

GRUNDVANDSOVERVÅGNING 2003

DANMARKS OG GRØNLANDS GEOLOGISKE UNDERSØGELSE
MILJØMINISTERIET



Særudgivelse

Redaktør: Lisbeth Flindt Jørgensen

Tegning: Forfattere og Kristian Rasmussen

Omslag og foto: Peter Moors

Oplag: 700

Dato: 1. december 2003

Rapporten kan hentes på internettet på www.grundvandsovervaagning.dk

ISBN 87-7871-117-7

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
Temarapport om ferskvandets kredsløb	14
Forskellige definitioner mv.	14
<i>Detektionsgrænse</i>	<i>14</i>
<i>Fund og fund over grænseværdien for drikkevand</i>	<i>14</i>
<i>Boringsindretning</i>	<i>15</i>
<i>Box-diagram</i>	<i>15</i>
<i>Redoxzoner</i>	<i>15</i>
GRUNDVANDETS HOVEDBESTANDDELE	17
Nitrat	17
<i>Udviklingen i grundvandets indhold af nitrat</i>	<i>17</i>
<i>Nitratudvikling i grundvandsovervågningsområderne</i>	<i>19</i>
<i>Nitrat i ungt grundvand</i>	<i>20</i>
<i>Nitrat i vandværksboringer</i>	<i>23</i>
<i>Nitratdata associeret med CFC dateringer</i>	<i>25</i>
<i>Redoxboringer</i>	<i>28</i>
<i>Redoxboring ved GRUMO Sibirien, Storstrøms Amt</i>	<i>28</i>
<i>Redoxboring ved GRUMO Grindsted, Ribe Amt</i>	<i>29</i>
<i>Redoxboring ved GRUMO Kasted, Århus Amt</i>	<i>30</i>
<i>Redoxboring ved GRUMO Albæk, Nordjyllands Amt</i>	<i>31</i>
Sammenfatning om nitrat	31
Fosfor	32
UORGANISKE SPORSTOFFER	33
Måleprogrammer	34
<i>Grundvandsovervågning</i>	<i>34</i>
<i>Landovervågningens grundvandsindtag</i>	<i>35</i>
<i>Vandværksboringer</i>	<i>36</i>
Grundvandets tilstand	36
<i>Overskridelser af grænseværdier for drikkevand</i>	<i>36</i>
<i>Overskridelser af økotoxikologiske kvalitetskrav</i>	<i>37</i>

Enkeltstoffer	38
<i>Arsen</i>	38
<i>Nikkel</i>	40
Sammenfatning om uorganiske sporstoffer	41
ORGANISKE MIKROFORURENINGER	43
Mulige kilder til de 7 grupper af organiske mikroforureninger	43
<i>Aromatiske kulbrinter</i>	44
<i>Phenoler</i>	44
<i>Nonylphenoler</i>	44
<i>Halogenerede alifatiske kulbrinter</i>	44
<i>Chlorphenoler</i>	44
<i>Phthalater (blødgørere)</i>	45
<i>Detergenter</i>	45
<i>Ethere</i>	45
Grundvandsovervågning	45
Landovervågningsoplande	48
Vandværksboringer	49
Andre boringer	50
Sammendrag om organiske mikroforureninger	51
PESTICIDER OG NEDBRYDNINGSPRODUKTER	53
Pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandsovervågningen	53
Undersøgelse af pesticidforurening i små vandforsyningsanlæg	57
Pesticider og nedbrydningsprodukter i landovervågningen	57
Vandværksboringer	59
BAM – 2,6-dichlorbenzamid	65
Andre boringer	66
Fordelingen af vand med pesticider i vandværkernes boringskontrol	67
VAP - Varslingssystem for tidlig udvaskning af pesticider	69
Sammenfatning om pesticider og nedbrydningsprodukter	71
GRUNDVANDSRESSOURCEN OG HYDROLOGISK MODELLERING	73
Grundvandspotentiale	73
Vandindvinding	75
Aktuel udnyttelse af grundvandsressourcen	79
Hydrologisk modellering	83
<i>Status for modellering i GRUMO</i>	83
Sammenfatning om grundvandsressourcen og hydrologisk modellering	85
LITTERATUR	87
BILAG	89

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 Brüsck
Pesticider og nedbrydningsprodukter	Walter Brüsck og René Juhler
Vandindvinding og modellering	Per Rasmussen og Hans Jørgen Henriksen

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

Sammenfatning

”Grundvandsovervågning 2003” bygger på oplysninger fra grundvandsovervågningen, landovervågningen og vandværkernes boringskontrol og giver dermed et omfattende kvalitativt billede af grundvandets kemiske og forureningsmæssige tilstand.

Størstedelen af det grundvand der overvåges, er dannet før 1990, og det er derfor ikke muligt at konstatere nogen overordnet ændring af nitratindhold i grundvandet begrundet i implementeringen af Vandmiljøplanen i 1987 og senere tiltag. Men der ses en begyndende tendens til et fald i indholdet af **nitrat** i det unge grundvand i de 2 sandede landovervågningsoplande – et fald, der måske kan tilskrives ændringer i landbrugets dyrkningspraksis siden vedtagelsen af Vandmiljøplanen. Det skal dog bemærkes, at det gennemsnitlige indhold de fleste år ligger over grænseværdien for drikkevand på 50 mg/l.

I år er det muligt at følge udviklingen i nitratindholdet i 39 indtag med ungt grundvand dannet efter vedtagelsen af Vandmiljøplanen. Disse viser varierende udviklingstendenser, men det vurderes, at 1/3-del viser faldende nitratindhold.

I grundvandsovervågningen indeholder ca. 16% af indtagene nitrat over grænseværdien for drikkevand på 50 mg/l, hvilket stort set er det samme som de 2 forudgående år. Kun 1,1% 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. Ca. 50% af indtagene i grundvandsovervågningen og ca. 75% af vandforsyningsboringerne er nitratfrie (dvs. nitratindhold \leq 1 mg/l).

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

Der er konstateret høje indhold af bl.a. nikkel, bly og arsen i det allerøverste grundvand i landovervågningsoplandene, og disse stoffer må antages at kunne spredes til hele vandmiljøet. Generelt kan høje indhold af uorganiske sporstoffer i grundvandet påvirke kilder, vandløb og søer gennem tilstrømning af grundvand.

Antallet af vandværksboringer med et nikkelindhold, hvor grænseværdien for drikkevand er overskredet i samtlige analyser, er steget. Det forhøjede nikkelindhold udgør derfor et stigende problem for vandværkerne.

Som forventet stiger antallet af analyser for arsen efter at analysekravet blev indført i boringskontrollen i 2001. Analyseresultaterne er dog stadig fordelt ujævnt over landet, men der ses en tendens til overskridelser primært i områder med tertiært marint ler i undergrunden eller oparbejdet i morænedækket. Yngre marine aflejringer kan dog også udgøre en kilde til arsen.

I større vandværker med vandbehandling og velfungerende sandfiltre tilbageholdes uorganiske sporstoffer i nogen grad, hvorfor overskridelser af grænseværdierne i grundvandet ikke nødvendigvis medfører en problematisk drikkevandskvalitet. For enkeltforsyninger og små fælles vandforsyninger uden vandbehandling kan sporstofferne derimod udgøre et kvalitetsproblem.

Ses der bort fra de anioniske detergenter (pga. manglende specifik analysemetode) er der fundet **organiske mikroforureninger** mindst én gang i perioden i 59% af overvågningsboringer-

ne. Data viser, at mange af stofferne kan trænge dybt ned i jordlagene. De fleste fund koncentrerer sig dog i intervallet fra overfladen og ned til 40 m under terræn.

I vandværksboringer er der fundet organiske mikroforureninger i godt hver 5. boring (excl. anioniske detergenter). Fælles for langt de fleste fund i både vandværksboringer og i grundvandsovervågningen er, at de er under grænseværdien for drikkevand.

Andelen af indtag med fund af **pesticider og nedbrydningsprodukter** i grundvandsovervågningen har stabiliseret sig på ca. 27% i 2001 og 2002, mens andelen af indtag med fund over grænseværdien begge år var 8,5%. I perioden 1990-2002 er der nu fundet pesticider i mere end 40% af de undersøgte indtag.

Der er især fundet BAM, triaziner og triazinnedbrydningsprodukter, og ikke mindst deethylisopropylatrazin findes i stadigt stigende omfang. Stoffet er nu fundet i 8,4% af de undersøgte indtag i grundvandsovervågningen. I landovervågningen er deethylisopropylatrazin fundet i mere end 30% af det undersøgte højtliggende, unge grundvand, dannet under marker med landbrugsmæssig anvendelse. I vandværkernes kontrol af boringer er stoffet fundet i ca. 3% af de analyserede boringer. Stoffet er dog kun analyseret i små 200 vandindvindingsboringer, og det må forventes, at vandværkerne fremover vil finde stoffet hyppigere.

Vandværkernes boringer er stadig påvirket af pesticider. Andelen af boringer med fund har gennem perioden 1997-2002 været omkring ca. 30%. I samme periode er andelen af vandværksboringer med fund over grænseværdien faldet fra ca. 10% til ca. 7%. I opgørelsen medtages kun vandværksboringer, hvorfra der er indvundet grundvand i en periode på 5 år før 2002. I 2002 blev der fundet pesticider i mere end 50% af det højtliggende grundvand i intervallet 0-20 meter under terræn, og antallet af fund bliver som i grundvandsovervågningen mindre med tiltagende dybde.

En opgørelse af vandindvindingen i 2002 fra de boringer, der er undersøgt for pesticider viser, at der blev indvundet grundvand med pesticider svarende til 36,7% af den samlede indvinding. Grænseværdien på 0,1 µg/l for drikkevand er i 2002 kun overskredet i 4,2% af de undersøgte boringer, hvilket viser, at vandværkerne har lukket mange boringer med fund over grænseværdien.

I overvågningsperioden 1989-2002 er der målt store variationer i **grundvandstanden**. I 1994-95 og igen 2000-02 var grundvandstanden høj. De meget store nedbørmængder, som faldt i januar og især i februar 2002, har betydet, at grundvandsstanden mange steder ved afslutningen af vinteren 2001/02 var på højde med den højeste grundvandstand registreret i den forudgående 20-årige periode. Tilsvarende betød de meget nedbørsfattige vintre 1995/96 og 1996/97, at grundvandstanden faldt til et niveau svarende til det lavest målte i den forudgående 20-årige periode.

Det kan fortsat konstateres, at der i mange områder i landet **indvindes** mere vand end vurderet **bæredygtigt** i NOVA-2003 temarapporten om Ferskvandets Kredsløb. På landsplan er ressourcen rigelig i forhold til oppumpningen i 2002, men der er problemer med den regionale fordeling, idet vandindvindingen for en række områder på Sjælland, Fyn og i Østjylland enten er tæt på den bæredygtige mængde eller endog i visse områder væsentligt overskrider denne grænse. Hermed forøges risikoen for en forringet grundvands- og/eller vandløbskvalitet som følge af den intensive vandindvinding.

English summary

“Grundvandsovervågning 2003” (Groundwater monitoring 2003) presents data from the national groundwater monitoring areas (GRUMO), the agricultural watershed catchment areas (LOOP) and water abstraction wells, and thereby provides a comprehensive picture of groundwater quality in Denmark. The data mainly represents the period from 1989 to 2002.

The Action Plan for the Aquatic Environment was approved in 1987. As the age of the groundwater in the majority of well screens predates 1990, it is generally not possible to recognise any effect of the Action Plan on the nitrate content of groundwater. However, the **nitrate** content seems to be declining in the very youngest groundwater sampled in sandy agricultural catchments. The average concentrations are still well above the maximum admissible concentration (MAC) for drinking water (50 mg/l).

The age of groundwater in 39 monitoring well screens in the groundwater monitoring areas is younger than 1987 (6-8 years old), and thus provide an indication of the affect of the Action Plan on nitrate concentrations in groundwater. The monitoring data from these well screens show ambiguous variations, but the nitrate content seems to be declining in 1/3 of these well screens.

Half of the monitoring wells in the groundwater monitoring areas are 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 16% of the monitoring screens exceeds the MAC for drinking water. This is the same as was observed in 2001 and 2002. Presently, only 1.1 % 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.

Inorganic trace elements occur naturally in groundwater 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 groundwater level etc. Generally high contents of inorganic trace elements in the groundwater may impact the water quality of natural springs, streams and lakes if these are feed by groundwater. High concentrations of e.g. nickel, lead and arsenic have been detected in the uppermost groundwater 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 groundwater is increasing in some parts of Denmark.

As expected the numbers of arsenic analysis of groundwater from water abstraction wells is increasing due to the regulatory requirements established in 2001. The availability of arsenic data is still not evenly spread out through the country, but a tendency of the concentrations above the MAC for arsenic exists in areas with tertiary marine clays, either in the subsurface or in till. Younger marine deposits may also be a source of arsenic.

In major water works with well effective sand filters, inorganic trace element will partly be fixed and will not necessary have a negative effect on the drinking water quality. However, in smaller water supplies without water treatment, they may constitute a quality problem.

Organic micro pollutants have been found in 91% of the well screens in the groundwater monitoring areas in the monitoring period. If the anionic detergents are excluded (due to a non-specific method of analysis), then organic micro pollutants are detected at least once in 59% 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 trichlormethan has been found at depths exceeding 60 meters below ground surface (mbgs). However, the occurrence of these compounds is mainly limited to wells screens at depths between 0 to 40 mbgs.

Organic micro pollutants (excluding anionic detergents) have been detected at least once in 20% of the water abstraction wells which were sampled. However, the concentration of these compounds is below the MAC for drinking water in most of the groundwater abstraction wells, as well as in most well screens in the groundwater monitoring areas.

The number of well screens with **pesticides and/or** their **metabolites** in the groundwater monitoring areas was approximately 27% in both 2001 and 2002. The number of well screens with concentrations above the MAC for drinking water (0,1 µg/l) was about 8.5% in both years. Pesticides or their metabolites have been detected in more than 40% of the well screens sampled during the period from 1990 until 2001.

The metabolite 2,6-dichlorbenzamid (BAM) (degradation product of chlorthiamid and dichlobenil), and the triazines and their metabolites, especially deethylisopropylatrazine, are the most commonly detected compounds. The detection of deethylisopropylatrazine has increased to 8.4% of the wells sampled. This metabolite is detected in more than 30% of monitoring wells that are completed at shallow depth below the agricultural watershed catchment areas. The metabolite was detected in about 3% of the water supply wells analysed. Only about 200 water supply wells were analysed for this metabolite, and it is anticipated that their detection will increase as analyses are made in an increasing number of water supply wells.

Groundwater abstraction wells are still severely affected by pesticides or metabolites. During the period from 1997 to 2002 the number of detections has varied by about 30%. During the same period, the number of wells with concentrations exceeding the MAC has declined from 10% to 7%. In 2002 pesticides or their metabolites were detected in more than 50% of the shallow (0 to 20 mbgs) groundwater abstraction wells sampled. As in groundwater monitoring areas, their occurrence decreases with increasing depth.

An estimation of the ground water abstraction in 2002 compared to the wells being analysed shows that 36.7% of the abstracted groundwater contains pesticides and/or metabolites. The percent of the abstraction exceeding the MAC was only 4,2% which indicates, that the water works have been forced to close a large number of wells with concentrations above the MAC.

Groundwater levels were high in 1994-95 and again in 2000-2002 due to unusually high levels of precipitation. Groundwater levels were very low in 1995-1997 due to very low winter precipitation during this period.

A thematic report on the entire **freshwater cycle** points out, that the resource is being over **exploited** in several areas of the country, resulting in excessive streamflow depletion. Nationally, the resource is sufficient compared to the abstraction in 2002, but the abstraction is not regionally balanced. Groundwater is being over-exploited in the greater Copenhagen, Odense and Århus areas. This may results in the degradation of the quality of groundwater and surface water.

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 70 grundvandsovervågningsområder (GRUMO), se figur 1.1, hver udbygget med ca. 17 overvågningsindtag fordelt i hovedgrundvandsmagasinet med en overvejende horisontal strømning (liniemoniterende borer), øvre sekundære grundvandsmagasiner med en nedadgående strømning (punktmoniterende borer) og én indvindingsboring (volumenmoniterende boring), der overvåger det grundvand, der anvendes til drikkevandsproduktion, se principskitsen figur 1.2. Det skal bemærkes, at en overvågningsboring kan indeholde flere adskilte indtag i forskellige dybder.

Grundvandsovervågningen omfattede i alt 1.052 indtag, der er egnede til analyse for grundvandets hovedbestanddele. Heraf er 998 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 i indtag som ligger 1½-5 meter under terræn.

