat-zonen) til reduceret (jern- og sulfat-zonen). Metan-zonen er konstateret i to af borerne. Ilt-zonen er ikke udviklet i en boring og jern- og sulfat-zonen er dårligt udviklet i den sidste boring.
- Den generelle vurdering af nitratkoncentrationen i grundvandet er fortsat, at der ikke kan konstateres nogen overordnet ændring af nitratindhold i grundvandet begrundet i vedtagelsen af Vandmiljøplanen i 1987, idet langt størstedelen af det overvågede grundvand er fra før 1990.

En meget stor andel af det overvågede grundvand er, som de foregående år, ældre end Vandmiljøplanens igangsættelse. I år er det muligt at følge udviklingen i nitratindholdet i vand yngre end Vandmiljøplanen i 10 indtag, men disse viser ikke noget entydigt mønster. Flere og flere indtag vil dog kunne anvendes i fremtiden, når data korrigeres på grundlag af CFC-dateringerne. Det kan dog ikke forventes, at en effekt af Vandmiljøplanen vil kunne påvises ved overvågningen af grundvandet før om adskillige år. I det øverste og mest terrænnære grundvand (LOOP), hvor det må forventes at en eventuel effekt af Vandmiljøplanens tiltag til begrænsning af nitratudvaskningen først må kunne spores, ses en generel stigning i 1992/93, et fald i 1995/96 og igen en stigning i 1996/97 efterfulgt af et fald frem til år 1999/2001. Denne variation i nitratindholdet følger tilsyneladende i stor udstrækning variationen i vinternedbøren, således at der først kommer en forøget udvaskning, som ved næste års evt. høje vinternedbør resulterer i en begyndende fortynding.

Fosfor

Udviklingen i grundvandets indhold af fosfor

Fosfor er ikke afrapporteret i år, da grundvandet indhold af fosfor ikke ændrer sig nævneværdigt. Der henvises til sidste års rapport (GEUS 2001).

Uorganiske sporstoffer

Indledning

En række uorganiske sporstoffer, det vil sige stoffer der forekommer naturligt i relativt små mængder, typisk i størrelsesordenen mikrogram pr. liter, overvåges regelmæssigt i grundvandsovervågningsprogrammet. De samme stoffer måles også af vandværkerne i deres vandforsyningsboringer, den såkaldte boringskontrol, men langt mindre hyppigt og uregelmæssigt. Omfanget af dette måleprogram afhænger af den udpumpede vandmængde. Vandforsyningsanlæg under 3000 m³ kontrolleres ikke, boringer til anlæg mellem 3000 og 35.000 m³ kontrolleres hvert 5. år, for anlæg mellem 35.000 og 1.500.000 kontrolleres boringerne hvert fjerde år, og for anlæg der er større kontrolleres boringerne hvert 3 år. Endelig overvåges et mindre antal uorganiske sporstoffer i landovervågningsprogrammets grundvandsdel.

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

I miljømæssig henseende kan de uorganiske sporstoffer opdeles i 3 grupper: 1) de toksiske der har sundheds- og miljømæssigt skadelige effekter (humantoksiske og økotoksiske) selv ved små koncentrationer; 2) de såkaldt essentielle, der omfatter stoffer som er nødvendige for den menneskelige organisme i små mængder, men som er sundhedsskadelige og økotoksiske i større koncentrationer; 3) en tredje gruppe af stoffer som normalt ikke optræder i så høje koncentrationer at de udgør et problem, men hvis baggrundskoncentrationer har relevans, og som i den rette mængde og form kan have både humantoksikologiske og økotoksikologiske effekter.

Til de toksiske stoffer hører bl.a. antimon, arsen, bly, cadmium, kviksølv samt cyanid. Arsen er yderst giftigt for mennesker, og visse uorganiske arsenforbindelser kan forårsage kræft hos mennesker (Miljøstyrelsen 1995). Til de essentielle hører bl.a. chrom, kobber, nikkel, zink og selen. For selen er forskellen mellem nødvendigt indtagelse og giftvirkning relativt lille. De forskellige grænseværdier er sammenstillet i tabel 3.1.

Grundvandets kemiske sammensætning benævnes ofte grundvandskvaliteten, fordi grundvandets indholdsstoffer har en afgørende indflydelse på anvendelsen af vandet f.eks. til drikkevandsforsyning. For vand, der anvendes til drikkevand, er der fastsat grænseværdier bl.a. for indholdet af uorganiske sporstoffer. Med baggrund i vandforsyningsstrukturen er grænseværdierne opdelt i én kravværdi ved afgang fra vandværk og en anden (højere) værdi ved forbrugers taphane (Miljø- og Energiministeriet 2001).

Grundvandskvaliteten har derudover indflydelse på flora og fauna i vandløbene, hvis vandføring især i sommerhalvåret i høj grad eller overvejende består af grundvand. Grundvand, som dannes forholdsvis nær et vandløb, bevæger sig relativt tæt under jordoverfladen og kommer frem i vandløbet nær bredden, mens grundvand som dannes langt fra vandløbet bevæger sig i dybere strømningsbaner og kommer frem i vandløbet gennem dets bund, centralt i vandløbet. Grundvandets indhold af uorganiske sporstoffer, som bl.a. er bestemt af strømningsbanernes dybde og dermed af kontaktbjergarter og redoxzoner, er medbestemmende for hvilke flora og fauna, der kan leve i vandløbet. Terrænnært strømmende grundvand vil være præget af sporstoffer, som er tilført fra overfladen og som afhænger af arealanvendelsen, mens dybere

strømmende grundvand er præget af andre sporstoffer. Med det formål at sikre en maksimal biodiversitet er der for et antal stoffer fastsat økotoksikologisk betingede kvalitetskriterier som et mål for det maksimale indhold af stoffet, der kan tolereres af vandløbets flora og fauna (Miljøstyrelsen 1994; Miljø- og Energiministeriet 1996)).

Endelig er der i forbindelse med oprydning af forurenede lokaliteter fastsat kvalitetskriterier for grundvand for en række uorganiske sporstoffer (Miljøstyrelsen, 1998). Kvalitetskriterier for grundvand er fastsat således, at grænseværdierne for drikkevand (Miljø- og Energiministeriet 2001) kan forventes at være opfyldt, når vandet tappes hos forbrugeren. Se tabel 3.1.

Uorganiske sporstoffer	Grundvandskvalitetskriterier (MST 1998) µg/l	Grænseværdi for drikkevand ¹⁾ (MEM 2001) µg/l	Udledningskriterier (MEM 1996) µg/l	Økotoksikologisk grænseværdi (MST 1994) µg/l
Aluminium	-	100	-	2,6 ³⁾
Antimon	-	2	-	-
Arsen	8	5	4	4
Barium	-	700	-	-
Bly	1	5	3,2 ²⁾	-
Bor	300	1.000 / 300 ⁴⁾	-	-
Cadmium	0,5	2	5	1
Chrom, total	25	20	10 ²⁾	-
Chrom VI	1	-	-	-
Cyanid, total	50	50	-	-
Kobber	100	100	12 ²⁾	-
Kviksølv	-	1 / 0,1 ⁴⁾	1	1
Molybdæn	20	-	-	-
Nikkel	10	20	160 ²⁾	-
Zink	100	100	110 ²⁾	-
Selen	-	10	-	-
Sølv	-	10	-	-
Tin	-	10	-	-

1) Ved indgang til ejendom

2) Forslag til kvalitetskrav hvor datagrundlaget ikke er endeligt kvalitetsvurderet

3) Hultberg, H., 1988.

4) Krav / Anbefaling

Tabel 3.1 Grundvandskvalitetskriterier og grænseværdier for uorganiske sporstoffer.

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

Måleprogrammer

Grundvandsovervågning

Ved udgangen af 2001 var der 993 aktive indtag, som var egnede til prøvetagning og analyse for uorganiske sporstoffer. I perioden 1993 til 2001 er et flertal af disse indtag analyseret fem til syv gange for over halvdelen af stofferne. Der begynder således at være etableret egentlige tidsserier for en række af de uorganiske sporstoffer. Hovedtal for de uorganiske sporstoffer, som indgår i grundvandsovervågningen og i Jupiter databasen hos GEUS, fremgår af bilag 3.1.

Der er fundet ét eller flere uorganiske sporstoffer i alle overvågningsindtag egnet til sporstof-analyser, og der er fundet koncentrationer, der overskrider grænseværdien for drikkevand (Miljø- og Energiministeriet 2001) for ét eller flere uorganiske sporstoffer i 355 indtag svarende til 36 % af overvågningsprogrammets samlede antal egnede indtag.

Da de uorganiske sporstoffer, med undtagelse af cyanid, forekommer naturligt i grundvandet og dermed i princippet er tilstede i alle prøver, er genfindingsprocenten et udtryk for, hvorvidt det med de fastsatte (og analytisk gennemførlige) detektionsgrænser er muligt positivt at be- stemme indholdet af stofferne i grundvandet.

Landovervågningens grundvandsindtag

I landovervågningsoplandene er der etableret grundvandsindtag af samme type som anvendes i grundvandsovervågningsprogrammet (montejus), men på grund af den terrænnære position kan de være tørlagte under lav grundvandsstand. Grundvandet herfra er analyseret for de uorganiske sporstoffer, som formodes at kunne tilføres det nydannede grundvand fra over- fladen, nemlig aluminium, arsen, barium, bly, cadmium, chrom, nikkel, kobber, selen og zink.

Detektionsgrænserne er de samme som for grundvandsovervågningsprogrammet. Alle stoffer er fundet, selen dog kun i et mindre antal indtag. Analyserne stammer overvejende fra de dybeste indtag i landovervågningsoplandene, dvs. 5 meter under terræn, med undtagelse af analyserne fra Sønderjyllands Amt der stammer fra indtag i 2,2 meters dybde.

For 2001 er der kun indberettet 13 analyser for uorganiske sporstoffer fra landovervågnings- programmets grundvandsdel fordelt med 5 analyser fra Nordjyllands Amt og 8 analyser fra Sønderjyllands Amt.

Status for grundvandets indhold af uorganiske sporstoffer i landovervågningsprogrammets grundvandsdel fremgår af bilag 3.2. I tabel 3.2 er de markante forskelle mellem de forskellige landovervågningsområder fremhævet.

Landovervågning	Storstrøm	Fyn	Sønderjylland	Vejle	Nordjylland
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Arsen	0,5	0,3	0,1	0,3	0,3
Bly	0,4	0,2	0,7	0,9	0,4
Cadmium	0,02	0,01	0,75	0,13	0,11
Selen	0,2	0,5	0,2	0,3	0,1
Nikkel	1,9	0,8	61	22	6
Zink	3,2	4,2	110	73	28
Kobber	1,0	0,4	3,9	2,9	3,1
Chrom	0,12	0,15	0,3	0,1	0,6
Aluminium	1,6	7,0	350	0,9	60

Tabel 3.2 Uorganiske sporstoffer (medianværdier) i landovervågningsgrundvandsboringer 1998-2001. Analyser under detektionsgrænsen er medregnet med dennes værdi.

Samlet leder resultaterne til den antagelse, at uorganiske sporstoffer i større mængder kan ud- vaskes fra rodzonen og eventuelt tilbageholdes i den øverste del af den mættede zone - når der sammenlignes med terrænnære indtag i grundvandsovervågningsprogrammet. Bilag 3.2 angiver generelle hovedtal for belastningen af det allerøverste grundvand i landovervågningsoplandene med uorganiske sporstoffer, men der ses som illustreret i tabel 3.3 store forskelle landovervågningsoplandene imellem.

Vandværksboringer

Udover analyserne i de ca. 90 vandindvindingsboringer, der indgår i grundvandsovervågningen (volumenmoniterende boringer), er der med indberetningerne for året 2001 i alt indkommet analyseresultater for uorganiske sporstoffer fra 6064 boringer, der var underlagt tilsyn jf. Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 515 (Miljøministeriet 1988) henholdsvis bekendtgørelse nr. 871 (Miljø- og Energiministeriet 2001). Langt de fleste analysesæt omfatter kun nikkel, som sammen med aluminium var obligatorisk jf. bekendtgørelse nr. 515 – aluminium dog kun ved pH-værdier under 6,. Ifølge den nye bekendtgørelse nr. 871 (Miljø- og Energiministeriet 2001) er det fra 1. januar 2002 for så vidt angår uorganiske sporstoffer endvidere obligatorisk at udføre boringskontrol for arsen, barium og bor. Hyppigheden afhænger af den distribuerede eller producerede vandmængde.

Der er fundet uorganiske sporstoffer i 3.138 boringer. Procentuelt udgør boringer med fund ca. 52 % af de undersøgte boringer. I de øvrige boringer er analyseresultaterne 'under detektionsgrænsen'. Af bilag 3.2 fremgår hovedtal for de uorganiske sporstoffer som er indberettet til GEUS's database Jupiter.

Det skal fremhæves, at boringskontrol - i modsætning til grundvandsovervågningen der gennemføres i et fast net af boringer - over tid vil blive udført i et skiftende antal boringer, idet vandforsyningsboringer af forskellige årsager, så som tekniske problemer, forureninger m.v., udgår af vandindvindingen, som typisk flyttes til andre nyere eller uforurenede boringer.

Der anvendes generelt højere og forskellige detektionsgrænser i vandværkernes boringskontrol sammenlignet med land- og grundvandsovervågningen. Ofte anvendes en detektionsgrænse som er lig med eller det halve af den højst tilladelige værdi for drikkevand. For at få en pålidelig bedømmelse af om grænseværdien er overtrådt, bør der anvendes en detektionsgrænse på en tiendedel af grænseværdien for drikkevand.

Der er fundet overskridelser af grænseværdien for drikkevand (Miljø- og Energiministeriet 2001) i 403 boringer. Langt de største antal overskridelser vedrører nikkel og arsen. Procentuelt udgør overskridelserne knapt 7% af de undersøgte boringer.

Grundvandets tilstand

Overskridelser af grænseværdier for drikkevand

Miljø- og Energiministeriets bekendtgørelse nr. 871 af 21. september 2001 indeholder bestemmelser, der gennemfører dele af drikkevandsdirektivet (EU 1998). I bekendtgørelsen fastsættes der to grænseværdier for vand fra vandforsyningsanlæg, som forsyner mennesker med vand til husholdningsbrug, henholdsvis en værdi ved indgang til ejendom og en værdi ved forbrugers taphane. For en række tungmetaller og uorganiske sporstoffer er den nye værdi ved indgang til ejendom lavere end den førhen gældende grænseværdi.

Den endelige grænseværdi for nikkel ved indgang til ejendom henholdsvis ved forbrugers taphane er endnu ikke fastsat, hvorfor den førhen gældende værdi på 20 µg/l ved fraløb fra pumpe eller vandværk fortsat finder anvendelse både ved afgang fra vandværk og ved forbrugers taphane.

Det kan konstateres (tabel 3.3), at der samlet set forekommer overskridelse af grænseværdierne for drikkevand for alle undersøgte uorganiske sporstoffer med undtagelse af tin og sølv i et eller flere af de eksisterende måleprogrammer. Blandt måleprogrammerne skiller landovervågningens grundvand sig klart ud som det mest belastede. Dette grundvand befinder sig terrænnært i områder med intensiv landbrugsdrift. Der ses procentuelle overskridelser i størrel-

sesordenen fra 6 % for cadmium til 51 % for nikkel. Grundvandsovervågningen giver et mere dækkende billede af den generelle tilstand i dansk grundvand. Her ses der overskridelser for de fleste stoffer, dog ikke for tin, sølv, chrom og cyanid. For de fleste stoffer er de procentuelle overskridelser beskedne, men aluminium, arsen og nikkel skiller sig ud som de mest belastende. I boringskontrollen ses der betydelige procentuelle overskridelser for aluminium og arsen, mens nikkel, zink og bor kun viser mere beskedne procentuelle overskridelser. Dette er en følge af, at vandværksboringer, hvis grundvandskvalitet ikke overholder grænseværdierne, i stadig større omfang må lukkes, da det bliver stadig mere svært at finde ubelastet grundvand til at fortynde det belastede grundvand med.

Uorganiske sporstoffer	GRUMO		LOOP		Boringskontrol		
	Grænse- værdi	Mindst en analyse over	Alle analyser over	Mindst en analyse over	Alle analyser over	Mindst en analyse over	Alle analyser over
	µg/l	%	%	%	%	%	%
Aluminium	100	15	3	43	14	12	2
Antimon	2	<1	<1	i.m.	i.m.	0	0
Arsen	5	16	6	14	0	19	2
Barium	700	<1	0	i.m.	i.m.	0	0
Bly	5	1	<1	34	3	2	0
Bor	1.000/300 ¹⁾	<1/3 ²⁾	<1/1 ²⁾	i.m.	i.m.	4	0
Cadmium	2	<1	<1	6	3	0	0
Chrom, total	20	0	0	0	0	1	0
Cyanid, total	50	<1	0	i.m.	i.m.	0	0
Kobber	100	<1	0	0	0	0	0
Kviksølv	1/0,1 ¹⁾	0/2 ²⁾	0/<1 ²⁾	i.m.	i.m.	2	0
Molybdæn	20	<1	0	i.m.	i.m.	0	0
Nikkel	20	6	2	51	29	4	2
Selen	10	<1	0	0	0	0	0
Sølv	10	0	0	i.m.	i.m.	0	0
Tin	10	0	0	i.m.	i.m.	0	0
Zink	100	6	1	49	17	5	0

1) Drikkevandskvalitetskrav / anbefalet indhold

2) Overskridelse af hhv. drikkevandskvalitetskrav / anbefalet indhold

i.m. : ikke målt

Tabel 3.3 Overskridelse af grænseværdier for drikkevand i forskellige måleprogrammer for perioden 1993-2001 (LOOP dog kun 1998-2001). Procentuel overskridelse af drikkevandskvalitetskravene i forhold til analyserede indtag. For antal overskridelser se bilag 3.4

Overskridelser af økotoxikologisk betingede kvalitetskrav

Sammenlignes grundvandets tilstand med de kvalitetskrav, som er fastsat som maksimumindhold for vand, som tilføres vandløb, søer eller havet ses, et tilsvarende mønster, men mere markant, da udlederkravene, der grundlæggende er baseret på økotoxikologiske undersøgelser, generelt er koncentrationsmæssigt lavere end grænseværdierne for drikkevand (se tabel 3.1). Det forekommer bekymrende – ikke mindst set i lyset af de kommende krav i Vandrammedirektivet om kvaliteten af det grundvand, der tilstrømmer overfladevandet – at de økotoxikologiske grænseværdier overskrides i op til 71 % af de undersøgte indtag i landovervågningsoplandene. Det må nemlig antages, at det terrænnære grundvand i disse områder bliver tilført de vandløb som gennemstrømmer områderne. Der findes ingen undersøgelser af de uorganiske sporstoffers indvirkning på flora og fauna i disse vandløb. Dette forudsætter en nøjere undersøgelse af sporstoffers skæbne fra rodzone til vandløb. Også grundvandsovervågnings-

programmet og boringskontrollen viser markante overskridelser af de økotoxikologiske grænseværdier for især aluminium og arsen og i mindre grad for zink.

Enkeltstoffer

Arsen

Arsen er giftigt og kræftfremkaldende, og der er international erkendelse af arsens sundhedsskadelige egenskaber. Således er grænseværdien for drikkevand sænket fra 50 µg/l til 5 µg/l med den nye drikkevandsbekendtgørelse. Samtidig er stoffet gjort obligatorisk i boringskontrollen, hvilket fremover vil resultere i et stigende antal analyser.

Indholdet af arsen i grundvandet bestemmes blandt andet af redoxforholdene, idet arsenindholdet under reducerende betingelser er ca. 10 gang højere end under iltholdige betingelser. I Storstrøms Amt er især overvågningsområdet "Holeby" belastet af høje arsenkoncentrationer. Ud over geologisk oprindelse påpeger amtet muligheden for arsenforurening fra handelsgødning (forfat), arsenholdige pesticider, afbrænding af kul, spredning af slagge (og flyveaske) som jordforbedringsmiddel og udbringning af slam fra produktion af genbrugspapir.

En anden mulig kilde til arsenforurening er især træimprægneringsvirksomheder. I tilknytning hertil kan det bemærkes, at fortids lokale kulfyrede industrier som fx papirfabrikker, sukkerfabrikker og mange andre kan være en undervurderet kilde til grundvandsforurening.

Overordnet ser det dog ud til, at hovedparten af overskridelserne af grænseværdien for drikkevand på 5 µg/l kan betragtes som geologisk/geokemisk betingede i øvrigt i lighed med høje fosfatindhold, idet arsen og fosfor geokemisk som væsentligt fællestræk har afhængigheden af redoxforholdene.

Til karakterisering af fordelingen af indhold over 5 µg/l på landsplan kan anføres at:

- der forekommer indtag med overskridelser i alle amter varierende fra 2 i Frederiksborg amt til 31 i Fyns amt. Det gennemsnitlige antal er 10.
- der forekommer indtag med overskridelser i 45 ud af 67 overvågningsområder, svarende til 67%
- indtag med overskridelser forekommer dybdemæssigt fra 1,5 meter under terræn til 129 meter under terræn
- ud af 156 indtag med overskridelse forekommer de 145 i den reducerende zone, 4 i den anoxiske zone og 7 i den oxiske zone. Procentuelt svarer det til henholdsvis 93%, 2% og 5%
- ud af 140 indtag med overskridelse forekommer de 103 i grundvandsmagasiner med arte-siske trykforhold og 37 i grundvandsmagasiner med frit grundvandspejl svarende til en procentuel fordeling på henholdsvis 74% og 26 %
- ud af 156 indtag med overskridelse forekommer de 14 i volumenmoniterende indtag (vandindvindingsindtag), 95 i liniemoniterende indtag (indtag med overvejende subhorisontal grundvandsstrømning) og 47 i punktmoniterende indtag (indtag med over-vejende vertikal grundvandsstrømning)
- ud af 156 indtag med overskridelse findes de 43 (eller 28%) i primære grundvandsmagasiner, hvor fra der typisk hentes vand til store almene vandforsyninger, 58 (eller 37 %) i sekundære grundvandsmagasiner, hvor fra der typisk hentes vand til såvel store som

små vandværker og 55 (eller 35 %) i terrænnære, lokale grundvandsmagasiner, der ofte er anført med korte borer til små lokale vandforsyninger og enkelthusstande.

Uorganiske sporstoffer	GRUMO		LOOP		Boringskontrol		
	Kvalitets- krav	En analyse over	Alle analyser over	En analyse over	Alle analyser over	En analyse over	Alle analyser over
	µg/l	%	%	%	%	%	%
Aluminium	2,6 ¹⁾	72	19	71	17	44	14
Antimon	-	-	-	-	-	-	-
Arsen	4	19	8	17	0	23	2
Barium	-	-	-	-	-	-	-
Bly	3,2 ²⁾	3	< 1	37	0	3	< 1
Bor	-	-	-	-	-	-	-
Cadmium	5/1 ³⁾	< 1/2 ⁴⁾	< 1/< 1 ⁴⁾	6/9 ⁴⁾	3	< 1	0
Chrom, total	10 ²⁾	< 1	0	0	0	2	0
Cyanid, total	-	-	-	-	-	-	-
Kobber	12 ²⁾	3	< 1	31	0	1	0
Kviksølv	1,0	0	0	-	-	2	0
Molybdæn	-	-	-	-	-	-	-
Nikkel	160 ²⁾	< 1	< 1	14	0	< 1	0
Selen	-	-	-	-	-	-	-
Sølv	-	-	-	-	-	-	-
Tin	-	-	-	-	-	-	-
Zink	110 ²⁾	6	1	46	3	5	0

1) Hultberg, H., 1988.

2) Forslag til kvalitetskrav, hvor datagrundlaget ikke er endeligt kvalitetsvurderet

3) Udledningskriterie / Økotoksikologisk grænseværdi

4) Overskridelse af hhv. udledningskriterie / økotoksikologisk grænseværdi

Tabel 3.4 Overskridelse af økotoksikologisk betingede kvalitetskrav (se tabel 3.1) i forskellige måleprogrammer. Procentuel overskridelse i forhold til analyserede indtag. For antal overskridelser se bilag 3.5

Nikkel

Nikkelbelastningen antages primært at hidrøre fra iltning af sulfidminerale (f.eks. bravoit og pyrit) enten i forbindelse med sænkning af grundvandsspejlet i vandindvindingsoplandene eller ved udskiftning af luften i den umættede zone under tætte lerlag via åbne borer, den såkaldte barometerånding (Jensen et al., 2002). En eventuel senere retablering af grundvandsspejlet kan yderligere øge frigivelsen af nikkel til grundvandet i en periode.

Københavns Amt kan konstatere, at der tilsyneladende er en fortsat stigende tendens til overskridelse af grænseværdien for drikkevand, idet der er fundet overskridelse i 23% af indvindingsboringerne i år mod 16 til 19 % de foregående år. Vestsjællands Amt bemærker, at kun halvdelen af indvindingsboringerne er undersøgt for nikkel i perioden 1989 til 2001. Storstrøms Amt har påvist sammenhæng mellem nikkelindhold og nitratindhold svarende til iltning af pyrit med nitrat. Amtet påpeger, at selv om nitrat er et mindre effektivt iltningmiddel end ilt, er der ofte en tykkere nitratzone. Derudover ses en svagt stigende antal borer med forhøjet nikkelindhold i det vestlige Jylland på grund af øget indvinding i visse områder og dermed iltning af tertiære pyritindholdige sedimente.

Zink

Der er i dag ikke nogen kendt årsag til forekomsten af høje zinkkoncentrationer, idet frigivelsen af zink til grundvandet kan skyldes naturlige årsager, men også forurening fra f.eks. galvaniserede materialer. Resultaterne fra overvågningsprogrammet viser, at zinkindholdet i de enkelte borer er kraftigt fluktuerende. Det kan ikke udelukkes, at visse prøver er blevet forurenede under prøvetagning, f.eks. fra taphane på vandværket eller på laboratoriet.

Aluminium

Grænseværdien for drikkevand overskrides især vest for isens hovedopholdslinie og tilskrives den generelt lavere pH i disse områder. I overvågningsområdet Brande har Ringkjøbing Amt påvist en sammenhæng mellem sulfatindhold og aluminiumindhold svarende til stigende aluminiumindhold som følge af forsuring fra pyritoxidation. På den nordvestlige del af Fyn og i Vejle Amt i områder, som har været påvirket af den sidste nedisning af Danmark, forekommer der også et større antal overskridelser.

Cadmium

I overvågningsområdet Ejstrupholm i Vejle Amt indeholder et enkelt indtag høje koncentrationer af zink, nikkel, aluminium og cadmium. Cadmiumindholdet er steget fra 6,7 µg/l i 1995 til 9,7 µg/l i 2001.

Sammenfatning om uorganiske sporstoffer

Uorganiske sporstoffer er naturligt forekommende i dansk grundvand. I grundvand med lav pH kan der forekomme særskilt høje indhold, eksempelvis af aluminium. I iltfrit grundvand kan der forekomme særskilt høje indhold af arsen. Men forekomster af uorganiske sporstoffer nær grænseværdierne for drikkevand kan også skyldes samfundsmæssige aktiviteter, enten i form af forurening, vandspejlsænkning eller anden påvirkning.

Generelt kan høje indhold i grundvandet påvirke kilder og vandløb gennem tilstrømning af terrænnært grundvand og søer gennem opstrømmende grundvand gennem søbunden. Især høje indhold i det allerøverste grundvand i landovervågningsoplandene fortjener opmærksomhed, da de må antages ofte at kunne repræsentere en nettotilførsel til vandmiljøet. Dette kan have væsentlig betydning set i lyset af de kommende krav i Vandrammedirektivet, og der er antagelig et vidensbehov på dette område, idet spredning af uorganiske sporstoffer i vandmiljøet er dårligt belyst.

Høje indhold af uorganiske sporstoffer i boringskontrollen kan medføre, at den del af grundvandsressourcen, der anvendes til drikkevand til mennesker, husdyr og til levnedsmiddelfremstilling, reduceres.

Spildevand, der udledes direkte eller gennem nedsivningsanlæg efter kortere eller længere opholdstid i grundvandet, kan påvirke vandmiljøet i negativ retning.

Grænseværdien for drikkevand overskrides oftest for arsen, nikkel, zink og aluminium.

Der ses en stigning i antallet af vandværksboringer med et nikkelindhold, hvor grænseværdien for drikkevand er overskredet i samtlige analyser. Det problem, som forhøjede nikkelindhold udgør for vandværkerne, ser derfor ud til at være voksende.

Med den nye drikkevandsbekendtgørelse er der kommet en lavere grænseværdi for arsen. Denne nye værdi vil antageligvis visse steder sætte en ny nedre grænse for, hvor dybt der kan indvindes grundvand til drikkevand – en grænse, der kommer til at ligge højere end den i dag

oftest sete begrænsning i form af forhøjet saltindhold. Hvor store dele af landet der berøres vil den obligatoriske måling af arsen i vandværkers indvindingsboringer vise i løbet af den første 5-årige turnus.

Grundvand med et indhold af uorganiske sporstoffer over grænseværdien for drikkevand kan altså ikke umiddelbart anvendes til drikkevand, f.eks. i forbindelse med enkeltforsyning og små fælles vandforsyninger uden vandbehandling. I større vandværker med vandbehandling må det antages, at de uorganiske sporstoffer i nogen grad tilbageholdes i okkerslammet i vandværkernes sandfiltre (Miljøstyrelsen, 1999). Således fjernes gennemsnitligt op mod halvdelen af grundvandets arsenindhold. Modsat kan der konstateres et ikke uvæsentligt bidrag til drikkevandets indhold af bly, cadmium, chrom, kobber, nikkel og zink fra pumper, beholdere, prøvehaner m.v.

Organiske mikroforureninger

I dette kapitel behandles de organiske mikroforureninger, der er omfattet af programmet for grundvandsovervågning i NOVA 2003 (Miljøstyrelsen 2000b). De enkelte stoffer er placeret i en af grupperne: Aromatiske kulbrinter, phenoler, halogenerede alifatiske kulbrinter, chlorphenoler, phthalater, detergenter og ethere, se tabel 4.1. Af tabellen fremgår grænseværdier for koncentrationen af de pågældende stoffer i drikkevand (ved fraløb fra vandværk) (Miljø- og Energiministeriet 2001). For en nærmere beskrivelse af de kemiske analyser og deres detektionsgrænser henvises til Grundvandsovervågning 2000 (GEUS 2000).