Vandværksboringer

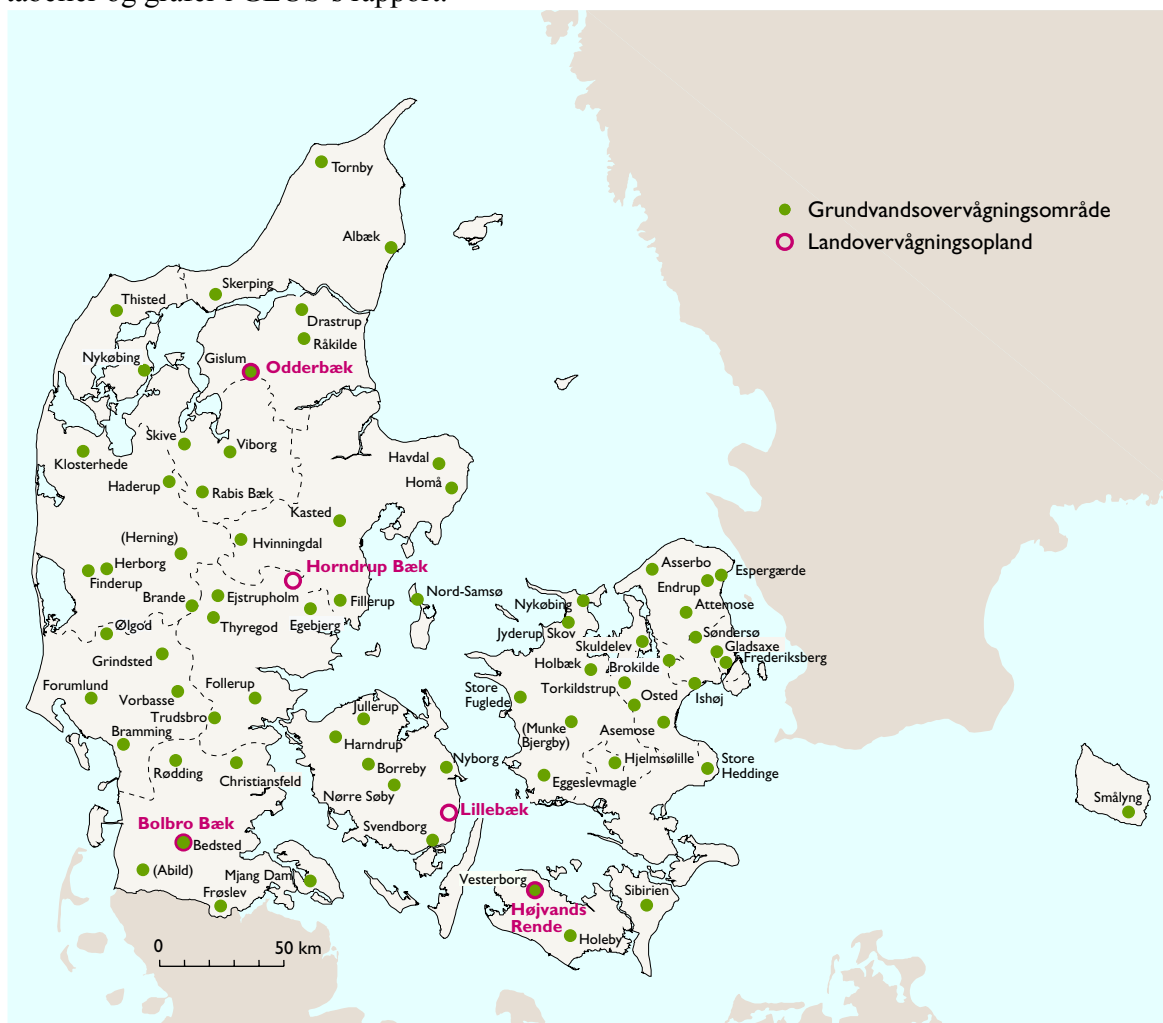
I Miljøministeriets bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg (Miljøministeriet, 1988; Miljø- og Energiministeriet, 2001) er der siden 1989 stillet krav om overvågning af det grundvand, der indvindes fra vandværkernes borer - boringskontrol (Miljøstyrelsen, 1990, 1997).

Dette års rapport er som de 2 foregående år gennemført på baggrund af GEUS nye databasesystem Jupiter. Der er med anvendelsen af Jupiter sket en kobling mellem det tidligere vandressourcereger og den tidligere grundvandskemidatabase ved GEUS. Dette skulle udelukke, at analyseresultater, som tilsyneladende ikke stammer fra vandindvindingsboringer, men som er indberettet som ”boringskontrol”, indgår som vandværksboringer. Herved bliver et antal borer med forskelligt andet formål, f.eks. afværgeboringer, private borer og brønde, pejleboringer eller borer til overvågning af lossepladser, ikke medtaget som vandværksboringer, med deraf følgende krav til kvalitet. Denne gruppe af borer er i de enkelte afsnit behandlet under betegnelsen ’Andre borer’. Således omfatter gruppen vandværksboringer kun borer, hvorfra der i de sidste 5 år er indvundet grundvand til drikkevandsproduktion

Rapportering

Hvert år siden 1989 har GEUS udarbejdet en rapport over grundvandsovervågningen. I Aftaleudvalget mellem staten og amterne er det 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).

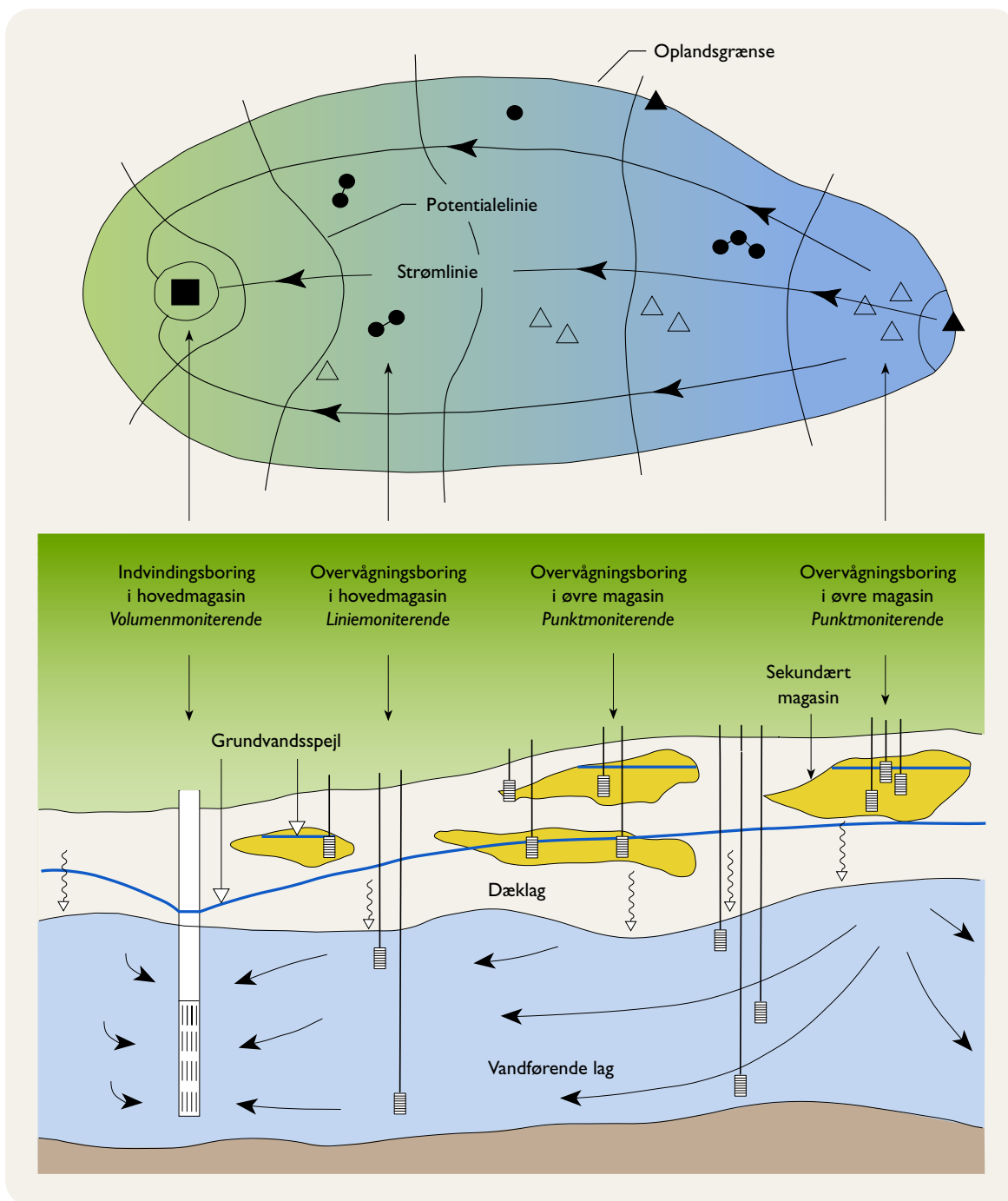
Årets rapport bygger, som de foregående, på de data amterne har indberettet til GEUS's database Jupiter samt på de årlige rapporter fra amterne. Dog er data der måtte være nævnt i amternes rapporter, men som ikke er indberettet til databasen ved GEUS, normalt ikke medtaget i tabeller og grafer i GEUS's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



Figur 1.1 Grundvandsovervågningen i Danmark omfatter 70 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

Siden 2002 er der blevet arbejdet der med at revidere det eksisterende overvågningsprogram NOVA 2003 til NOVANA 2004-2009 (Det Nationale Overvågningsprogram for Vandmiljø og Natur), der træder 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. I programmet vil der desuden være større fokus på kvantiteten af det danske grundvand, og der skal derfor etableres en hydrologisk modellering af vandbalancen og grundvandsdannelsen på overordnet oplandsniveau (vandområdedistrikt – se nedenfor) og national skala. Denne modellering opdateres årligt med nye klimadata og indvindingsstal. Dette arbejde vil bidrage til at opnå en bedre forståelse for den kvantitative sammenhæng mellem grundvand og overfladevand.

Det er endnu ikke endeligt afklaret, hvilke krav der vil blive stillet i Vandrammedirektivet (EU, 2000) og det kommende Grundvandsdirektiv (EU, 2003) til overvågning af grundvandet, men visse forventede krav er så vidt muligt forsøgt indarbejdet i NOVANA. Implementeringen af direktiverne vil givetvis medføre justeringer i overvågningsprogrammet i programperioden.

Temarapport om ferskvandets kredsløb

I NOVA temarapporten om ferskvandets kredsløb (Henriksen og Sonnenborg, 2003) er den udnyttelige grundvandsressource på landsplan opgjort til ca. 1 mia. m³ pr. år, såfremt der skal tages hensyn til vandføring i vandløbene, fraregnes en vis mængde forurenede grundvand, indregnes klimavariationer mv. Da der på årsbasis indvindes i størrelsesordenen 0,7 mia. m³ pr. år i Danmark er ressourcen tilsyneladende tilstrækkelig, men ikke nødvendigvis fordelt geografisk efter behov – således indvindes der ifølge opgørelsen i rapporten for meget især i områderne omkring landets største byer og i tørre perioder i visse områder med stort markvanding-behov.

I kapitlet om Grundvandsressourcen og hydrologisk modellering i denne rapport, er den aktuelle udnyttelse af grundvandsressourcen vurderet på baggrund af de faktisk oppumpede vandmængder til både vandværker, industri og markvanding for 2002.

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 detekteres (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.

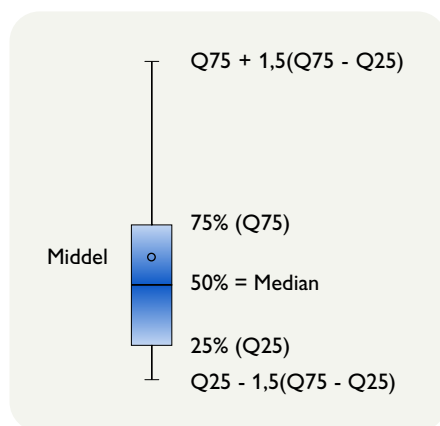
Tilsvarende opereres med ”fund over grænseværdien for drikkevand” eller ”fund over højst tilladelige værdi for stoffet i drikkevand” (Miljø- og Energiministeriet, 2001).

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 rapporten er nitratdata fra **alle aktive** indtag blevet benyttet til bedømmelse af udviklingen i grundvandets nitratindhold for hele perioden 1990-2002. 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. For indtagene er der beregnet en medianværdi for prøveårene, hvilket dog har fået mindre og mindre betydning, da de fleste indtag, 88%, kun analyseres én gang om året. Dette betyder, at indtagenes eventuelle årlige variation i nitratindhold ikke kan beskrives.

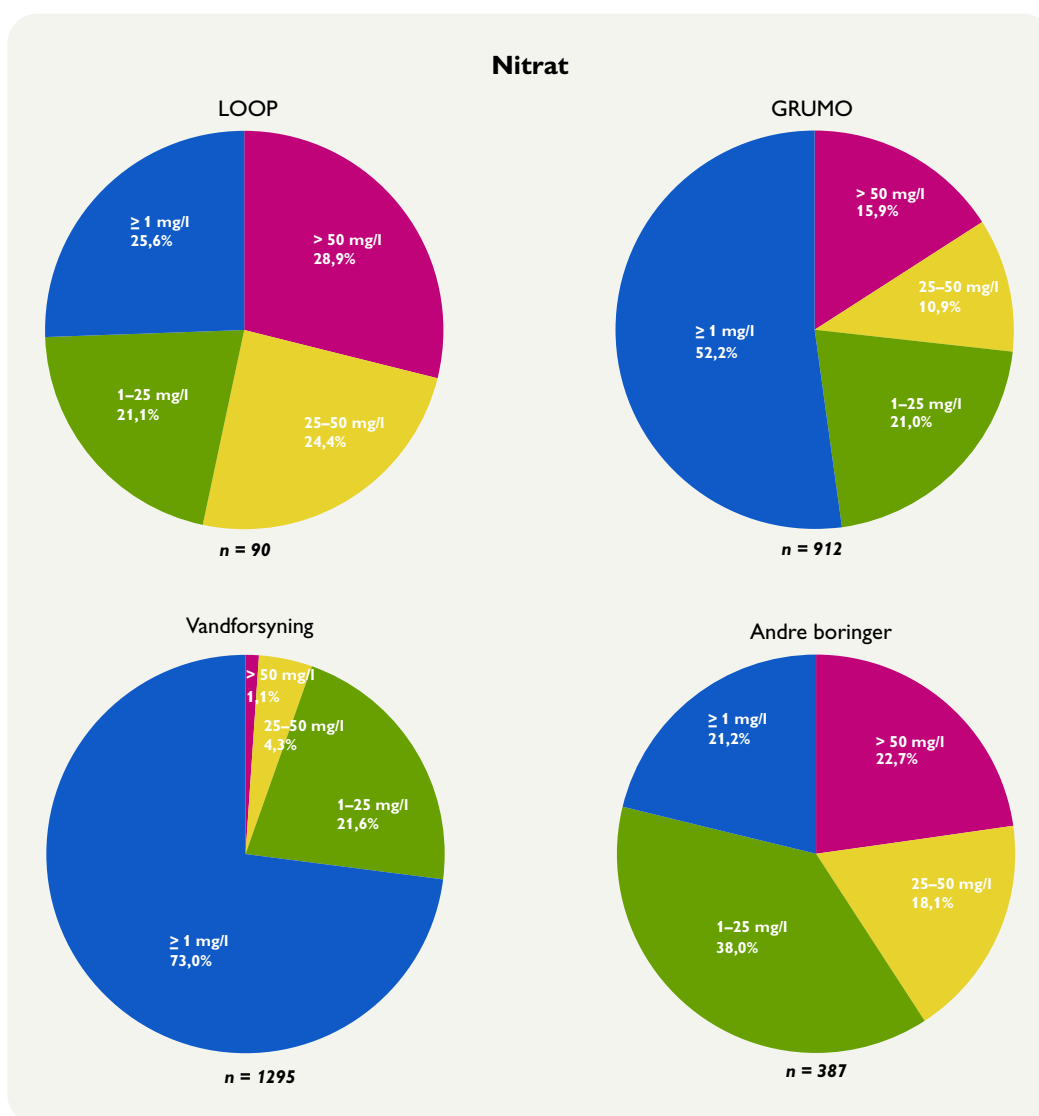
Antallet af nitratanalyser i 2002 for GRUMO ligger på 1.633, hvoraf 458 stammer fra redoxboringerne. Der er i alt analyseret på 1.060 indtag, hvoraf de 75 tilhører redoxboringer. For GRUMO er 932 indtag analyseret én gang, 16 indtag 2 gange, 3 indtag 3 gange, 12 indtag 4 gange og 22 indtag 5 gange eller mere. For boringskontrollen er der i alt 1.412 nitrat analyser i 2002 fordelt på 1.295 boringer. Analysefrekvensen for de i 2002 indberettede boringer, er fortrinsvist én årlig analyse (94% af boringerne). 51 boringer er analyseret 2 gange for nitrat og 29 boringer er analyseret 3 gange eller mere. For LOOP indtagene foreligger der 482 analyser fordelt på 90 indtag for 2002. Hovedparten (59%) af indtagene er analyseret 6 gange for nitrat, enkelte flere gange, mens hovedparten af de resterende indtag er analyseret mindre, hvilket delvist skyldes, at grundvandsspejlet i perioder står under de øverste indtag. Der er ligeledes indberettet boringer klassificeret som 'Andre boringer'. For denne gruppe er der indberettet 595 nitratanalyser for 387 boringer. Disse boringer (99%) er hovedsageligt analyseret 1 eller 2 gange.

Det faldende antal nitratanalyser for indtagene i GRUMO betyder generelt et tyndere datagrundlag til bedømmelse af udviklingen af nitratudviklingen i det danske grundvand. En oversigt over fordelingen af nitratindholdet for de ovennævnte grupperinger i 2002 er vist i figur 2.1.

Som det fremgår af figur 2.1 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. 53%. For linie- og punktmoniterende indtag i GRUMO er det ca. 27%, mens det for vandforsyningsboringerne er nede på 5,4%. Denne fordeling har stort set været uændret siden overvågningsprogrammets start. Klassen med 'Andre boringer' har en nitratfordeling, som ligner fordelingen i LOOP områderne mest. Dette skyldes, at alle data fra 2002 stammer fra små vandforsyninger – korte boringer og brønde, og derfor repræsenterer det øverste grundvand. Den højst tilladelige værdi for nitrat i drikkevand er 50 mg/l nitrat (Miljø- og Energiministeriet, 2001).

For 2002 foreligger der nitratanalyser for i alt 2.426 indtag fra LOOP, GRUMO, boringskontrol og 'Andre boringer'. Fordeling af disse nitratdata opdelt i tre grupper – ≤ 1 , 1-50 og > 50 mg/l er i figur 2.2 plottet mod toppen af indtaget (m.u.t.). Den største del af analyserne med nitrat kommer fra indtag, der ligger ned til 30 - 40 meter under terræn, og de højeste nitratindhold findes ikke uventet i de øverste 10 meter af jordsøjlen med nitrat (> 1 mg/l) i over 50% af indtagene.

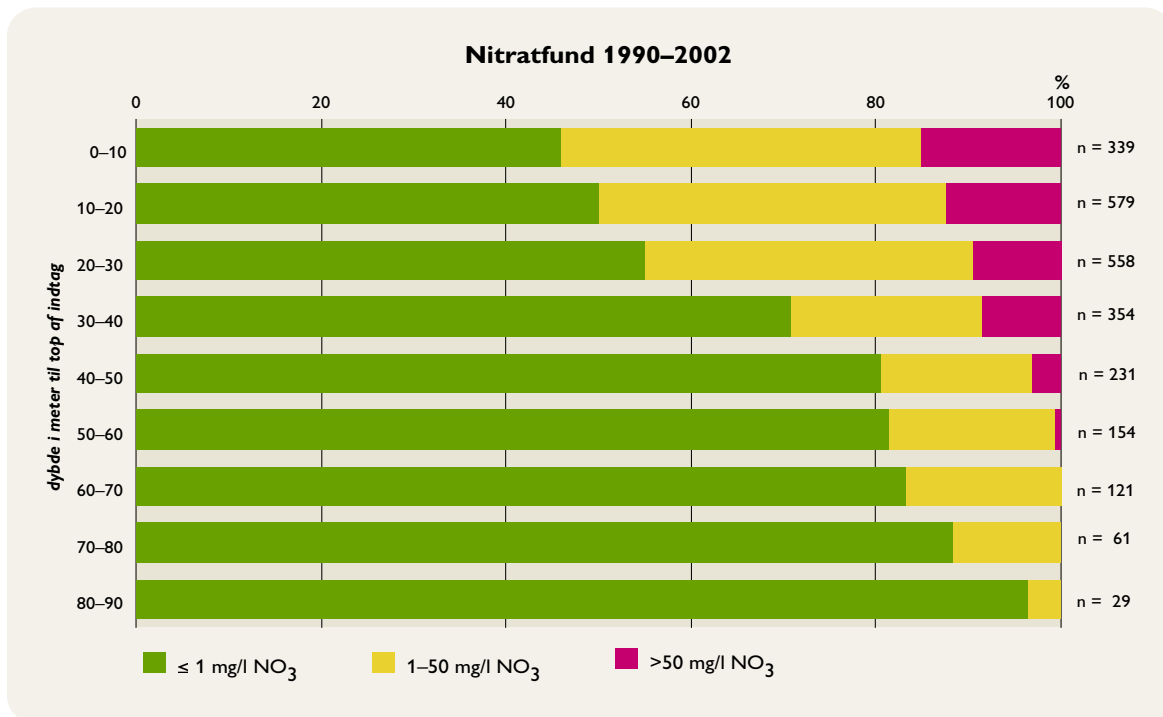
Geokemisk kan grundvandet opdeles i 4 redoxzoner, hvor den øverste - ilt-zonen - har et højt iltindhold svarende til iltindholdet i regnvand. Desuden kan nitratindholdet være højt på grund af udvaskning fra rodzonen. Som oxidationsmiddel forbruges ilt før nitrat, og iltindholdet falder ned mod den næste 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 dybest den stærkt reducerede sulfidholdige/sulfatreducerende zone – metan-zonen. I den anoxiske zone hvor nitratomsætningen sker med pyrit som reduktionsmiddel, vil der blive dannet sulfat. Ud fra det gennemsnitlige sulfatindhold i den oxiske zone kan man lave et skøn over, hvor højt nitratindholdet oprindeligt har været i de anoxiske prøver, idet der ca. dannes 1 mg/l sulfat pr. 1 mg/l omsat nitrat. (Thorling, 2003). I den øverste del af den reducerede zone kan man på samme måde få en indikation af størrelsesordenen af udvasket nitrat på baggrund af sulfatindholdet, men en analyse af N₂ gas ville give et bedre skøn. Organisk stof og jern kan også spille en vis rolle, afhængig af de lokale geologiske forhold.



Figur 2.1 Indtag fordelt efter nitratindholdet i mg/l for LOOP, GRUMO (linie + punkt), boringskontrol samt 'Andre boringer'. Medianværdier for nitratdata kun for 2002.

Denne opdeling i redoxzoner er anvendt i rapporten i den udstrækning, der er foretaget ilt-analyser af prøverne. Der er i rapporten anvendt 1 mg/l ilt som grænse mellem det oxiderede

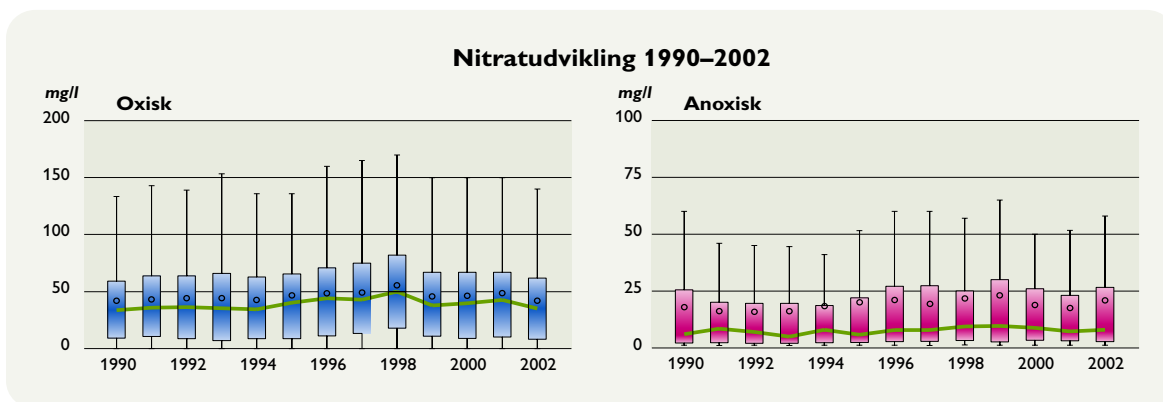
og det anoxiske grundvand. Hvor der ikke foreligger ilt analyser fra feltet anvendes laboratorier analyserne.



Figur 2.2 Indtag fordelt efter nitratindholdet i mg/l og indtagsdybde under terræn for LOOP, GRUMO, boringskontrol (vandværksboringer) og 'Andre boringer'. Kun data for 2002 er medtaget.

Nitratudvikling i grundvandsovervågningsområderne

Til vurdering af den tidsmæssige udvikling af nitratindholdet i det øverste ofte nitratbelastede grundvand er 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. Redoxboringerne er ikke medtaget her.



Figur 2.3 Nitratudviklingen i mg/l i perioden 1990-2002. Redoxzonerne er: Oxisk (med ilt) med 213-358 indtag og anoxisk (med nitrat men uden ilt) med 90-131 indtag. Den enkelte søjle repræsenterer grundvand fra flere indtag med vidt forskellige aldre.

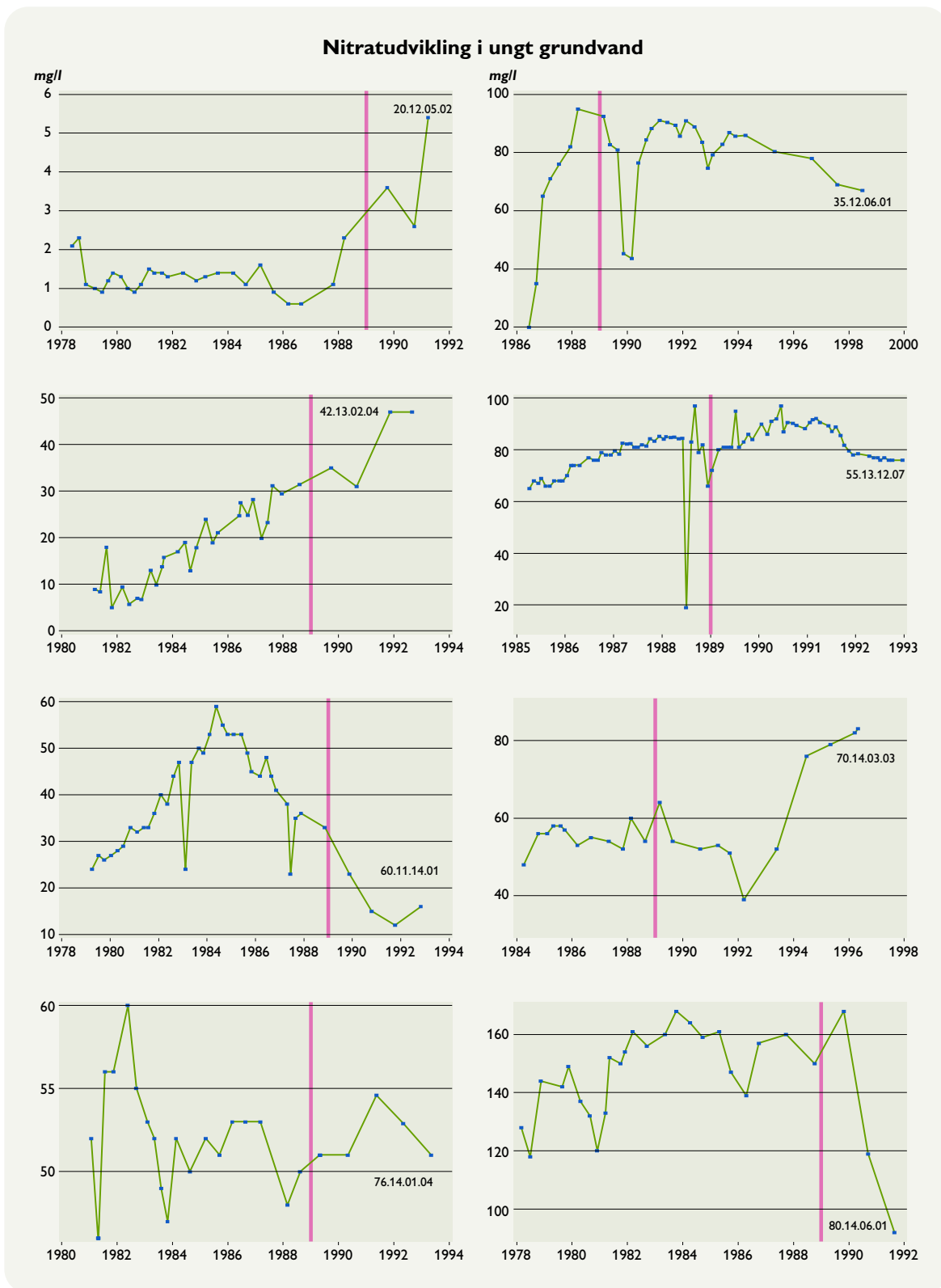
Antallet af indtag anvendt for det oxiske grundvand svinger mellem 358 (2002) og 213 (1998), og for det anoxiske grundvand mellem 131 (1995) og 90 (1998). Udviklingen fra 1990 til 2002 inden for disse 2 redoxkategorier er vist i figur 2.3. Grundvandets nitratindhold i de to redoxzoner varierer meget for de enkelte år, mens variationen i medianværdien (50% over og 50% under) for perioden 1990 – 2002 kun viser mindre udsving. For det oxiske grundvand ses fra 1990 en svag stigning fra ca. 34 mg/l op til 50 mg/l nitrat frem til 1998, hvorpå der ses en faldende tendens til ca. 35 mg/l i 2002. Det anoxiske vand – nitrat-zonen - har et lavere nitratindhold end den oxiske zone på grund af omsætning af nitrat, bl.a. ved oxidation af pyrit. Variationen i denne zones nitratindhold følger delvist den i ilt-zonen

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, ikke forventes at kunne erkendes i grundvandets gennemsnitlige indhold af nitrat. Det iltholdige grundvand er det yngste, men de gennemsnitlige nitratindhold består af grundvand med forskellige aldre. Figur 2.3 giver derfor kun en **generel status** af grundvandets nitratindhold for de enkelte år, hvor der er analyseret. Den generelle udvikling viser en faldende tendens fra 1998, idet der dog er en ret stor spredning i indtagenes nitratindhold. Undersøges variationen i nitratindholdet i de enkelte indtag, ses der store variationer uanset om disse viser et faldende, stigende eller har et meget fluktuerende nitratindhold. Disse forhold kan skyldes vandspejlsændringer, ændringer i nedbøren eller landbrugspraksis og dermed i udvaskningen af nitrat fra rodzonen.

Nitrat i ungt grundvand

I et stort antal indtag (643) blev der fra 1998 og frem til 2002 udtaget vandprøver med henblik på CFC-datering af grundvandet (GEUS, 1999). I alt er der indberettet 922 CFC-analyser, hvoraf de 816 er over detektionsgrænsen. Dobbeltbestemmelser viser en variation på op til 4 år. CFC-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 39 indtag med det yngste grundvand og med kontinuerlige nitratanalyser undersøgt. Kun indtag med mindst 2 analyser af grundvand, som skønnet ud fra CFC-data er yngre end 1989, er medtaget. I figur 2.4 er vist 8 eksempler. Data er blevet tidskorrigeret efter CFC-dateringerne, hvor der må regnes med en vis usikkerhed bl.a. afhængig, hvor tyk den umættede zone er. Data med 5-10 m umættet zone kan derfor være 3-5 ældre end CFC-dateringen viser.

GRUMO-indtag 20.12.05.02 (fig. 2.4) viser en begyndende stigning fra ca. 1987, mens GRUMO-indtag 35.12.06.01 viser en kraftig stigning fra 1986 til 1988 og derpå et langsomt fald frem til 1998. GRUMO-indtag 42.13.02.04 viser en nogenlunde konstant stigning. GRUMO-indtag 55.13.12.07 viser en jævn stigning frem til ca. 1990, som så efterfølges af et jævnt fald frem til 1993. Indtag 60.11.14.01 viser først en jævn stigning frem til ca. 1984, og derpå et tydeligt fald frem til 1993. GRUMO-indtag 70.14.03.03 viser en svag stigning frem til 1988, derpå et fald til 1992 efterfulgt af en mere markant stigning frem til 1996. Indtag 76.14.01.04 fluktuerer omkring 55 mg/l nitrat og viser ingen udvikling. GRUMO-indtag 80.14.06.01 viser en fluktuerende stigning frem til 1990, hvorpå der sker et kraftigt fald frem til 1992. De viste GRUMO-indtag i fig. 2.4 giver eksempler på, hvordan nitratindholdet kan variere i grundvandet i de enkelte indtag. Hvorvidt faldet i grundvandets nitratindhold i de enkelte indtag skyldes Vandmiljøplanen eller andre faktorer, kan kun fastslås, hvis lokale faktorer inddrages. En del ændringer sker omkring Vandmiljøplanens igangsættelse og ud fra tidsserierne er det skønnet, at ca. 1/3-del af indtagene har en faldende tendens fra omkring Vandmiljøplanens igangsættelse eller senere. En oversigt er vist i tabel 2.1.