Parametre	Grænseværdier for drikkevand i µg/l
Aromatiske kulbrinter:	
Benzen	1
Naphtalen	2 ¹⁾
Toluen	10 ²⁾
Xylener (p-xylen, m-xylen, o-xylen)	10 ²⁾
Phenoler:	
Nonylphenoler (NP)	20 ³⁾
Nonylphenoethoxylater (NP1EO, NP2EO)	45 ¹⁾
Phenol	0,5 ²⁾
Halogenerede alifatiske kulbrinter:	
1,2-dibromethan	0,01
Tetrachlorethen	1
Tetrachlormethan	1
Trichlorethen	1
1,1,1-trichlorethan	1
Trichlormethan (chloroform)	1 ²⁾
Vinylchlorid	0,3
Chlorphenoler:	
2,4-dichlorphenol	0,1
2,6-dichlorphenol	0,1
Pentachlorphenol	0,01
Phthalater (blødgørere):	
Dibutylphthalat (DBP)	1 ⁴⁾
Detergenter:	
SUM-parameter (anioniske detergenter)	100
Ethere:	
Methyl-tertiær-butyl-ether (MTBE)	5 ⁵⁾

1) Miljøstyrelsen 2000a

2) Miljøstyrelsen 1995a

3) Værdien af en sum af octyl- og nonylphenoler

4) Værdien er en sum af andre phthalater end DEHP

5) Ifølge drikkevandsbekendtgørelsen (Miljø- og Energiministeriet 2001) bør det tilstræbes at indholdet er under 2 µg/l

Tabel 4.1 Grænseværdier for koncentrationen i drikkevand af organiske mikroforureninger, der indgår i grundvandsovervågningen (Miljø- og Energiministeriet 2001).

Mulige kilder til de 7 grupper af organiske mikroforureninger

I det følgende gennemgås de mulige kilder til en grundvandsforurening med de 7 forskellige grupper af stoffer, som indgår i NOVA 2003 programmet.

Aromatiske kulbrinter

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

Phenoler

Tjære indeholder ca. 10% phenoler og er hermed en potentiel kilde til forurening med phenoler. 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. Phenol og methylphenoler kan dannes ved nedbrydning af naturligt organisk stof. Ifølge Miljøstyrelsen (1995b) er indholdet af phenol i kvæg- og svinegødning henholdsvis 31 og 26 mg pr. kg vådvægt. Simple alkylphenoler kan også fremkomme under nedbrydning af nonylphenoler.

Nonylphenoler

I de seneste år har der været stor fokus på hormonlignende stoffers forekomst i miljøet, og nonylphenolerne er en af de grupper, som har været diskuteret i denne sammenhæng. Nonylphenoler i miljøet stammer primært fra nedbrydning af nonylphenoethoxylater, som blandt andet findes i vaskemidler og rengøringsmidler.

Nonylphenoler (NP), nonylphenolmonoethoxylater (NP1EO) og nonylphenoldiethoxylater (NP2EO) består hver af fra 8-12 isomere, og analysen skelner ikke mellem disse. Rent analyseteknisk er det muligt at adskille de forskellige isomere, men i overvågningssammenhæng behandles stofgrupperne som en sum af isomere. Analysemetoden bygger på en GC/MS analyse, der på rå-ekstrakter bestemmer indholdet af nonylphenoler, nonylphenolmonoethoxylater og nonylphenoldiethoxylater som isomersummer.

Halogenerede alifatiske kulbrinter

Kilderne til de halogenerede alifatiske kulbrinter kan f.eks. være fyld- og lossepladser, farve- og lakindustri, galvanisering, benzinanlæg og kemisk tøjrensning. Stoffet vinylchlorid er et nedbrydningsprodukt fra de chlorerede kulbrinter. Ved nedbrydning af tetrachlorethen dannes trichlorethen, som via dichlorethen isomerer nedbrydes til vinylchlorid. Vinylchlorid kan mineraliseres direkte eller nedbrydes til ethan via ethen (Albrechtsen og Bjerg 2000). Da omsætningshastigheden af vinylchlorid i grundvandsmagasinerne formodentligt er mindre end for de øvrige chlorerede kulbrinter, må det antages, at der på længere sigt vil ske en opkoncentrering af vinylchlorid i de grundvandsmagasiner, der i dag er forurenede med chlorerede kulbrinter. Undersøgelser har vist, at chloroform (trichlormethan) kan dannes naturligt f.eks. under skovjorde (Engvild 2000). 1,2-dibromethan har været anvendt i blyholdig benzin for at undgå blybelægninger i motorerne. Ifølge Shell har der ikke været solgt benzin med 1,2-dibromethan i Danmark siden marts 1994.

Chlorphenoler

Kilderne til chlorphenoler er primært produktion af pesticider og uhensigtsmæssig deponering af affald fra produktionen. Fremstilling af træimpregneringsmidler kan også være en mulig kilde til forurening med chlorerede phenoler. Eksempelvis pentachlorphenol har i perioden 1956 til 1979 været anvendt til træimpregnering i mængder på op til 4.300 kg/år.

Chlorphenoler optræder blandt andet som tekniske urenheder i forbindelse med fremstilling af chlorphenoxy-syrerne; disse har gennem mange år været anvendt i store mængder som ukrudtsmidler. Ved nedbrydning af chlorphenoxy-syrerne kan der blandt andet dannes chlorphenoler. I overvågningssammenhæng kan det derfor være relevant at betragte chlorphenolerne som pesticidnedbrydningsprodukter, og derfor behandles stofgruppen også i afsnittet om pesticider.

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 forekomme 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.

Ethere

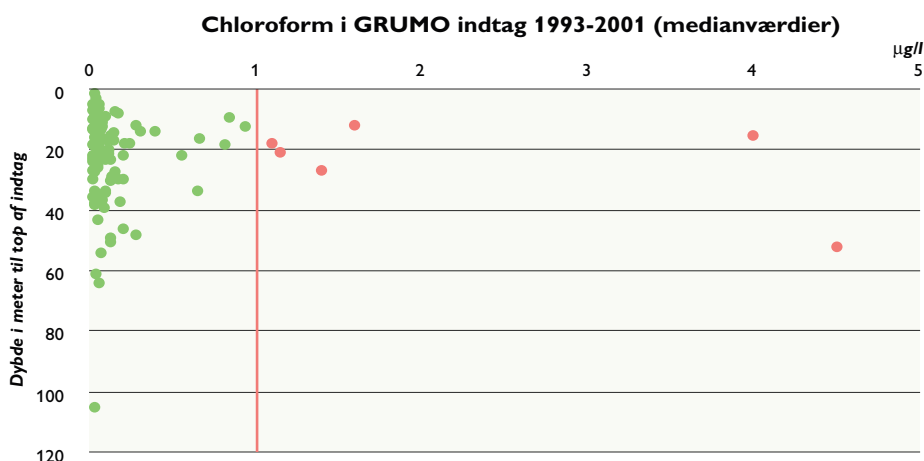
MTBE er et hjælpestof, som tilsættes benzin for at øge oktantal og fremme forbrændingen i motoren.

Grundvandsovervågning

Der er i grundvandsovervågningen i perioden 1993-2001 i alt gennemført analyse for organiske mikroforureninger i 7.749 vandprøver repræsenterende 1.116 forskellige indtag (tabel 4.2 og 4.3). I 1993 af de 1.116 undersøgte indtag er der i perioden mindst en gang fundet én eller flere organiske mikroforureninger, svarende til fund i 89 % af indtagene (67 % hvis der ses bort fra anioniske detergenter – se nedenfor). I perioden er der udtaget 3 eller flere prøver fra hvert enkelte indtag. Det skal bemærkes, at et enkelt fund i perioden ikke nødvendigvis er ensbetydende med en konstant tilstedeværelse af organiske mikroforureninger i vandet ved indtaget. Dette kan indirekte ses af tabel 4.1, hvor det årlige procentvise antal boringer med fund ligger mellem 26% og 67%, mens der set over hele perioden 1993-2001 findes indhold i langt de fleste indtag mindst en gang (89%).

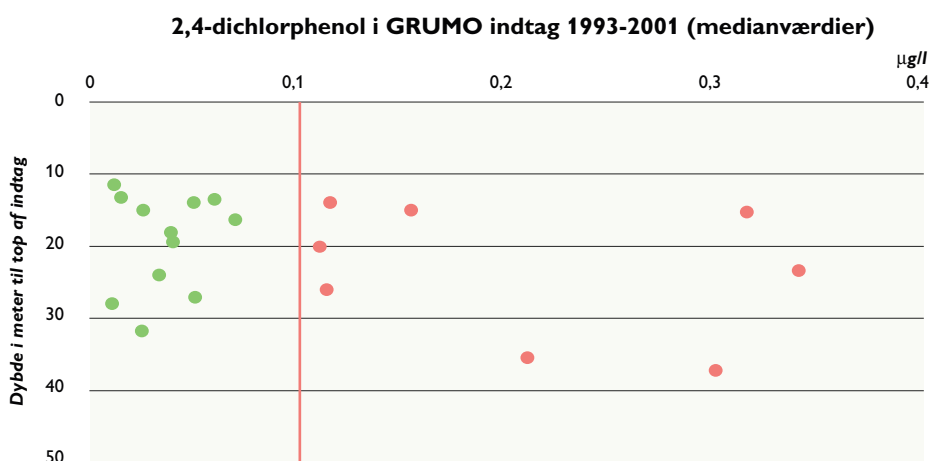
I grupperne aromatiske kulbrinter, halogenerede alifatiske kulbrinter og chlorphenolerne er der blevet analyseret stort set lige mange indtag. Analyserne for de aromatiske kulbrinter repræsenterer 1.069 indtag og denne stofgruppe er den hyppigst fundne (der ses bort fra detergentanalyserne, se senere). For benzens vedkommende er der overskridelser af grænseværdien for drikkevand (Miljø- og Energiministeriet 2001) i ca. 0,5% af de undersøgte indtag. For fem af de halogenerede alifatiske kulbrinter (bilag 4.1) er der ligeledes tilfælde med overskridelse

af grænseværdien for drikkevand. Data i GRUMO har vist, at mange af stofferne i de nævnte grupper kan trænge dybt ned gennem jordlagene. I figur 4.1 er der som eksempel vist fund af chloroform (trichlormethan). Der kan ses mange fund i området ned til 40 m under terræn og enkelte fund i området 60-105 m.



Figur 4.1 Koncentration af chloroform (trichlormethan) i grundvandsovervågningen sammenholdt med dybde til top af indtag. Medianværdier af fund er beregnet for hvert enkelte indtag (data grundlag 1993-2001, 223 fund i 101 indtag). Grænseværdien for drikkevand er angivet med rød linie (se tabel 4.1).

I gruppen af chlorphenoler, som repræsenterer 1.093 indtag, overskrides grænseværdierne også. For 2,4-dichlorphenol er der overskridelser i halvdelen af indtagene med fund. Grænseværdien for pentachlorphenol i drikkevand er 0,01 µg/l, og i samtlige 7 indtag med fund er grænseværdien overskredet. Udbredelsen af chlorphenol i dybden er illustreret i figur 4.2. Der er indrapporteret analyser af indtag, der ligger mere end 100 m under terræn, men fundene er koncentreret i området 10-40 m.



Figur 4.2 Koncentration af 2,4-dichlorphenol i grundvandsovervågningen sammenholdt med dybde til top af indtag. Medianværdier af fund er beregnet for hvert enkelte indtag (data grundlag 1993-2001, 39 fund i 20 indtag). Grænseværdien for drikkevand er angivet med rød linie (se tabel 4.1).

Ud over de mere strukturelt simple phenoler analyseres der også for nonylphenoler og nonylphenol-ethoxylaterne. Phenol analyseres dog langt hyppigere end nonylphenol og ethoxylaterne. Det er karakteristisk for fundene i GRUMO, at de fundne overskridelser af grænseværdier ligger på 1% eller mindre af de undersøgte indtag.

Hvad angår de anioniske detergenter er analyseresultaterne usikre, idet metoden der anvendes kan give anledning til falske positive resultater (metoden er ikke specifik). Desuden har en interkalibrering vist, at nogle laboratorier havde vanskeligt ved at finde de korrekte indhold under 10 µg/l (Miljøstyrelsen 1997). De eksisterende data er derfor mest et mål for et maksimalt niveau, og der arbejdes i disse år på at få indført en specifik analysemetode, så den reelle belastning med disse stoffer kan vurderes.

Grundvandsovervågning Prøvetagningsår	Analyser antal	Indtag med analyse		Indtag med fund	
		antal	antal	antal	%
1993	545	486	325	67	(41)
1994	714	596	293	49	(15)
1995	846	669	338	51	(19)
1996	982	753	353	46	(16)
1997	926	726	329	45	(11)
1998	894	781	222	28	(19)
1999	1.097	834	313	38	(19)
2000	877	749	245	32	(23)
2001	868	790	202	26	(13)
1993-2001	7.749	1.116	993	89	(67)

Tabel 4.2 Analyse for organiske mikroforureninger (jævnfør bilag 4.1) samlet og år for år i grundvandsovervågningen i perioden 1993-2001. Tallene i parentes angiver de fundprocenter, der fremkommer hvis anioniske detergenter udelades af opgørelsen (se tekst for diskussion af forbehold for data i denne stofgruppe).

Som det fremgår af bilag 4.1 er der ingen umiddelbare problemer med indholdet af anioniske detergenter. Kun i grundvandsovervågningen er der to fund af anioniske detergenter over grænseværdien for drikkevand på 100 µg/l, og der er kun ganske få fund over 40 µg/l. På baggrund af denne usikkerhed bag data for anioniske detergenter angives der et supplerende sæt fundprocenter i tabel 4.2, hvor tallene i parentes angiver fundprocenterne uden anioniske detergenter (den samme supplerende oplysning er givet i oversigtstabellerne for LOOP tabel 4.5 og boringskontrollen tabel 4.6).

Der har i de forløbne år været en del omtale af stoffet MTBE, et hjælpestof der tilsættes benzin for at øge oktantal og fremme forbrændingen i motoren. Stoffet er fundet i grundvand i udlandet i høje koncentrationer. GEUS har data for 5 år fra grundvandsovervågningen og vandværksboringer. Det fremgår af bilag 4.1, at der er udført 243 analyser, men der er stadig kun ét fund (1,4 µg/l) i grundvandsovervågningen. Til sammenligning er der i boringskontrollen (bilag 4.3) fundet MTBE i 96 ud af 1.722 analyserede boringer, og heraf var 10 fund (0,6%) over grænseværdien. Dette indikerer, at det er væsentligt at opretholde overvågningen af MTBE, selvom anvendelsen af stoffet er nedadgående, og selvom der kun er et enkelt fund i GRUMO.

Grundvandsovervågning 1993-2001	Indtag med analyse	Indtag med fund		Indtag med fund over grænseværdi ¹⁾
	antal	antal	%	%
Aromatiske kulbrinter	1.069	283	26,5	0,5
Halogenerede alifatiske kulbrinter	1.070	165	15,4	1,9
Phenoler	1.087	159	14,6	1,3
Alkylphenol forbindelser	1.056	32	3,0	0
Chlorphenoler	1.093	29	2,7	1,6
Blødgørere	725	35	6,1	3,9
Detergenter	1.048	901	86,0	0
Ethere	218	1	0,5	0

1) Der anvendes her grænseværdien for drikkevand hvor en sådan findes, se tabel 4.1.

Tabel 4.3 Oversigt over analyseresultaterne for de organiske mikroforureninger i grundvandsovervågningen fordelt på grupper dækkende perioden 1993-2001. Antallet af analyser og undersøgte indtag vises. Desuden vises den procentandel af de undersøgte indtag, hvor der er fundet indhold og indhold over grænseværdien for drikkevand. En mere detaljeret oversigt over enkeltstoffer indenfor grupperne fremgår af bilag 4.1.

Landovervågningsoplande

I landovervågningsoplandene (LOOP) er der i perioden 1995-2001 gennemført analyser for organiske mikroforureninger i 267 vandprøver repræsenterende 53 forskellige indtag (tabel 4.4 og 4.5).

Landovervågning Prøvetagningsår	Analyser	Indtag med analyse		Indtag med fund	
	antal	antal	antal	%	%
1995	25	16	1	6	(6)
1996	31	15	0	0	(0)
1997	7	4	0	0	(0)
1998	28	22	1	4	(5)
1999	81	37	22	60	(60)
2000	47	18	8	44	(11)
2001	48	19	5	26	(26)
1993-2001	267	53	29	55	(52)

Tabel 4.4 Analyse for organiske mikroforureninger udført pr. år i landovervågningen i perioden 1995-2001. Detaljer om stofgrupper findes i bilag 4.2. Tallene i parentes angiver de fundprocenter, der fremkommer, hvis anioniske detergenter udelades af opgørelsen (se tekst under grundvandsovervågning for diskussion af usikkerheder for denne stofgruppe).

I landovervågningsoplandene er der fundet organiske mikroforureninger i 55 % (52% hvis der ses bort fra de anioniske detergenter) af indtagene (se bilag 4.2 for detaljerede oplysninger om enkelt stoffer). Undersøgelserne har især været rettet mod de chlorerede phenoler, men kun stoffet 2,4-dichlorphenol er fundet. Der er udført analyser for phenol i vand fra 39 indtag, og stoffet er fundet i 12, heraf et indtag med indhold over grænseværdien for drikkevand. Der er nogle få data for nonylphenoler og nonylphenol-ethoxylater. Nonylphenol er fundet i 7 ud af 25 indtag, men i lave koncentrationer. Der er også udført analyser for dibutylphthalat (DBP) i

landovervågningsoplandene, og der er fund i 11 ud af 23 indtag. Medianværdierne for de stoffer, der er vist i bilag 4.2, er alle under grænseværdierne for indhold i drikkevand.

Landovervågning 1995-2001	Indtag med analyse		Indtag med fund	
	antal	antal	antal	%
Aromatiske kulbrinter	26	11	42	
Halogenerede alifatiske kulbrinter	7	0	0	
Phenoler	39	12	31	
Alkylphenol forbindelser	41	9	22	
Chlorphenoler	47	3	6	
Blødgørere	23	11	48	
Detergenter	23	11	48	

Tabel 4.5 Oversigt over analyseresultaterne for de organiske mikroforureninger i landovervågningen fordelt på grupper dækkende perioden 1995-2001. En mere detaljeret oversigt over enkeltstoffer indenfor grupperne fremgår af bilag 4.2

Vandværksboringer

Datamaterialet fra vandværkernes boringskontrol er indberettet til GEUS med en virksomhedskode der angiver, at det indvundne vand skal anvendes til drikkevandsproduktion. Virksomhedskoderne bliver ikke nødvendigvis opdateret, når boringerne ændrer formål/anvendelse. Det betyder i praksis, at der hos GEUS kan være registreret boringer, som ikke længere leverer drikkevand, med høje koncentrationer af organiske mikroforureninger. Ved henvendelse til de pågældende vandværker viser det sig ofte, at boringerne nu anvendes som afværgeboringer for at beskytte en nærliggende drikkevandsressource, eller at de fra starten er registreret misvisende. Fejl i data rettes i takt med at de registreres, men samlet set kan antallet af vandværksboringerne, der fremstår som forurenede, være lidt lavere end det rapporterede.

Boringskontrol Prøvetagningsår	Analyser		Boringer med analyse		Boringer med fund	
	antal	antal	antal	%	%	
1993	169	125	39	21	(16)	
1994	491	350	95	27	(19)	
1995	604	358	132	37	(25)	
1996	489	324	75	23	(18)	
1997	798	558	155	28	(19)	
1998	1.245	882	234	27	(18)	
1999	1.900	1.460	497	34	(25)	
2000	2.116	1.667	598	36	(21)	
2001	2.958	2.447	561	23	(13)	
1993-2001	10.770	4.788	1.745	36	(22)	

Tabel 4.6 Oversigt over analyseresultaterne for organiske mikroforureninger pr. år i vandværksboringer 1993-2001. Tallene i parentes angiver de fundprocenter der fremkommer, hvis anioniske detergenter udelades af opgørelsen (se tekst under grundvandsovervågning for diskussion af usikkerheder for denne stofgruppe).

Der er i perioden 1993-2001 udtaget vandprøver fra 4.788 boringer til analyse for organiske mikroforureninger (se bilag 4.3). Der er fundet organiske mikroforureninger i 1.745 boringer svarende til 36 % (22% hvis der ses bort fra de anioniske detergenter) (tabel 4.6). Fordelingen indenfor stofgrupper er opsummeret i tabel 4.7 (en nærmere beskrivelse af stoffer indenfor grupperne og tilknyttede data findes i bilag 4.3). Der findes enkelte andre sporadiske analyser, men de her viste tegner det generelle billede af vandværkernes boringskontrol.

Boringskontrollen 1993-2001	Boringer med analyse	Boringer med fund		Boringer med fund over grænseværdi ¹⁾
	antal	antal	%	%
Aromatiske kulbrinter	2.166	282	13	0,6
Halogenerede alifatiske kulbrinter	2.114	339	16	1,1
Phenoler	1.212	123	10	1,7
Alkylphenol forbindelser	732	47	6	0
Chlorphenoler	3.644	49	1	0,6
Blødgørere	16	2	13	0
Detergenter	1.658	1.023	62	0
Ethere	1.722	96	6	0,6

1) Der anvendes her grænseværdien for drikkevand hvor en sådan findes, se tabel 4.1.

Tabel 4.7 Oversigt over analyseresultaterne for de organiske mikroforureninger i vandværkernes boringskontrol fordelt på grupper dækkende perioden 1993-2001. Antallet af analyser og undersøgte boringer vises. Desuden vises den procentandel af de undersøgte boringer, hvor der er fundet indhold og indhold over grænseværdien for drikkevand. En mere detaljeret oversigt over enkeltstoffer indenfor grupperne fremgår af bilag 4.3.

Analyser for halogenerede alifatiske kulbrinterne og aromatiske kulbrinter repræsenterer godt 2.000 boringer hver, og begge grupper er fundet relativt hyppigt. Grænseværdierne er overskredet i mange tilfælde, hvoraf en del kan forklares ved, at boringerne har ændret formål eller anvendelse. Gruppen af chlorphenoler indeholder også mange analyser, men her er væsentlig færre boringer med fund. De chlorerede phenoler har dog nogle få overskridelser af grænseværdien for drikkevand. I gruppen af phenoler er det kun phenol, der er fundet og kun få gange over grænseværdien for drikkevand.

MTBE er fundet i 96 ud af 1.722 undersøgte vandværksboringer i perioden 1998-2001. Heraf havde 10 boringer et indhold over grænseværdien for drikkevand svarende til 0,6% af de undersøgte boringer.

Andre boringer

Gruppen "Andre boringer" omfatter markvandingsboringer, vandværkernes overvågningsboringer, nedlagte vandværksboringer og boringer gennemført i forbindelse med forureningsundersøgelser etc. Der kan forekomme meget høje indhold i denne gruppe boringer, især i forbindelse med forureningsundersøgelser, og de indsamlede data kan ikke anvendes til at beskrive generelle tendenser i grundvandet. Datasættet må nærmere opfattes som et "værste tilfælde". Der er i denne gruppe rapporteret analyser af organiske mikroforureninger i 3.018 vandprøver til GEUS i perioden 1993-2001. Vandprøverne stammer fra 1.518 boringer med fund af organiske mikroforureninger i 536 boringer (se bilag 4.4 for detaljer).

Sammenfatning om organiske mikroforureninger

Der er i grundvandsovervågningen i perioden 1993-2001 undersøgt 7.749 vandprøver fra 1.116 indtag for organiske mikroforureninger. I 993 af de undersøgte indtag er der i perioden mindst en gang fundet én eller flere organiske mikroforureninger, svarende til at der er fund i 89% af indtagene. De fleste stammer fra anioniske detergenter, men da analysemetoden er ikke specifik kan en del af disse resultater skyldes andre naturligt forekommende stoffer. Ses der bort fra de anioniske detergenter var der mindst én gang i perioden fund i 67% af indtagene.

Der er i landovervågningsoplandene undersøgt 267 vandprøver fra 53 indtag. Der er fund i 55% af indtagene (52% hvis der ses bort fra de anioniske detergenter). I vandværksboringer er der udført analyser af miljøfremmede stoffer i knap 4.800 boringer. I ca. 1/3 af boringerne er der fundet mindst et miljøfremmed stof, oftest anioniske detergenter – ses der bort fra disse er det godt hver 5. boring. Fælles for langt de fleste fund er, at de er under grænseværdien for drikkevand.

I grundvandsovervågningen er der i udført 218 analyser for MTBE, men der er kun et enkelt fund. Til gengæld er der i vandværksboringer for perioden 1998-2001 analyseret 1.722 boringer og heraf har 10 (svarende til 0,6%) af de undersøgte boringer en koncentration over grænseværdien for MTBE. Det er således fortsat væsentligt at overvåge dette stof i de danske grundvandsmagasiner og boringer.

De anioniske detergenter tilhører den stofgruppe af organiske mikroforureninger, som er hyppigst rapporteret i grundvandsovervågningen. Den metode, der anvendes til analysen for anioniske detergenter, er dog ikke en specifik analysemetode. Grænseværdien for drikkevand er 100 µg/l. I en interkalibrering havde nogle laboratorier vanskeligt ved at finde de korrekte indhold under 10 µg/l. Der arbejdes på at indføre en ny analysemetode. Set i forhold til grænseværdien er der ikke umiddelbare problemer med indholdet af anioniske detergenter i grundvandet. Men alligevel er det yderst relevant at få indført en mere specifik analyse for detergenter i grundvandsovervågningen, således at det kan afgøres, hvorvidt de mange fund i grundvandet skyldes naturligt forekommende stoffer eller udelukkende stammer fra vaske- og rengøringsmidler etc.

Pesticider og nedbrydningsprodukter

Pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandsovervågningen

Der er i grundvandsovervågningen i perioden 1990-2001 gennemført 7851 analyser af grundvandsprøver udtaget fra 1.166 indtag i overvågningsboringer, tabel 5.1 og 5.2.

Grundvandsovervågning 1990-2001	Analyser antal	Middeldybde til	Middeldybde til	Middellængde af
		top af indtag meter	bund af indtag meter	indtag meter
Københavns og Frederiksberg kommuner	182	17,7	20,9	3,2
Københavns Amt	438	33,4	35,5	2,2
Frederiksborg Amt	553	24,7	27,1	2,4
Roskilde Amt	465	21,4	26,6	5,2
Vestsjællands Amt	504	17,4	19,6	2,2
Storstrøms Amt	510	23,3	25,4	2,1
Bornholms Amt	153	15,9	29,8	13,9
Fyns Amt	882	28,9	30,4	1,5
Sønderjyllands Amt	660	24,9	26,6	1,7
Ribe Amt	417	29,8	31,3	1,5
Vejle Amt	451	24,1	26,2	2,1
Ringkøbing Amt	430	26,3	27,8	1,5
Århus Amt	787	23,8	27,5	3,7
Viborg Amt	627	24,2	27,2	3,0
Nordjyllands Amt	792	24,3	30,5	6,3
Alle amter	7.851	24,0	27,5	3,5

Tabel 5.1 Analyserede vandprøver og indtag med pesticidanalyse og gennemsnitlige dybde til top og bund af indtaget samt gennemsnitlig indtagslængde i grundvandsovervågningen 1990-2001 baseret på oplysninger indsendt af amterne til GEUS's database Jupiter.

Den gennemsnitlige dybde til toppen af indtaget i de enkelte amter viser, at dybden til indtagene i Københavns Amt, Fyns Amt, Ribe Amt og Ringkøbing Amt er over 30 meter i gennemsnit. De i gennemsnit højest placerede indtag findes i Vestsjællands Amt, Bornholms Amt og Københavns og Frederiksberg kommuner. Af tabellen fremgår også, hvilken middellængde indtagene i de enkelte amter har. De enkelte oplande er ofte etableret omkring en indvindingsboring med et langt indtag. Beregnes medianlængden for indtagene, vil denne derfor være noget mindre end middellængden.

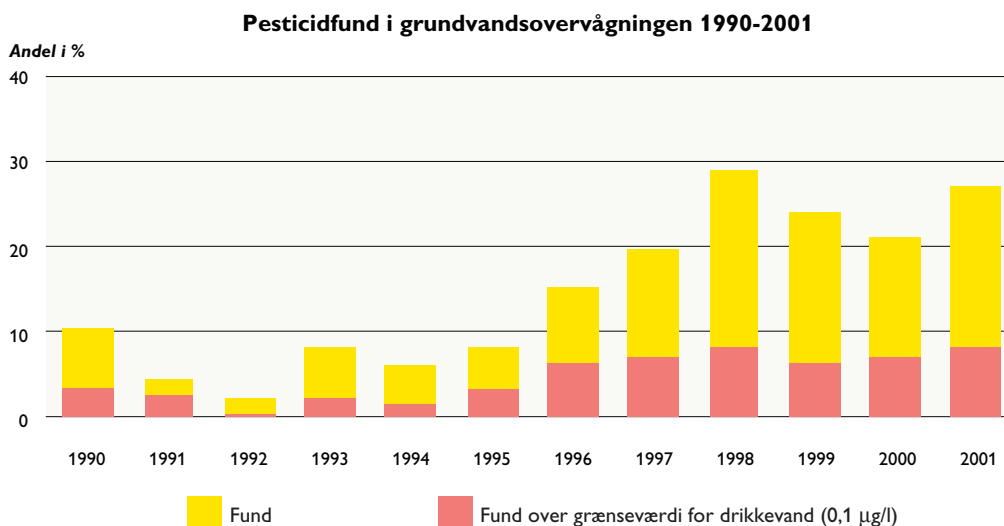
Der er fundet 52 pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandsovervågningen, hvoraf ca. 20 er nedbrydningsprodukter, se bilag 5.1. Derudover er der fundet en række phenolforbindelser, som kan stamme fra nedbrydning af phenoxysyrer, fra andre pesticider eller fra organisk stof. Disse stoffer er ikke medtaget i bilag 5.1, men i bilag 4.1 som omfatter organiske mikroforurenende stoffer.

I perioden 1990-2001 er der en eller flere gange fundet et eller flere stoffer i 478 indtag ud af 1.166 undersøgte svarende til 41%. Grænseværdien for indhold af et pesticid i drikkevand på

0,1 µg/l, er overskredet en eller flere gange i 14% af de undersøgte indtag (tabel 5.2). Andelen på 41% af indtag svarer til det antal indtag, som gennem hele perioden har været i berøring med pesticidholdigt grundvand. De 41% kan således ses som den andel af indtag, der er placeret i grundvand, som er sårbart overfor nedvaskning af pesticider.