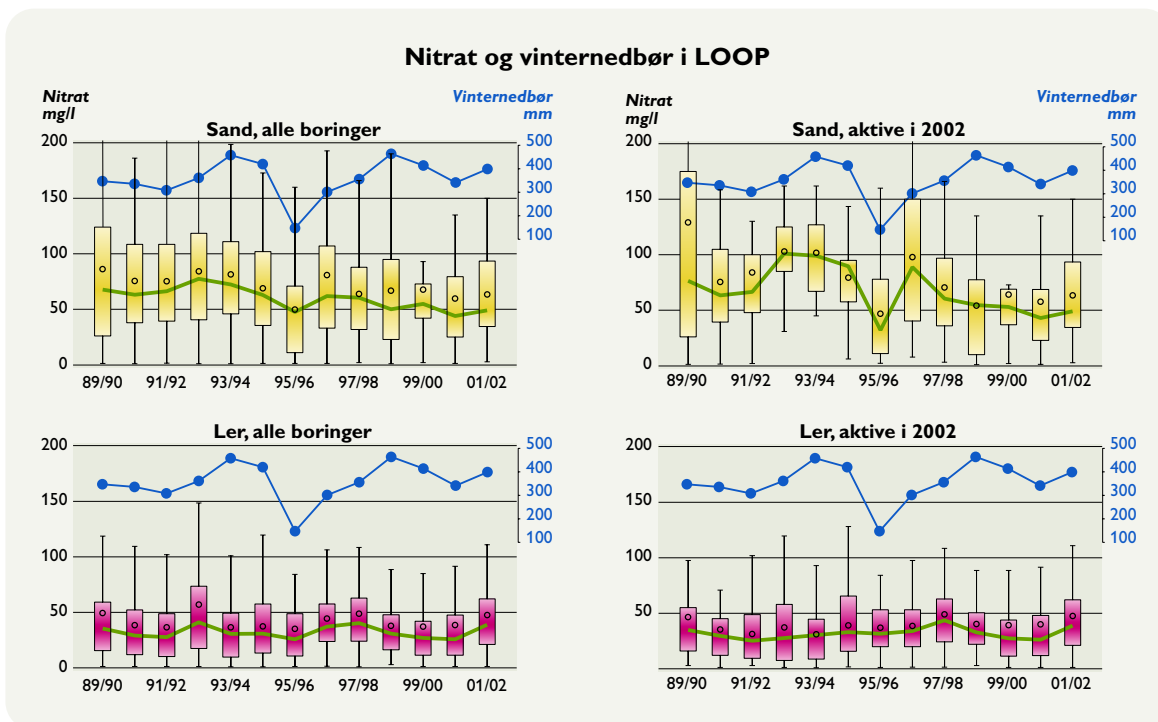


Figur 2.4 Eksempel på nitratudviklingen i ungt grundvand. 8 indtag med grundvand (CFC-dateret) dannet efter Vandmiljøplanens igangsættelse (markeret med rød linie) og med kontinuerlig prøvetagning. **BEMÆRK: Varierende skala på y-aksen.**

Amt	Antal indtag	GRUMO-nr	Variationen i ungt grundvands nitratindhold Årstal er CFC-skønnet dannelsesår
Københavns/ Fr.berg komm Fredensborg	1	13.11.14.03	Indtaget viser meget store fluktuationer – 100 mg/l
	2	20.12.05.02 20.12.07.01	Stigende fra 1 til 6 mg/l fra 1988 til 1991 Meget svagt stigende fra 1 til 2 mg/l fra 1989 til 1992
Vestsjælland Storstrøm	1	30.01.02.01	Fald fra ca. 100 til ca. 60 mg/l fra 1990 til 1998
	3	35.12.06.01 35.13.05.02 35.13.10.02	Jævnt faldende fra ca. 95 til ca. 65 mg/l 1988 til 1991 Stigning fra ca. 10 til ca. 60 mg/l fra 1986 til 1991 Fald fra ca. 60 til 10 mg/l fra 1991 til 1992
Bornholm	1	40.01.06.02	Fald fra ca. 100 til ca. 40 mg/l fra 1991 til 1994
Fyn	1	42.13.02.04	Jævnt stigende fra ca. 10 til ca. 50 mg/l siden 1981 til 1992
Ribe	7	55.01.11.01 55.01.15.01 55.01.18.05 55.11.06.03 55.12.05.01 55.13.12.06 55.13.12.07	Indtaget viser meget store fluktuationer – fra 0 til 50 mg/l Jævnt fald fra ca. 100 til 20 mg/l fra 1989 til 1994 Stigning fra ca. 25 til ca. 70 mg/l fra 1989 til 1992 – har tidligere været højere Ujævnt stigende fra ca. 40 til ca. 100 mg/l fra 1978 til 1991 Meget fluktuerende men med stigning fra ca. 1 til 120 mg/l fra 1988 til 1991 Har et fald fra ca. 60 til ca. 40 mg/l fra 1991 til 1993. Har tidligere været så lavt Jævnt fald fra ca. 90 til ca. 75 mg/l fra 1991 til 1993. Har tidligere været lavere
Vejle	5	60.11.10.03 60.11.11.01 60.11.13.01 60.11.14.01 60.14.14.02	Fald fra ca. 65 til ca. 35 mg/l fra 1983 til 1997 Meget fluktuerende men med fald fra ca. 100 til 70 mg/l fra 1990 til 1994 Fluktuerende men med fald fra ca. 55 til 10 mg/l fra 1985 til 1993 Jævnt fald fra ca. 60 til ca. 10 mg/l fra 1984 til 1993 Jævnt fald fra ca. 45 til ca. 30 mg/l fra 1988 til 1993
Ringkøbing Århus	1	65.13.01.03	Fluktuerende mellem 0 og 5 mg/l
	7	70.01.21.01 70.02.09.01 70.12.20.02 70.14.03.04 70.14.11.02 70.14.15.01	Stærkt faldende fra ca. 320 til 150 mg/l fra 1987 til 1991 Faldende fra ca. 95 til ca. 75 mg/l fra 1987 til 1991 Fluktuerende, men faldende fra ca. 70 til ca. 10 mg/l fra 1980 til 1990 Faldende fra ca. 60 til ca. 40 mg/l fra 1988 frem til 1992 så stigende fra ca. 40 til ca. 80 mg/l frem til 1996 Fluktuerende, men stigning fra ca. 25 til ca. 35 mg/l fra 1988 til 1992 Stigende fra ca. 90 til ca. 160 mg/l fra 1979 til 1991 Fluktuerende men stigning fra ca. 60 til 130 mg/l fra 1989 til 1991
Viborg	2	76.14.01.04 76.14.02.02	Ingen tendens Fluktuerende men fald fra ca. 30 til ca. 5 fra 1988 til 1992
Nordjylland	8	80.02.10.03 80.11.03.01 80.11.07.01 80.11.18.01 80.13.09.03 80.13.10.01 80.13.12.01 80.14.06.01	Fluktuerer omkring 40 mg/l Fluktuerer omkring 25 mg/l men med en svag stigning fra 1978 til 1993 Fald fra ca. 15 til 5 mg/l fra 1988 til 1995 Fald fra ca. 15 til 5 mg/l fra 1988 til 1994 Stor fluktuation Fald fra ca. 40 til ca. 15 mg/l fra 1994 til 1991 Fald fra ca. 160 til ca. 40 mg/l fra 1982 til 1992 Fald fra ca. 170 til 90 mg/l fra 1990 til 1992

Tabel 2.1 Nitratvariationen i de 39 indtag med ungt grundvand.

Grundvandet i landovervågningsoplandene (LOOP) er det yngste vand, som overvåges. Nitratindholdet i dette grundvand, fordelt på sand- og lerområder, er vist som et boxdiagram i figur 2.5 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. For de indtag, hvorfra der foreligger data for 2002, varierer antallet af data for de enkelte perioder fra 17 til 22 indtag i sandområderne, og fra 26 til 50 indtag i lerområderne. Hvis alle data i basen benyttes varierer antallet af indtag fra 20 til 138 i sandområderne og fra 40 til 133 i lerområderne.



Figur 2.5 Nitrat i landovervågningsoplandene, LOOP, fordelt på sand- og lerområder, sammenlignet med vinternedbøren (øverste kurve). Kun nitratdata fra kvartalerne 4 og 1, nitratanalyser over 1 mg/l og indtag over 5 meter er medtaget.

Af box-diagrammet i figur 2.5 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. Da der ikke foreligger iltmålinger, kan data ikke adskilles i oxiske og anoxiske prøver. Sammenlignes medianværdien for nitrat med kurven for vinternedbøren, ses en tydelig sammenhæng mellem vinternedbør og nitratindhold i sandområderne frem til vinteren 97/98, hvor nitratindholdet i sandområderne falder. 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, men at der synes at vise sig et begyndende fald i det øverste grundvand i sandområderne. Det skal dog bemærkes, at det gennemsnitlige indhold de fleste år ligger over grænseværdien for drikkevand på 50 mg/l. For lerområderne ses ikke en tilsvarende klar tendens.

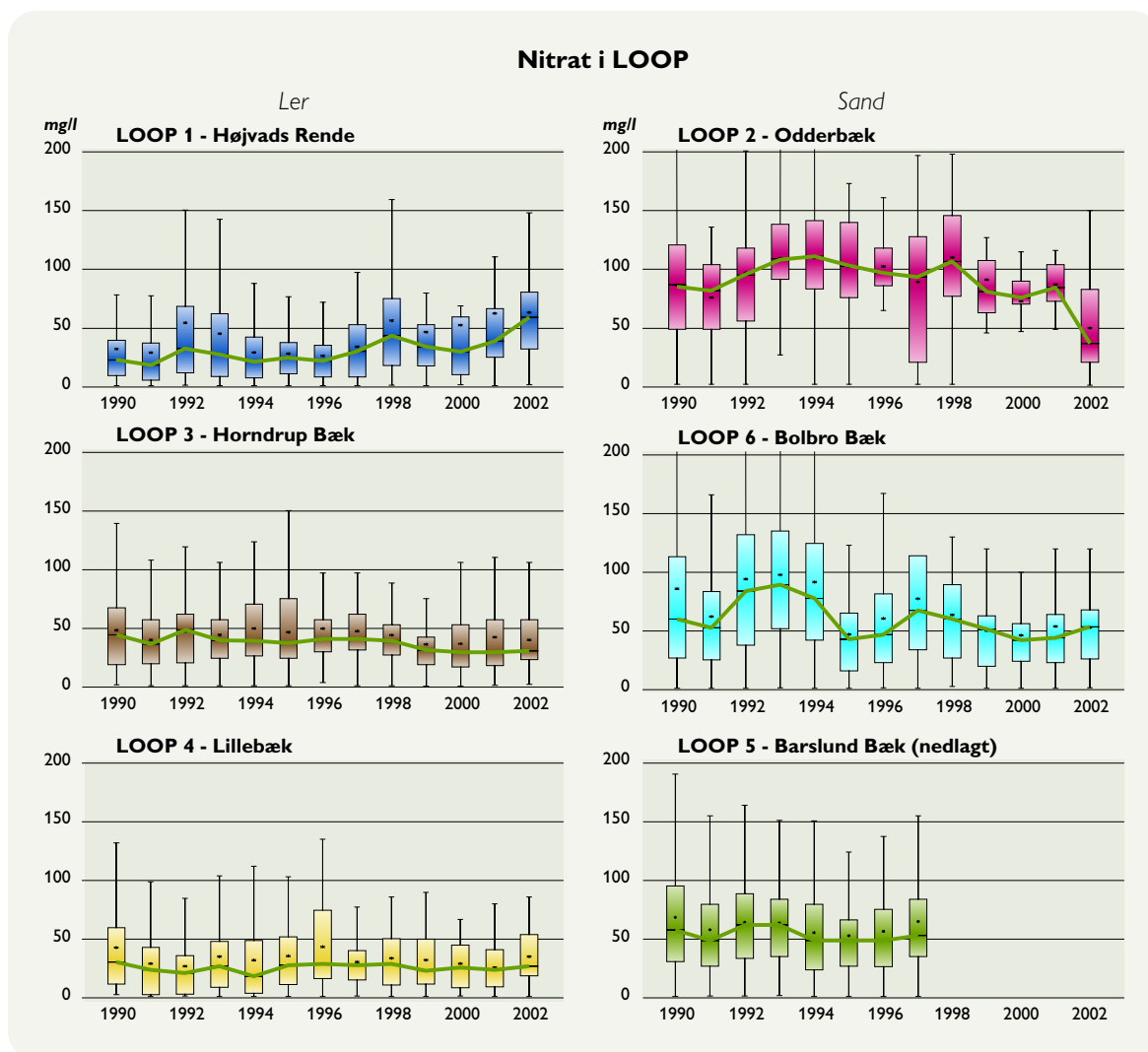
Udviklingen i de enkelte LOOP-områder er på årsbasis vist i fig. 2.6 for nitratdata (over 1 mg/l) og indtag højere beliggende end 5 m under terræn. For lerområderne ses en stigning i Højvads Rende, uændret i Lillebæk og et svagt fald for Horndrup Bæk. For sandområderne viser begge aktive områder en faldende tendens.

Nitrat i vandværksboringer

Der er fra 1990 til og med 2003 indberettet i alt 7.125 vandværksboringer/pejleboringer med i alt 20.600 nitratanalyser til GEUS's database. Hovedparten af boringerne, ca. 75%, er nitratfrie

– dvs. med et nitratindhold under 1 mg/l nitrat. I basen, registreret som 'Andre boringer' findes i alt indberettet 5.479 nitrat analyser fra 3.084 boringer siden 1990.

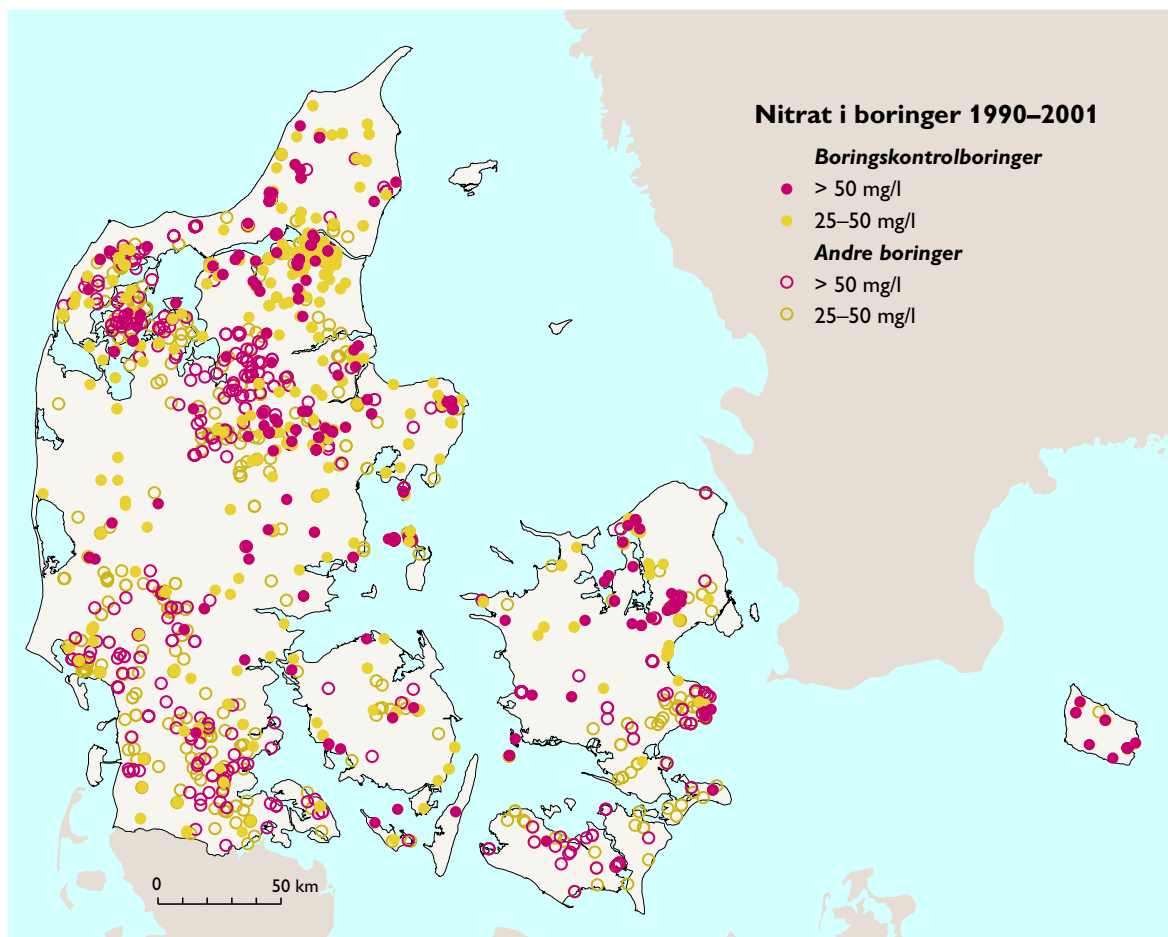
Den procentvise andel af nitratbelastede boringer (>25 mg/l nitrat) har ikke ændret sig væsentligt siden Vandmiljøplanens start, mens andelen af nitratfrie boringer er svagt stigende. Dette skyldes sandsynligvis, at boringer med over 50 mg/l nitrat bliver nedlagt, og nye boringer uden eller med lavt nitratindhold bliver taget i anvendelse. Nitratindholdet i det grundvand, som benyttes til drikkevandsproduktionen, har således ikke ændret sig nævneværdigt gennem de sidste 13 år.



Figur 2.6 Nitrat på årsbasis i landovervågningsoplandene, LOOP. Kun nitratanalyser over 1 mg/l og indtag beliggende højere end 5 meter under terræn er medtaget.

På grund af kombinationen af stor nitratbelastning og geologi (ringe reduktionskapacitet) er det som de tidligere år stadig i Nordjylland, Viborg og Århus amter, der har den største andel af indtag med over 25 mg/l nitrat i boringskontrollata – især det såkaldte 'Nitrat-bælte', der strækker sig fra det nordvestlige Århus Amt in i Viborg Amt (figur 2.7). Grundvand, der indvindes til drikkevand i dårligt beskyttede områder som på Mors, ved Ålborg, på Djursland, omkring Roskilde Fjord og på Bornholm, har også et højt nitratindhold. Det er således stadigvæk i Jylland - med de mest sandede områder - at andelen af boringer med relativt meget nitrat i det oppumpede grundvand er størst

Data fra gruppen 'Andre boringer' er skævt fordelt, idet de fleste oplysninger stammer fra Storstrøms, Sønderjyllands, Ribe, Viborg og Nordjyllands amter. 'Nitratbæltet' ses også i disse data, men desuden ses højt nitratindhold i grundvandet i det sydlige Jylland og i Storstrøms Amt. Der mangler oplysninger om indtag i mange af disse boringerne, som sandsynligvis stammer fra brønde, og derfor repræsenterer højtliggende grundvand, især i Sønderjylland, Viborg og Storstrøms amter.



Figur 2.7 Nitratkoncentrationen i vandværksboringer og 'Andre boringer' baseret på samtlige analyser fra perioden 1990-2002, hvor kun den højeste nitratanalyse er anvendt. Kun boringer med mere end 25 mg/l nitrat er medtaget.

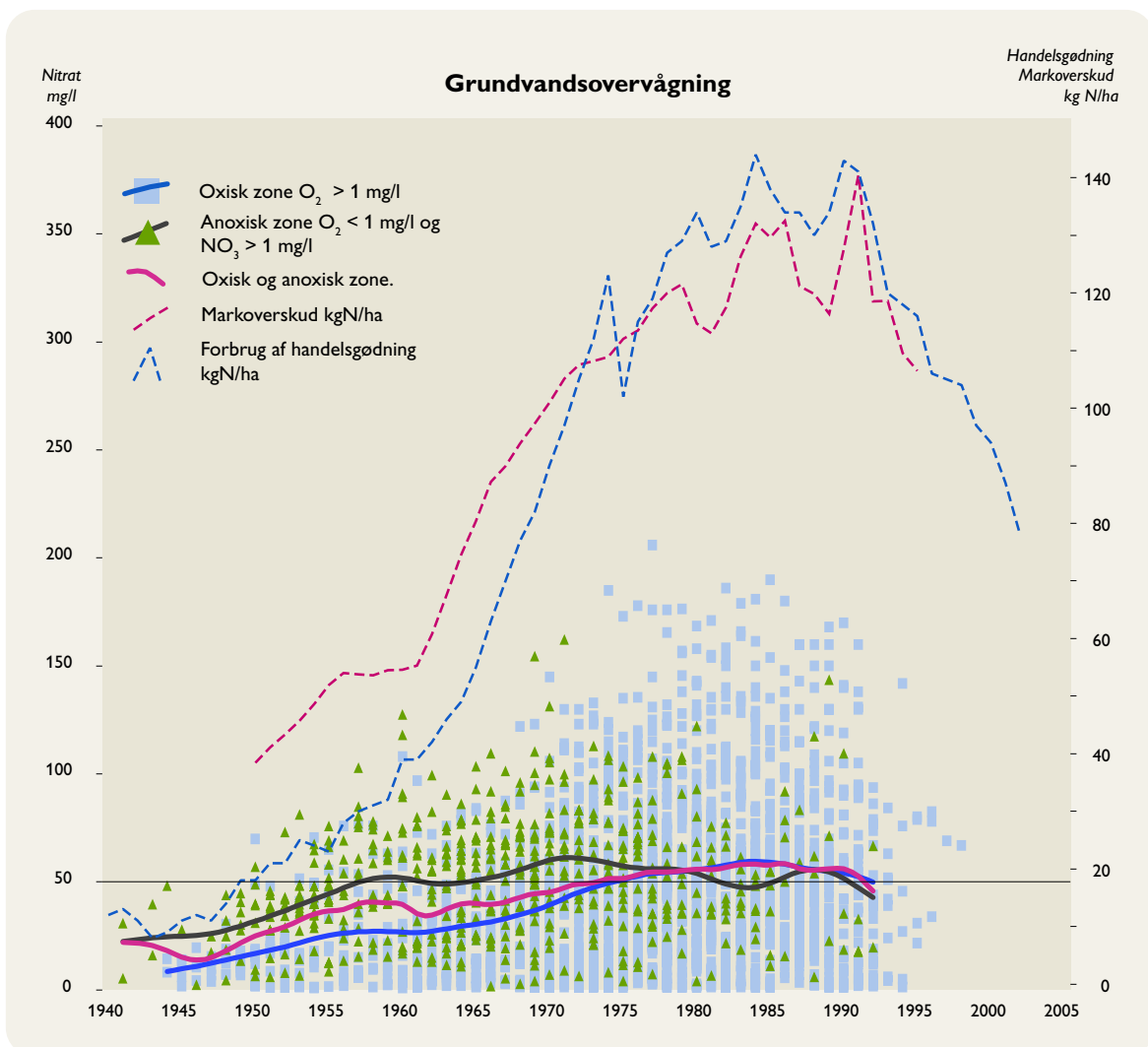
Nitratdata associeret med CFC-dateringer

CFC-dateringerne kan bruges til at finde en tids-differens mellem prøvetagningsåret og CFC-alderen på grundvandet. Nitratdata kan derfor relateres til en CFC-alder, således at nitratanalyser for indtag, hvor der er foretaget en CFC-datering, kan anvendes til at få et indblik i udviklingen af nitrat i det danske grundvand. I alt har 643 GRUMO-indtag en CFC-alder over detektionsgrænsen. Ud over analyseusikkerheden må der yderligere regnes med en usikkerhed ved tilbageskrivningen, idet strømningerne i grundvandet kan variere. Desuden kan indtag med reduceret grundvand ikke benyttes, idet nitrat er omsat.

Nitratdata fra ilt-zonen kan benyttes som de er, men nitratdata fra den anoxiske zone har et reduceret nitratindhold. Det er muligt at få et skøn over, hvor meget nitrat der er omsat ved at se på sulfatindholdet, idet der ved nitratomsætning ved hjælp af pyrit dannes ca. 1 mg/l sulfat pr. 1 mg/l nitrat. Ved at tage sulfatgennemsnittet for et GRUMO-område (oxiske indtag) kan

nitratindholdet i de enkelte indtag opjusteres med det 'overskydende' sulfatindhold. Indtag med et sulfatindhold under gennemsnittet benyttes ikke. Denne opjustering af nitratindholdet for data fra den anoxiske zone betyder dog, at der tilføjes en ekstra usikkerhed til beregningen. Data dækker perioden 1945 frem til ca. 1992. Efter 1992 er der relativt få datapunkter. Data fra 2 GRUMO-områder er ikke medtaget – Nordsamsø og Københavns/Frederiksberg kommuner og et indtag fra Gladsaxe, idet data fra disse to områder er anormalt høje, muligvis pga. gartneribrug eller beliggenheden i bymæssig bebyggelse.

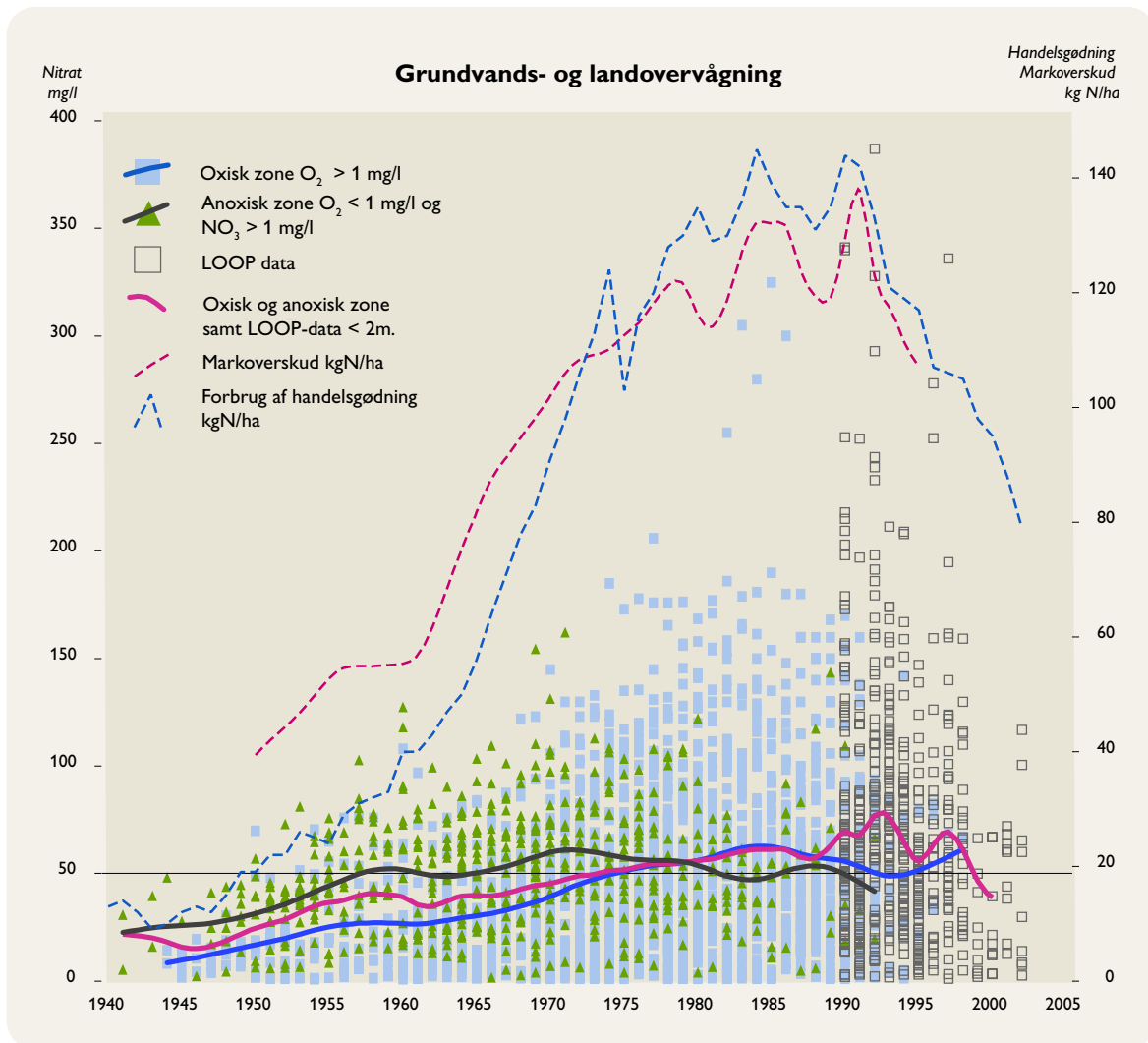
Data er plottet som et 'scatter'-diagram (fig. 2.8), hvor en udglattet linie gennem årsgennemsnit er tegnet. På figuren er også vist forbruget af handelsgødning i kg N pr. hektar samt 'Markoverskuddet' (forskellen mellem hvad der er tilført som husdyr- og handelsgødning, og hvad der er ført bort som foder og solgte planteprodukter samt fiksering og deposition (Knudsen et al, 2000). Som det fremgår af figuren (fig. 2.8), ligger data for den anoxiske zone over den oxiske zone frem til ca. 1975. Slås alle GRUMO data sammen fås en jævnt stigende gennemsnitskurve frem til ca. 1985, hvorefter kurven flader ud. Efter 1992 er der for få data.



Figur 2.8 Grundvandets udvikling i nitratindhold på basis af CFC-dateringer Data er fra den oxiske zone ($O_2 > 1$ mg/l) og den anoxiske zone med nitrat korrigeret på grundlag af sulfatindholdet. Udviklingen i gennemsnitsværdierne er vist som udglattede kurver. Bemærk at årstal angiver CFC-alder og ikke prøvetagningsår.

Ikke alle LOOP-indtag er CFC-daterede. Der er for denne gruppe kun benyttet indtag, som ikke ligger dybere end 2 meter, idet det antages, at alderen af det øverste grundvand i de fleste tilfælde vil være tæt på det år, prøven er udtaget. Der vil naturligvis være en vis usikkerhed på dette skøn af alder. Disse data dækker perioden 1990-1998. Efter 1998 er der relativt få datapunkter.

Hvis LOOP data bringes med ind på figuren (figur 2.8) – se figur 2.9 – ses gennemsnitskurven for alle data at stige frem til ca. 1992, hvorpå der følger et uregelmæssigt fald frem til 1998, hvorefter datagrundlaget bliver for sparsomt. Det bør bemærkes, at LOOP-områderne kun repræsenterer 5-6 steder i Danmark, og ikke nødvendigvis er repræsentative for hele landet. Nitratdata fra eet enkelt LOOP-område kan derfor have stor indflydelse på kurveforløbet. Især LOOP-området Bolbro i Sønderjyllands Amt har stor indflydelse på den sidste del af kurveforløbet bestemt af LOOP-data.



Figur 2.9 Grundvandets udvikling i nitratindhold på basis af CFC-dateringer og LOOP data. Data er fra den oxiske zone ($I_{lt} > 1$ mg/l) og den anoxiske zone med nitrat korrigeret på grundlag af sulfatindholdet. Desuden er anvendt data fra LOOP indtag beliggende ned til 2 meter under terræn med alder skønnet til prøvetagningsår. LOOP data er fra meget højtliggende grundvand med en begrænset rumlig udbredelse og er ikke nødvendigvis repræsentativ for alt det yngste og øverste grundvand. Data vil være stærkt påvirket af nedbøren. Udviklingen i gennemsnitsværdierne er vist som udglattede kurver. Bemærk at årstal angiver CFC-alder og ikke prøvetagningsår.