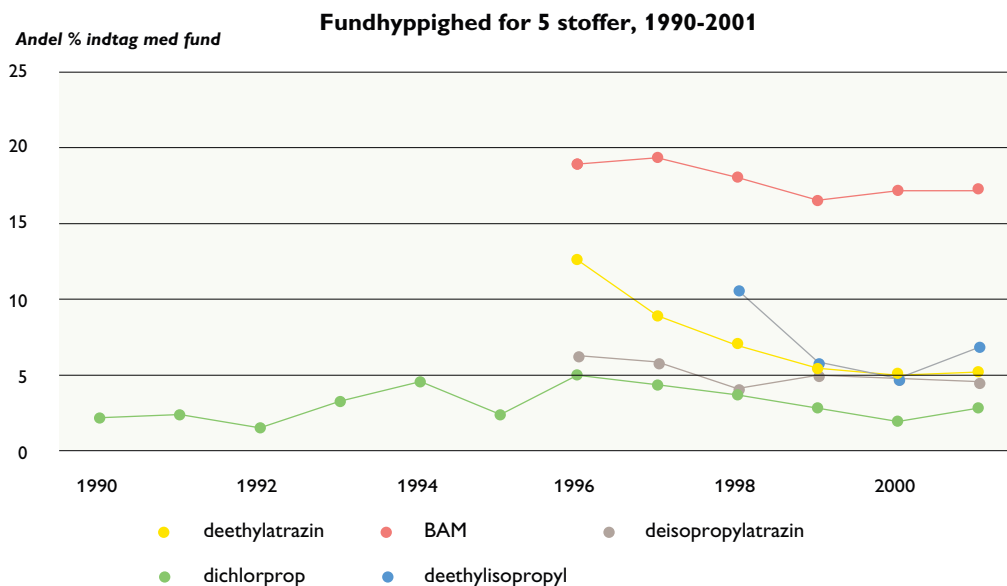
Grundvandsovervågning 1990-2001	Analyser	Indtag med analyse	Indtag med fund		Indtag med fund $\geq 0,1\mu\text{g/l}$	
	antal	antal	antal	%	antal	%
Alle pesticider 1990-2001	7.851	1.166	478	41	168	14,4
Alle pesticider 2001	784	740	201	27,2	63	8,5

Tabel 5.2 Oversigt over gennemførte analyser for pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandsovervågningen 1990-2001. "Alle pesticider, 1990-2001" omfatter alle analyser for pesticider og nedbrydningsprodukter incl. Phenolforbindelser, som kan stamme fra nedbrydning af f.eks. hormonmidler. "Alle pesticider, 2001" omfatter kun analysedata fra 2001, rapporteret til GEUS i 2002. (Se også figur 5.1)

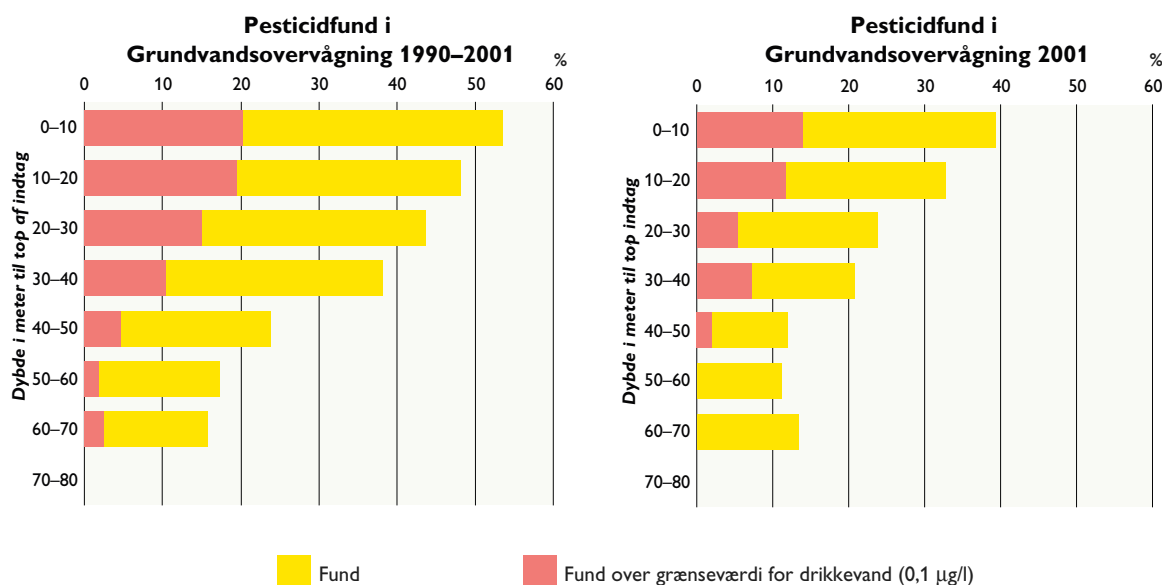


Figur 5.1 Indtag med fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandsovervågningen 1990-2001

Der blev i 2001 fundet pesticider eller nedbrydningsprodukter i 27% af de undersøgte indtag, og grænseværdien var overskredet i 8,5%. Det fremgår af figur 5.1, at antallet af indtag med fund i perioden 1993-1995 ligger lidt under 10% pr. år, men stiger til næsten 30% i 1998. I 2000 falder andelen til ca. 21%, men stiger igen til 27% i 2001. 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. Antallet af indtag med overskridelse af grænseværdien har været næsten konstant i perioden 1996-2001. Faldet i antallet af indtag med pesticider i 1998 til 2000 skyldes at de oftest fundne stoffer findes mindre hyppigt, mens stigningen i 2001 skyldes at mange stoffer findes lidt hyppigere, f.eks. 2,6-dichlorbenzamid (BAM), dichlorprop og 3 triazin nedbrydningsprodukter, figur 5.2. Desuden er forekomsten af glyphosat og dette stofs nedbrydningsprodukt AMPA stigende.



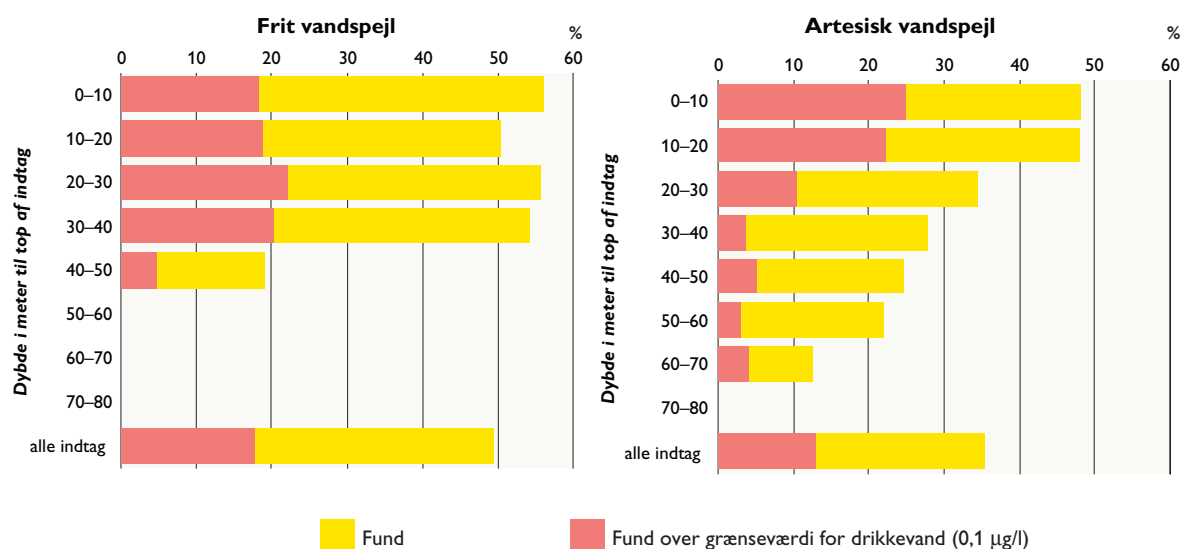
Figur 5.2 Forekomst af 5 udvalgte pesticider og nedbrydningsprodukter: BAM (2,6-dichlorbenzamid), dichlorprop og de tre triazin nedbrydningsprodukter deisopropylatrazin, deethylatrazin og deethylisopropylatrazin i indtag 0 til 30 meter under terræn.



Figur 5.3 Fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandsovervågningen fra forskellige dybdeintervaller for perioden 1990 – 2001 og for 2001. Det yngste vand findes primært i intervallet 0-10 meter under terræn, hvor antallet af indtag med fund er mere end 50% for perioden 1990-2001. Der forekommer også fund af pesticider og nedbrydningsprodukter under 80 meters dybde, men da der kun er analyseret få indtag, er disse udeladt.

Den dybdemæssige fordeling af pesticidfund (figur 5.3) viser at der i perioden 1990-2001 er fundet pesticider i ca. 50% af indtagene i dybdeintervallet 0-10 meter under terræn, og at grænseværdien var overskredet i ca. 20% af disse indtag. Fundhyppigheden aftager med dybden til ca. 15% i intervallet 60-70 meter under terræn, men der er også fundet pesticider i

større dybder. Disse er ikke medtaget i figur 5.2, da der kun er undersøgt få indtag i større dybder end 80 meter. De hyppige fund i det højtliggende grundvand skyldes især forekomsten af BAM og nedbrydningsprodukter fra triaziner og phenoxy-syrer. Opgøres antal indtag med fund for året 2001 alene ses samme tendens, men dog med en noget mindre fundhyppighed. F.eks. er der i 2001 fundet pesticider eller nedbrydningsprodukter i ca. 40% af de indtag, der har toppen af indtaget liggende i intervallet 0-10 meter under terræn. Figur 5.3 giver et klart indtryk af, at det sårbare grundvand særligt ligger tæt ved terræn, men også at der findes en meget høj grad af forurening selv i mere end 30 meters dybde.



Figur 5.4 Fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandsovervågningen fra forskellige dybdeintervaller for perioden 1990 – 2001 i grundvandsmagasiner med frit vandspejl og i grundvandsmagasiner med artesiske (f.eks. under lerdække) vandspejl. Der forekommer også fund af pesticider og nedbrydningsprodukter under 80 meters dybde, men kun intervaller med mere end 20 analyserede indtag er medtaget i figuren.

Opgøres fundhyppigheden i grundvandsmagasiner med frit vandspejl og med artesiske vandspejl, figur 5.4, ses en markant forskel på de to magasintyper. I magasiner med frit vandspejl findes pesticider eller nedbrydningsprodukter i mere end 50% af de analyserede indtag til en dybde af 40 meter, hvorefter påvirkningsgraden hurtigt klinger ud. I de artesiske grundvandsmagasiner findes pesticider og nedbrydningsprodukter i langt større dybder men med faldende påvirkningsgrad, hvilket formodentlig skyldes at tykke dæklag giver en vis beskyttelse overfor pesticidpåvirkning. Figuren viser også, at pesticider kan transporteres til stor dybde gennem sprækker og andre porer i dæklagene over grundvandsmagasinerne. Den lille påvirkningsgrad i de dybere dele af grundvandsmagasinerne med frit vandspejl (sand- og kalkmagasiner) skyldes formodentlig snarere, at grundvandet i 50 meters dybde er gammelt grundvand dannet før pesticider blev taget i brug end at de nedvaskede stoffer omsættes. Desuden falder antallet af indtag i dybder større end 50 meter under terræn.

Nedbrydningsprodukterne deethyldeisopropyl -, deethyl -, deisopropyl - og hydroxyatrazin fra triaziner er fundet hyppigt i grundvandet (tabel 5.3). De mange fund af deethylisopropylatrazin på henholdsvis 7,3% og heraf 2,6% over grænseværdien for drikkevand er repræsentative, da der er analyseret vandprøver fra mere end 800 indtag. Det fremgår af tabellen, at nedbrydningsprodukterne fra triaziner er fundet hyppigere end moderstofferne.

Nedbrydningsproduktet BAM er fundet hyppigst i grundvandsovervågningen med 19,3%; heraf 7,3% over grænseværdien. BAM er et nedbrydningsprodukt, som stammer fra nedbrydning af herbiciderne dichlobenil (Prefix og Casoron G) og chlorthiamid (Casoron). Chlorthiamid nedbrydes i jord til dichlobenil, som igen ved mikrobiel aktivitet nedbrydes til BAM (2,6-dichlorbenzamid) og til 2,6-dichlorbenzoesyre, som er fundet i 3 ud af 66 undersøgte indtag svarende til 4,5%. Chlorthiamids opløselighed i vand er ca. 950 mg/l, mens dichlobenils opløselighed er 14,6 mg/l. Den langt større opløselighed og en halveringstid i jord på 14-35 døgn betyder, at der formodentlig har været en risiko for udvaskning af høje koncentrationer af moderstoffet, som nedbrydes til bl.a. dichlobenil og BAM. Dichlobenil har været anvendt som granulat ved bekæmpelse af ukrudt på udyrkede arealer, især i bymæssig bebyggelse, på gårdspladser, i plantager og under prydræer og prydbuske i doseringer op til 400 kg/ha med 6,75% aktivstof svarende til 27 kg aktivstof/ha. Dichlobenil blev solgt sidste gang i Danmark i 1997, hvor Miljøstyrelsen forbød anvendelse af stoffet

Grundvandsovervågning 1993-2001	Analyser antal	Indtag med analyse antal	Indtag med fund		Indtag med fund ≥ 0,1µg/l	
			antal	%	antal	%
2,6-Dichlorbenzamid (BAM)	4.329	1.029	199	19,3	75	7,3
Atrazin, deethylisopropyl-	2.368	891	65	7,3	23	2,6
Atrazin, deisopropyl-	4.141	1.019	65	6,4	13	1,3
Atrazin, deethyl-	4.166	1.019	62	6,1	13	1,3
Atrazin	6.475	1.101	56	5,1	13	1,2
4-Nitrophenol	2.288	885	43	4,9	1	0,1
Bentazon	4.169	1.020	40	3,9	10	1
Dichlorprop	6.477	1.101	42	3,8	10	0,9
Mechlorprop	6.474	1.101	35	3,2	7	0,6
AMPA	2.555	899	21	2,3	4	0,4
Atrazin, hydroxy-	3.460	959	21	2,2	2	0,2
Simazin	6.468	1.101	23	2,1	5	0,5
Hexazinon	4.126	1.016	19	1,9	5	0,5
Terbuthylazin	4.086	1.016	17	1,7	0	
Pendimethalin	3.820	988	15	1,5	1	0,1

Tabel 5.3 De 15 hyppigst fundne stoffer i grundvandsovervågningen fra 1993-2001. Der er kun medtaget stoffer, som er analyseret i mere end 200 indtag. Se også bilag 5.1 for oversigt over alle analyserede stoffer i perioden 1993-2001, hvor også bl.a. mediankoncentrationer er beregnet.

Bentazon er fundet i 3,9% af de undersøgte indtag, hvoraf 1% var over grænseværdien for drikkevand. Der er analyseret for glyphosat i 900 indtag med fund af stoffet i 11 indtag, mens der er fundet AMPA i 21 indtag ud af 899 analyserede svarende til 2,3%. Se tabel 5.3 og bilag 5.1.

Opgøres fordelingen af triaziner og triazinernes nedbrydningsprodukter i redoxgrupper, ses en klar overrepræsentation i de iltrige miljøer. Dette skyldes formodentlig, at disse stoffer kun nedbrydes langsomt i iltrigt grundvand og derfor dominerer i de højtliggende grundvands-

magasiner, hvor en række andre pesticider som phenoxysyrerne tilsyneladende omsættes. Desuden forekommer triaziner i grundvand med endog meget høje nitratkoncentrationer. Triazinerne forekommer også i iltfattigt grundvand, hvor stofferne tilsyneladende også nedbrydes dårligt.

Sammenholdes forekomsten af de to phenoxysyrer dichlorprop og mechlorprop med forekomsten af BAM og atrazin i grundvand findes, at phenoxysyrerne forekommer i nitratfrit grundvand, mens atrazin og BAM også forekommer i nitratholdigt iltet vand. Dette stemmer godt overens med fordelingen af stofferne på landsplan, hvor phenoxysyrer særligt forekommer i magasiner under lerede sedimenter i ”Østdanske” oplande. BAM og atrazin forekommer også i de sandede iltede grundvandsmagasiner med frit vandspejl i ”Vestdanske” oplande. I de iltede og sandede magasiner når phenoxysyrerne formodentligt sjældent grundvandet, før de omsættes i den umættede zone. Hvis phenoxysyrerne når iltrigt grundvand, omsættes disse hurtigt i grundvandsmagasinerne, mens de fleste phenoxysyrer ved transport til iltfrie grundvandsmagasiner gennem f.eks. sprækker og andre makroporer tilsyneladende kun nedbrydes langsomt.

Mange af de kendte mobile og grundvandstruende pesticider er blevet forbudt eller reguleret af Miljøstyrelsen i løbet af 1990’erne.

Undersøgelse af pesticidforurening i små vandforsyningsanlæg.

Den markante højere påvirkningsgrad af det højtliggende og unge grundvand er også vist i et projekt, der undersøger pesticidforurening i små vandforsyningsanlæg i Sønderjyllands Amt, Viborg Amt, Storstrøms Amt og Københavns Amt, hvor formålet er at kortlægge forureningssituationen for private borer og brønde samt for små vandværker i Danmark (Brüsch 2002). Omfanget af forureningen med bekæmpelsesmidler i små vandforsyninger er hidtil kun kendt fra få undersøgelser gennemført af enkelte amter, hvor der er fundet pesticider i op til ca. 50% af de undersøgte brønde og borer.

I projektet undersøges ca. 625 vandforsyningsanlæg for udvalgte pesticider, en række andre stoffer og bakterielle parametre. Ejere af vandforsyningsanlæggene deltager også i et interview, hvor oplysninger om anlæggene og pesticidanvendelse indsamles.

Der findes i Danmark 80-90.000 private indvindingsboringer og gravede vandforsyningsbrønde. Disse borer og brønde er ofte uheldigt placeret i forhold til mulige forurenende kilder og borer og brønde kan være placeret i bunden af gamle gravede brønde på gårdspladser eller i nærheden af landejendomme. De private borer og brønde er sårbare overfor pesticidforurening pga. placering, men også fordi der herfra ofte indvindes vand fra terrænnære grundvandsmagasiner.

Der er p.t. analyseret vandprøver fra 568 små vandforsyningsanlæg. Der foreligger resultater fra 1. analyserunde for tre amter, mens begge prøveudtagningsrunder er gennemført i Sønderjyllands Amt. Vandprøverne er udtaget fra eksisterende taphaner i f.eks. køkken, udhus eller stald, og vandet stammer fra en enkelt indvindingsboring eller fra en gravet brønd. Vandprøverne kan være udtaget efter hydrofor og eventuel iltning af drikkevandet. Der er således tale om drikkevandsprøver.

I de 568 anlæg er der fundet pesticider i 300, og grænseværdien for drikkevand var overskredet i 182 svarende til henholdsvis 52,8% og 32%, tabel 5.4. I de 4 amter er andelen af pesticidfund i borer og brønde i samme størrelsesorden, men der er forskel på, hvilke pesticider der findes i de enkelte amter.

Det er endnu for tidligt at drage konklusioner om de private drikkevandsanlægs sårbarhed i relation til beliggenhed, geologi, teknisk stand og pesticidanvendelse på de omkringliggende arealerne. Men det må anses for sikkert, at mere end halvdelen af de undersøgte drikkevandsboringer og brønde indeholder pesticider, og at grænseværdien for pesticidindhold i drikkevand (0,1 µg/l) er overskredet i hver tredje boring eller brønd. Ud over de nævnte overskridelser viser en foreløbige opgørelse af målinger af coliforme bakterier, at der er en ret stor andel boringer og brønde, op til ca. 40%, med overskridelser af grænseværdierne. Dette viser en mulig direkte forureningskilde af vandforsyningsanlæggene via nedsivning af overfladevand og afløbsvand. Der er også målt overskridelser af kimtallet i 16 til 26 % af de undersøgte boringer og brønde i Sønderjylland.

Pesticidundersøgelse af private drikkevandsboringer	Boringer med analyse	Boringer med fund		Boringer med fund $\geq 0,1 \mu\text{g/l}$	
	antal	antal	%	antal	%
Københavns Amt	30	14	46,7	9	30
Sønderjyllands Amt	196	103	52,6	65	33,2
Storstrøms Amt	198	112	56,6	68	34,3
Viborg Amt	144	71	49,3	40	27,8
I alt	568	300	52,8	182	32

Tabel 5.4 Pesticidundersøgelser fra 4 amter.

Følgende generelle delkonklusioner kan drages:

- 1) - BAM er det hyppigst fundne enkeltstof. BAM er fundet med en hyppighed, der varierer mellem 34% og 38% af de undersøgte boringer og brønde i de 4 amter.
- 2) - Triaziner og disses nedbrydningsprodukter er den gruppe pesticider, der er fundet hyppigst. Det er særligt deisopropylatrazin som findes i 14 til 26% af de analyserede drikkevandsanlæg, hvilket formodentlig skyldes, at både atrazin og terbutylazin nedbrydes til deisopropylatrazin. Atrazin anvendes ikke i Danmark, mens terbutylazin er godkendt til anvendelse.
- 3) - De "gamle" pesticider som phenoxysyrerne dichlorprop, mechlorprop, 2,4-D og MCPA er kun fundet i få boringer eller brønde. Disse stoffer er i dag enten forbudt eller med reguleret anvendelse. Miljøstyrelsens regulering afspejles måske i den lille forekomst af disse stoffer i det yngste grundvand. Phenoxysyrerne er dog også kendt for hurtigt at nedbrydes i iltholdigt grundvand, som netop dominerer de undersøgte anlægstyper. Til gengæld viser den foreløbige opgørelse også, at de stoffer, som anvendes i store mængder i dag, findes hyppigt i de undersøgte boringer og brønde. Dette kan måske antyde, at pesticidindholdet i de sårbare magasiner reagerer hurtigt på regulering af pesticidforbruget, når man ser bort fra triaziner og BAM, som tilsyneladende ligger som en pulje i de øverste jordlag, hvorfra stofferne langsomt udvaskes.
- 4) - Glyphosat og AMPA er fundet i drikkevand udtaget i alle 4 amter. Det er dog særligt i Storstrøms Amt, de to stoffer er fundet hyppigt - i henholdsvis 12,1% og 18,7% af de undersøgte boringer og brønde. Det er særligt AMPA, som er fundet i høje koncentrationer - grænseværdien for drikkevand var overskredet i 8,1% af de undersøgte anlæg i Storstrøms Amt. I de andre tre amter er glyphosat og AMPA fundet i fra 1 til 10 % af de undersøgte vandprøver.
- 5) - Der findes ofte mange pesticider og nedbrydningsprodukter i samme boring eller brønd. I Storstrøms og Sønderjyllands amter er der fundet op til 12 forskellige pesticider og nedbryd-

ningsprodukter i nogle anlæg. I Sønderjylland var den højeste samlede sumkoncentration for de målte pesticider og nedbrydningsprodukter ca. 14,3 µg/l, mens den højeste sumkoncentration i Storstrøms Amt var 8,5 µg/l.

6) - Nitrat er fundet i koncentrationer over grænseværdien på 50 mg/l i henholdsvis 3%, 18% og 27% i Københavns Amt, Sønderjyllands Amt og Viborg Amt. Da projektet omfatter sårbare drikkevandsanlæg, som fortrinsvis indvinder grundvand fra højtliggende grundvandsmagasiner, er andelen af boringer og brønde med overskridelser af grænseværdien for nitrat relativ lille. Dette skyldes formodentlig, at de private drikkevandsanlæg rutinemæssigt analyseres for nitrat. Det er derfor muligt, at anlæg med væsentlige overskridelser af drikkevandskravet for nitrat allerede er taget ud af drift. Desuden opbevares husdyrgødning i dag i gyllebeholdere, hvilket givet betyder en mindre nedsivning af kvælstof nær nogle af de undersøgte boringer.

Projektet planlægges afsluttet i 2003.

Pesticider og nedbrydningsprodukter i landovervågningen

Amterne har i 2001 kun udtaget vandprøver til analyse for pesticider fra 21 indtag, tabel 5.5, hvoraf langt de fleste er udtaget i Sønderjyllands Amt. De få udtagne prøver skyldes, at amterne i 2001 har renoveret grundvandsrederne i LOOP. De få analyseresultater betyder, at LOOP datasættet ikke i år beskrives nærmere, men at der henvises til sidste års afsnit i Grundvandsovervågning 2001 (GEUS 2001) samt til bilag 5.2 i dette års rapport.

Landovervågning 1993-2001	Analyser	Indtag med analyse	Indtag med fund ≥ 0,1 mg/l	
	antal	antal	antal	%
1993	44	38	4	11
1994	129	57	24	42
1995	131	63	34	54
1996	93	48	16	33
1997	96	58	12	21
1998	194	48	19	40
1999	188	52	29	56
2000	98	40	17	43
2001	45	21	6	29

Tabel 5.5 Antal analyser pr år, undersøgte indtag og indtag med fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i pr. år landovervågningen 1993-2001.

I 2001 blev der udtaget 45 vandprøver fra 21 grundvandsindtag. I 6 af disse indtag blev der fundet pesticider eller nedbrydningsprodukter svarende til 29%. Grænseværdien var ikke overskredet i nogle af de undersøgte indtag.

Vandværksboringer

Vandværkerne har gennemført 11.835 analyser i perioden 1992-2001 i boringer, hvorfra der i de sidste tre år før prøvetagningen i 2001 er indvundet grundvand til drikkevandsformål (tabel 5.6). De analyserede vandprøver er udtaget fra 5.261 boringer, hvilket er ca. 900 færre boringer i forhold til opgørelsen i 2001, tabel 5.7. Det mindre antal boringer skyldes formodentlig, at der kun medtages boringer i opgørelsen, hvorfra der med sikkerhed vides at

være indvundet grundvand, og de 900 borerer må derfor formodes enten at være taget ud af drift eller at være nedlagt. De nedlagte borerer rapporteres i afsnittet om ”Andre borerer”.

Vandværkernes boringskontrol 1992 - 2001	Analysér	Middeldybde til top af indtag	Middeldybde til bund af indtag	Middellængde af indtag
	antal	meter	meter	meter
Uden oplysninger om amt	62	38,6	50,4	11,8
Københavns og Frederiksberg kommuner	4	25,9	28,7	2,8
Københavns Amt	605	26,1	50,8	24,7
Frederiksborg Amt	557	42,4	61,9	19,5
Roskilde Amt	778	24,5	46,7	22,2
Vestsjællands Amt	785	32,9	44,8	11,9
Storstrøms Amt	933	32,8	50,0	17,2
Bornholms Amt	187	18,9	51,8	32,9
Fyns Amt	1.092	30,9	39,6	8,7
Sønderjyllands Amt	859	40,9	49,2	8,3
Ribe Amt	532	52,3	66,3	14,0
Vejle Amt	553	38,3	47,4	9,1
Ringkjøbing Amt	466	62,8	75,3	12,5
Århus Amt	2.776	40,0	53,6	13,6
Viborg Amt	491	37,3	47,8	10,5
Nordjyllands Amt	1.155	33,6	52,0	18,4
Alle amter	11.835	36,2	51,0	14,9

Tabel 5.6 Pesticid- og nedbrydningsprodukt analyser fra vandværksboringer 1992-2001. Tabellen er baseret på data indsendt til GEUS i 2002 og omfatter kun borerer, hvorfra der er indvundet grundvand. I tabellen er vist middellængde af de indtag, hvorfra der indvindes grundvand og middeldybde til top og bund af indtagene .

Der er fundet 44 pesticider og nedbrydningsprodukter i vandværksboringer. Der er også fundet andre stoffer, bl.a. phenolforbindelser, som kan stamme fra nedbrydning af bl.a. phenoxy-syrerne, men som også kan stamme fra nedbrydning af naturligt organisk materiale eller fra forurenede grunde. Disse er ikke medtaget i bilag 5.3 men i bilag 4.3 om organiske mikroforurenende stoffer.

Vandværksboringer	Analysér	Indtag med analyse		Indtag med fund ≥ 0,1 µg/l		
	antal	antal	antal	%	antal	%
Alle pesticider 1992-2001	11.835	5.261	1.350	25,7	420	8,0
Alle pesticider 2001	2.097	1.713	531	31,0	128	7,5
Alle pesticider 2000	2.496	1.846	644	34,8	192	10,4

Tabel 5.7 Samlet antal analyser, analyserede borerer, borerer med fund af pesticider og nedbrydningsprodukter, borerer med fund af pesticider og nedbrydningsprodukter over grænseværdien på 0,1 µg/l og fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i vandværksboringer fra perioden 1992-2001.

I vandværksboringer er der i 1992-2001 en eller flere gange fundet pesticider i 1.350 boringer ud af de 5.261 undersøgte. Det svarer til 25,7% af de undersøgte boringer (tabel 5.7 og 5.8 og bilag 5.3). Grænseværdien for drikkevand på 0,1µg/l er overskredet i 420 boringer svarende til 8 % af de undersøgte boringer.

I 2001 blev der fundet et eller flere pesticider i 31 % af de undersøgte vandværksboringer, mens grænseværdien var overskredet i 7,5% af de undersøgte boringer (tabel 5.7). Af skemaet fremgår, at andelen af boringer med fund er faldet fra 34,8 % i 2000 til 31 % i 2001. Dette fald kan skyldes, at vandværkerne nedlægger de boringer, der findes pesticider i.

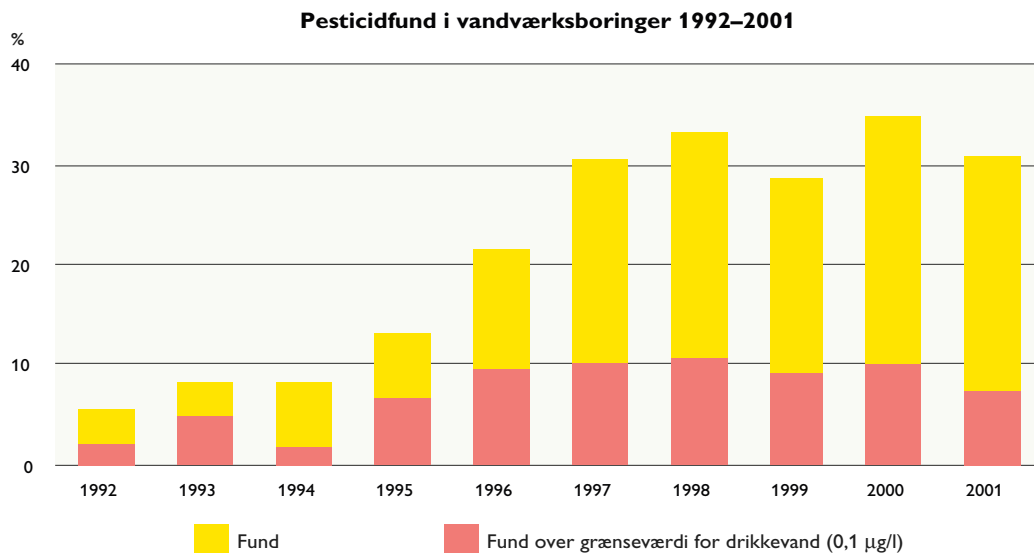
Vandværksboringer 1992-2001	Analyser		Boringer med fund		Boringer med fund $\geq 0,1\mu\text{g/l}$	
	antal	Boringer analyseret antal	antal	%	antal	%
BAM (2,6-Dichlorbenzamid)	9.105	4.771	1.049	22,0	344	7,2
Atrazin	9.352	4.975	145	2,9	14	0,3
Atrazin, desethyl-	6.701	4.523	122	2,7	12	0,3
Mechlorprop	9.555	5.053	107	2,1	12	0,2
Atrazin, desisopropyl	6.549	4.461	99	2,2	3	0,1
Dichlorprop	9.591	5.053	90	1,8	13	0,3
Bentazon	6.659	4.516	80	1,8	16	0,4
Hexazinon	6.865	4.571	75	1,6	10	0,2
Simazin	9.418	5.038	75	1,5	5	0,1
Atrazin, hydroxy-	5.108	3.667	27	0,7	2	0,1
Pendimethalin	6.353	4.452	26	0,6	1	0,0
MCPA	9.415	5.046	25	0,5	6	0,1
4CCP	1.286	816	23	2,8	2	0,2
Isoproturon	6.485	4.480	19	0,4	1	0,0
Dichlobenil	5.547	3.807	17	0,4	2	0,1

Tabel 5.8 De 15 hyppigst fundne stoffer i vandværksboringer, 1993-2001. Sorteret efter faldende antal fund.

Fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i vandværksboringer er steget gennem perioden 1992-1997 til et niveau på ca. 30%, figur 5.5. Stigningen gennem perioden kan skyldes, at indvindingsboringerne gennem perioden er blevet undersøgt for et stigende antal stoffer kombineret med en stigende forureningsgrad.

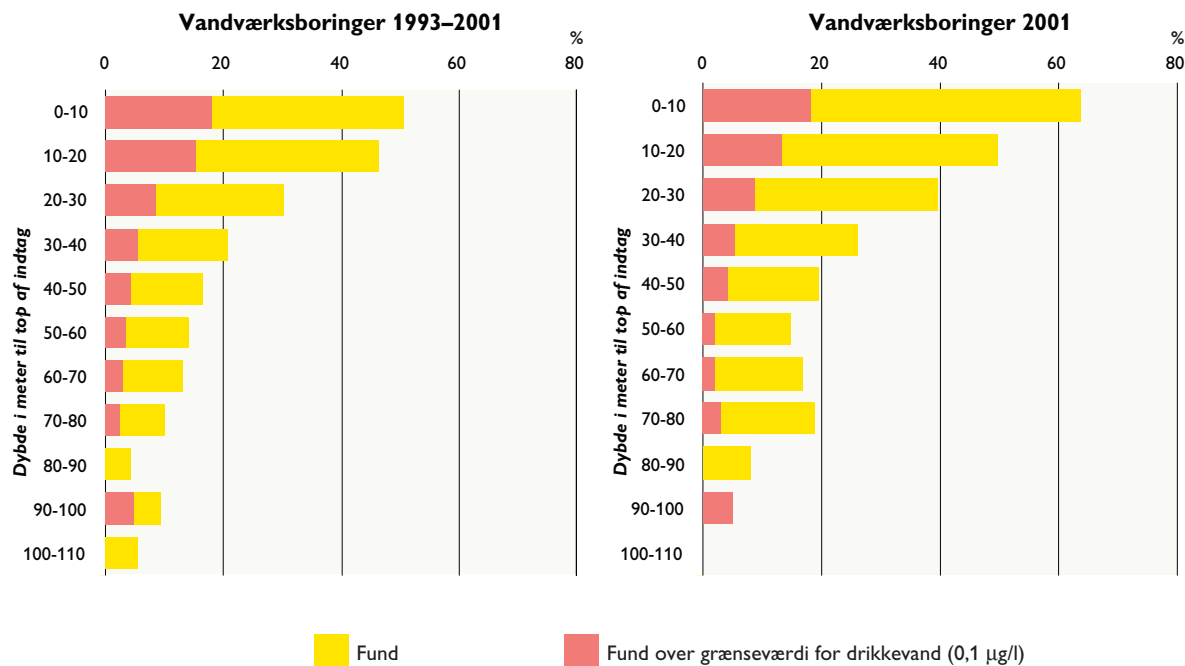
Fordelingen af pesticidfund i forhold til dybde (figur 5.6) viser, at ca. 50% af de undersøgte boringer i intervallet 0-20 meter under terræn indeholdt et eller flere pesticider eller nedbrydningsprodukter i perioden 1992-2001. Grænseværdien var overskredet i 15-20% af boringerne i intervallet 0-20 meter under terræn, figur 5.6. Antallet af fund falder med dybden, men selv i boringer, som indvinder grundvand i intervallet 60-70 meter under terræn, er der fundet pesticider eller nedbrydningsprodukter i ca. 10% af de undersøgte boringer. Opgørelse

fra hele perioden viser, i hvilket omfang de undersøgte vandværksboringer er sårbare overfor pesticidforurening. Opgørelsen fra 2001 viser et øjeblikbillede, og det ses hvordan påvirkningen af vandværksboringer er større i 2001 end i hele perioden. Antallet af overskridelser af grænseværdien for drikkevand på 0,1 µg/l er dog ikke steget i 2001.



Figur 5.5 Fund af pesticider i vandværkernes indvindingsboringer i perioden 1992-2001.

BAM er fundet hyppigst i vandværksboringer. Stoffet er fundet i ca. 22% af de undersøgte boringer og i ca. 7 % af boringerne med mindst én overskridelse af grænseværdien for drikkevand.



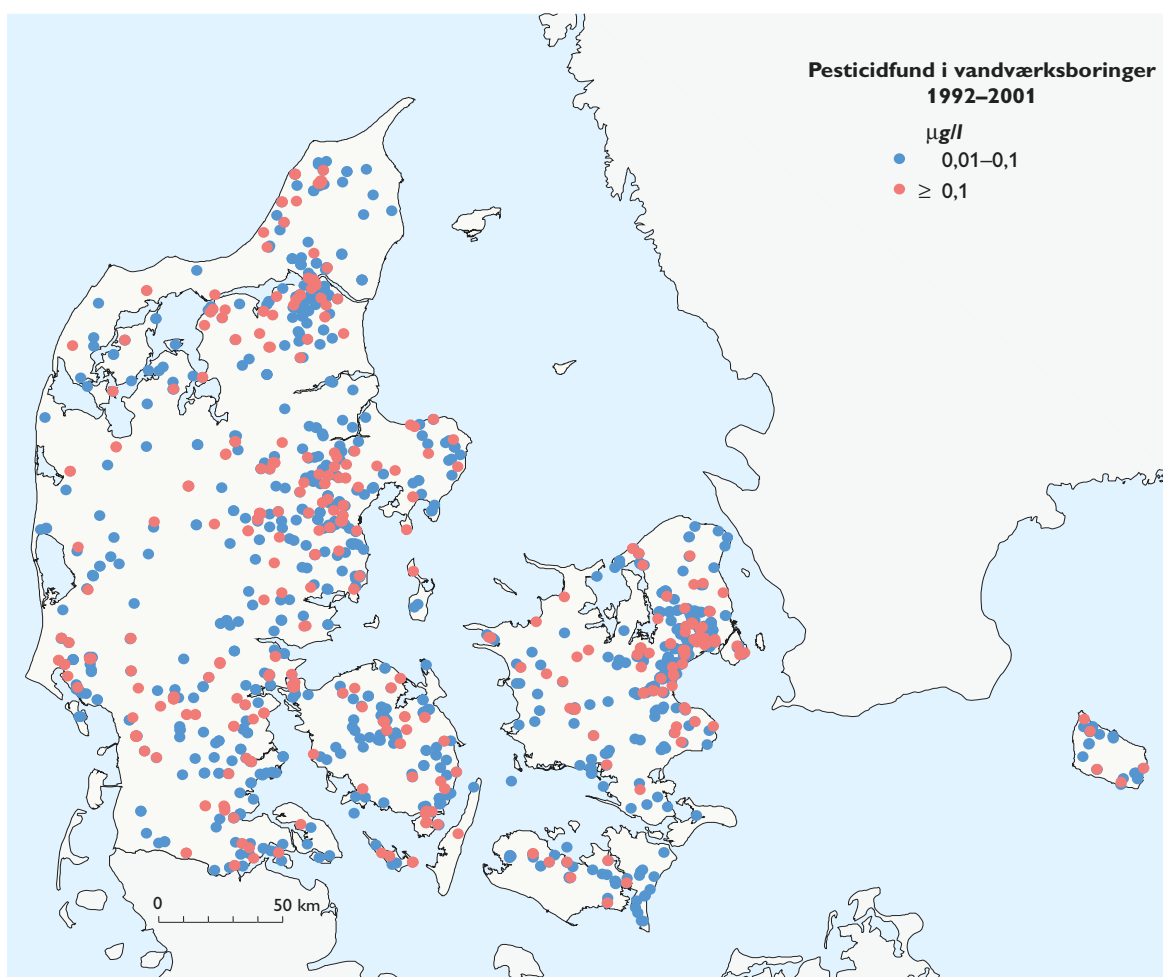
Figur 5.6 Fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i vandværksboringer i perioden 1993-2001 og i 2001. Der forekommer også enkelte fund af pesticider og nedbrydningsprodukter under 90 meters dybde, som er udeladt af figuren.

Blandt de "gamle" pesticider er det især atrazin og deethylatrazin, der forekommer hyppigt (2,9% og 2,7%), mens to af phenoxysyrerne dichlorprop og mechlorprop er fundet omtrent lige hyppigt (1,8 og 2,1%). Overskridelser af grænseværdien ligger for alle stoffer på nær BAM under én procent (tabel 5.8 og bilag 5.3).

Der foreligger nu analyser for fem nedbrydningsprodukter, som kan stamme fra nedbrydning af triaziner som f.eks. atrazin, terbuthylazin og simazin. Stofferne deethylisopropyl-, deethyl-, deisopropyl-, hydroxyatrazin og hydroxyterbuthylazin forekommer i op til ca. 3% af de undersøgte borer.

Den relative forekomst af forskellige pesticider og disses nedbrydningsprodukter viser, at gruppen "BAM og moderstoffer" forekommer hyppigst, mens gruppen "triaziner og nedbrydningsprodukter" og gruppen "phenoxysyrer og nedbrydningsprodukter" forekommer i omtrent lige stor mængde. Vurderes på samme måde fund $\geq 0,1 \mu\text{g/l}$ ses, at "BAM og moderstoffer" er den stofgruppe, som udgør langt de fleste fund.

Vurderes fund af pesticider og nedbrydningsprodukter efter anvendelsesformål, kan det konstateres, at det i overvejende grad er herbicider, som dominerer fundmønstret i vandværksboringer, men at der også findes både fungicider, insekticider samt stoffer, som kan stamme fra træbeskyttelse. Medtages kun fund $\geq 0,1 \mu\text{g/l}$ indtager herbiciderne en helt dominerende rolle, men de andre typer er også repræsenterede.



Figur 5.7 Fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i vandværksboringer i 1993-2001. Der er kun medtaget koordinatsatte borer med fund.

På kortet figur 5.7 ses, hvor de undersøgte boringer er placeret, og hvor der er fund af pesticider og nedbrydningsprodukter. Der foreligger dog ikke oplysninger om koordinater for alle boringer. Af figuren fremgår, at der især er fundet mange pesticider og nedbrydningsprodukter ved de større byer, og at der tilsyneladende er en overrepræsentation af fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i lerede områder. F.eks. er der kun fundet få pesticider og nedbrydningsprodukter på de sandede jyske hedesletter og på de marine sletter i Nordjylland.

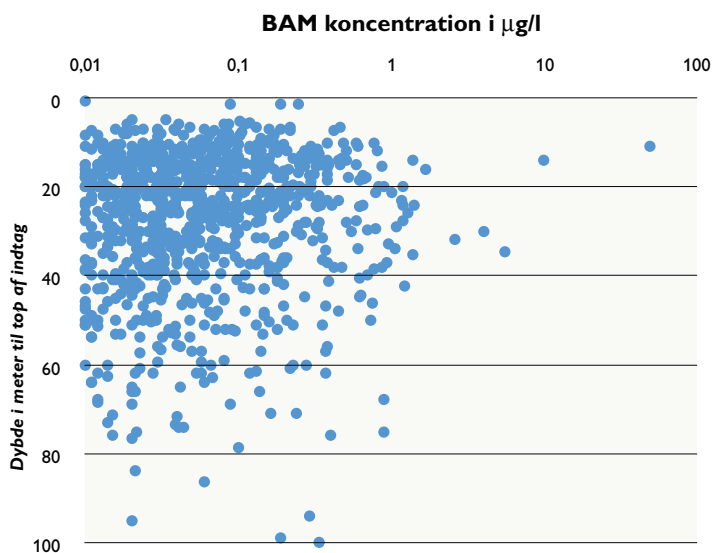
Dette stemmer godt overens med, at en række pesticider og nedbrydningsprodukter tilsyneladende er stabile i iltfattige grundvandsmiljøer, og at pesticider og nedbrydningsprodukter hurtigt kan transporteres til disse grundvandsmiljøer ved præferentiel strømning gennem f.eks. sprækker. Desuden viser amternes analyser af vandløbsprøver også, at der netop i de lerede og drænedede oplande findes mange pesticider og nedbrydningsprodukter.

I modsætning hertil er de sandede oplande, hvor der oftest kun findes triaziner og nedbrydningsprodukter heraf samt BAM i vandløbsvandet. Hertil kommer, at nedbørmængden og dermed fortyndingsgraden i Midt- og Vestjylland er langt større end i Østdanmark, der har en mindre nedbør og en betydelig mindre grundvandsdannelse.

BAM – 2,6-dichlorbenzamid

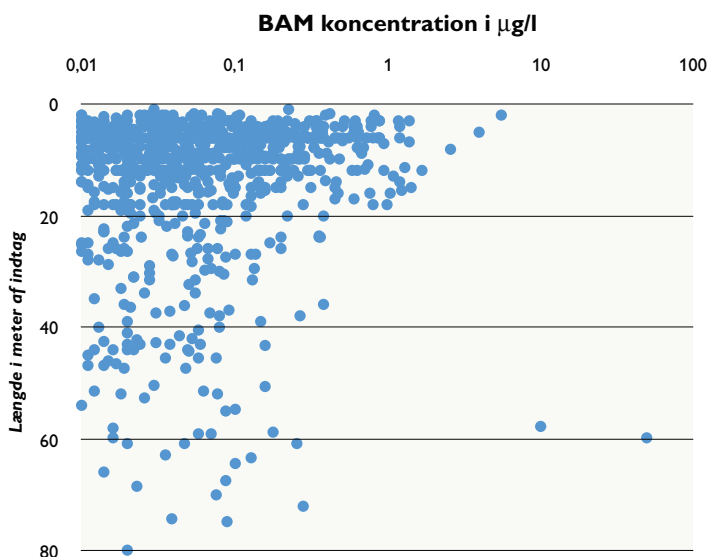
I GEUS's database Jupiter er der oplysninger om 9.105 vandprøver med analyse for BAM udtaget fra 4.771 vandværksboringer. Der er fundet BAM i vandprøver fra 1.049 boringer svarende til 22% af de undersøgte boringer. Grænseværdien for drikkevand er overskredet i 344 boringer svarende til 7,2% (tabel 5.8 og bilag 5.3).

Forekomsten af indtag med BAM fund (figur 5.8) viser, at hovedparten af BAM fundene fra perioden 1995-2001 med høje koncentrationer stammer fra grundvand i intervallet 0-40 meter under terræn, men også at der kan findes BAM i dybtliggende grundvandsmagasiner. En række af de rapporterede fund kan skyldes anvendelse af moderstoffet nær de påvirkede boringer.



Figur 5.8 Vandværksboringer med fund af BAM i 1995-2001 mod dybden til top af indtag. De første analyser af BAM i vandværksvand blev gennemført i 1995. Figuren er baseret på analyser fra 926 boringer med fund af BAM, hvor der er oplysninger om dybden til indtag.

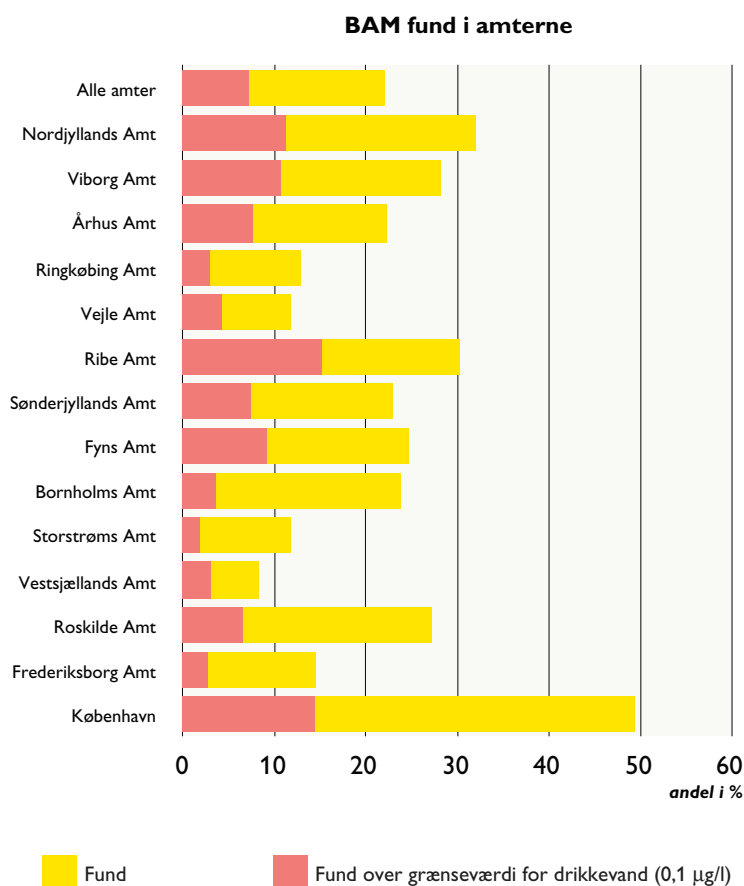
Da der er tale om indvindingsboringer, vil der også være tale om opblanding af gammelt og yngre grundvand i indvindingsboringernes indtag. Længden af det indtag, hvorfra drikkevandet indvindes, spiller også en rolle for hvilke BAM koncentrationer, der findes i vandet. Ved længere indtag falder BAM koncentrationerne, hvilket viser, at der sker en opblanding af højtliggende ungt og dybereliggende ældre grundvand, figur 5.9.



Figur 5.9 BAM koncentration mod længden af indtaget i vandværksboringer med fund i perioden 1995-2001. Figuren er baseret på 917 boringer med fund af BAM, hvor der er oplysninger om længden af grundvandsindtaget.

Sammenholdes BAM koncentrationer i vandprøver med prøvetagningstidspunkt, ses en tendens til faldende BAM koncentrationer gennem perioden 1996-2001. Denne tendens kan skyldes, at vandværkerne lukker boringer med høje BAM koncentrationer, og at boringerne ikke prøvetages derefter. Der er således kun en lille del af de analyserede boringer, som er analyseret hvert år.

Vurderes fordelingen af BAM på landsplan, ses at BAM i vandværksboringer forekommer med forskellig hyppighed i amterne, figur 5.10. I amter præget af byområder som Københavns Amt og Københavns og Frederiksberg kommuner er der fundet mange boringer med BAM. En lav fundhyppighed i amter som Ringkøbing Amt kan formodentlig forklares ved, at amtet er domineret af landbrugsarealer, og fordi vandværkerne i de sandede områder indvinder gammelt grundvand fra større dybder for at undgå nitratforurening.



Figur 5.10 Andel af vandværksboringer med fund af BAM i amterne. Boringerne er fordelt på to grupper: en med fund i koncentrationsintervallet 0,01 til 0,1 µg/l og en med fundkoncentrationer som er ≥ 0,1 µg/l BAM svarende til grænseværdien for drikkevand. København = Københavns Amt + Københavns og Frederiksberg kommuner.

Andre boringer

Gruppen ”Andre boringer” omfatter markvandingsboringer, vandværkernes overvågningsboringer, nedlagte vandværksboringer og boringer gennemført i forbindelse med forureningsundersøgelser etc.

Andre boringer	Analyser		Boringer med fund		Boringer med fund ≥ 0,1µg/l	
	antal	antal	antal	%	antal	%
Alle pesticider 1992-2001	3.167	2.074	687	33,1	353	17,0

Tabel 5.9 Andre boringer. Samlet antal analyser, analyserede boringer, boringer med fund af pesticider og nedbrydningsprodukter, boringer med fund af pesticider og nedbrydningsprodukter over grænseværdien på 0,1 µg/l og fund af pesticider og nedbrydningsprodukter fra perioden 1991-2001.

Når vandværkerne nedlægger boringer som følge af fund af f.eks. pesticider eller nedbrydningsprodukter, overføres boringerne til gruppen ”Andre boringer”. Gruppen omfatter p.t. 3.167 analyser af vandprøver udtaget fra 2.074 boringer, se tabel 5.9. Der er fundet pesticider og nedbrydningsprodukter i ca. 33% af boringerne, mens grænseværdien for drikkevand var overskredet en eller flere gange i 17% af de analyserede boringer. Gruppen ”Andre boringer” domineres af nedbrydningsproduktet BAM samt triaziner og triazinnedbrydningsprodukter, tabel 5.10 og bilag 5.4.

Andre boringer 1992-2001	Analyser	Boringer analyseret	Boringer med fund		Boringer med fund $\geq 0,1 \mu\text{g/l}$	
	antal	antal	antal	%	antal	%
2,6-Dichlorbenzamid (BAM)	1.956	1.377	435	31,6	254	18,4
Atrazin	2.840	2.017	200	9,9	48	2,4
Simazin	2.819	2.009	136	6,8	14	0,7
Atrazin, deethyl-	1.548	1.181	109	9,2	25	2,1
Atrazin, deisopropyl-	1.496	1.150	100	8,7	22	1,9
Dichlorprop	2.816	2.010	91	4,5	32	1,6
Mechlorprop	2.810	2.009	97	4,8	23	1,1
Bentazon	1.534	1.182	38	3,2	11	0,9
MCPA	2.800	2.010	51	2,5	3	0,1
Dinoseb	2.786	2.001	40	2,0	2	0,1
Hexazinon	1.577	1.218	25	2,1	8	0,7
Dichlobenil	1.562	1.218	32	2,6	3	0,2
DNOC	2.781	1.997	35	1,8	0	
Terbutylazin, deethyl-	527	311	14	4,5	4	1,3
Terbutylazin	1.492	1.156	18	1,6	3	0,3

Tabel 5.10 Andre boringer. De 15 hyppigst fundne stoffer. Sorteret efter faldende antal fund.

VAP – Varslingssystem for tidlig udvaskning af pesticider.

I 1998 blev der iværksat et program til overvågning af en eventuel udvaskning af pesticider fra dansk landbrug, Kjær et al., 2002. Programmet har til formål at undersøge, om godkendte pesticider ved regelret brug udvaskes til grundvandet. Overvågningen sker på 6 forsøgsmarker, som drives som almindelige landbrug med anvendelse af pesticider. På hver forsøgsmark er der etableret boringer og sugeceller, på de lerede også drænvandsudtagning.

Der udtages løbende prøver af jordvand og af nydannet grundvand for at følge en evt. udvaskning af pesticider. 13 af 21 analyserede stoffer blev ikke udvasket i overvågningsperioden, tabel 5.11. En del af de 13 stoffer har kun været inkluderet i overvågningsprogrammet i en udvaskningssæson, og det er endnu for tidligt at konkludere, at stofferne ikke udvaskes. Seks af de udbragte pesticider blev udvasket fra rodzonen. På nuværende tidspunkt er der ikke tale om en udvaskning, der som årsmiddel overstiger $0,1 \mu\text{g/l}$. De 6 stoffer blev alle udvasket fra lerlokaliteterne.

Jordtype	Tylstrup	Jynde vad	Silstrup	Estrup	Fårdrup	Slæggerup
	Leret sand	Sand	Sandet ler	Sandet ler	Sandet ler	Sandet ler
Metribuzin+metabolitter	++	++ ¹⁾				
Glyphosat+metabolit		--		+	--	
Ethofumesat			+			
Metamitron			+			
Flamprop-M-isopropyl				+		+
Pirimicarb	-		+		-	
Propiconazole	-	-		+	-	-
Fenpropimorph	-	-		-	-	+
Dimethoat				-		-
Metsulfuron-methyl				-		-
Triazinamin-methyl (tribenuron methyl)	-	--		-		-
Pendimethalin	-		-			
Fluazifop-P			-			
Desmedipham			-			
Phenmedipham			-			
Bromoxynil					--	
Fluroxypyr loxynil					-	
ETU (Mancozeb)	--				--	
Linuron	--					
Triasulfuron	-					

¹⁾ Stammer fra tidligere anvendelse

++ Pesticid eller nedbrydningsprodukter udvasket fra rodzone til 1 meter under terræn i koncentrationer som gennemsnitlig overskrider 0,1 µg/l

+ Pesticid eller nedbrydningsprodukter udvasket fra rodzone i en eller flere udtagne vandprøver. Gennemsnitskoncentration under 0,1 µg/l.

- Pesticid ikke målt eller kun målt i få vandprøver i koncentrationer under 0,1 µg/l

Tabel 5.11. Pesticidudvaskning på 6 forsøgsmarker. Antallet af + eller - viser antallet af udvaskningssæsoner stofferne har været analyseret og om stoffet er udvasket eller ikke fundet.

To af de udbragte stoffer gav anledning til en uacceptabel udvaskning:

Udvaskningen af **metribuzin** blev undersøgt på en sandjordslokalitet (JB2) Tylstrup i Nordjylland i forbindelse med kartoffeldyrkning. To nedbrydningsprodukter fra metribuzin (diketo-metribuzin og diketo-desamino-metribuzin) blev udvasket fra rodzonen i gennemsnitskoncentrationer, der oversteg 0.1 µg/l. Nedbrydningsprodukterne er relativt stabile og udvaskes mange år efter anvendelse. Tidligere behandling med metribuzin har således givet anledning til en vis grundvandsforurening på de undersøgte marker. Specielt diketo-metribuzin blev fundet i 90% af de analyserede indtag i høje koncentrationer på op til 0,55 µg/l.

Udvaskningen af glyphosat blev undersøgt på 3 forsøgsmarker. De tre marker repræsenterer henholdsvis to lerede jorde samt en sandet jord. På to af forsøgsmarkerne, Fårdrup på Sjælland og Jynde vad i Sønderjylland, er der efter 2 år endnu ikke set udvaskning af glyphosat eller AMPA. På den tredje forsøgsmark, Estrup nær Vejen i Jylland, har en efterårsudbringning af glyphosat givet anledning til en markant udvaskning fra rodzonen. Glyphosat blev anvendt på marken i midten af oktober 2000 efter høst som led i den normale dyrkningspraksis. I slutningen af oktober blev der fundet **glyphosat og AMPA** i drænvandet fra marken og tilstedeværelsen af stofferne kunne måles i alle prøver frem til maj 2001, hvor vandet holdt op med at løbe i drænene. Den højeste koncentration af glyphosat var 2,0 µg/l, og gennemsnitskoncentrationerne for glyphosat og AMPA var henholdsvis 0,54 µg/l og 0,17 µg/l.

Sammenfatning om pesticider og nedbrydningsprodukter

Andelen af indtag med fund af pesticider i grundvandsovervågningen er steget fra 21,4% i 2000 til 27,2% i 2001. Andelen af indtag med fund over grænseværdien er steget fra 6,8% til 8,5%. Stigningen skyldes, at mange stoffer findes lidt hyppigere. I perioden 1990-2001 er der nu fundet pesticider i ca. 40% af de undersøgte indtag, og andelen af indtag i grundvandsovervågningen, som i samme periode har været påvirket af pesticider, er stigende.

Der er særligt fundet BAM, triaziner og triazinnedbrydningsprodukter. I de nye GRUMO-data fra amterne er der også rapporteret om et stigende antal fund af glyphosat og særligt dette stofs nedbrydningsprodukt, AMPA.

Grundvandsmagasiner med frit vandspejl er i særlig grad sårbare overfor nedvaskning af pesticider, da der i 1990-2001 en eller flere gange er fundet pesticider i mere end 50% af de indtag, der ligger i intervallet 0-40 meter under terræn. Under denne dybde findes kun få indtag med pesticidfund. I de artesiske magasiner er der fund i næsten 50% af indtagene i intervallet 0-20 meter under terræn og antallet af fund aftager langsomt med stigende dybde, således at der selv i dybder på 60-70 meter under terræn er fundet pesticider i mere end 10% af de undersøgte indtag.

Vandværkernes boringer er stadig kraftigt påvirket af pesticider, men andelen af boringer med fund er faldet fra 34,8% i 2000 til 31% i 2001. Faldet kan skyldes, at vandværkerne har lukket boringer med fund af pesticider, samt at GEUS ikke har modtaget alle oplysninger om boringer med vandindvinding. I opgørelsen medtages kun vandværksboringer, hvorfra der er indvundet grundvand i en periode på tre år før 2001.

Det er stadig BAM, atrazin og triazinnedbrydningsprodukter samt mechlorprop og dichlorprop, som findes hyppigst. I 2001 blev der fundet pesticider i ca. 50% af det højtliggende grundvand i intervallet 0-20 meter under terræn, og antallet af fund bliver som i grundvandsovervågningen mindre med tiltagende dybde.

Der er kun udtaget få vandprøver i LOOP-områderne pga. reovering af boringerne.

En undersøgelse af pesticider i små vandforsyningsanlæg (boringer/brønde til forsyning af enkelthusstande) viser, at der er fundet pesticider i mere end 50% af de udtagne drikkevandsprøver, og at grænseværdien var overskredet i ca. hver tredje boring.

Grundvandsressourcen og hydrologisk modellering

Grundvandspotentiale

Regelmæssige målinger af grundvandsstanden giver mulighed for at vurdere ændringer i mængden af grundvand. Variationen i nedbør og fordampning hen over året gør, at grundvandsstanden ligeledes varierer naturligt hen over året med maksimum omkring april måned og minimum omkring oktober. På få år kan grundvandsstanden dog ændre sig betydeligt i forhold til den normale årsvariation, enten som følge af ændringer i nedbørmængden eller i grundvandsoppumpningen eller en kombination af ændringer i begge forhold.

Udover at tjene som en metode til overvågning af den kvantitative udvikling i grundvandsressourcens størrelse, udgør tidsserier over variationer i grundvandsstanden i forskellige grundvandsmagasiner et meget vigtigt datainput til grundvandsmodeller.