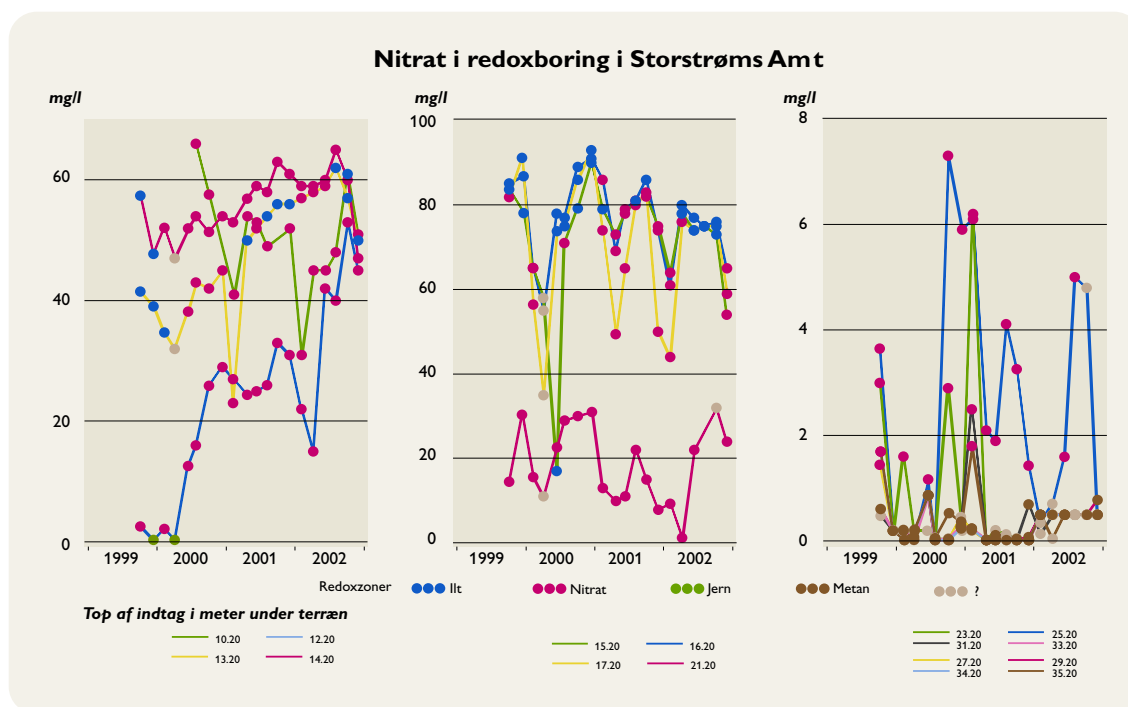
Som det fremgår af figuren er der et vist sammenfald mellem forbruget af handelsgødning og markoverskuddet, og at disse kurver har samme forløb som det gennemsnitlige nitratindhold i det danske grundvand for landet som helhed. En tilsvarende sammenfald i udvikling af nitrat i grundvandet og forbruget af handelsgødning er også påvist i Maryland, USA (Böhlke & Denver, 1995). Det skal dog erindres, at der er en del usikkerhed i forbindelse med skønnet på dannelsesåret for grundvandet og den spatiale fordeling af datapunkter, men kurveforløbet for især alle data antyder et begyndende fald i grundvandets nitratindhold – på landsplan. Data kan dog ikke anvendes til en vurdering af udviklingen i nitratbelastede områder, og det er derfor usikkert, hvornår et fald i nitratindholdet i grundvand vil slå igennem i vandindvindingsboringer.

Redoxboringer

Der er etableret 4 redoxboringer i forbindelse med grundvandsovervågningen, een 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 2002 – i alt 20 prøvetagninger. Indtagene ligger i en kvartær lagsojle 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.



Figur 2.10 Variationer i indtagenes nitratindhold.

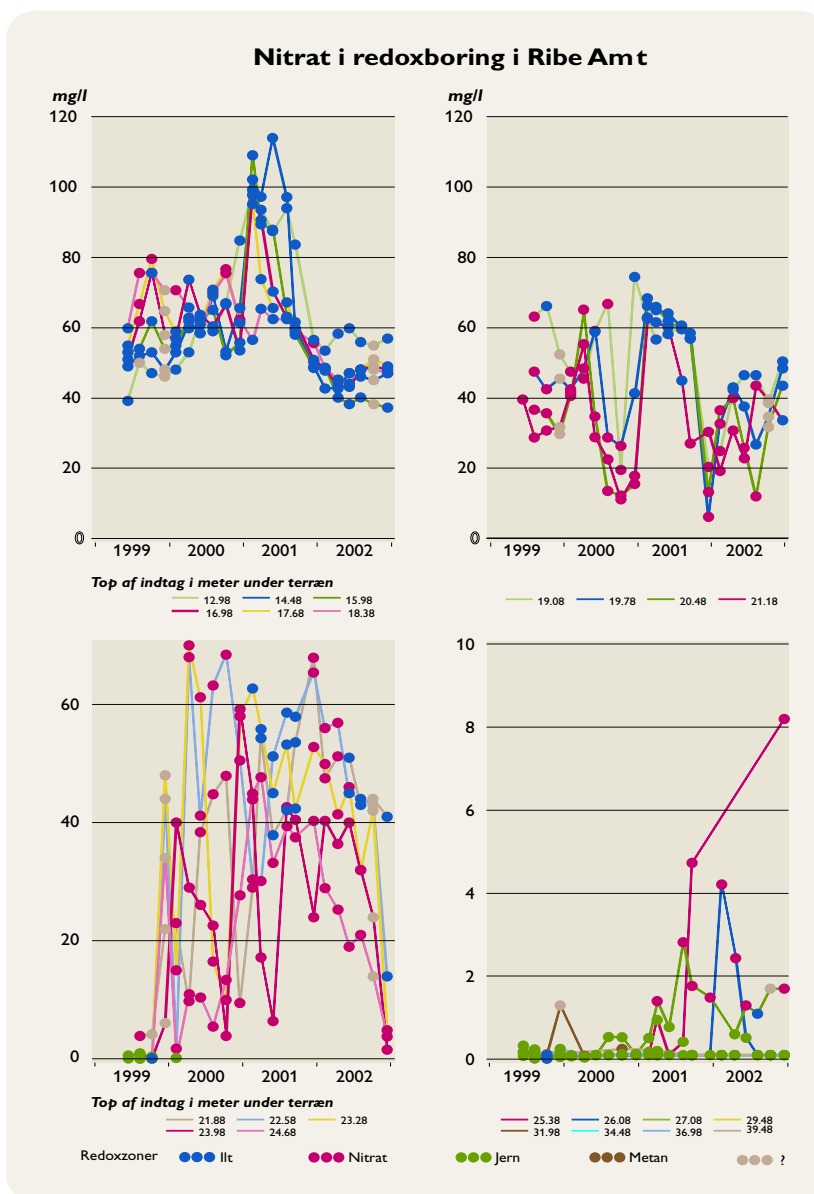
Fluktuationerne i nitratindholdet gennem tid (figur 2.10) er for en del af indtagene meget stor, og afhængig af hvilken formation vandprøven er taget i. Nitratindholdet i det øverste sandlag viser en stigning, mens variationen i moræneleret og indtaget i sand lige over morænen viser en stor fluktuation med en faldende tendens. Fluktuationerne i disse øverste indtag kan muligvis være årstidsbestemte. Indtaget lige under morænen (21.2 m) viser tilsvarende udsving. Re-

sten af indtagene i det nederste sandlag har et lavt indhold af nitrat, hvor 23.2 og 25.2 indtagene hovedsageligt ligger i nitrat-zonen, medens resten af indtagene ligger i jern/sulfat-zonen eller metan-zonen.

Beliggenheden af grænserne ilt/nitrat og nitrat/sulfat er ikke tydelig. Det øverste sandlag ligger hovedsageligt i nitrat-zonen. I det nederste sandlag har grænsen mellem nitrat og jern/sulfat-zonen gennem de sidste 2 år ligget ved ca. 22.5 meter. Grænsen til metan-zonen er ikke tydelig.

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 22 prøvetagningsrunder. Den umættede zone varierer fra ca. 1 m om vinteren til ca. 2,5 meter om sommeren.



Figur 2.11 Variationer i indtagenes nitratindhold.

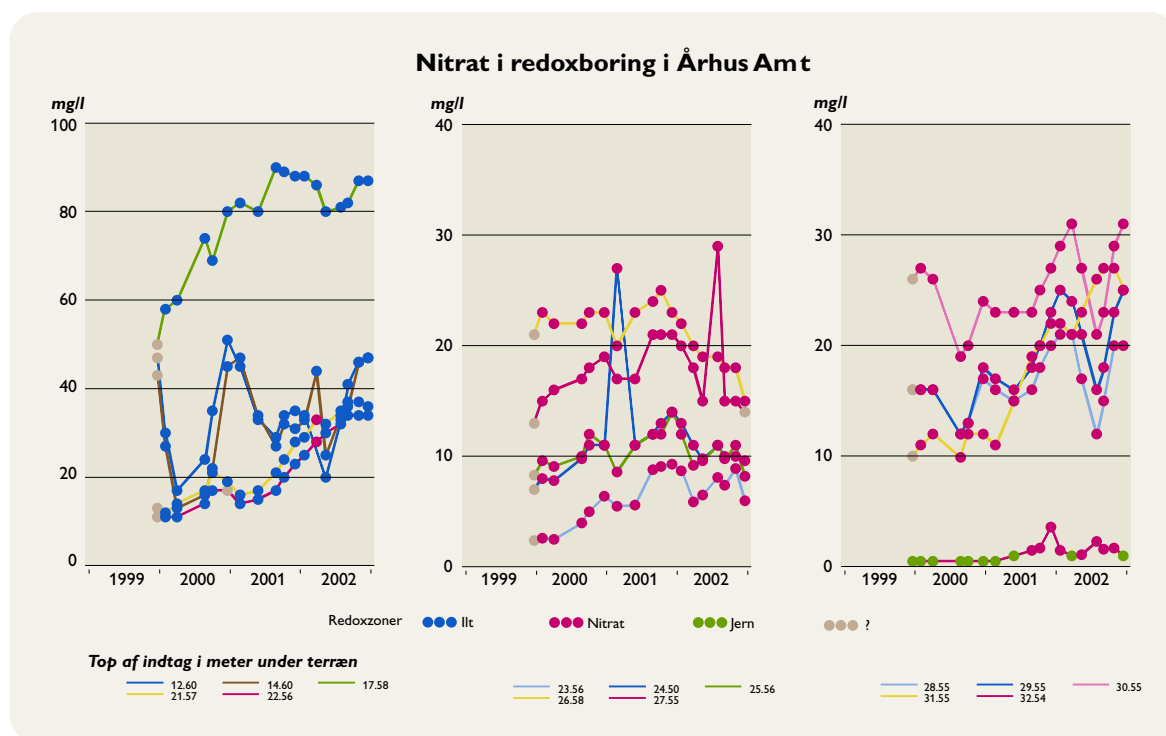
Nitratindholdet falder ned gennem ilt- og nitrat-zonen og fra omkring 100 mg/l i de øverste 5 indtag som det højeste. I disse indtag har nitratindholdet været stigende fra 1999 frem til begyndelsen af 2001, hvorefter der er sket et kraftigt fald på ca. 40-50 mg/l (figur 2.11). Disse indtag ligger hovedsageligt i ilt-zonen. De næste 5-8 indtag ned til 23,5 meter ligger i en zone, hvor grænsen mellem ilt- og nitrat-zonen har fluktueret. Nitratindholdet i disse indtag varierer lidt anderledes end i de øverste indtag. Svingningerne er på op til 60 mg/l, med et fald i 2003.

Beliggenheden af ilt-zonen varierer fra ca. 16 m.u.t. i slutningen af 1999, hvorpå den falder til ca. 24 m.u.t. i sommeren 2001, efterfulgt af en stigning til ca. 18 m.u.t. hvorpå den igen falder til ca. 22,5 meter ved udgangen af 2002. Ilt-zonens placering fluktuerer tilsyneladende delvist med årstiden med en stigning i vinterperioden og et fald i sommerperioden. Nitrat-zonens beliggenhed falder gennem prøvetagningsperioden fra ca. 22 m.u.t. i 1999 til ca. 25,5 m.u.t. i slutningen af 2002. Grænsen mellem jern- og sulfat-zonen synes diffus.

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. Det øverste indtag sidder over grundvandsspejlet, men de resterende 20 indtag er prøvetaget i alt 18 gange.

Nitratindholdet i de to øverste indtag svinger med et-års intervaller (figur 2.12). 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. De næste to indtag mellem 21 og 23 meter har et stigende nitratindhold. Indtagene mellem 23 og 28 m.u.t. viser en sammenlignelig variation med en stigning frem til januar 2002 efterfulgt af et fald 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. ligger lige mellem oxidationszone nitrat og jern/sulfat. De resterende indtag har nitrat under detektionsgrænsen.



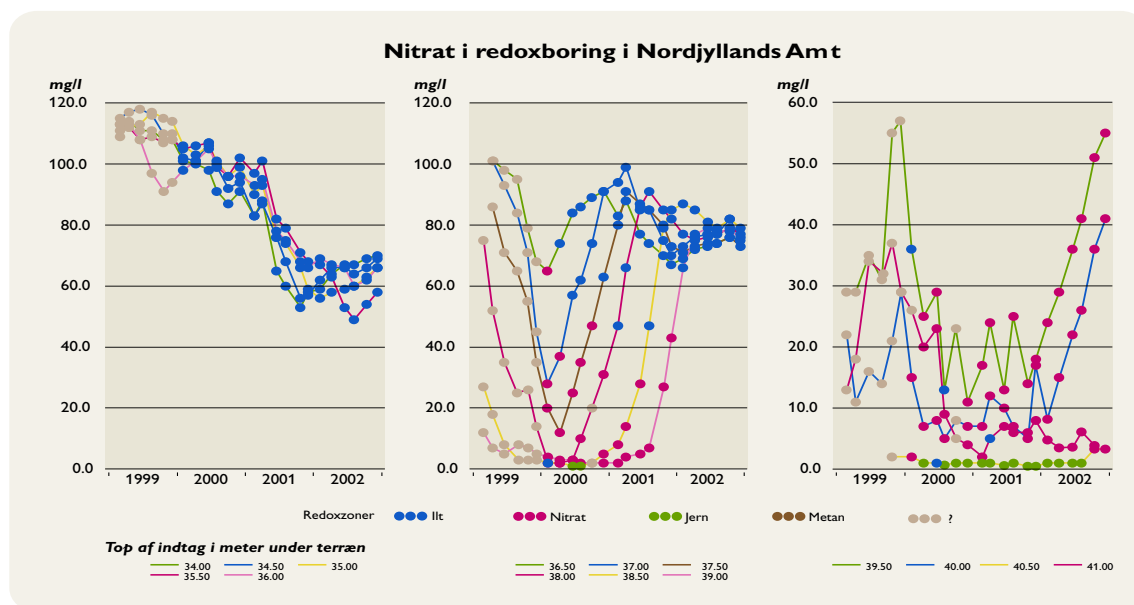
Figur 2.12 Variationer i indtagenes nitratindhold.

Ilt-zone udvikling ligger ved ca. 23 m.u.t. uden variationer. 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 nogenlunde stabilt frem til slutningen af 2002. Herunder følger reduceret grundvand i jern- og sulfat-zonen. De øverste indtag er formentlig påvirkede af en svingende grundvandsstand, men ellers har boringen en veludviklet anoxisk nitrat-zone på ca. 10 meters tykkelse.

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.

Udviklingen i nitratindholdet er vist i figur 2.13. De 4 øverste indtag viser et jævnt fald fra ca. 115 mg/l nitrat ved etableringen af boringen i 1998/99 til ca. 60 mg/l ved slutningen af 2001, hvorpå der sker en stigning på ca. 10 mg/l. De næste 9 indtag viser samme variation, men tidsmæssigt forskudt, således at jo dybere indtaget ligger jo senere kommer der et minimum i nitratindholdet. En beregning giver en forskydning på ca. 10 cm om måneden i vertikal retning. De øverste af disse indtag viser et fald frem til 2002, hvorpå der ske en svag stigning. Den meget store vertikale gradient kan være forårsaget af pumpning på nærliggende borer.



Figur 2.13 Variationer i indtagenes nitratindhold.

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. 39,5 m.u.t. ved slutningen af 2002. Dette svarer til ca. 12,5 cm pr måned i 2001/02. Nitratfronten ligger omkring 41-42 m.u.t., men den er ikke klart afgrænset, idet der ikke er 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.

Sammenfatning om nitrat:

- De indberettede data for 2002 viser, at godt 50% af grundvandsovervågningsindtagene og ca. 75% af vandforsyningsboringerne, ikke indeholder nitrat (≤ 1 mg/l nitrat).