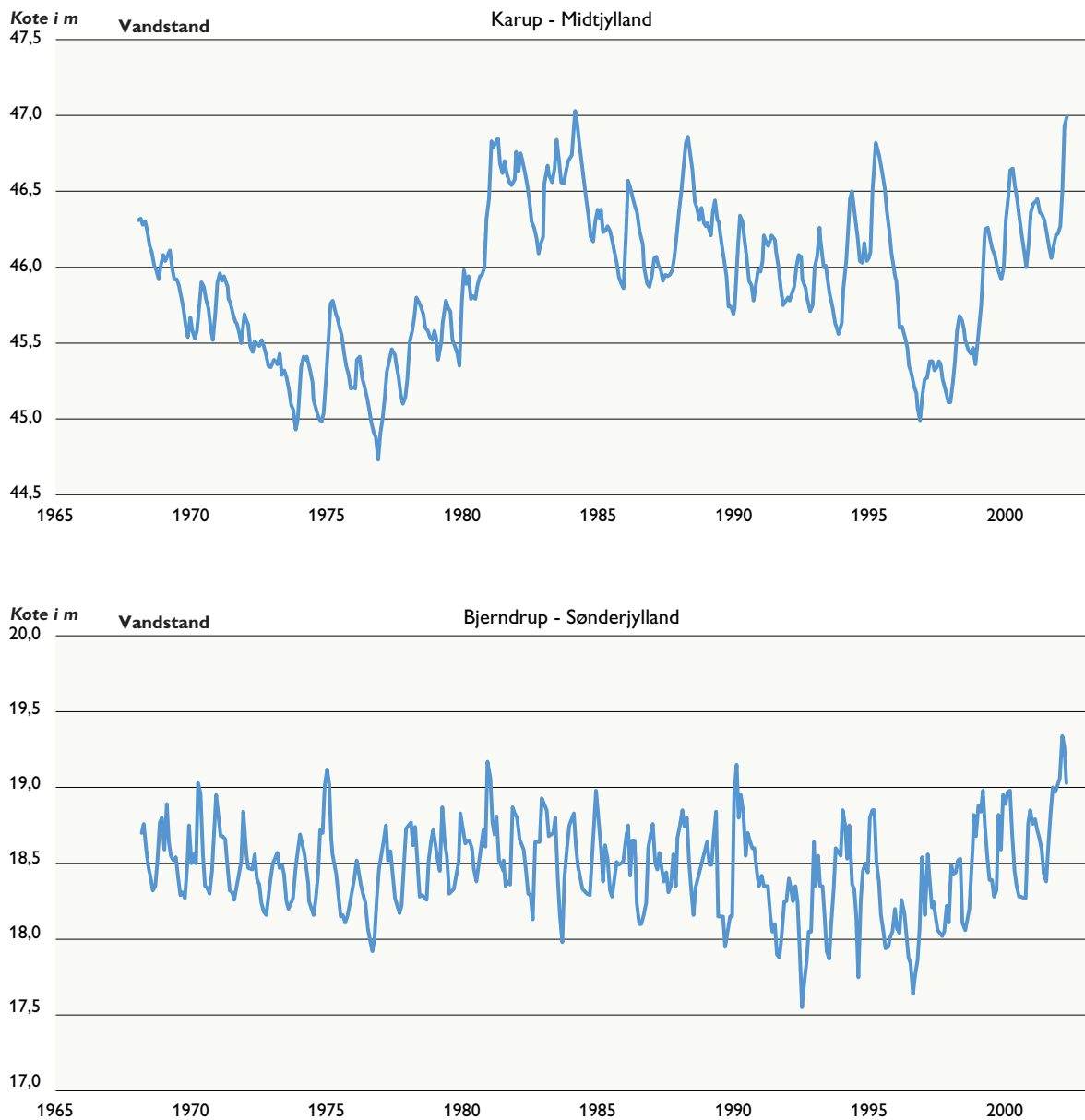
I dette års amtslige rapportering præsenteres en lang række tidsserier over variationerne i grundvandsstandens niveau i overvågningsområderne i perioden 1989 – 2001. Enkelte amter behandler desuden tidsserier over grundvandsstanden, som går længere tilbage i tiden, f.eks. præsenterer Sønderjylland og Viborg amter pejleserier, som er påbegyndt i starten af 1980'erne. Flere amter illustrerer vandstandsvariationens sammenhæng dels med vinter-nedbøren (oktober til marts måned), og dels med nettonedbøren (nedbør minus fordampning) (Fyns Amt, 2002, Ribe Amt, 2002, Sønderjyllands Amt, 2002, Viborg Amt, 2002 og Århus Amt, 2002).

Pejleserierne afspejler generelt fire situationer: (1) terrænnære grundvandsmagasiner med hurtig og markant respons på nedbørs- og klimaforhold, (2) dybere magasiner med afdæmpet, forsinket og/eller begrænset respons på år til år variationer i nedbørsforhold, (3) vandindvindingsstrategien for en nærliggende boring eller kildeplads, og (4) korttids- og sæsonbetingede oppumpninger, f.eks. markvandinger. Figur 6.1 og figur 6.2 viser variationen i grundvandsstanden over en længere årrække for 4 udvalgte repræsentative pejlestationer fra GEUS' nationale pejlestationsnet og er eksempler på situation (1). Også i Sønderjyllands Amt (2002) og Ribe Amt (2002) ses eksempler på situation (1). Bl.a. fra Vestjylland og Nordsjælland haves eksempler på situation (2) (Frederiksborg Amt, 2002 og GEUS, 1996). Vestsjællands Amt (2002), Bornholms Amt (2002), Nordjyllands Amt (2002) og Vejle Amt (2002) præsenterer eksempler på situation (3). I Fyns Amt (2002) og Ringkjøbing Amt (2002) ses eksempler på situation (4).

I overvågningsperioden 1989-2001 er der målt store variationer i grundvandsstanden. I 1994 og 1995 og igen i vinteren 1999/2000 var grundvandsstanden høj. Men de meget store nedbørmængder, som faldt i januar og især i februar 2002, hvor der flere steder i landet faldt mere end tre gange den normale nedbør for februar måned, har betydet, at grundvandsstanden mange steder ved afslutningen af vinteren 2001/02 var på højde med eller højere end den højeste grundvandsstand registreret i den forudgående 20-årige periode.

Nedbøren har i årene 1998 til 2001 været på mellem 743 og 900 mm for landet som helhed, hvilket har været op til 25% over det normale på 712 mm pr. år. Især 1998 og 1999 var meget nedbørsrige år. Også vinternedbøren fra oktober til marts, hvor hovedparten af grundvandsdannelsen finder sted, har for de 4 vintre 1998/99 til 2001/02 været over det normale. Vinter-

nedbøren har i disse år varieret fra 391 til 494 mm, hvor det normale for perioden 1961 til 1990 har været 362 mm for vinterhalvåret.



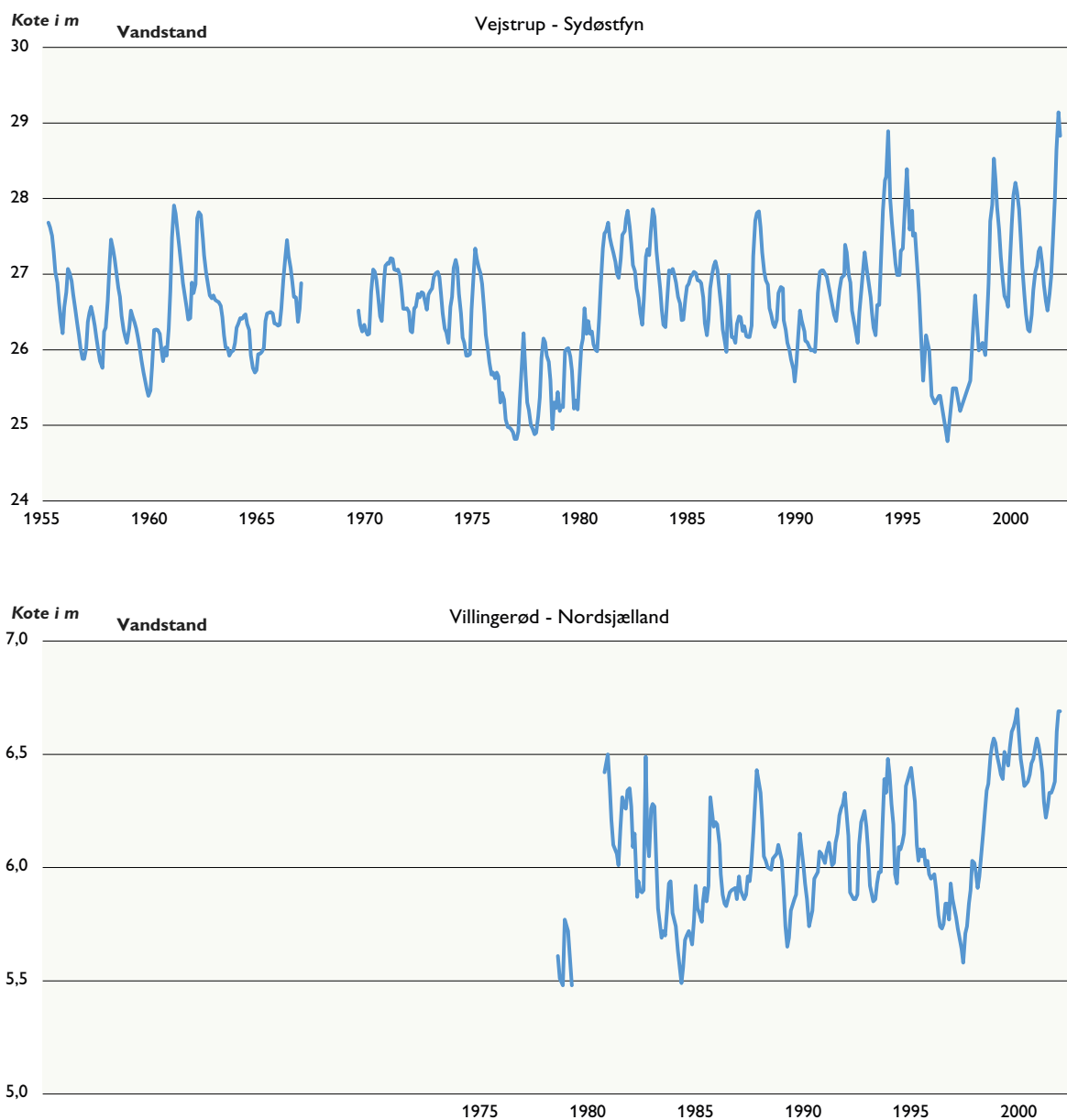
Figur 6.1 Grundvandstand for to jyske pejlestationer fra GEUS' nationale pejlestationsnet (Karup i Midtjylland og Bjerndrup i Sønderjylland)

I nogle regioner, bl.a. Ribe, har der dog været en generel nedgang i grundvandsstanden i 2000 og 2001 i forhold til 1998 og 1999 som følge den relativt lavere nedbør de seneste år.

De meget nedbørsfattige vintre 1995/96 og 1996/97 betød, at grundvandsstanden faldt til et niveau svarende til det lavest målte i den forudgående 20-årige periode.

De 'våde' år 1998 til 2001 har betydet, at grundvandsstanden mange steder er tilbage på samme høje niveau som i 1994-95 og i begyndelsen af 1980'erne. Nedbørsrige år, med deraf følgende mindre behov for markvanding, har en særlig gunstig effekt på grundvandsressourcens

størrelse i det syd- og vestjyske område, hvor oppumpning til markvanding visse steder udgør mere end halvdelen af den samlede grundvandsindvinding (se næste afsnit).

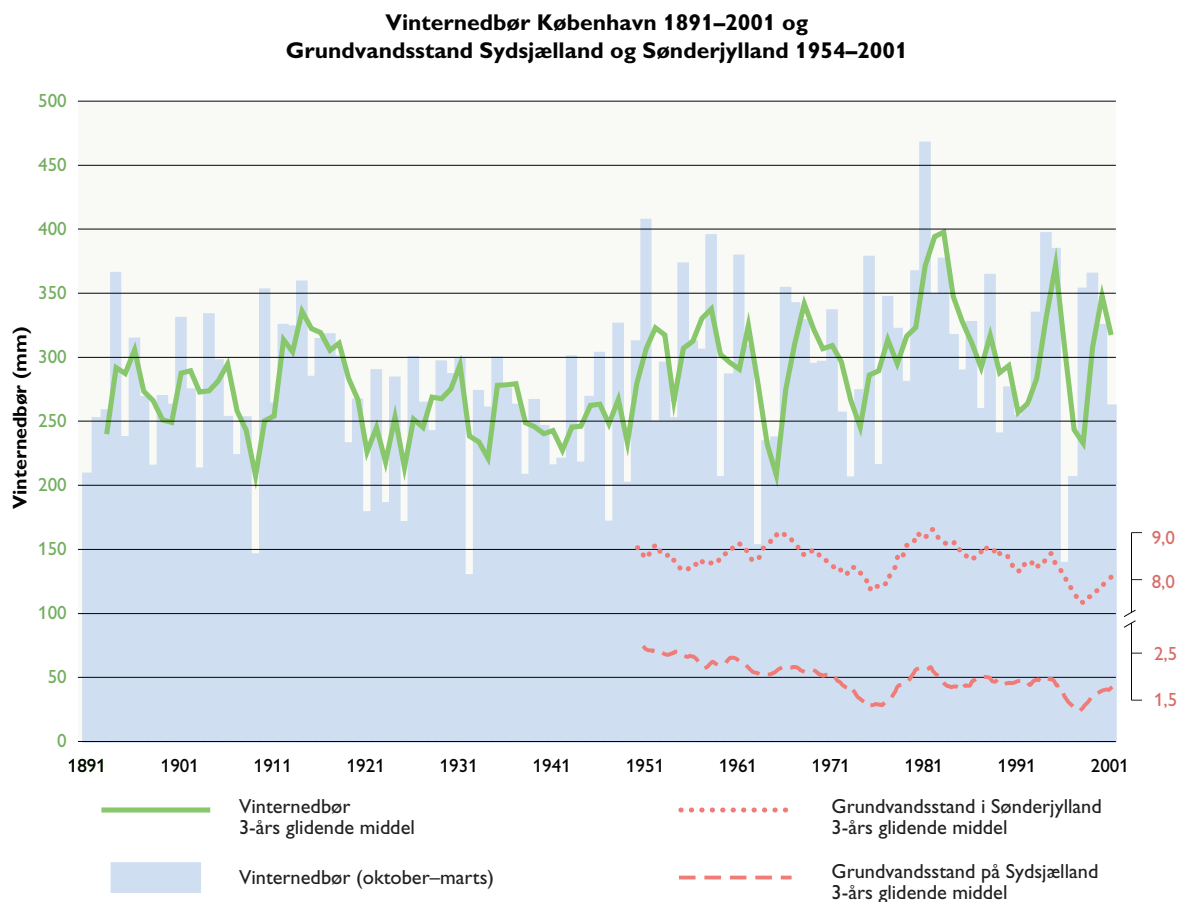


Figur 6.2 Grundvandstand for to pejlestationer på øerne fra GEUS' pejlestationsnet (Vejstrup på Sydfyn og Villingerød i Nordsjælland).

Generelle nationale tendenser i vandindvindingens påvirkning af grundvandsstanden kan ikke drages ud fra de relativt få pejleboringer, der indgår i overvågningsprogrammet. Ændringer i grundvandsstanden i den enkelte pejleboring er helt afhængig af oppumpningsstrategien for nærliggende pumpeboringer. Men informationer om ændringer i grundvandsstanden omkring kildepladser er meget værdifulde i den regionale og lokale forvaltning af grundvands- og overfladevandsressourcer.

Nedbørsregistreringen begyndte for mange år siden. I figur 6.3 ses en opgørelse over vinterne i København de sidste godt 100 år for at illustrere variationer i grundvandsdannelsen.

Mens nedbøren er præget af klimaet, er grundvandsspejlet også præget af vandindvindingen. I figur 6.3 er vist vandspejlskurver for to borer, hvor konsekvensen af lav nedbør og deraf følgende stor indvinding til vanding i 1970'erne er tydeligt. En tilsvarende udvikling ses i slutningen af 1980'erne og første del af 1990'erne.



Figur 6.3 Grundvandsstanden er nu igen normal efter rigelig nedbør i vintrene 1997/98-2001/02. Baggrundskurven viser nedbøren i København i en årrække, mens de stiplede kurver viser udviklingen i grundvandsstanden to steder i landet.

Vandindvinding

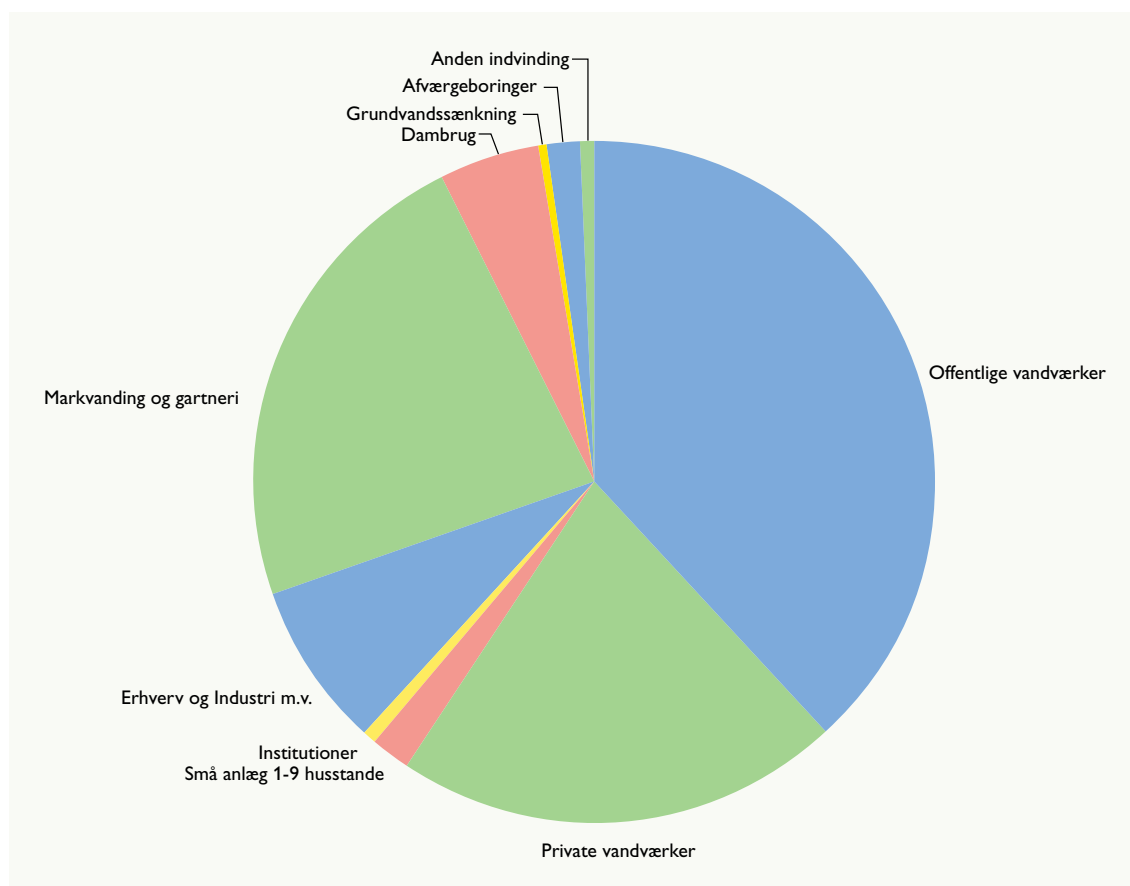
Vandindvindingen i Danmark er altovervejende baseret på grundvand, mere end 99% af vandet hentes fra grundvandsmagasiner. Tre steder, Haraldsted Sø nord for Ringsted, Tissø ved Kalundborg og på Christiansø, anvendes også en beskedne mængde overfladevand i vandforsyningen. Drikkevandsforsyningen i Danmark er bygget op omkring en decentral struktur med 2.792 almene vandforsyninger, heraf 166 offentlige fællesanlæg (Vandforsyningsstatistik, 2000). Derudover findes en række lokale vandforsyninger til bl.a. institutioner, industri, markvanding, sportspladser, gartneri og dambrug samt såkaldte enkelt-vandforsyninger som hver forsyner 1-9 til husstande.

De indvundne grundvandsmængder i 2001 er opgjort i følgende 10 kategorier:

1. offentlige almene vandværker,
2. private almene vandværker,
3. små ikke almene anlæg (1-9 husstande),
4. institutioner med egen indvinding,
5. erhverv/industri med egen indvinding,
6. oppumpning af vand til markvanding og gartneri,
7. oppumpning af vand til dambrug,
8. grundvandssænkninger,
9. afværgepumpninger,
10. anden indvinding.

De indvundne vandmængder fra kategori 3 er ofte skønnede. Flere amter gør desuden opmærksom på, at der kan ligge skøn til grund for den samlede markvandingsmængde, da der ofte mangler indberetninger om aktuel markvanding fra en mindre del af de givne tilladelser på opgørelsestidspunktet. Desuden skal det bemærkes, at kategorierne ikke er helt entydige, f.eks. forsynes mange industrier fra almene vandværker.

Indvinding af overfladevand er også indberettet opdelt på ovenstående kategorier, men er her præsenteret som en samlet indvinding af overfladevand for hvert amt. Indvinding af overfladevand er dog ikke oplyst af alle amter, hvorfor opgørelsen kun er et udtryk for størrelsesordenen af anvendelsen af overfladevand på landsplan. Overfladevand anvendes hovedsageligt til vanding og industriformål og kun en meget lille del anvendes til drikkevand.



Figur 6.4 Indvundne vandmængder i Danmark i 2001 fordelt på 10 forbrugskategorier.

Indvindingen fra vandværker, den almene vandforsyning, udgør 60% af den samlede indvinding. Den almene vandforsyning og oppumpning af grundvand til markvanding, gartneri og dambrug tegner sig for 87% af grundvandsindvindingen i Danmark (figur 6.4). I bilag 6.1 er vandindvindingen opgjort på de 10 kategorier samt overfladevand for hvert amt.

Grundvands- indvinding 2001	Vandværker mio. m ³	Erhvervs- vanding mio. m ³	Industri mv. mio. m ³	Overfladevand mio. m ³
Københavns og Frederiksberg kommuner	2,167	0	2,631	i.o.
Københavns Amt	35,438	0,048	6,279	i.o.
Roskilde Amt	37,240	0,560	5,910	i.o.
Frederiksborg Amt	40,712	1,059	2,192	1,100
Vestsjællands Amt	32,677	0,903	1,652	5,919
Storstrøms Amt	14,000	1,000	3,125	i.o.
Bornholms Amt	3,930	0,041	0,375	0,007
Fyns Amt	37,574	3,698	6,306	2,707
Sønderjyllands Amt	21,400	29,900	10,400	1,490
Ribe Amt	21,100	40,500	4,805	i.o.
Vejle Amt	29,070	19,981	16,162	i.o.
Ringkjøbing Amt	28,036	63,113	9,690	2,914
Århus Amt	47,075	5,671	4,161	i.o.
Viborg Amt	20,812	7,896	4,549	0,425
Nordjyllands Amt	39,514	17,797	11,814	i.o.
Hele landet	410,745	192,126	90,051	14,562

Tabel 6.1 Grundvandsindvinding i 2001 fordelt på 4 hovedkategorier baseret på amternes grundvandsrapporter for 2001. Den samlede grundvandsindvinding i Danmark var i 2001 på 693 mio. m³. (i.o. = ingen oplysninger).

På grundlag af amtsrapporter og indberettede data er der foretaget en opgørelse for hele landet på fire hovedkategorier (tabel 6.1 og figur 6.5):

1. Almene vandværker: offentlige og private enkeltanlæg.
2. Erhvervs- vanding: markvanding, gartneri og dambrug.
3. Industri mv.: erhverv, industri, institutioner, afværgepumpninger, grundvands-
sænkninger, enkeltindvindinger til husholdninger og anden grundvandsindvinding.
4. Overfladevand.

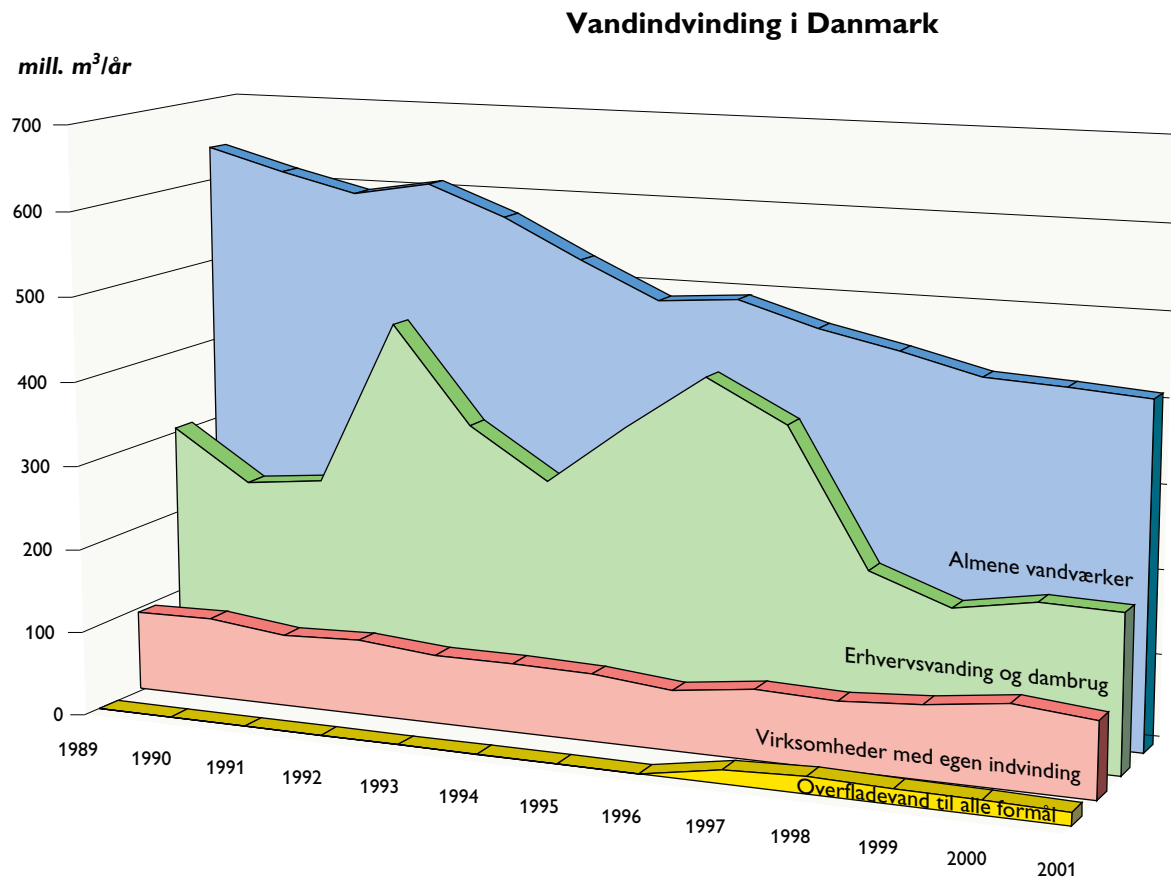
Det er ikke alle amter, der indberetter indvindingsdata for samtlige kategorier til GEUS på elektronisk form. Tallene i tabel 6.1, figur 6.5 og bilag 6.1 er derfor baseret på såvel amternes rapporter som de elektronisk indberettede indvindingsdata.

I figur 6.5 er vist vandindvindingen opgjort på fire hovedkategorier for perioden 1989-2001. Den totale grundvandsindvinding i 2001 var på 693 mill. m³ og indvindingen af overfladevand var på over 15 mill. m³.

Faldet i de almene vandværkers vandindvinding stagnerede i 2000 i forhold til de foregående år. For perioden som helhed fra 1989 til 2001 er der sket et fald på 36% i denne indvindingskategori.

Vandforbruget til markvanding og gartneri har de seneste 4 år været markant lavere end i den forudgående periode fra 1989 til 1997. Dette skyldes den større og tidsmæssigt gunstige ned-

bør i vandingssæsonen maj til juni i de senere år. I 2001 var der en udnyttelsesprocent på omkring 40% for markvanding i forhold til af de givne tilladelser (Sønderjyllands Amt, 2002; Ringkjøbing Amt, 2002).



Figur 6.5 Vandindvinding i Danmark (mill. m³/år) fordelt på indvindingskategorier baseret på indberetninger til GEUS og oplysninger fra amternes overvågningsrapporter for perioden 1989-2001. Der er ingen opgørelse af indvinding af overfladevand før 1997.

En opdeling af den grundvandsindvinding, der ligger ud over husholdnings- og erhvervsforbruget de i tre kategorier 'grundvandssænkninger', 'afværgeboringer' og 'anden indvinding', viser, at afværgepumpninger i forbindelse med grundvandsforurening udgør omkring 1,6% eller 10,8 mio. m³ af den samlede grundvandsindvinding i 2001 (bilag 6.1). Afværgeboringer tegner sig for langt den største indvinding af de tre kategorier. Grundvandssænkninger udgjorde i 2001 2,7 mio. m³, hvoraf ca. halvdelen blev foretaget i forbindelse med Metrobyggeriet i København.

Hydrologisk modellering

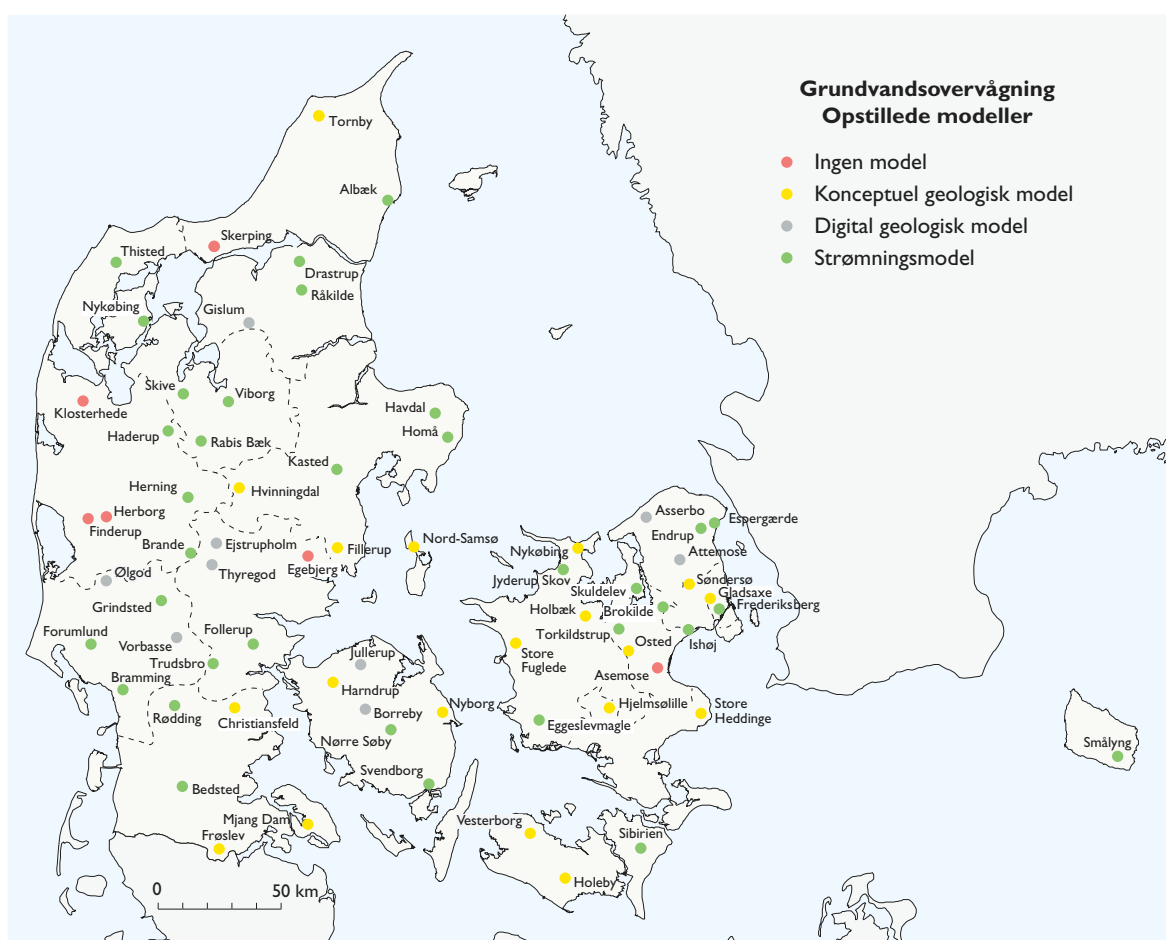
Med henblik på at forbedre forståelsen af vand- og stoftransporten inden for grundvandsovervågningsområderne opbygges hydrogeologiske modeller, som kan anvendes til numerisk strømningssmodellering indenfor de enkelte overvågningsområder. Arbejdet med at opbygge modellerne strækker sig over den igangværende overvågningsperioden frem til 2003.

Den i 2000-2001 gennemførte evaluering af det eksisterende datagrundlag viste, at dette i nogle få grundvandsoplande er utilstrækkeligt til, at der kan opstilles numeriske beregningsmodeller. Dataevalueringen har endvidere vist, at der kun i ganske få - om nogen - oplande kan gennemføres en egentlig simulering af stoftransport, men at strømningsmodellerne kan udbygges med partikelbanesimuleringer.

Dataevalueringen og de allerede opstillede strømningsmodeller har vist et behov for at revidere de eksisterende oplandsgrænser, hvorfor dette er indføjet som supplement til modelarbejdet og som erstatning for den egentlige stoftransportmodellering.

Ved den igangværende revision af overvågningsprogrammet skal overvågningsaktiviteterne fra 2004 drosles ned i visse GRUMO. Disse GRUMO forventes ikke modelleret.

I dette afsnit gives en status og erfaringsopsamling for modelarbejdet i GRUMO.



Figur 6.6 Status for udarbejdelsen af geologiske / hydrologiske modeller over GRUMO.

Status for modellering af GRUMO

I 1997 startede arbejdet med at opstille først hydrogeologiske modeller og siden strømningsmodeller for grundvandsovervågningsområderne. I dag er der opbygget konceptuelle hydroge-

ologiske modeller for mere end ni ud af ti GRUMO, og der er opstillet strømningssmodeller for omkring halvdelen af områderne (figur 6.6 og tabel 6.2).

Siden sidste år er der udarbejdet strømningssmodeller for 9 GRUMO. Der er en klar tendens til at strømningssmodellerne for overvågningsområderne i stigende omfang udarbejdes som sub-modeller fra enten amternes modeller for indsatsområderne eller fra regionale grundvandsmodeller dækkende hele amtet.

I 2001 er der i amterne især fokuseret på:

- Opstilling af strømningssmodeller for flere GRUMO,
- Revision af oplandsgrænser,
- Opstilling af regionale modeller som en del af indsatsplanlægningen og som en forløber for flere eller forbedrede strømningssmodeller over overvågningsområderne.

Modeller i amter	GRUMO antal	Konceptuel geologisk model antal	Digital geologisk model antal	Strøm- nings- model antal	Partikel- bane- beregning antal	Revision af opland antal
Kbhavns og Fr.berg kommuner	1	1	1	1	1	1
Københavns Amt	3	3	1	1	0	0
Frederiksborg Amt	5	5	5	3	0	0
Roskilde Amt	4	3	3	2	0	0
Vestsjællands Amt	5	5	2	2	0	0
Storstrøms Amt	5	5	5	1	1	1
Bornholms Amt	1	(1)	0	0	0	0
Fyns Amt	6	6	6	2	2	2
Sønderjyllands Amt	5	5	5	2	1	1
Ribe Amt	5	5	5	3	3	3
Vejle Amt	5	4	4	2	2	0
Ringkøbing Amt	5	3	3	3	2	2
Århus Amt	6	6	3	3	3	0
Viborg Amt	5	5	5	5	5	0
Nordjyllands Amt	6	2	4	3	3	0
I alt	67	62	52	33	23	10

Tabel 6.2 Samlet status over modelarbejdet i de forskellige GRUMO.

I mange amter er flere af GRUMO placeret i indsatsområder, og det fortsatte modelarbejde i GRUMO koordineres i stigende omfang med den igangværende indsatsplanlægning i amterne. Flere amter er i den forbindelse nu i færd med at opbygge regionale eller amtsdækkende grundvandsmodeller. Den igangværende eller kommende og ofte ret omfattende geologiske kortlægning i indsatsområderne vil kunne bidrage betydeligt til en forbedring af datagrundlaget for grundvandsmodelleringen i overvågningsområderne.

For at give et indtryk af det aktuelle GRUMO-modelleringsarbejde i amterne er følgende forhold fremhævet fra årets amtslige rapportering:

Københavns & Frederiksberg Komm.: Gennemført partikelbane simuleringer i 2001 som viser det grundvandsdannende område for GRUMO-indvindingsboringen.

Københavns Amt: Igangværende arbejde med at opstille en grundvandsmodel som dækker hele amtet.

Frederiksborg Amt: Opstilling af strømningssmodel for 2 områder: Endrup (stationær model) og Espergærde (dynamisk model). Modellerne er skåret ud af den regionale grundvandsmodel og finkalibreret mod både potentialer og aldersdateringer i den stationære situation.

Roskilde Amt: Opstilling af strømningssmodeller for de 2 områder Brokilde og Torkildstrup er foretaget ved at skære 2 submodeller ud af den regionale amtsmodel og forfine den horisontal diskretisering. Gennemført kvalitetsvurdering af modelkalibrering.

Vestsjællands Amt: Opstilling af en strømningssmodel for et udvidet område omkring Jyderup Skov GRUMO. Gennemført kvalitetsvurdering af modelkalibrering.

Storstrøms Amt: Opstillingen af strømningssmodeller for GRUMO er styret af tidsplanen for regionalmodeller i forbindelse med indsatskortlægningen.

Bornholms Amt: Start på modellering af et større område omkring Smålyngen i 2002.

Fyns Amt: Revision af oplandet til 2 GRUMO. Det hydrogeologiske datagrundlag forbedres i takt med, at gennemførelsen af indsatskortlægningen skrider frem.

Sønderjyllands Amt: Forbedre datagrundlag til modeller i forbindelse med indsatskortlægning, bl.a. for Bedsted-oplandet.

Ribe Amt: I 2001 er der arbejdet med regionale amtsmodel, opstillet en ny GRUMO-model som er en submodel, og revurderet indvindingsoplande til 3 GRUMO. For 2 modeller er simuleringer sammenlignet med CFC-aldre.

Vejle Amt: Ikke gennemført yderligere GRUMO-modellering i 2001, Follerup indgår i større igangværende og planlagte forbedringer af geologiske modeller og strømningssmodeller for Ejstrupholm og Thyregod.

Ringkjøbing Amt: Anvendelse af de 2 færdige modeller for Haderup og Brande til vurdering af grundvandsdannende områder for GRUMO-indvindingsboringer og til vurdering af grundvands alder.

Århus Amt: GRUMO-modelarbejdet koordineres med udarbejdelsen af indsatsplaner for Århus Amt.

Viborg Amt: Strømningssmodeller er opstillet for de 5 GRUMO; der er ikke planer om yderligere modellering p.t.

Nordjyllands Amt: Arbejder med grundvandsmodel for det kombinerede GRUMO og LOOP område Gislum/Odderbæk.

I takt med at der opstilles strømningssmodeller og gennemføres partikelbanesimuleringer for de enkelte oplande, skal der foretages en revision af de eksisterende oplandsgrænser. I 2001 er der foretaget en revision af oplandsgrænsen for i alt 10 oplande (tabel 6.3, bilag 6.2).

Erfaringer fra modellering af GRUMO

Gennemgangen af beskrivelserne af modelleringsarbejdet i amternes årlige afrapportering vidner om meget forskellige ambitionsniveauer i de enkelte amter, både med hensyn til arbejdet med modellerne og beskrivelse af modellerne. Nogle beskrivelser vidner om, at det enkelte amt har arbejdet detaljeret med modellen og derfor udførligt kan beskrive eksempelvis modelværktøj, modelopsætning, antagelser i modellen, kalibreringstargets, kalibreringsresultat etc. samt en diskussion af model resultatet og usikkerheden herpå. Andre viderebringer en kortfattet beskrivelse af modelarbejdet og præsentation af resultatet.

Det bør fremover tilstræbes at den årlige afrapportering af modelarbejdet som minimum indeholder information om modellen såsom opsætning og kalibreringsresultat samt en diskussion af modelresultaterne. Desuden bør der indgå en vurdering af usikkerheder i en evt. partikelbanesimulering, idet der generelt savnes diskussioner i de tilfælde hvor det oprindelige opland ikke er sammenfaldende med det simulerede opland – er der eksempelvis sket en ændring i

indvindingsstrategien i oplandet, blev GRUMO-oplandet oprindeligt fastlagt på et utilstrækkeligt grundlag eller er der stor usikkerhed på modelresultaterne og dermed det simulerede opland.

Modellering i amter Revision af oplande	
Københavns & Frederiksberg Komm.	Frederiksberg-oplandet er revurderet ved brug af partikelbanesimuleringer. Disse modelsimuleringer viser at størstedelen af indvindingsoplandet tilsyneladende befinder sig vest for hovedparten af GRUMO-boringerne. Simuleringerne har resulteret i afgrænsning af nye oplandsgrænser inden for hvilke hovedparten af grundvandsdannelsen sker i 'det primære opland', samt et større område uden om 'det primære opland', hvorfra der ifølge modelsimuleringerne også vil ske en om end begrænset grundvandsdannelse til indvindingsboringen, 'brutto oplandet'
Københavns Amt	Nej
Frederiksborg Amt	Nej
Roskilde Amt	Nej
Vestsjællands Amt	Nej
Storstrøms Amt	I grundvandsmodellen for Sibirien viser partikelbanesimuleringer at der går et markant grundvandsskel gennem det oprindelige opland, dvs. 3 eksisterende GRUMO-boringer (incl. redoxboringen) ligger uden for det med grundvandsmodellen beregnede opland—det nye opland strækker sig mod nord i modsætning til det gamle (mod nordøst), dvs. placering, retning og form af det nye og gamle opland er forskellige
Bornholms Amt	Nej
Fyns Amt	Revision af de 2 oplande Nr. Søby og Svendborg. Nr. Søby: Model viser dårlig overensstemmelse mellem overvågningsområde og indvindingsopland, dvs. størstedelen af overvågningsboringerne er placeret uhenigtsmæssigt i forhold til de grundvandsdannende områder. Ændringer i overvågningsdesignet vil først blive gennemført på basis af en revideret version af modellen, forbedret datagrundlag jf. indsatskortlægningen. For Svendborg-området er der en bedre overensstemmelse mellem overvågningsområde og partikelbaneberegnet indvindingsopland; det vurderes dog også at partikelbanesimuleringerne er usikre. Også her vil modellen og dermed beregningerne blive forbedret i takt med gennemførelsen af indsatskortlægningen
Sønderjyllands Amt	For Rødding er der gennemført partikelbanesimuleringer der viser god overensstemmelse mellem overvågningsområdet og det modelberegne- de indvindingsopland
Ribe Amt	3 oplande vurderet vha. partikelbaner. Forumlund god overensstemmel- se, få boringer uden for overvågningsområde. Også for Grindsted er der en god overensstemmelse. Bramming-Hunderup er der ikke god over- ensstemmelse, en strømningsretningsafvigelse på 45 grader. Overvåg- ningsområderne sammenlignet med indvindingsoplande beregnet med regionalmodellen: For Vorbasse og Ølgod er der fundet en mindre god overensstemmelse, 5-7 boringer uden for oprindeligt opland
Vejle Amt	Nej
Ringkøbing Amt	Modelberegnet indvindingsoplande for Haderup og Brande overvåg- ningsområderne
Århus Amt	Nej
Viborg Amt	Nej
Nordjyllands Amt	Nej

Tabel 6.3 Revision af oplandsgrænser (se også bilag 6.2 for tidsplan).

Der er i starten af 2001 udgivet to rapporter, som kan være nyttige værktøjer i forbindelse med kravspecifikation og kvalitetssikring af modelleringsarbejde: *'Retningslinier for opstilling af grundvandsmodeller'* (Miljøstyrelsen 2001) og *'Ståbi i grundvandsmodellering'* (GEUS 2001).

Temarapport om ferskvandets kredsløb

I samarbejde med Danmarks Miljøundersøgelser, Danmarks JordbrugsForskning og Danmarks Meteorologiske Institut arbejder GEUS på en NOVA 2003 temarapport om ferskvandets kredsløb.

Temarapporten skal give et lettilgængeligt overblik over ferskvandets kredsløb i Danmark, med beskrivelse af processer og komponenter i vandkredsløbet med særligt henblik på beskrivelsen af de enkelte kredsløbskomponenters tidslige variationer for perioden 1991-2000, belyst i forhold til en længere årrække (1961-90). Problemerne med vandbalancen er beskrevet i bl.a. Refsgaard m.fl. 2001 og Plauborg m.fl. 2002.

Den Nationale Vandressource Model (DK-modellen) udgør det modelmæssige grundlag for beskrivelsen. Der inddrages hvor det skønnes relevant desuden resultater fra NOVA overvågningsprogrammet, men også data fra andre relevante forsknings- og overvågningsprogrammer, modelstudier mm. vil blive inddraget i fornødent omfang. Det vil være et væsentligt element i rapporten at identificere gode indikatorer, som fremover kan indgå i en årlig rapportering af vandkredsløbet, f.eks. resultater fra udvalgte målestationer, pejlestationer mv. der præsenteres sammen med f.eks. modelberegnet nettonedbør eller grundvandsdannelse.

Der er sidst foretaget en landsdækkende vurdering af den udnyttelige drikkevandsressources størrelse i forbindelse med Vandrådet i 1992. Det er et væsentligt mål med rapporten at foretage en revurdering af den udnyttelige vandressources størrelse på landsplan, samt tidslige og regionale fordeling.

Temarapporten blev i juni måned 2002 midtvejsevalueret på et møde arrangeret af Dansk Vandressource Komité. Resultaterne af evalueringen kan ses på <http://www.vandmodel.dk/>.

Temarapporten vil blive sendt i høring i januar 2003. Læs mere om temarapporten om ferskvandets kredsløb på ovennævnte link.

Sammenfatning om grundvandsressourcen og hydrologisk modellering

Grundvandsmodeller og hydrologiske modeller, herunder Den Nationale Vandressourcemodel (DK-modellen) og et stigende antal regionale og lokale modeller, bruges nu i stadig større omfang til at beregne nettonedbøren og dermed få et billede af grundvandsdannelsen i forskellige dele af landet. Grundvandspejleprogrammet benyttes til at få et billede af variationerne i grundvandsressourcen, naturligt betingede og antropogene. Endelig indberettes den årlige vandindvinding til GEUS én gang om året. Disse tre faktorer vil også i fremtiden være vigtige værktøjer til vurdering og beskyttelse af grundvandsressourcen.

Efter et par meget tørre vintre 1995-1997 er grundvandsstanden nu normal, efter at nedbøren i årene 1998 til 2001 har været på op til 25% over normalen. Samtidig har våde forsomre i flere af årene medført, at vandindvindingen til erhvervsvanding har været den laveste i mange år.

Den samlede vandindvinding på almene vandværker udgjorde i 2001 411 millioner m³ mod 640 millioner m³ i 1989, et fald på næsten 36%. Indvindingen til erhvervsvanding var i 2001 på 192 millioner m³ mod 453 millioner m³ i 1992, hvor den var højest i perioden 1989 - 2001.

Der er nu på femte år udarbejdet og beskrevet geologiske modeller og strømningmodeller i amternes grundvandsovervågningsrapporter. Der er opbygget konceptuelle hydrogeologiske modeller for mere end ni ud af ti GRUMO, og der er opstillet strømningmodeller for omkring halvdelen af de 67 områder. Det sidste giver i flere tilfælde anledning til revision af de eksisterende oplandsgrænser.

Der synes at være meget forskellige ambitionsniveauer i de enkelte amter, både med hensyn til arbejdet med modellerne og beskrivelse af modellerne i den årlige afrapportering. Det bør fremover tilstræbes at den årlige afrapportering af modelarbejdet som minimum indeholder information om modellen såsom opsætning og kalibreringsresultat samt en diskussion af modelresultaterne. Desuden bør der indgå en vurdering af usikkerheder i en evt. partikelbanesimulering, idet der generelt savnes diskussioner i de tilfælde hvor det oprindelige opland ikke er sammenfaldende med det simulerede opland.

Litteratur

- Andersen, L.J., 1987:* Grundvandsmoniteringsnet af 1. orden i Danmark. – ATV-komiteen vedrørende grundvandsforurening. Vingstedcentret 5.-6. oktober 1987.
- Albrechtsen, H-J og Bjerg, B.L., 2000:* Nedbrydning i grundvandsmiljøer. – I Kemiske stoffer i miljøet (Red. Helweg, A.).
- Bornholms Amt, 2002:* Vandmiljøovervågning. Grundvand 2001.
- Brüsch, Walter 2002:* Pesticidforurenede vand i små vandforsyningsanlæg. Statusrapport 2002. GEUS, Viborg Amt, Sønderjyllands Amt, Storstrøms Amt, Københavns Amt, Miljøstyrelsen
- Danske Vandværkers Forening, Miljøstyrelsen & GEUS, 2001:* Vandforsyningsstatistik 2000.
- Engvild, K.C., 2000:* Naturlige halogenforbindelser. – I Kemiske stoffer i miljøet (Red. Helweg, A.).
- EUREAU, 1991:* Drinking Water Directive 80/778/EC. Proposals for modification. Views of EUREAU.
- EU, 1998:* Rådets Direktiv 98/83/EF af 3. november 1998 om kvaliteten af drikkevand. - De Europæiske Fællesskabers Tidende L 330/32-54
- EU, 2000:* 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.
- Frederiksberg kommune, Københavns kommune, 2002:* Grundvandsovervågning 2001. – Vandmiljøovervågning, NOVA 2003.
- Frederiksborg Amt, 2002:* Grundvandsovervågning 2001.
- Frederiksborg Amt, 2002:* Strømningsmodeller for Endrup og Espergærde.
- Fyns Amt, 2002.* Landovervågning 2001. Vandmiljøovervågning.
- Fyns Amt, 2002:* Grundvand 2001. Vandmiljøovervågning.
- GEUS, 1995:* Grundvandsovervågning 1995.
- GEUS, 1996:* Grundvandsovervågning 1996
- GEUS, 1999:* Grundvandsovervågning 1999
- GEUS, 2000:* Grundvandsovervågning 2000. www.grundvandsovervaagning.dk
- GEUS, 2001:* Grundvandsovervågning 2001. www.grundvandsovervaagning.dk
- GEUS, 2001:* Ståbi i grundvandsmodellering. – Rapport nr. 56
- GEUS, 2002a:* Ferskvandets kredsløb. NOVA 2003 Temarapport. (Foreløbig udgave)
- GEUS, 2002b:*, 2002: Grundvandsovervågningsboringeres egnethed til analyse. Red: Århus Amt, Sønderjyllands Amt, Fyns Amt, Roskilde Amt, Frederiksborg Amt og GEUS. Arbejdsrapport under Grundvandsovervågningsprogrammet, maj 2002. 116 p.
- Hultberg, H., 1988:* *Critical Loads for sulphur to lakes and streams, In: Nilsson, J. and Grenfeld, P. (eds):* Critical loads of sulphur and nitrogen. Report from a workshop held at Skokloster, Sweden, 19.-24. marts 1988, Miljørapport 1988:15. Nordic Council of Ministers, København, pp 185-200.
- Jensen, T.F., Larsen, F., Kjøller, C. og Larsen, J.W., 2002:* Nikkelfrigivelse ved pyritoxidation forårsaget af barometerånding/pumpning. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. XXX. (Foreløbig udgave).
- Kjær, J., Ullum, M., Olsen, P., Sjelborg, P., Helweg, A., Mogensen, B., Plauborg, F., Jørgensen, J.O., Iversen, B.V., Fomsgaard, I. and Lindhardt, B., 2002:* The Danish

Pesticide Leaching Assessment Programme, Monitoring results May 1999 - June 2001, Second report, Geological Survey of Denmark and Greenland 2002 Geological Survey of Denmark and Greenland 2002.

- Københavns Amt, 2002*: Vandmiljøovervågning. Grundvand 2001.
- Miljøministeriet 1988*: Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. – Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 515 af 29. august 1988.
- Miljø- og Energiministeriet, 1996*: Bekendtgørelse om kvalitetskrav for vådområder og krav til udledning af visse farlige stoffer til vandløb, søer eller havet. - Miljø- og Energi-ministeriets bekendtgørelse nr. 921 af 8. oktober 1996.
- Miljø- og Energiministeriet 2001*: Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. – Miljø- og Energiministeriets bekendtgørelse nr. 871 af 21. september 2001. http://www.retsinfo.dk/_GETDOCI_/ACCN/B20010087105-REGL
- Miljøstyrelsen, 1990*: Vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. Vejledning fra Miljøstyrelsen, Nr. 3, 1990.
- Miljøstyrelsen 1994*: Økotoksikologiske kvalitetskriterier for overfladevand. - Miljøprojekt nr. 250.
- Miljøstyrelsen, 1995a*: Toksikologiske kvalitetskriterier for jord og vand - Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen 12/1995. Udarbejdet af Elsa Nielsen m.fl.
- Miljøstyrelsen, 1995b*: Vandmiljø-95. – Redegørelse fra Miljøstyrelsen 3/1995.
- Miljøstyrelsen, 1997*: Boringskontrol på vandværker. - Vejledning fra Miljøstyrelsen 2/1997.
- Miljøstyrelsen 1998*: Kvalitetskriterier for grundvand
- Miljøstyrelsen, 1999*: Fjernelse af metaller fra grundvand ved traditionel vandbehandling på danske vandværker. Vandfonden. - Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen 17/1999.
- Miljøstyrelsen, 2000a*: Liste over sundhedsmæssigt baserede drikkevandskvalitetskriterier.
- Miljøstyrelsen, 2000b*: Programbeskrivelse for det nationale program for overvågning af vandmiljøet 1998 - 2003 - ”NOVA 2003” – Redegørelse fra Miljøstyrelsen 1/2000. http://ovs.dmu.dk/2NOVA_2003_ov/novaarkivet/NOVA-program-version4.doc
- Miljøstyrelsen, 2001*: Retningslinier for opstilling af grundvandsmodeller. Arbejdsrapport nr. 17.
- Nordjyllands Amt, 2002*: Landovervågning 2001. Oddebæk.
- Nordjyllands Amt, 2002*: Grundvandsovervågning 2001.
- Plauborg, F., Refsgaard, J.C., Henriksen, H.J., Blicher-Mathiasen, G. og Kern-Hansen, C., 2002*: Vandbalance på mark- og oplandsskala. DJF, GEUS, DMU og DMI. http://www.vandressource.dk/vandbalance_paa_mark_og_oplandsskala_DJF8.pdf
- Refsgaard, J.C., Hansen, S. og Henriksen, H.J., 2001*: Problemer med vandbalancer og mulige konsekvenser for beregning af nitratudvaskning. Diskussionsoplæg. KVL og GEUS. <http://www.vandressource.dk/Vandbal-nitrat-GEUS-KVL.PDF>
- Refsgaard, J.C., Henriksen, H.J., Nilsson, B., Rasmussen, P., Kronvang, B., Skriver, J., Jensen, J.P., Dalsgaard, T., Søndergaard, M. og Hoffmann, C.C, 2002*: Vidensstatus for sammenhængen mellem tilstanden i grundvand og overfladevand. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 21.
- Ribe Amt, 2002*: Grundvand 2001, Vandmiljøovervågning.
- Ringkjøbing Amt, 2002*: Grundvandsovervågning 2001. NOVA 2003
- Roskilde Amt, 2002*: Grundvandsovervågning i Roskilde Amt.
- Storstrøms Amt, 2002*: NOVA 2003. Grundvandsovervågning 2001.
- Storstrøms Amt, 2002*: NOVA 2003. Landovervågning 2001.

Sønderjyllands Amt, 2002: Vandmiljøovervågning 2001. Grundvand.
Sønderjyllands Amt, 2002: Vandmiljøovervågning 2001. Landovervågning.
Vejle Amt, 2002: Overvågning af Grundvand 2001. Teknisk rapport. Vandmiljø i Vejle Amt
Vestsjællands Amt, 2002: Vandmiljø Overvågning. Grundvand 2001.
Viborg Amt, 2002: Vandmiljøovervågning. Vandmiljøplanens overvågningsprogram.
Grundvand 2001.
Århus Amt, 2002: Statusrapport 2001. Grundvandsovervågning i Århus Amt
Århus Amt & Vejle Amt, 2002: Landovervågning 2001. Horndrup Bæk (LOOP 3).
Landbrugsdrift, Næringsstofudvaskning, Stoftransport.

Bilag

- Bilag 3.1 Uorganiske sporstoffer i grundvandsovervågningen 1993-2001.**
- Bilag 3.2 Uorganiske sporstoffer i landovervågningen 1993-2001.**
- Bilag 3.3 Uorganiske sporstoffer i vandværksboringer 1993-2001.**
- Bilag 3.4 Overskridelser af kvalitetskravene for drikkevand**
- Bilag 3.5 Overskridelser af økotoxikologiske kvalitetskrav.**
- Bilag 4.1 Organiske mikroforureninger i grundvandsovervågningen 1993-2001.**
- Bilag 4.2 Organiske mikroforureninger i landovervågningen 1995-2001.**
- Bilag 4.3 Organiske mikroforureninger i vandværksboringer 1993-2001.**
- Bilag 4.3 Organiske mikroforureninger i andre boringer 1993-2001.**
- Bilag 5.1 Pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandsovervågningen 1993-2001.**
- Bilag 5.2 Pesticider og nedbrydningsprodukter i landovervågningen 1993-2001.**
- Bilag 5.3 Pesticider og nedbrydningsprodukter i vandværksboringer 1993-2001.**
- Bilag 5.4 Pesticider og nedbrydningsprodukter i andre boringer 1993-2001.**
- Bilag 6.1 Vandindvinding i 2001 fordelt på 10 kategorier.**
- Bilag 6.2 Status og tidsplan for modellering af GRUMO.**
- Bilag 6.3 Nøgledata fra opstillede GRUMO-modeller.**

Bilag 3.1 Uorganiske sporstoffer i grundvandsovervågningen 1993-2001

Analyser under detektionsgrænsen er medregnet med dennes værdi. Overskridelser er i forhold til grænseværdien for drikkevand i bekendtgørelse om kontrol med vandforsyning (Miljø- og Energiministeriet 2001), se tabel 3.5. For en række uorganiske sporstoffer er der ikke fastsat nogen grænseværdi for drikkevand. Bemærk at de sidste to næstsidste kolonner er baseret på medianværdier pr. indtag.

I bilag 3.1 er der til illustration af en generel høj koncentration af et givent stof i grundvandet anvendt 90 % percentilen for stoffet, idet maksimumværdien oftest er uden generel karakter, men netop repræsenterer et særtilfælde.

Grundvands- overvågning	analyse antal	Indtag med		overskridelse		Detektions- grænse µg/l	Median- værdi µg/l	90 % percentil µg/l	Max. værdi µg/l
		fund antal	%	antal	%				
Antimon	841	236	28	1	<1	0,5 ¹⁾	0,08	0,2	5,6
Arsen	993	978	99	156	16	0,05	0,77	5,4	64
Bly	993	919	93	14	1	0,05	0,057	0,27	34
Cadmium	993	866	87	4	<1	0,005	0,008	0,078	9,7
Kviksølv	936	827	88	0	-	0,0005	0,0011	0,003	0,94
Thallium	560	149	27	i.g.	-	0,4 ¹⁾	0,05	0,40	0,81
Selen	992	589	59	2	<1	0,1	0,10	0,28	43
Cyanid	956	199	21	2	<1	2,0	1,0	2,0	110
Nikkel	997	915	92	57	6	0,05	0,44	5,65	400
Zink	993	988	100	59	6	0,5	3,10	25,1	1.300
Kobber	993	958	96	3	<1	0,05	0,27	1,5	287
Chrom	977	858	88	0	-	0,04	0,09	0,65	16
Molybdæn	952	867	91	0	<1	0,15	0,68	2,6	24
Sølv	533	40	8	0	-	0,1 ¹⁾	0,10	0,10	2
Tin	562	71	13	0	-	0,1 ¹⁾	0,10	0,20	3,9
Vanadium	951	650	68	-	-	0,5	0,5	1,5	42
Aluminium	993	990	100	148	15	0,1	2,1	47	11.800
Barium	993	993	100	4	<1	1,0	64	160	2.300
Lithium	952	941	99	-	-	0,5	6,1	15	270
Bor	723	619	86	22	3	-	26	140	2.400
Bromid	951	950	100	-	-	10,0	90	180	11.460

1) Den krævede foreløbige detektionsgrænse er højere end beskrevet i NOVA 2003 og for antimon, thallium og sølv betydelig højere end de af laboratorierne indrapporterede.

i.g. : ingen grænseværdi

Bilag 3.2 Uorganiske sporstoffer i landovervågningen 1993-2001

Analyser under detektionsgrænsen (se bilag 3.1) er medregnet med dennes værdi. Overskridelser er i forhold til grænseværdien for drikkevand som angivet i drikkevandsbekendtgørelsen (Miljø- og Energiministeriet 2001). Bemærk at de sidste to næstsidste kolonner er baseret på medianværdier pr. indtag.

Land- overvågning	Indtag med							Median- værdi µg/l	90 % percentil µg/l	Max. værdi µg/l
	analyse antal	fund antal	fund %	1. anl.	overskridelse %	alle anl.	%			
Arsen	35	31	88	5	14	0	-	0,3	0,8	6,5
Bly	35	34	97	12	34	1	3	0,5	2,1	39
Cadmium	35	34	97	2	6	1	3	0,11	0,80	9,3
Selen	35	31	88	0	-	-	-	0,2	1,3	5,3
Nikkel	35	35	100	18	51	10	29	7,0	94	700
Zink	35	34	97	17	49	6	17	30	200	885
Kobber	35	35	100	0	-	-	-	2,2	9	61
Chrom	35	26	74	0	-	-	-	0,2	0,6	8,9
Aluminium	35	35	100	15	43	5	14	6,2	730	2.180

Bilag 3.3 Uorganiske sporstoffer i vandværksboringer 1993-2001

”Grænseværdi gl.” = grænseværdi for drikkevand (Miljøministeriet 1988). ”Grænseværdi ny.” = grænseværdi for drikkevand i Bekendtgørelse nr. 871 (Miljø- og Energiministeriet 2001). Analyser under detektionsgrænsen er medregnet med dennes værdi ved beregning af medianværdi og 90 % percentil.