- For GRUMO indeholder ca. 27% af de aktive overvågningsindtag i 2002 mere nitrat end den tidligere vejledende grænseværdi på 25 mg/l for nitrat i drikkevand og ca. 16% mere end grænseværdien for drikkevand på 50 mg/l.
- Det gennemsnitlige (median) nitratindehold i indtag med oxiske forhold ligger for perioden 1990-2002 mellem 35 og 50 mg/l nitrat, men med en svag stigning frem til 1998, hvorpå det kommer et svagt fald frem til 2002. I indtag med anoxiske forhold ligger gennemsnittet (medianen) stabilt lige under 10 mg/l nitrat.
- Det unge grundvand (6-8 år gammelt) i GRUMO viser varierende udviklingstendenser, men ca. 1/3-del af de 39 indtag med ungt grundvand viser faldende nitratindehold.
- Nitratindeholdet i det unge grundvand i LOOP varierer med vinternefbøren, men med en faldende tendens for de 2 sandområder. Det skal dog bemærkes, at det gennemsnitlige indhold de fleste år ligger over grænseværdien for drikkevand på 50 mg/l. I et lerområde ses en svag stigning, mens de to andre er stort set uændrede.
- Amter med størst nitratproblemer i drikkevandsproduktionen er amterne i det såkaldte 'Nitrat-bælte' (Nordjylland, Viborg og Århus). Det øverste grundvand er dog nitratbelastet i de amter, hvorfra der er indberettet data fra små vandforsyninger (primært private brønde og borerer med begrænset dybde), hvilket antyder, at problemet er landsdækkende.
- Nitratudvikling det danske grundvand sammenholdt ved 'Markoverskuddet' eller forbruget af handelsgødning udviser parallelitet. Stigningen i forbruget af handelsgødning frem til begyndelsen af 90-erne efterfulgt af et fald ligner meget udviklingen af det gennemsnitlige nitratindehold i grundvandet for hele Danmark. De første tegn på et overordnet fald i grundvandets nitratindehold fremtræder, mens der må dog tages forbehold for stor usikkerhed i data og for de antagelser, der er gjort.
- Data fra de fire redoxboringer viser, i to af borererne, 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 borererne. Ilt-zonen er ikke udviklet i en boring og jern- og sulfat-zonen er dårligt udviklet i den sidste boring. Nitratgrænsen ligger nogenlunde stabilt i 2002.
- Den generelle vurdering af nitratkoncentrationen i grundvandet er, at der på landsplan kan konstateres en begyndende tendens til et fald i nitratindeholdet i det yngste grundvand, som måske kan begrundes i vedtagelsen af Vandmiljøplanen i 1987.

En meget stor andel af det overvågede grundvand er ældre end Vandmiljøplanens igangsættelse. I år er det muligt at følge udviklingen i nitratindeholdet i vand yngre end Vandmiljøplanen i 39 indtag, hvoraf ca. 1/3-del af indtagene udviser fald. 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 variation, som delvist varierer med vinternefbøren, dog med et overordnet fald i sandområderne. Da det gennemsnitlige indhold de fleste år stadig ligger over grænseværdien for drikkevand på 50 mg/l, må det konkluderes, at det går den rigtige vej med nitratindeholdet, men også at de hidtil iværksatte tiltag sandsynligvis ikke er fyldestgørende til at reducere nitratindeholdet i tilstrækkelig grad i grundvandet.

Fosfor

Udviklingen i grundvandets indhold af fosfor

Fosfor er ikke afrapporteret i år, da grundvandets indhold heraf ikke ændrer sig nævneværdigt.

Uorganiske sporstoffer

Uorganiske sporstoffer forekommer naturligt i grundvand i relativt små mængder, typisk i størrelsesordenen mikrogram pr. liter. De overvåges regelmæssigt i permanente målepunkter 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. 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, 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. En kvantificering af denne fordeling kræver dog et udredningsarbejde, der ligger udenfor rammerne af denne rapport.

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 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, 1995a). 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 grundvands indholdsstoffer har en afgørende indflydelse på anvendelsen af vandet f.eks. til drikkevandsforsyning. For 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 dannet forholdsvis nær et vandløb, bevæger sig relativt tæt under jordoverfladen og kommer frem i vandløbet nær bredden, mens grundvand dannet langt fra vandløbet bevæger sig i dybere strømningsbaner og kommer frem i vandløbet gennem dets bund. 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)	Grænseværdi for drikkevand ¹⁾ (MEM 2001)	Udledningskriterier (MEM 1996)	Økotoxikologisk grænseværdi (MST 1994)
	g/l	g/l	g/l	g/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.

Indhold af uorganiske sporstoffer i grundvandet over grænseværdierne for drikkevand kan medføre, at den del af grundvandsressourcen, der kan anvendes til drikkevand til mennesker, husdyr og til levnedsmiddelfremstilling, reduceres. Grundvand med et indhold af uorganiske sporstoffer over grænseværdien for drikkevand kan ikke umiddelbart anvendes til drikkevand, f.eks. i forbindelse med enkeltforsyning og små vandforsyninger uden vandbehandling.

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 2002 var der 998 aktive indtag, som var egnede til prøvetagning og analyse for uorganiske sporstoffer. I perioden 1993 til 2002 er et flertal af disse indtag analyseret seks til otte gange for over halvdelen af stofferne. Der begynder således at være etableret egentlige tidsserier for en række af de uorganiske sporstoffer. Af bilag 3.1 fremgår hovedtal for de uorganiske sporstoffer, som indgår i grundvandsovervågningen og i Jupiter databasen hos GEUS.

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 350 indtag, svarende til 35% 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 uor- ganiske sporstoffer, som formodes at blive tilført det nydannede grundvand fra overfladen, nemlig aluminium, arsen, barium, bly, cadmium, chrom, nikkel, kobber, selen og zink.

Detektionsgrænserne er de samme som for grundvandsovervågningen. 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. Et enkelt indtag fra Sønder- jyllands Amt er ekskluderet fra det samlede datasæt på grund af stærkt afvigende stofindhold.

For 2002 er der indberettet 46 analyser for uorganiske sporstoffer fra landovervågningspro- grammets grundvandsdel.

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 g/l	Fyn g/l	Sønderjylland g/l	Vejele g/l	Nordjylland g/l
Arsen	0,5	0,2	0,1	0,3	0,4
Bly	0,3	0,2	0,7	0,7	0,5
Cadmium	0,01	0,01	0,5	0,11	0,11
Selen	0,2	0,6	0,3	0,3	0,1
Nikkel	1,7	2,3	12	20	6
Zink	4,2	5,2	66	68	27
Kobber	0,7	0,5	3,6	2,9	2,9
Chrom	0,1	0,15	0,2	0,1	0,6
Aluminium	2,2	8,3	730	1,3	60
Barium	80	43	92	42	41

Tabel 3.2 Uorganiske sporstoffer (medianværdier) i landovervågnings grundvandsborin- ger 1998-2002. 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 grundvandsovervågningen. Bilag 3.2 angiver generelle hovedtal for belastningen af det allerøverste grundvand i landovervågningsoplandene med uor- ganiske sporstoffer, men der ses som illustreret i tabel 3.2 store forskelle landovervågnings- oplandene imellem.

Vandværksboringer

Udover analyserne i de ca. 90 vandindvindingsboringer, der indgår i grundvandsovervågningen (volumenmoniterende boringer), er der med indberetningerne for året 2002 i alt indkommet analyseresultater for uorganiske sporstoffer fra 7.002 boringer, der var underlagt tilsyn jf. bekendtgørelse nr. 871 (Miljø- og Energiministeriet, 2001). Ifølge bekendtgørelsen er det fra 1. januar 2002 obligatorisk at udføre boringskontrol for nikkel, aluminium (ved pH < 6), arsen, barium og bor. Hyppigheden afhænger af den distribuerede eller producerede vandmængde. Vandforsyningsanlæg under 3.000 m³ kontrolleres ikke, boringer til anlæg mellem 3.000 og 35.000 m³ kontrolleres hvert 5. år, for anlæg mellem 35.000 og 1.500.00 kontrolleres boringerne hvert fjerde år, og for anlæg der er større, kontrolleres boringerne hvert 3 år.

Der er fundet uorganiske sporstoffer i 3.970 boringer. Procentuelt udgør boringer med fund ca. 57% 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 502 boringer. Langt de største antal overskridelser vedrører nikkel og arsen. Procentuelt udgør overskridelserne godt 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 én værdi ved indgang til ejendom og én værdi ved forbrugers taphane. For en række tungmetaller og uorganiske sporstoffer er værdien ved indgang til ejendom nu 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 op der ses procentuelle overskridelser i størrelsesordenen fra 3% for cadmium til 51% for nikkel. Grundvandsovervågningen giver på grund

af de permanente målesteder et mere dækkende billede af den generelle tilstand i dansk grundvand. Her ses der overskridelser for de fleste stoffer, dog ikke for tin, sølv og chrom. 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.

Uorganiske sporstoffer	GRUMO			LOOP		Boringskontrol	
	Grænseværdi drikkevand	Mindst en analyse over	Alle analyser over	Mindst en analyse over	Alle analyser over	Mindst en analyse over	Alle analyser over
	g/l	%	%	%	%	%	%
Aluminium	100	15	3	49	9	11	2
Antimon	2	<1	<1	i.m.	i.m.	0	0
Arsen	5	16	6	9	0	16	2
Barium	700	<1	0	i.m.	i.m.	0	0
Bly	5	1	<1	31	0	1	0
Bor	1.000/300 ¹⁾	<1/3 ²⁾	<1/1 ²⁾	i.m.	i.m.	5	0
Cadmium	2	<1	1	3	0	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⁾	0/1 ²⁾	0/0 ²⁾	i.m.	i.m.	1	0
Molybdæn	-	-	-	i.m.	i.m.	-	-
Nikkel	20	6	1	51	3	3	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	40	6	2	0

1) Drikkevandkvalitetskrav / anbefalet indhold

2) Overskridelse af hhv. drikkevandkvalitetskrav / anbefalet indhold
i.m. : ikke målt

Tabel 3.3 Overskridelse af grænseværdier for drikkevand i forskellige måleprogrammer for perioden 1993-2002 (LOOP dog kun 1998-2002). 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 – at de økotoxikologiske grænseværdier overskrides i op til 83% af de undersøgte indtag i landovervågningsoplandene, se tabel 3.4. 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 grundvandsovervågningsprogrammet og boringskontrollen viser markante overskridelser af de økotoxikologiske grænseværdier for især aluminium og arsen og i mindre grad for zink.

Uorganiske sporstoffer	GRUMO		LOOP		Boringskontrol		
	Kvalitetskrav Øko-tox. g/l	En analyse over %	Alle analyser over %	En analyse over %	Alle analyser over %	En analyse over %	Alle analyser over %
Aluminium	2,6 ¹⁾	73	19	83	28	41	12
Antimon	-	-	-	-	-	-	-
Arsen	4	19	8	11	0	19	3
Barium	-	-	-	-	-	-	-
Bly	3,2 ²⁾	2	0	34	0	2	<1
Bor	-	-	-	-	-	-	-
Cadmium	5/1 ³⁾	<1/2 ⁴⁾	<1/<1 ⁴⁾	3/9 ⁴⁾	0	<1	0
Chrom, total	10 ²⁾	0	0	0	0	1	0
Cyanid, total	-	-	-	-	-	-	-
Kobber	12 ²⁾	3	<1	37	3	<1	0
Kviksølv	1,0	0	0	-	-	<1	0
Molybdæn	-	-	-	-	-	-	-
Nikkel	160 ²⁾	<1	<1	11	0	<1	0
Selen	-	-	-	-	-	-	-
Sølv	-	-	-	-	-	-	-
Tin	-	-	-	-	-	-	-
Zink	110 ²⁾	6	1	40	3	2	0

1) Hultberg, H., 1988.

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

3) Udledningskriterie / Økotoksikologisk grænseværdi

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

Enkeltstoffer

Arsen

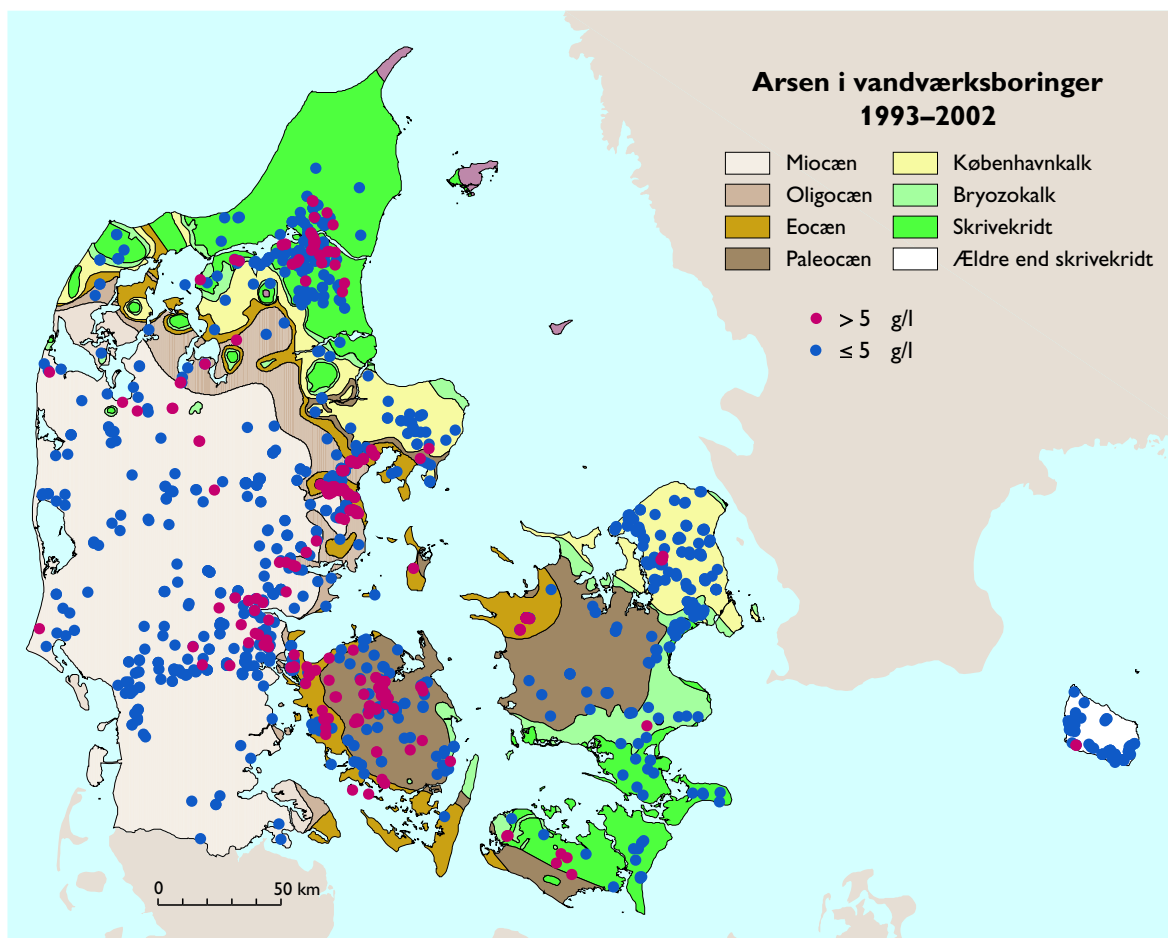
Arsen er giftigt og kræftfremkaldende, og der er international erkendelse af arsens sundhedsskadelige egenskaber. Således er grænseværdien for drikkevand sænket fra 50 µg/l til 5 µg/l med den nye drikkevandsbekendtgørelse (Miljø- og Energiministeriet, 2001) og samtidig er stoffet gjort obligatorisk i boringskontrollen.

Indholdet af arsen i grundvandet bestemmes – ud over kildestyrken - blandt andet af redoxforholdene, idet arsenindholdet under reducerende betingelser er ca. 10 gang højere end under iltholdige betingelser. Ud over en regional geologisk oprindelse, er der bl.a. mulighed for diffus arsenforurening fra handelsgødning (fosfat), arsenholdige pesticider og afbrænding af kul og mere lokalt fra træimprægneringsvirksomheder, spredning af slagge (og flyveaske) som jordforbedringsmiddel og udbringning af slam fra produktion af genbrugspapir. 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.

Som forventeligt øges antallet af analyser i boringskontrollen som følge af analysekravet i Bekendtgørelse 871. Antallet af undersøgte borer er steget fra 758 i 2001 til 1518 i 2002. I tabel 3.5 er angivet en oversigt over fordelingen på amtsbasis. Det fremgår af oversigten over maksimumindhold, at problemerne omkring overskridelse af drikkevandskravet er størst i Storstrøms, Århus, Fyns og Vejle amter.

Amt	Analysér	Minimum	Gennemsnit	Maksimum
ikke angivet	10	0,3	3,1	7,8
Kbh. og Frederiksberg	0			
København	45	0,2	1,5	3,6
Frederiksborg	126	0,03	0,9	7
Roskilde	36	0,4	1,7	4,2
Vestsjælland	51	0,1	3,5	8
Storstrøm	129	0,2	5,4	42
Bornholm	80	0,02	0,6	5,7
Fyn	230	0	5,1	39
Sønderjylland	16	0,03	1,8	5,5
Ribe	98	0,05	0,8	6,4
Vejlé	255	0,03	2,5	28
Ringkjøbing	100	0,03	1,2	12
Århus	313	0,05	4,5	41
Viborg	47	0,3	3,3	20
Nordjylland	274	0,05	2,6	20
Samlet	1.810	0	3,0	42

Tabel 3.5 Oversigt over antal analyser og indhold af arsen i $\mu\text{g/l}$ i drikkevandsboringer. Opgjort på enkeltanalyser fra 1993 til og med 2002 og fordelt på amter



Figur 3.1. Regional fordeling af arsenindhold i vandværksboringer 1993–2002 vist i forhold til aflejringer ældre end istiderne.