Vandværks- boringer	Boringermed					Grænseværdi		Median-	90 %	Max.
	analyse ¹⁾			overskridelse		(µg/l)		værdi	percentil	værdi
	antal	antal	%	antal	%	gl.	ny	µg/l	µg/l	µg/l
Antimon	9	6	67	0	-	10	2	0,04	1,5	1,5
Arsen	758	640	84	145	19	50	5	2,0	8,0	41
Bly	635	291	46	10	2	50	5	0,19	1,4	35
Cadmium	769	281	37	0	-	5	2	0,03	0,3	1,9
Kviksølv	97	12	12	1	2	1	1 ³⁾	0,10	0,2	2,5
Thallium	2	0	-	0	-	-	-	< 0,07	-	- ²⁾
Selen	14	7	50	0	-	10	10	0,12	9,6	10
Cyanid	77	21	27	0	-	50	50	1,5	5,5	29
Nikkel	6.060	2.663	44	214	4	20	20 ⁵⁾	2,0	4,5	590
Zink	621	527	85	29	5	100	100	5,3	50	1.000
Kobber	141	79	56	0	-	100	100	0,74	2,6	13
Chrom	133	35	26	1	-	50	20	1,0	2,0	4,7
Molybdæn	2	2	100	0	-	20	20	2,1	2,8	2,8
Sølv	11	2	18	-	-	10	10	0,1	1,0	1,1
Tin	1	0	-	-	-	-	10	< 0,1	-	-
Vanadium	1	1	100	-	-	-	-	0,05	0,09	0,1
Aluminium	223	144	65	26	12	200	100	5,3	120	7.000
Barium	615	593	96	-	-	100 ²⁾	700	120	240	500
Lithium	31	31	100	-	-	-	-	17	33	41
Bromid	594	542	91	-	-	-	-	99	300	2.000
Bor	615	550	89	26	4	1.000	1.000 ⁴⁾	53	190	1.600

1) Eksklusive analyser udført i grundvandsovervågningens volumenmoniterende boringer

2) Alle analyser under detektionsgrænsen.

3) Der er fastsat en anbefalet værdi på 0,1 µg kviksølv/l ved indgang til ejendom

4) Der er fastsat en anbefalet værdi på 300 µg bor/l ved indgang til ejendom

5) Der er tale om en midlertidig grænseværdi, som vil være gældende, mens Miljøstyrelsen undersøger, hvorledes den præcise fordeling skal være mellem værdi ved indgang til ejendom og værdi ved forbrugers taphane.

Bilag 3.4 Uorganiske sporstoffer 1993-2001.

Overskridelser af kvalitetskravene for drikkevand

Overskridelser af kvalitetskrav til drikkevand	Grænseværdi µg/l	GRUMO		LOOP		Boringskontrol	
		En analyse over	Alle anl. over	En analyse over	Alle anl. over	En analyse over	Alle anl. over
Aluminium	100	148	29	15	5	26	4
Antimon	2	1	1	i.m.	i.m.	0	0
Arsen	5	156	63	5	0	145	12
Barium	700	4	0	i.m.	i.m.	0	0
Bly	5	14	3	12	1	10	0
Bor	1.000/300 ¹⁾	3/22 ²⁾	3/10 ²⁾	i.m.	i.m.	2/26	0
Cadmium	2	4	1	2	1	0	0
Chrom, total	20	0	0	0	0	1	0
Cyanid, total	50	2	0	i.m.	i.m.	0	0
Kobber	100	3	0	0	0	0	0
Kviksølv	1/ 0,1 ¹⁾	0/0 ²⁾	0/0 ²⁾	i.m.	i.m.	1/7	0
Molybdæn	i.f.	-	-	-	-	-	-
Nikkel	20	57	14	18	10	214	121
Selen	10	2	0	0	0	0	0
Sølv	10	0	0	i.m.	i.m.	0	0
Tin	10	0	0	i.m.	i.m.	0	0
Zink	100	59	9	17	6	29	0

i.m.: ikke målt

i.f. : ikke fastsat

1) Krav / anbefaling

2) Overskridelser af hhv. krav / anbefaling

Bilag 3.5 Uorganiske sporstoffer 1993-2001.

Overskridelse af økotoxikologiske kvalitetskrav

Overskridelser af økotoxikologiske kvalitetskrav	Grænseværdi µg/l	GRUMO		LOOP		Boringskontrol	
		En analyse over	Alle anl. over	En analyse over	Alle anl. over	En analyse over	Alle anl. over
Aluminium	2,6 ³⁾	714	189	25	6	97	32
Antimon	i.f.	-	-	-	-	-	-
Arsen	4	191	83	6	0	174	18
Barium	i.f.	-	-	-	-	-	-
Bly	3,2 ¹⁾	25	2	13	0	17	1
Bor	i.f.	-	-	-	-	-	-
Cadmium	5/1 ²⁾	3/18 ⁴⁾	1/5 ⁴⁾	2/3 ⁴⁾	1	3	0
Chrom, total	10 ¹⁾	3	0	0	0	1	0
Cyanid, total	i.f.	-	-	-	-	-	-
Kobber	12 ¹⁾	34	2	11	0	1	0
Kviksølv	1,0	0	0	i.m.	i.m.	1	0
Molybdæn	i.f.	-	-	i.m.	i.m.	0	0
Nikkel	160 ¹⁾	2	1	5	0	11	0
Selen	i.f.	-	-	-	-	-	-
Sølv	i.f.	-	-	-	-	-	-
Tin	i.f.	-	-	-	-	-	-
Zink	110 ¹⁾	55	9	16	1	27	0

1) Forslag til kvalitetskrav, hvor datagrundlaget ikke er endeligt kvalitetsvurderet

2) Krav / anbefaling

3) Hultberg, H., 1988.

4) Overskridelser af hhv. krav / anbefaling

i.f. : ikke fastsat

i.m. : ikke målt

Bilag 4.1 Organiske mikroforureninger i grundvandsovervågningen 1993-2001

Udvalgte analyser for organiske mikroforureninger.

Grundvandsovervågning	Analyser antal	Analyser med fund antal	Indtag med analyse antal	Indtag med fund antal	%	Over grænse- værdi ¹⁾ %	Median af fund ²⁾ µg/l	Max. værdi µg/l
Aromatiske kulbrinter								
Benzen	3.224	206	1.069	94	8,8	0,5	0,1	34,0
Naphtalen	2.891	17	1.048	14	1,3	-	0,05	0,16
Toluen	3.230	265	1.067	200	18,7	-	0,1	2,4
<i>m+p</i> -xylen	2.943	167	1.064	116	10,9	-	0,1	1,0
<i>m</i> -xylen	156	0	131	0	-	-	-	-
<i>o</i> -xylen	3.096	95	1.068	71	6,6	-	0,1	0,4
<i>p</i> -xylen	184	0	141	0	-	-	-	-
Xylen (uspecifik)	70	2	67	2	3,0	-	0,0	0,1
Halogenerede alifatiske kulbrinter								
1,2-dibromethan	715	3	555	2	0,4	0,4	0,6	0,7
Tetrachlorethylen	3.321	51	1.068	15	1,4	0,2	0,1	2,8
Tetrachlormethan	3.306	16	1.068	14	1,3	-	0,1	0,5
1,1,1-trichlorethan	3.318	36	1.068	19	1,8	-	0,1	0,4
Tetrachlorethylen	3.321	51	1.068	15	1,4	0,2	0,1	2,8
Trichlormethan (chloroform)	3.331	223	1.067	101	9,5	0,9	0,1	11,0
Vinylchlorid	624	12	483	9	1,9	1,2	0,8	5,6
Phenoler								
Nonylphenoler	860	8	705	8	1,1	-	0,5	4,2
Nonylphenoethoxylater	799	0	672	0	-	-	-	-
Phenol	5.365	191	1.087	159	14,6	1,3	0,1	21,0
Chlorphenoler								
2,4-dichlorphenol	5.874	39	1.091	20	1,8	0,9	0,1	0,3
2,6-dichlorphenol	5.695	6	1.088	5	0,5	-	0,0	0,0
Pentachlorphenol	5.754	7	1.090	7	0,6	0,6	0,0	0,1
Blødgørere								
Dibutylphthalat (DBP)	841	44	725	44	6,1	3,9	1,2	8,1
Detergenter								
Kationisk DTDMAC (sum)	113	2	110					
Anioniske detergenter (sum)	2.928	1.924	1.048	901	86,0	<0,1	5,6	120,0
Ethere								
MTBE	243	1	218	1	0,5	-	1,4	1,4

¹⁾ Her anvendes grænseværdien for drikkevand hvor en sådan findes (se tabel 4.1)

²⁾ Alle medianværdier er beregnet på grundlag af medianværdier for de enkelte indtag

Bilag 4.2 Organiske mikroforureninger i landovervågningen 1995-2001

Udvalgte analyser for organiske mikroforureninger.

Landovervågning Organiske mikroforureninger	Analysér antal	Analysér med fund antal	Indtag med analyse antal	Indtag med fund antal	Indtag med fund %	Over grænse- værdi ¹⁾ %	Median af fund ²⁾ µg/l	Max. værdi µg/l
Aromatiske kulbrinter								
Benzen	44	1	26	1	3,8	-	0,1	0,1
Naphtalen	39	0	25	0	-	-	-	-
Toluen	44	11	26	11	42,3	-	0,1	0,6
<i>m+p</i> -xylen	22	3	18	3	16,7	-	0,2	0,9
<i>o</i> -xylen	22	3	18	3	16,7	-	0,1	0,3
Xylen (uspecifik)	7	6	7	6	85,7	-	0,2	0,4
Halogenerede alifatiske kulbrinter								
Tetrachlorethylen	7	0	7	0	-	-	-	-
1,1,1-trichlorethan	7	0	7	0	-	-	-	-
Trichlormethan (chloroform)	7	0	7	0	-	-	-	-
Phenoler								
Nonylphenoler	32	7	25	7	28,0	-	0,2	0,5
Nonylphenoethoxylater	27	0	20	0	-	-	-	-
Phenol	112	14	39	12	30,8	2,6	0,2	0,8
Chlorphenoler								
2,4-dichlorphenol	195	3	46	3	6,5	-	0,0	0,1
2,6-dichlorphenol	172	0	40	0	-	-	-	-
Pentachlorphenol	171	0	40	0	-	-	-	-
Blødgørere								
Dibutylphthalat (DBP)	31	11	23	11	47,8	21,7	0,8	2,1
Detergenter								
Anioniske detergenter (sum)	37	24	23	11	47,8	-	4,9	35,0
Kationisk DTDMAC (sum)	5	0		0	-	-	-	-

¹⁾ Her anvendes grænseværdien for drikkevand hvor en sådan findes (se tabel 4.1)

²⁾ Alle medianværdier er beregnet på grundlag af medianværdier for de enkelte indtag

Bilag 4.3 Organiske mikroforureninger i vandværksboringer 1993-2001

Udvalgte analyser for organiske mikroforureninger.

Vandværksboringer	Analyser	Analyser med fund	Boringer med analyse	Boringer med fund	Over grænseværdi ¹⁾	Median af fund ²⁾	Max. værdi
Organiske mikroforureninger	antal	antal	antal	antal	%	µg/l	µg/l
Aromatiske kulbrinter							
Benzen	3.443	221	2.141	110	5,1	0,5	1.200 ³⁾
Naphtalen	3.042	42	1.919	29	1,5	0,08	1,1
Toluen	3.459	297	2.134	225	10,5	0,1	80
<i>m+p</i> -xylen	2.320	96	1.635	84	5,1	0,1	18
<i>m</i> -xylen	118	8	104	8	7,7	-	0,5
<i>o</i> -xylen	2.410	68	1.629	61	3,7	-	5,2
<i>p</i> -xylen	116	8	102	8	7,8	-	3,0
Xylen (uspecifik)	795	85	641	70	10,9	-	0,5
Halogenerede alifatiske kulbrinter							
1,2-dibromethan	23	-	23	0	-	-	-
Tetrachlorethylen	3.924	485	2.050	128	6,2	0,4	73
Tetrachlormethan	3.800	74	2.084	68	3,3	-	1,5
1,1,1-trichlorethan	3.687	247	1.960	79	4,0	0,2	2,4
Trichloroethylen	4.044	760	2.101	189	9,0	-	114
Trichlormethan (chloroform)	3.752	235	2.040	163	8,0	0,2	2,5
Vinylchlorid	369	19	186	11	5,9	4,3	1,9
Phenoler							
Nonylphenoler	23	-	23	0	-	-	-
Nonylphenoethoxylater	8	-	8	0	-	-	-
Phenol	1.964	210	1.212	123	10,1	1,7	28
Chlorphenoler							
2,4-dichlorphenol	4.614	21	3.131	21	0,7	0,3	0,3
2,6-dichlorphenol	1.957	19	1.319	19	1,4	0,5	0,2
Pentachlorphenol	2.639	19	1.836	19	1,0	1,0	0,8
Blødgørere							
Dibutylphthalat (DBP)	4	-	4	0	-	-	-
Detergenter							
Kationisk DTDMAC (sum)	1	0	1	0			
Anioniske detergenter (sum)	2.245	1.232	1.654	1021	61,7	-	80
Ethere							
MTBE	1.929	153	1.722	96	5,6	0,6	870

¹⁾ Her anvendes grænseværdien for drikkevand hvor en sådan findes (se tabel 4.1)

²⁾ Alle medianværdier er beregnet på grundlag af medianværdier for de enkelte boringer

³⁾ Analysen stammer fra en boring som antagelig ikke leverer drikkevand, men som fejlagtigt indgår i datasættet

Bilag 4.4 Organiske mikroforurenninger i andre boringer 1993-2001

Udvalgte analyser for organiske mikroforurenninger.

Andre boringer	Analysér	Analysér med fund	Boringer med analyse	Boringer med fund	Over grænseværdi ¹⁾	Median af fund ²⁾	Max. værdi	
Organiske mikroforurenninger	antal	antal	antal	antal	%	µg/l	µg/l	
Aromatiske kulbrinter								
Benzen	927	197	577	96	16,6	53,0	1,2	15.000
<i>m+p</i> -xylen	678	87	425	51	12,0	10,0	0,7	1.400
<i>o</i> -xylen	739	66	467	40	8,6	7,0	0,7	640
Xylen (uspecifik)	147	29	117	17	14,5	5,0	2,1	1.500
Halogenerede alifatiské kulbrinter								
1,2-dibromethan	8	0	8	0	-	-	-	-
Tetrachlorethylén	1.353	410	671	141	21,0	64,0	0,7	82.000
1,1,1-trichlorethan	1.334	184	653	54	8,3	10,0	0,2	810
Trichlormethan (chloroform)	1.292	165	647	76	11,7	14,0	0,1	260
Vinylchlorid	343	130	202	68	33,7	59,0	1,0	2.600
Phenoler								
Phenol	392	48	284	37	13,0	14,0	0,2	70
Chlorphenoler								
2,4-dichlorphenol	1.098	12	781	12	1,5	7,0	0,2	2,3
2,6-dichlorphenol	891	10	594	8	1,3	4,0	0,2	2,6
Pentachlorphenol	595	3	511	3	0,6	3,0	0,1	0,1
Blødgørere								
Dibutylphthalat (DBP)	16	11	8	7	87,5	4,0	1,0	45
Ethere								
MTBE	99	16	78	11	14,1	-	0,7	3,0

¹⁾ Her anvendes grænseværdien for drikkevand hvor en sådan findes (se tabel 4.1)

²⁾ Alle medianværdier er beregnet på grundlag af medianværdier for de enkelte indtag

Bilag 5.1 Pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandsovervågningen 1993-2001

Alle medianværdier er beregnet på grundlag af medianværdier for de enkelte indtag. Gnst. – gennemsnit af alle positive fund. Median – mediankoncentration beregnet på grundlag af mediankoncentrationen af positive fund i de enkelte filtre. Max. – den maksimale fundne koncentration.

Grundvandsovervågning 1993-2001	Analyser			Indtag					Koncentration		
	med fund	m. fund ≥ 0,1 µg/l	med analyse	med fund		m. fund ≥ 0,1 µg/l			Gnst.	Median	Max.
	antal	antal	antal	antal	antal	%	antal	%	µg/l	µg/l	µg/l
2,4-D	6.234	16	2	1.097	15	1,4	1	0,1	0,22	0,02	2,8
2,6-DCPP	343	3	2	187	3	1,6	2	1,1	1,12	0,95	2,4
BAM = 2,6-Dichlorbenzamid	4.329	673	223	1.029	199	19,3	75	7,3	0,38	0,04	43
2,6-dichlorebenzosyre	175	5		66	3	4,5			0,03	0,02	0,09
2CCP	57	1		41	1	2,4			0,01	0,01	0,01
4CCP	187	6	4	132	5	3,8	4	3,0	0,14	0,13	0,26
4-Nitrophenol	2.288	50	1	885	43	4,9	1	0,1	0,02	0,02	0,11
AMPA	2.555	26	4	899	21	2,3	4	0,4	0,09	0,02	1
Atrazin	6.475	206	24	1.101	56	5,1	13	1,2	0,06	0,02	1,52
Atrazin, desethyl-	4.166	228	43	1.019	62	6,1	13	1,3	0,12	0,02	5,5
Atrazin, desisopropyl-	4.141	167	31	1.019	65	6,4	13	1,3	0,07	0,02	0,84
Atrazin, hydroxy-	3.460	26	2	959	21	2,2	2	0,2	0,07	0,03	0,78
Bentazon	4.169	100	24	1.020	40	3,9	10	1,0	0,12	0,03	2,8
Bromoxynil	2.961	3		938	3	0,3			0,04	0,02	0,09
Carbofuran	3.423	1		955	1	0,1			0,01	0,01	0,01
Carbofuran, hydroxy-	2.571	2	1	909	2	0,2	1	0,1	0,11	0,11	0,15
Chloridazon	2.931	4	1	939	4	0,4	1	0,1	0,06	0,04	0,13
Chlorsulfuron	2.413	1		894	1	0,1			0,03	0,03	0,033
Clopyralid	176	2	2	67	1	1,5	1	1,5	0,12	0,12	0,12
Cyanazin	4.113	6		1.018	6	0,6			0,03	0,03	0,05
Dalapon	2.261	3		871	3	0,3			0,02	0,02	0,02
DEIA	2.368	120	35	891	65	7,3	23	2,6	0,12	0,04	1,3
Dichlobenil	3.520	15		975	9	0,9			0,03	0,03	0,086
Dichlorprop	6.477	173	86	1.101	42	3,8	10	0,9	8,02	0,02	370
Dimethoat	3.796	2		989	2	0,2			0,04	0,04	0,06
Dinoseb	6.468	18	1	1.101	15	1,4	1	0,1	0,04	0,03	0,175
Diuron	3.504	12		979	10	1,0			0,02	0,02	0,07
DNOC	6.473	10	2	1.101	9	0,8	2	0,2	0,05	0,03	0,233
Ethofumesat	2.702	2		917	2	0,2			0,02	0,02	0,03
Ethylentiurea	2.674	12	2	893	9	1,0	1	0,1	0,25	0,04	2
Fenpropimorph	2.912	2		937	2	0,2			0,03	0,03	0,03
Glyphosat	2.568	16		900	11	1,2			0,03	0,02	0,08
Hexazinon	4.126	46	21	1.016	19	1,9	5	0,5	0,32	0,03	1,8
Isoproturon	4.138	2		1.017	2	0,2			0,03	0,03	0,045
Lenacil	2.627	5		909	2	0,2			0,05	0,05	0,084
Maleinhydrazid	1.371	6	3	732	6	0,8	3	0,4	0,09	0,07	0,25
MCPA	6.452	40	14	1.101	14	1,3	2	0,2	0,13	0,01	1,6
Mechlorprop	6.474	99	41	1.101	35	3,2	7	0,6	0,19	0,03	2,51
Metamitron	3.778	2		987	2	0,2			0,03	0,03	0,037
Metribuzin	2.984	26	4	939	12	1,3	4	0,4	0,08	0,05	0,49
Metsulfuron methyl	2.437	2		894	2	0,2			0,03	0,03	0,03
Pendimethalin	3.820	15	1	988	15	1,5	1	0,1	0,58	0,01	8,39
Propiconazol	2.960	3		939	3	0,3			0,02	0,02	0,034
Simazin	6.468	68	14	1.101	23	2,1	5	0,5	0,09	0,03	0,51

Grundvandsovervågning 1993-2001	Analyser			Indtag				Koncentration		
	med fund	m. fund ≥ 0,1µg/l	med analyse	med fund	fund	m. fund ≥ 0,1µg/l	Gnst.	Median	Max.	
	antal	antal	antal	antal	%	antal	%	µg/l	µg/l	µg/l
Simazin, hydroxy-	1.690	1	843	1	0,1			0,01	0,01	0,013
Terbutylazin, desethyl-	2.529	4	906	4	0,4			0,04	0,02	0,096
Terbutylazin	4.086	19	1.016	17	1,7			0,03	0,02	0,07
Terbutylazin, hydroxy-	59	1	52	1	1,9			0,01	0,01	0,011
Triadimenol	388	1	202	1	0,5			0,01	0,01	0,01
Trichloreddikesyre(TCA)	1.139	5	769	5	0,7			0,03	0,04	0,05
2-(2,6-dich.ph)props	3		2							
2,3,6-TCBA	175		66							
2,4,5-T	204		70							
2,4-DB	166		65							
2,6-D	175		66							
2-6 MCPA	17		15							
2C6MPP, 2-(2-chlor-6	3		2							
2CPA,2-Chlorphenoxy	61		60							
2-M-4,6-DCPA	175		66							
2-M-4,6-DCPP	175		66							
2-M-6-CPA	175		66							
Alachlor	292		192							
Aldicarb	25		25							
Aldrin	25		25							
Benazolin-ethyl	185		71							
Bromacil	25		25							
Bromophos	33		30							
Bromophos-ethyl	25		25							
Carbofenotion	25		25							
Chlordan	25		25							
Chlorfenvinphos	25		25							
Chlorpyrifos	200		67							
Cycloat	25		25							
DDD, o,p'-	25		25							
DDD, p,p'-	25		25							
DDE, o,p'-	25		25							
DDE, p,p'-	25		25							
DDT, o,p'-	25		25							
DDT, p,p'-	25		25							
Diazinon	200		67							
Dicamba	394		204							
Dieldrin	25		25							
Dinoterb	175		66							
Endosulfan, alpha	25		25							
Endosulfan, beta	25		25							
Endrin	25		25							
Esfenvalerat	25		25							
Fenitrothion	25		25							

Grundvandsovervågning 1993-2001	Analyser			Indtag			Koncentration				
		med fund	m. fund ≥ 0,1µg/l	med analyse	med fund	%	m. fund ≥ 0,1µg/l	%	Gnst.	Median	Max.
	antal	antal	antal	antal	antal	%	antal	%	µg/l	µg/l	µg/l
Fenvalerat	25			25							
Flamprop	175			66							
Flamprop-M-isopropyl	6			6							
Fluazifop	188			73							
Fluazifop-butyl	170			158							
Fonofos	25			25							
Gamma Lindan (HCH)	25			25							
HCH-alfa	25			25							
HCH-beta	25			25							
HCH-delta	25			25							
Heptachlor	25			25							
Heptachlorepoxyd	25			25							
Heptenophos	3			3							
Hexachlorbenzen	25			25							
Imazalil	1			1							
Ioxynil	2.972			939							
Linuron	1.171			551							
Malathion	25			25							
MCPB	201			68							
Metazachlor	394			252							
Methabenzthiazuron	360			203							
Methomyl	52			45							
Metolachlor	25			25							
Mirex	25			25							
Omethoat	93			53							
Parathion	228			177							
Parathion-methyl	25			25							
Phenmedipham	90			90							
Pirimicarb	2.889			922							
Prochloraz	218			95							
Prometryn	29			29							
Propazin	153			144							
Propyzamid	411			207							
Sebutylazin	91			91							
T, 2,4,5-	2			1							
Terbacil	25			25							
Thifensulfuron methy	12			11							
Triasulfuron	12			11							
Trifluralin	3			2							

Bilag 5.2 Pesticider og nedbrydningsprodukter i landovervågningen 1993-2001.

Alle medianværdier er beregnet på grundlag af medianværdier for de enkelte indtag. Gnst. – gennemsnit af alle positive fund. Median – mediankoncentration beregnet på grundlag af mediankoncentrationen af positive fund i de enkelte filtre. Max. – den maksimale fundne koncentration.

Landovervågning 1993-2001	Analyser			Indtag				Koncentration			
	antal	med fund	fund ≥ 0,1µg/l	med analyse	med fund	%	med fund	%	Gnst.	Median	Max.
		antal	antal	antal	antal		antal		µg/l	µg/l	µg/l
2,4-D	835	5	1	102	5	4,9	1	1,0	0,044	0,016	0,124
2,6-Dichlorbenzamid	510	20	2	81	6	7,4	1	1,2	0,053	0,045	0,130
4CCP	20	1		13	1	7,7			0,066	0,066	0,066
4-Nitrophenol	236	9	1	43	9	20,9	1	2,3	0,033	0,018	0,140
AMPA	293	21	12	46	8	17,4	4	8,7	0,128	0,068	0,700
Atrazin	878	54	1	109	8	7,3	1	0,9	0,030	0,019	0,121
Atrazin, desethyl-	599	73	10	91	15	16,5	2	2,2	0,044	0,020	0,219
Atrazin, desisopropy	576	61	12	85	19	22,4	6	7,1	0,064	0,026	0,300
Atrazin, hydroxy-	442	11		67	4	6,0			0,020	0,020	0,030
Bentazon	645	57	1	94	20	21,3	1	1,1	0,021	0,010	0,190
Bromoxynil	350	1		54	1	1,9			0,050	0,050	0,050
Carbofuran	546	1		89	1	1,1			0,030	0,030	0,030
Cyanazin	593	2		89	2	2,2			0,022	0,022	0,024
DEIA	215	52	12	31	13	41,9	4	12,9	0,139	0,047	1,700
Dichlorprop	870	10		109	8	7,3			0,015	0,014	0,038
Dinoseb	866	4	1	109	4	3,7	1	0,9	0,035	0,007	0,120
Diuron	426	2		66	2	3,0			0,013	0,013	0,015
DNOC	866	6	1	109	5	4,6	1	0,9	0,040	0,020	0,100
Ethofumesat	327	2	1	45	1	2,2	1	2,2	39,012	39,012	78,0
Glyphosat	296	19	10	46	8	17,4	6	13,0	0,376	0,125	2,600
Hexazinon	523	3		67	3	4,5			0,038	0,040	0,067
Isoproturon	663	25	4	94	9	9,6	3	3,2	0,094	0,028	1,070
Lenacil	275	1		43	1	2,3			0,030	0,030	0,030
MCPA	870	15		109	10	9,2			0,022	0,019	0,070
Mechlorprop	866	19		109	12	11,0			0,024	0,014	0,083
Metamitron	558	17		85	10	11,8			0,009	0,005	0,032
Metribuzin	349	2		52	2	3,8			0,035	0,035	0,060
Pendimethalin	429	3		57	2	3,5			0,025	0,025	0,040
Pirimicarb	352	2		54	2	3,7			0,006	0,006	0,006
Propyzamid	86	1	1	23	1	4,3	1	4,3	0,113	0,113	0,113
Simazin	865	29		109	3	2,8			0,030	0,030	0,050
Terbutylazin, desethyl-	274	8	4	46	3	6,5	1	2,2	0,456	0,050	2,100
Terbuthylazin	559	4	3	89	1	1,1	1	1,1	0,464	0,218	1,400
Trichloreddikesyre	123	1	1	9	1	11,1	1	11,1	0,170	0,170	0,170
2,3,6-TCBA	55			9							
2,4,5-T	55			9							
2,4,5-trichlorphenol	5			5							
2,4-DB	79			23							
2,6-D	55			9							
2,6-DCPP	102			34							

Landovervågning 1993-2001	Analyser			Indtag				Koncentration			
	antal	med fund	fund	med analyse	med fund	%	med fund	%	Gnst.	Median	Max.
		antal	≥ 0,1µg/l	antal	antal		≥ 0,1µg/l		µg/l	µg/l	µg/l
2,6-dichlorebenzoyre	55			9							
2C6MPP	5			5							
2CCP	34			13							
2CPA	5			5							
2-M-4,6-DCPA	55			9							
2-M-4,6-DCPP	55			9							
2-M-6-CPA	55			9							
Alachlor	183			57							
Aldicarb	24			14							
Benazolin	12			6							
Benazolin-ethyl	72			20							
Carbofuran, hydroxy-	301			49							
Chloridazon	364			63							
Chlorpyrifos	58			9							
Chlorsulfuron	260			43							
Clopyralid	59			10							
Cypermethrin	5			5							
Dalapon	185			30							
Diazinon	58			9							
Dicamba	83			23							
Dichlobenil	392			57							
Dimethoat	539			81							
Dinoterb	75			22							
Ethylentiurea	284			34							
Fenpropimorph	330			48							
Flamprop	72			20							
Fluazifop	72			20							
Fluazifop-butyl	11			8							
Heptenophos	69			29							
Ioxynil	374			61							
Isoxaben	24			14							
Linuron	226			61							
Maleinhydrazid	80			22							
MCPB	55			9							
Metazachlor	132			54							
Methabenzthiazuron	101			41							
Metsulfuron methyl	260			43							
Omethoat	46			9							
Parathion	28			16							
Phenmedipham	5			5							
Prochloraz	86			23							

Landovervågning 1993-2001	Analyser			Indtag				Koncentration			
	antal	med fund	fund	med analyse	med fund	%	med fund	%	Gnst.	Median	Max.
		antal	≥ 0,1µg/l	antal	antal		antal		≥ 0,1µg/l	µg/l	µg/l
Propazin	5			5							
Propiconazol	353			54							
Propoxur	24			14							
Simazin, hydroxy	210			36							
Terbutylazin, hydroxy-	23			14							
Thifensulfuron methyl-	17			11							
Triadimenol	86			23							
Triasulfuron	17			11							

Bilag 5.3 Pesticider og nedbrydningsprodukter i vandværksboringer 1993-2001.

Alle medianværdier er beregnet på grundlag af medianværdier for de enkelte indtag. Gnst. – gennemsnit af alle positive fund. Median – mediankoncentration beregnet på grundlag af mediankoncentrationen af positive fund i de enkelte filtre. Max. – den maksimale fundne koncentration.

Vandværksboringer 1993-2001	Analyser				Boringer				Koncentration		
	antal	med fund	m. fund ≥ 0,1 µg/l	med analyse	med fund	%	fund ≥ 0,1 µg/l	%	Gnst.	Median	Max.
		antal	antal	antal	antal	antal	%	antal	%	µg/l	µg/l
2,6-Dichlorbenzamid	9.105	3.101	796	4.771	1.049	22,0	344	7,2	0,318	0,040	560
Bentazon	6.659	162	29	4.516	80	1,8	16	0,4	0,062	0,020	0,440
Atrazin	9.352	287	20	4.975	145	2,9	14	0,3	0,043	0,020	1,114
Dichlorprop	9.591	270	56	5.053	90	1,8	13	0,3	0,067	0,018	0,600
Mechlorprop	9.555	272	27	5.053	107	2,1	12	0,2	0,186	0,023	26
Atrazin, desethyl-	6.701	228	19	4.523	122	2,7	12	0,3	0,047	0,024	0,820
Hexazinon	6.865	120	18	4.571	75	1,6	10	0,2	0,063	0,024	1,120
MCPA	9.415	63	10	5.046	25	0,5	6	0,1	0,060	0,026	0,560
Simazin	9.418	153	7	5.038	75	1,5	5	0,1	0,031	0,016	0,420
Atrazin, desisopropyl-	6.549	171	4	4.461	99	2,2	3	0,1	0,030	0,020	0,350
4CCP	1.286	80	2	816	23	2,8	2	0,2	0,036	0,026	0,194
Dichlobenil	5.547	44	2	3.807	17	0,4	2	0,1	0,037	0,023	1,100
Atrazin, hydroxy-	5.108	33	2	3.667	27	0,7	2	0,1	0,032	0,018	0,220
Diuron	3.559	17	3	2.633	13	0,5	2	0,1	0,080	0,024	0,460
Isoproturon	6.485	29	1	4.480	19	0,4	1	0,0	0,035	0,015	0,388
Pendimethalin	6.353	28	1	4.452	26	0,6	1	0,0	0,031	0,014	0,327
Simazin, hydroxy	256	4	1	197	4	2,0	1	0,5	0,088	0,046	0,235
Terbutylazin, hydroxy-	266	3	1	191	2	1,0	1	0,5	0,066	0,054	0,112
2,4-D	9.174	23		5.006	10	0,2			0,025	0,016	0,074
DNOC	9.352	12		5.037	9	0,2			0,034	0,013	0,095
Terbuthylazin	6.358	11		4.450	10	0,2			0,012	0,010	0,022
Dinoseb	9.337	10		5.034	10	0,2			0,005	0,005	0,010
Cyanazin	6.531	8		4.512	8	0,2			0,026	0,020	0,060
2,6-DCPP	682	6		562	5	0,9			0,021	0,015	0,033
Dimethoat	6.420	5		4.486	5	0,1			0,016	0,014	0,023
4-Nitrophenol	144	4		109	4	3,7			0,016	0,015	0,018
2-(2,6-dich.ph)props	163	3		123	2	1,6			0,035	0,035	0,036
Metamitron	6.364	3		4.460	3	0,1			0,040	0,021	0,079
Aldicarb	25	2		25	2	8,0			0,020	0,020	0,020
Clopyralid	120	2		81	2	2,5			0,067	0,067	0,078
DEIA	155	2		142	2	1,4			0,011	0,011	0,011
Fenpropimorph	635	2		496	2	0,4			0,060	0,060	0,085
Linuron	3.476	2		2.573	2	0,1			0,013	0,013	0,016
2,4,5-trichlorphenol	172	1		150	1	0,7			0,025	0,025	0,025
Terbutylazin, desethyl-	317	1		246	1	0,4			0,010	0,010	0,010
2C6MPP, 2-(2-chlor-6	177	1		158	1	0,6			0,040	0,040	0,040
AMPA	216	1		200	1	0,5			0,011	0,011	0,011
Alachlor	521	1		430	1	0,2			0,010	0,010	0,010
Chlorsulfuron	235	1		190	1	0,5			0,010	0,010	0,010
Diazinon	69	1		57	1	1,8			0,020	0,020	0,020
Glyphosat	204	1		189	1	0,5			0,013	0,013	0,013
Propyzamid	708	1		536	1	0,2			0,015	0,015	0,015
Metamitron-desamino	16			16							

Vandværksboringer 1993-2001	Analyser			Boringer				Koncentration		
	antal	med fund	m. fund ≥ 0,1 µg/l	med analyse	med fund	fund ≥ 0,1 µg/l	Gnst.	Median	Max.	
		antal	antal	antal	antal					%
Metribuzin-desamino- diketo	16			16						
Metribuzin - desamino	16			16						
Metribuzin-diketo	16			16						
2,3,6-TBA	38			36						
2,4-DB	82			80						
Azinphos-ethyl	58			26						
Azinphos-methyl	66			34						
Benazolin	26			14						
DDE (sum o,p'+p,p')	34			19						
DDT (sum o,p'+p,p')	37			22						
Desmedipham	16			16						
Dibenzofuran	2			2						
Diflufenican	3			3						
Endosulfan	26			26						
Fluroxypyr	20			20						
Isoxaben	15			15						
Mevinphos	37			20						
Pirimicarb-desmethyl-	16			16						
Prometon	5			4						
Propachlor	75			36						
Propoxur	23			23						
Prosulfocarb	3			3						
Tetrasul	7			7						
Tri-allat	1			1						
Triadimefon	1			1						
Trichloreddikesyre	15			15						
Trifluralin	261			163						
dichlorvos	51			29						
fluazifop-p-butyl	56			40						
isodrin	58			26						
metoxuron	75			36						
2CCP	240			210						
2CPA,2-Chlorphenoxy	150			144						
2,3,6-TCBA	59			57						
2,4,5-T	406			291						
2,6-D	85			69						
2-M-4,6-DCPA	93			70						
2-M-4,6-DCPP	95			72						
2-M-6-CPA	94			71						
Aldrin	58			26						
Benazolin-ethyl	131			105						
Bromacil	61			48						
Bromoxynil	698			532						
Carbofuran	1.455			1.123						

Vandværksboringer 1993-2001	Analyser			Boringer					Koncentration		
	antal	med fund	m. fund ≥ 0,1 µg/l	med analyse	med fund	fund ≥ 0,1 µg/l	Gnst.	Median	Max.		
		antal	antal	antal	antal	%	antal	%	µg/l	µg/l	µg/l
Carbofuran, hydroxy	290			236							
Chloridazon	856			621							
Chlorpyrifos	69			57							
DDE, o,p'-	34			19							
DDT, o,p'-	34			19							
Dalapon	26			26							
Dicamba	585			459							
Dieldrin	58			26							
Dinoterb	80			78							
Endosulfan, alpha	34			19							
Endosulfan, beta	34			19							
Endrin	58			26							
Esfenvalerat	38			20							
Ethofumesat	462			352							
Ethylentiurea	72			70							
Fenitrothion	58			26							
Flamprop	97			80							
Flamprop-M-isopropyl	49			49							
Fluazifop	100			80							
Fluazifop-butyl	245			228							
Gamma Lindan (HCH)	58			26							
Hexachlorbenzen	16			16							
Imazalil	16			15							
Ioxynil	729			560							
Lenacil	322			259							
MCPB	96			70							
Malathion	75			36							
Maleinhydrazid	12			12							
Metazachlor	536			401							
Methabenzthiazuron	590			399							
Methomyl	115			115							
Metribuzin	633			472							
Metsulfuron methyl	225			180							
Omethoat	77			58							
Parathion	84			51							
Parathion-methyl	58			26							
Phenmedipham	245			220							
Pirimicarb	690			522							
Prochloraz	281			197							
Prometryn	3			3							
Propazin	359			314							
Propiconazol	754			577							
Thifensulfuron methy	17			10							
Triadimenol	357			276							

Bilag 5.4 Pesticider og nedbrydningsprodukter i andre boringer 1993-2001.

Andre boringer omfatter vandværksboringer, hvorfra der ikke er indvundet grundvand i en treårsperiode før 2001, vandværkernes monitoringsboringer, markvandingsboringer etc. Nedbrydningsprodukter fra phenoxysyrer som 2,4-dichlorphenol er i dette års rapport nævnt i bilagsmaterialet under organiske mikroforureninger. Alle medianværdier for enkeltstoffer er beregnet på grundlag af medianværdier for de enkelte indtag. Gnst. – gennemsnit af alle positive fund. Median – mediankoncentration beregnet på grundlag af mediankoncentrationen af positive fund i de enkelte filtre. Max. – den maksimale fundne koncentration.

Andre boringer 1993-2001	Analyser				Boringer				Koncentration				
	med fund		m. fund ≥0,1µg/l		med analyse		med fund		fund ≥ 0,1µg/l		Gnst.	Median	Max.
	antal	antal	antal	antal	antal	%	antal	%	µg/l	µg/l	µg/l		
2,4,5-trichlorphenol	29	1	1	26	1	3,8	1	3,8	0,550	0,550	0,55		
2,4-D	2.699	11	1	1.949	10	0,5	1	0,1	0,073	0,050	0,375		
2,6-DCPP	196	7	5	182	7	3,8	5	2,7	8,700	0,120	60		
2,6-Dichlorbenzamid =BAM	1.956	700	416	1.377	435	31,6	254	18,4	0,931	0,120	260		
2C6MPP	60	1		58	1	1,7			0,060	0,060	0,06		
2CCP	82	4		80	4	5,0			0,051	0,048	0,096		
4CCP	657	23	9	421	17	4,0	8	1,9	1,959	0,071	34		
AMPA	310	6	2	287	3	1,0	2	0,7	0,170	0,136	0,68		
Atrazin	2.840	306	72	2.017	200	9,9	48	2,4	0,105	0,030	1,5		
Atrazin, deethyl-	1.548	156	36	1.181	109	9,2	25	2,1	0,147	0,032	3,8		
Atrazin, deisopropyl	1.496	147	33	1.150	100	8,7	22	1,9	0,089	0,029	1,9		
Atrazin, hydroxy-	778	7	1	693	7	1,0	1	0,1	0,044	0,027	0,152		
Bentazon	1.534	59	22	1.182	38	3,2	11	0,9	0,220	0,034	2,65		
Carbofuran	711	1		629	1	0,2			0,040	0,040	0,04		
Cyanazin	1.484	4	1	1.153	4	0,3	1	0,1	0,068	0,041	0,182		
DEIA	72	8		68	8	11,8			0,039	0,037	0,06		
Dichlobenil	1.562	37	5	1.218	32	2,6	3	0,2	0,250	0,020	2,8		
Dichlorprop	2.816	128	48	2.010	91	4,5	32	1,6	0,529	0,039	9,2		
Dimethoat	1.451	5	2	1.132	3	0,3	1	0,1	1,582	0,016	5,7		
Dinoseb	2.786	41	3	2.001	40	2,0	2	0,1	0,040	0,010	0,61		
Diuron	1.015	24	5	743	16	2,2	3	0,4	0,075	0,024	0,475		
DNOC	2.781	36		1.997	35	1,8			0,010	0,010	0,02		
Ethylentiurea	261	19	5	249	15	6,0	5	2,0	0,177	0,034	1,3		
Glyphosat	317	8	1	292	5	1,7	1	0,3	0,127	0,026	0,84		
Hexazinon	1.577	40	17	1.218	25	2,1	8	0,7	0,281	0,025	3		
Ioxynil	276	2		253	1	0,4			0,039	0,039	0,043		
Isoproturon	1.469	13	3	1.134	11	1,0	2	0,2	0,154	0,029	0,982		
Linuron	566	2	1	514	2	0,4	1	0,2	0,157	0,157	0,241		
MCPA	2.800	55	4	2.010	51	2,5	3	0,1	0,090	0,010	2,7		
Mechlorprop	2.810	121	30	2.009	97	4,8	23	1,1	0,286	0,031	11		
Metamitron	1.391	5	1	1.079	4	0,4	1	0,1	0,070	0,049	0,21		
Metribuzin	239	1		223	1	0,4			0,020	0,020	0,02		
Metsulfuron methyl	495	1		281	1	0,4			0,043	0,043	0,043		
N-Phenylacetamid	19	8	8	19	8	42,1	8	42,1	642,875	135,000	3600		
Pendimethalin	1.429	4		1.114	4	0,4			0,041	0,032	0,088		
Pirimicarb	287	1		260	1	0,4			0,010	0,010	0,01		
Propiconazol	295	1		268	1	0,4			0,020	0,020	0,02		
Simazin	2.819	178	20	2.009	136	6,8	14	0,7	0,055	0,020	1,3		
Sulfotep	31	5	5	15	3	20,0	3	20,0	0,460	0,520	0,8		
Terbutylazin, deethyl-	527	26	5	311	14	4,5	4	1,3	0,074	0,043	0,47		
Terbutylazin	1.492	26	4	1.156	18	1,6	3	0,3	0,063	0,036	0,28		

Andre boringer 1993-2001	Analyser			Boringer				Koncentration		
	med fund	m. fund	med	med fund	fund ≥ 0,1µg/l	Gnst.	Median	Max.		
	antal	antal	antal	antal	%	µg/l	µg/l	µg/l		
Trichloreddikesyre	34	1	34	1	2,9	0,050	0,050	0,05		
4-Nitrophenol	54		51							
Alachlor	195		185							
Benazolin-ethyl	93		91							
Bromoxynil	254		235							
Carbofuran, hydroxy	88		87							
Chloridazon	266		247							
Chlorsulfuron	91		87							
Dalapon	66		65							
Diazinon	88		87							
Dicamba	165		156							
Ethofumesat	201		184							
Fenpropimorph	248		233							
Lenacil	125		111							
Maleinhydrazid	9		9							
Methabenzthiazuron	130		126							
Parathion	46		42							
Phenmedipham	78		74							
Prochloraz	82		81							
Propazin	117		112							
Propyzamid	217		204							
Simazin, hydroxy	41		38							
Triadimenol	147		135							

Bilag 6.1 Vandindvinding i 2001 fordelt på 10 kategorier

	Offentlige almene vandværker	Private almene vandværker	Småikke almene anlæg (1-9 husstande)	Institutioner med egen indvinding	Erhverv og industri m.v.	Markvand og sportsanlæg m.v.	Dambrug og gartnerier	sænkninger og sportsanlæg m.v.	Grundvands-sænkninger	Afværgboringer	Anden indvinding	Total grundvandsindvinding	Overfladevand
	mio.m ³ /år												
Københavns og Fr.-berg kommuner ¹⁾	2.167	0	0	0,002	0,046	0	i.o.	1.304	0,125	1,154	4.798	i.o.	
Københavns Amt ²⁾	34.954	0.484	0.048	0,035	0,394	0,048	0	i.o.	5,797	0,005	41.765	i.o.	
Roskilde Amt ³⁾	28.880	8.360	0.520	0,270	2,550	0,560	0	i.o.	1,610	0,960	43.710	i.o.	
Fredriksborg Amt ⁴⁾	30.238	10.474	1.000	0,000	0,378	1,059	i.o.	i.o.	0,814	i.o.	43.963	1.100	
Vestsjællands Amt ⁵⁾	20.542	12.135	0.187	0,040	1,245	0,903	0	0,178	i.o.	0,002	35.232	5.919	
Storstrøms Amt ⁶⁾	6.300	7.700	0.125	i.o.	3,000	1,000	i.o.	i.o.	i.o.	i.o.	18.125	i.o.	
Bornholm Amt	3.900	0.030	0.300	i.o.	0,075	0,041	i.o.	i.o.	i.o.	i.o.	4.346	0.007	
Fyns Amt ⁷⁾	21.190	16.384	0.028	3,500	1,750	3,698	i.o.	i.o.	1,014	0,014	47.578	2.707	
Sønderjyllands Amt	9.400	12.000	6.000	0,100	2,900	29,900	0,013	0,300	i.o.	1,100	61.713	1.490	
Ribe Amt	12.700	8.400	i.o.	0,025	3,500	31,300	9,200	0,140	0,990	0,150	66.405	i.o.	
Vejle Amt	18.390	10.680	4.070	0,012	11,930	13,150	6,831	i.o.	i.o.	0,150	65.213	i.o.	
Ringkjøbing Amt	16.992	11.044	0.034	0,077	9,579	60,114	2,999	i.o.	i.o.	i.o.	100.839	2.914	
Århus Amt	26.490	20.585	0.414	0,055	3,313	5,386	0,231	i.o.	i.o.	0,379	56.853	i.o.	
Viborg Amt	10.988	9.824	0.011	0,226	2,426	6,419	1,477	0,785	0,541	0,560	33.257	0.425	
Nordjyllands Amt	21.007	18.507	0.261	0,110	11,234	5,600	12,197	0,027	i.o.	0,182	69.125	i.o.	
Helelandet	264.138	146.607	12.998	4.452	54.320	159.178	32.948	2.734	10.891	4.656	692.922	14.562	

1) Københavns og Fr.-berg Komm.: Anden indvinding primært ifm. anlæg af Metro og afværgepumper

2) Eksport til Københavns Energi: 19,4 mio. m³

3) Eksport til Københavns Energi: 22,4 mio. m³

4) Eksport til Københavns Energi og Gentofte Vandforsyning: 19,4 mio. m³

5) Eksport til Københavns Energi og Næstved Vandforsyning: 8,8 mio. m³

6) Skønnet fra figur i amtsrapport

7) Opgørelse baseret på indberetning for 2000

i.o. = ingen oplysninger

Bilag 6.2 Status og tidsplan for modellering af GRUMO-områder

Amt	GRUMO område	Evaluering af data		Konceptuel geologisk model	Matematisk geologisk model	Strømningsmodel	Partikelbane model	Revision af opland
		Dækning	Repræsentativitet					
København og Fr.berg kommuner	Frederiksberg	God	God	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
København	Ishøj	God	God	Ja	Ja	Ja	Ja	2004
	Gladsaxe	God	Rimelig	Ja	Ja	2003*	2003	2004
Frederiksborg	Søndersø	Rimelig	Rimelig	Ja	Ja	2002	2002	2002
	Endrup	Mindre god	Mindre god	Ja	Ja	Ja	Ja	2002
	Skuldelev	God	God	Ja	Ja	Ja	Ja	2003
	Asserbo	God	God	Ja	Ja	2003	2003	2004
	Attemose	God	God	Ja	Ja	2003	2003	2004
	Espergærde	Mindre god	Mindre god	Ja	Ja	Ja	Ja	2002
	Roskilde	Brokilde			Ja	Ja	Ja	2002
Torkildstrup				Ja	Ja	Ja	2002	2003
Osted				Ja	2003	2003	2003	2004
Asemose				Nej	2003	2003	2003	2004
Vestsjælland	Holbæk			Ja	2004	2004	2004	2004
	Munke Bjergby			Nej	Nej	Nej	Nej	Nej
	St. Fuglede			Ja	2002	2002	2002	2002
	Nykøbing Sj.			Ja	2003	2003	2003	2003
	Eggeslevmagle			Ja	Ja	Ja	Ja	2003
Storstrøm	Jyderup Skov			Ja	Ja	Ja	2002	2002
	Sibirien	Mangelfuld	Mangelfuld	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
	Vesterborg	Mangelfuld	Mangelfuld	Ja	2004	2004	2004	2004
	Hjlemsøllille	God	God	Ja	2005	2005	2005	2005
	St. Heddinge	God	God	Ja	2003	2003	2003	2003
	Holeby	Mindre god	Mindre god	Ja	2004	2004	2004	2004
Bornholm	Smålyngen			Delvis	2002	2002	2003	2004
	Fyns			Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Sønderjylland	Nr. Søby			Ja	Nej	Nej	Nej	Nej
	Harndrup			Ja	Nej	Nej	Nej	Nej
	Jullerup			Ja	2003	2003	2003	2003
	Nyborg			Ja	2003	2003	2003	2003
	Borreby			Ja	2004	2004	2004	2004
	Svendborg			Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
	Abild	Dårlig	Dårlig	Ja	Nej	Nej	Nej	Nej
Mjang Dam	Dårlig	Dårlig	Ja	Nej	Nej	Nej	Nej	
Ribe	Bedsted	Dårlig	Dårlig	Ja	Ja	Ja	Ja	2002
	Rødding	Dårlig	Dårlig	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
	Christiansfeld	Dårlig	Dårlig	Ja	2003	2003	2003	2003
	Frøslev	Dårlig	Dårlig	Ja	2003	2003	2003	2003
	Forumlund	Rimelig	Rimelig	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
	Grindsted	Rimelig	Rimelig	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Vejele	Bramming	Rimelig	Rimelig	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
	Vorbasse	God	God	Ja	Ja	Ja	2003	2003
	Ølgod	Dårlig	Dårlig	Ja	Ja	Ja	Nej	Nej
	Egebjerg	-	-	2003	2003	2004	2004	2004
Ringkjøbing	Thyregod	Rimelig	God	Ja	Ja	2003	2003	2003
	Trudsbro	God	God	Ja	Ja	Ja	Ja	2003
	Follerup	God	Rimelig	Ja	Ja	Ja	Ja	2003
	Ejstrupholm	Rimelig	God	Ja	Ja	2003	2003	2003
	Haderup	Mangelfuld	-	Ja	Ja	Ja	Ja	2002
Ringkjøbing	Brande	Mangelfuld	-	Ja	Ja	Ja	Ja	2002
	Herning	God	-	Ja	Ja	Ja	Nej	Nej
	Klosterhede	Mangelfuld	-	2004	2004	2004	2004	2004
	Finderup	Uafklaret	-	2002	2002	2002	2002	2003
	Herborg	Uafklaret	-	2002	2002	2002	2002	2003

Amt	GRUMO område	Evaluering af data		Konceptuel geologisk model	Matematisk geologisk model	Strømningsmodel	Partikelbane model	Revision af opland
		Dækning	Repræsentativitet					
Århus	Havdal	Middel	Dårlig	Ja	Ja	Ja	Ja	2002
	Kasted	Middel+	Middel	Ja	Ja	Ja	Ja	2002
	Samsø	God	God	Ja	2003	2003	2003	2003
	Fillerup	Middel	Middel	Ja	2003	2003	2003	2003
	Hvinningdal	Middel+	Middel+	Ja	2003	2003	2003	2003
	Homå	Middel	Middel	Ja	Ja	Ja	Ja	2004
Viborg	Skive	God	Middel	Ja	Ja	Ja	Ja	2002
	Nykøbing M	God	God	Ja	Ja	Ja	Ja	2002
	Viborg	God	God	Ja	Ja	Ja	Ja	2002
	Thisted	God	Middel	Ja	Ja	Ja	Ja	2002
	Rabis	God	God	Ja	Ja	Ja	Ja	2002
Nordjylland	Albæk			Ja	Ja	Ja	Ja	2002
	Tornby			Ja	2002	2003	2003	2003
	Skerping			Nej	Nej	Nej	Nej	Nej
	Gislum			Ja	Ja	2002	2002	2002
	Råkilde			Ja	Ja	Ja	Ja	2002
	Drastrup			Ja	Ja	Ja	Ja	2002

Bilag 6.3 Nøgledata fra opstillede GRUMO-modeller

Område	Netto nedbør mm/år	Bjergart	K _{x,y} m/s	K _z m/s	Kassestørrelse(m)			Magasintal for frie magasiner	Magasin-koefficient for artesiske magasiner				
					X	Y	Z						
Frederiksberg	25-202	Kvartær/fyld			100	100	V*						
		Kvartær					V*						
		Kvartær					V*						
		Prekvartær (kalk)					V*						
Ishøj	183	Moræneler	3,6e-4	3,6e-5	50	50	V*	0,1					
		Sandet moræneler	7,7e-5	7,7e-6									
		Danienkalk	2,9e-4	2,9e-5			V*						
		Danienkalk	8,6e-5	8,6e-6									
		Danienkalk	8,6e-4	8,6e-5									
		Skrivekridt	2,9e-5	2,9e-6			V*						
Endrup	234	Sand	1e-4	1e-5	100	100	V*	0,25	1e-5				
		Ler	1e-5	1e-7			0,1	0,0001					
		Tørv	1e-5	1e-6			0,5	0,001					
		Ler	4e-7	4e-8			V*	0,1	0,0001				
		Ler	5e-6	5e-7			0,1	0,0001					
		Ler	1e-7	1e-8			0,1	0,0001					
		Sand	1e-5	1e-6			V*	0,25	1e-5				
		Sand	5e-4	5e-5			0,25	1e-5					
		Sand	1e-4	1e-5			0,25	1e-5					
		Ler	3e-8	3e-9			V*	0,1	0,0001				
		Ler	1e-6	1e-7			0,1	0,0001					
		Sand	4e-4	4e-5			V*	0,25	1e-5				
		Ler	3e-8	3e-9			V*	0,1	0,0001				
		Sand	7e-5	7e-6			V*	0,25	1e-5				
		Ler	3e-8	3e-9			V*	0,1	0,0001				
		Kalk	2e-4	2e-5			20	0,25	1e-5				
		Espergærde	288	Sand			1e-4	1e-5	100	100	V*	0,25	1e-5
				Ler			1e-5	1e-7			0,1	0,0001	
Tørv	1e-5			1e-6	0,5	0,001							
Ler	2e-7			2e-8	V*	0,1	0,0001						
Ler	2e-8			2e-9	0,1	0,0001							
Ler	5e-8			5e-9	0,1	0,0001							
Ler	3e-7			3e-8	0,1	0,0001							
Sand	1e-5			1e-6	V*	0,25	1e-5						
Ler	2e-7			2e-8	V*	0,1	0,0001						
Ler	2e-8			2e-9	0,1	0,0001							
Ler	1e-8			1e-9	0,1	0,0001							
Ler	3e-7			3e-8	0,1	0,0001							
Sand	1e-4			1e-5	V*	0,25	1e-5						
Ler	3e-8			3e-9	V*	0,1	0,0001						
Ler	1e-8			1e-9	0,1	0,0001							
Sand	8e-5			8e-6	V*	0,25	1e-5						
Ler	3e-8			3e-9	V*	0,1	0,0001						
Brokilde	136 - 305			Kalk	2e-4	2e-5	102	142			20	0,25	1e-5
		Smeltevands-sand	4e-6 - 2,6e-3	1e-7 - 2,6e-4	V*								
		Smeltevands-sand og -silt	1e-8 - 5e-6	5e-7 - 8e-9	V*								
		Bryozokalk	3,5e-5 - 3e-3	3,5e-5 - 3e-3	V*								

Område	Netto nedbør mm/år	Bjergart	$K_{x,y}$	K_z	Kassestørrelse(m)			Magasintal for frie magasiner	Magasin-koefficient for artesiske magasiner
			m/s	m/s	X	Y	Z		
Torkildstrup	136 - 368	Smeltevands-sand og moræneler	4e-6 - 2,6e-3	1e-7 - 2,6e-4	100	100	V*		
		Smeltevands-sand og moræneler	1e-8 - 8e-6	5e-7 - 8e-8			V*		
		Bryozokalk og grønsandskalk	3,5e-5 - 3e-3	3,5e-5 - 3e-3			V*		
Jyderup Skov	122	Smeltevands-sand og moræneler	2,5e-4 - 3e-4	1e-3 - 1e-5	200	200	V*		
		Moræneler	1e-5	1e-7			V*		
		Kalk og smeltevands-sand	1e-4	1e-5			V*		
Sibirien	290	Moræneler	5e-7 - 7e-7	5e-8 - 7e-8	100	100	3	5e-5	
		Sand	1e-4 - 3e-5	1e-5 - 3e-6			0 - 25	5e-5	
		Moræneler	1e-5 - 2,5e-8	1e-6 - 2,5e-9			0 - 20	5e-5	
		Sand	1e-4 - 3e-5	1e-5 - 3e-6			0 - 100	5e-5	
		Skrivekridt	1e-4 - 3,5e-4	1e-5 - 3,5e-5			50	5e-5	
Rødding	300 - 400	Lag 1	9,6e-4	9,6e-4	100 - 4000	100 - 4000	10 eller 40		
		Lag 2	5e-4 - 9e-4	5e-4 - 9e-4					
		Lag 3	1,2e-4 - 3e-4	1,2e-4 - 3e-4					
		Lag 4	4e-4 - 5e-5	4e-4 - 5e-5					
		Lag 5	9,6e-6 - 9,8e-6	9,6e-6 - 9,8e-6					
		Lag 6	3e-6	3e-6					
		Lag 7	3e-7	3e-7					
Havdal	270	Sand	1e-5	1e-5	100	100	V*	0,3	
		Ler	1e-6	1e-7				1e-4	
		Sand	1e-4	1e-5				1e-3	
Kasted	350	Kalk	3,5e-4	8e-5	125	125	V*	0,17	
		Ler	1e-9 - 1,5e-6	9e-9 - 1e-7				5e-5	
		Sand	1e-6 - 9e-4	1e-7 - 3e-4				0,20	
		Ler	1e-8 - 1e-6	1e-9 - 1e-7				0,15	
Homå	250	Sand	1e-6 - 1e-3	2e-7 - 2e-4	100	100	V*	0,20	
		Ler	5e-5	5e-6				1e-4	
		Sand							
		Kalk							
			1e-6 - 5e-6	1e-7 - 1e-7				1e-4 - 1e-4	
		1,1e-4	5e-5				7,7e-3		

Område	Nettonedbør mm/år	Bjergart	$K_{x,y}$ m/s	K_z m/s	Kassestørrelse(m)			Magasintal for frie magasiner	Magasin- koefficient for artesiske magasiner
					X	Y	Z		
Skive	340	Smeltevands -sand	3e-6 - 1e-3	3e-7 - 1e-4	50 - 200	50 - 200	5 - 50	0,25	
		Moræneler, smeltevands -ler	1e-8 - 1e-5	1e-9 - 1e-6			5 - 55		
		Smeltevands -sand	5e-8 - 1,2e-3	5e-9 - 1,2e-4			20 - 140		
Nykøbing	400	Alt fra Senon til Holocæn	1e-8 - 2e-3	1e-9 - 2e-4	12,5 - 500	12,5 - 500	10 -50	0,25	Variable
Thisted	400	Kalk	1e-4 - 1e-3	-	500	500	V*	0,05	
Rabis	450	Smeltevands sand	1e-5 - 1,5e-3	-	100	100	V*	0,3	
Drastrup	210	Sand	1e-4 - 5e-4		100 - 150	100 - 150	V*		
		Ler	1e-6 - 3e-6						
		Opsprækket skrivekridt Skrivekridt	2e-5 - 4e-3 2e-5 - 8e-5						
Gislum	269	Sand	1,0e-5 - 1,3e- 4	1,2e-6 - 1,5e- 5	50	50	V*		
		Ler	1,4e-7 - 4e-7	1,8e-7 - 8e-6					
Albæk	245	Smeltevands sand Marine aflejringer	4,4e-4 5,6e-6	2,2e-5 2,8e-6	200	200	V*		
Råkilde	318	Kvartære aflejringer	1e-5	1e-6	200	200	V*		
		Opsprækket skrivekridt	1e-4	1e-5					
		Skrivekridt	1e-8	1e-9					

V* = variabel tykkelse af modellag, hver V* eller Z-værdi svarer til et modellag.