Såvel tabel 3.5 som figur 3.1 understøtter den antagelse, at arsenindholdet i grundvandet primært er af geologisk oprindelse, idet der forekommer tertiære marine lerbjergarter med høje indhold af arsen i undergrunden under disse amter. De tertiære bjergarter kan under istidens gletcherfremstød være indarbejdet i istidsaflejringerne, primært i moræneler. Dog kan yngre marine aflejringer også udgøre kilder til arsen.

I større vandværker med vandbehandling tilbageholdes en del af uorganiske sporstoffer i nogen grad i okkerslammet i vandværkernes sandfiltre (Miljøstyrelsen, 1999). Således fjernes gennemsnitligt op mod halvdelen af grundvandets arsenindhold. Den nye, lavere grænseværdi for arsen vil antageligvis visse steder sætte en ny nedre grænse for, hvor dybt der kan indvindes grundvand til drikkevand – afhængigt af vandværkernes muligheder for at fjerne stoffet ved okkerudfældningen.

Nikkel

Nikkelbelastningen hidrører primært 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. Sulfidoxidation kan også forekomme med nitrat som oxidationsmiddel.

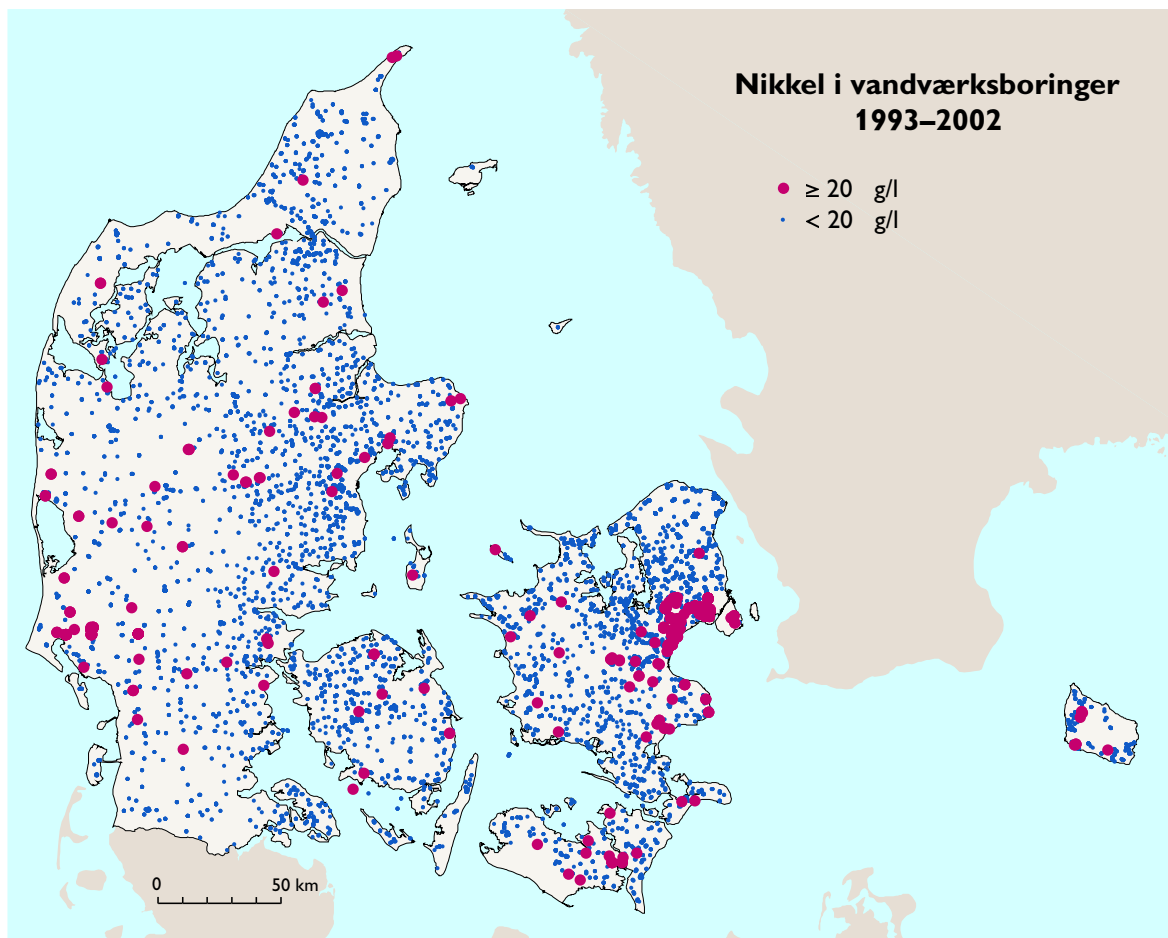
Tabel 3.6 viser en oversigt over fordelingen på amtsbasis af nikkelanalyser over grænseværdien på 20 µg/l. Det fremgår af oversigten, at der findes grundvand som overskrider kravværdien i alle amter. Problemerne er størst i Roskilde, Vestsjællands og Viborg amter samt i Bornholms Regionskommune.

Amt	Analyser over grænseværdi	Gennemsnit	Maksimum
ikke angivet	1	25	25
Kbh. og Frederiksberg	5	28	34
København	468	45	160
Frederiksborg	1	36	36
Roskilde	93	70	590
Vestsjælland	17	136	460
Storstrøm	34	38	59
Bornholm	9	68	310
Fyn	8	39	64
Sønderjylland	2	27	32
Ribe	89	40	120
Vejle	6	29	45
Ringkjøbing	16	41	81
Århus	13	31	55
Viborg	5	62	160
Nordjylland	5	34	54
Samlet	772	49	590

Tabel 3.6 Antal analyser over grænseværdien og maksimumindhold af nikkel i µg/l i drikkevandsboringer. Opgjort på enkeltanalyser fra 1993 til og med 2002 og fordelt på amter.

Den regionale fordeling af nikkelindholdet i aktive vandindvindingsboringer er vist i figur 3.2. I de hårdest ramte områder må borer lukkes, da det bliver stadig mere svært at finde ubelastet grundvand til at fortynde det belastede grundvand med. Generelt ses en stigning i antallet af vandværksboringer med et nikkelindhold, hvor grænseværdien for drikkevand er overskre-

det i samtlige analyser fra 121 i 2001 til 142 i 2002. Det problem, som forhøjede nikkelindhold udgør for vandværkerne, ser derfor ud til at være voksende.



Figur 3.2: Nikkel i vandværksboringer 1993-2002.

Københavns Amt konkluderer i sin rapport, at stor sænkning af grundvandsspejlet med forhøjelse af bl.a. nikkelindholdet til følge har medført en uacceptabel forringelse af drikkevandskvaliteten visse steder i amtet. Antallet af drikkevandsboringer, hvori drikkevandskvalitetskravet på 20 $\mu\text{g/l}$ er overskredet, er steget fra 16-19% de forudgående år til 23% i 2001 og 31% i 2002. Vestsjællands Amt bemærker, at kun halvdelen af indvindingsboringerne er undersøgt for nikkel i perioden 1989 til 2002. Storstrøms Amt præsenterer tidsserier for iltning af sulfid med nitrat. Derudover ses en svagt stigende antal boringer med forhøjet nikkelindhold i det vestlige Jylland på grund af øget indvinding i visse områder og dermed iltning af tertiære pyritholdige sedimente. Ribe Amt anfører, at den ved oxidationen dannede syre fremmer en lav pH og dermed desorption af nikkel.

Sammenfatning om uorganiske sporstoffer

Generelt ses der overskridelser af grænseværdierne for drikkevand i alle måleprogrammer, dvs. i både grundvandsovervågningen, landovervågningen og vandværkernes boringskontrol. I grundvandsovervågningen er der således fundet overskridelser af grænseværdierne for et eller flere uorganiske sporstoffer i 35% af indtagene i perioden 1993-2002.

Resultaterne fra landovervågning skiller sig klart ud. Her overvåges terrænnært grundvand i områder med intensiv landbrugsdrift. Der ses overskridelser af grænseværdien i forhold til antal analyserede indtag på eksempelvis 9% for arsen, 31% for bly, 40% for zink og 51% for nikkel. De tilsvarende tal fra grundvandsovervågningen er 16%, 1%, 6% og 6%; for boringskontrollen 16%, 1%, 2% og 3%.

Sammenlignes der med de økotoxikologisk betingede kvalitetskrav, der er fastsat af hensyn til kvaliteten af det vand, der tilføres vandløb, søer eller havet, ses endnu større overskridelser – eksempelvis overskrides disse værdier i op til 83% af de undersøgte indtag i landovervågningsoplandene, og i op til hhv. 73% og 41% af de undersøgte indtag/boringer i hhv. grundvandsovervågningsprogrammet og boringskontrollen. Her er det især stofferne aluminium, bly, kobber og arsen, der overskrider kravværdierne.

Som forventet stiger antallet af analyser for arsen i boringskontrollen som følge af analysekravet indført i 2001. Analyserne er dog stadig ujævnt spredt udover landet, men der ses en tendens til overskridelser primært i områder med tertiært marint ler i undergrunden eller oparbejdet i morænedækket. Dog kan yngre marine aflejringer også udgøre arsenkilder.

I større vandværker med vandbehandling og velfungerende sandfiltre, tilbageholdes uorganiske sporstoffer i nogen grad, hvorfor overskridelser af grænseværdierne i grundvandet ikke nødvendigvis medfører en problematisk drikkevandskvalitet. For enkeltforsyninger og små fælles vandforsyninger uden vandbehandling kan sporstofferne derimod udgøre et kvalitetsproblem.

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 (<i>p</i> -xylen, <i>m</i> -xylen, <i>o</i> -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 g/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 tjæreaflad 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

Nonylphenoler i miljøet stammer primært fra nedbrydning af nonylphenoethoxylater, som blandt andet findes i vaskemidler og rengøringsmidler. 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. Eksempelvis har potentielle grundvandsforureninger med nonylphenoler, phthalater og detergenter (se senere angående kilder) været diskuteret i forbindelse med problematikker omkring spildevand og slam.

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 overvågningsammenhæng behandles stofgrupperne som en sum af isomerer. 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 træimprægneringsmidler kan også være en mulig kilde til forurening med chlorerede phenoler. Eksempelvis pentachlorphenol har i perioden 1956 til 1979 været anvendt til træimprægnering 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

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 udspøjtning.

Ethere

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

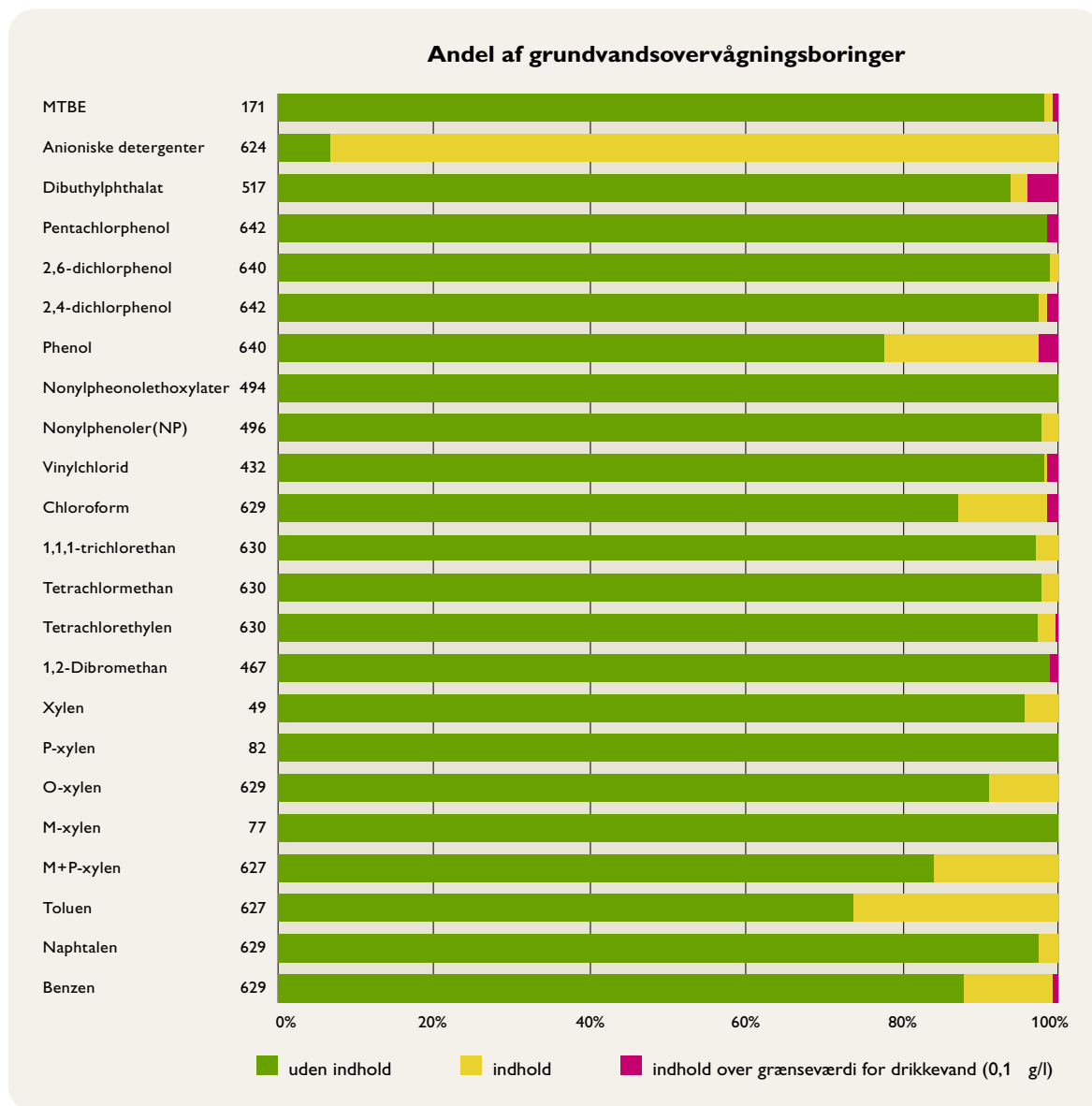
Grundvandsovervågning

Der er i grundvandsovervågningen i perioden 1993-2002 i alt gennemført analyse for organiske mikroforureninger i 8.601 vandprøver repræsenterende 1.127 forskellige indtag (tabel 4.2 og 4.3). I 1.022 af de 1.127 undersøgte indtag er der i perioden mindst en gang fundet én eller flere organiske mikroforureninger, svarende til fund i 91% af indtagene (59% hvis der ses bort fra anioniske detergenter – se nedenfor). 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 4.2, hvor det årlige procentvise antal indtag med fund ligger mellem 26% og 67%, mens der set over hele perioden 1993-2002 findes indhold i langt de fleste indtag mindst en gang (91%). Det er karakteristisk for fundene i GRUMO, at de fundne overskridelser af grænseværdier (hvor en sådan findes) ligger omkring 1% eller mindre af de undersøgte indtag. En oversigt over fundhyppigheder i GRUMO på borningsniveau gives i figur 4.1.

I grupperne aromatiske kulbrinter, halogenerede alifatiske kulbrinter, alkylphenoler og chlorphenolerne er der blevet analyseret stort set lige mange indtag, omkring 1.100. Analyserne for de aromatiske kulbrinter repræsenterer 1.083 indtag og denne stofgruppe er den hyppigst fundne med en hyppighed på 29,5% (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 fire 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, eksempelvis er der fund af chloroform (trichlormethan) i området ned til 40 m under terræn og enkelte fund i området 60-105 m. I GRUMO er der fund af chloroform i 106 af 3.620 undersøgte indtag. En del af disse fund er beliggende i områder, hvor arealanvendelsen er skov og naturareal, og det skal i denne sammenhæng bemærkes at undersøgelser har

vist, at chloroform (trichlormethan) kan dannes naturligt under skovjorde (Engvild, 2000). En sådan dannelse er især relevant i kystnære nåleskovsområder, hvor klor fra havluft opfanges på træerne derefter ved gennemdrypning når skovbunden.

I gruppen af chlorphenoler, som er analyseret i 1.105 indtag, forekommer også overskridelser af grænseværdier. For 2,4-dichlorphenol er der overskridelser i halvdelen af de indtag, hvor der er gjort fund af stoffet. Grænseværdien for pentachlorphenol i drikkevand er 0,01 µg/l, og i samtlige 8 indtag med fund er grænseværdien overskredet. Ud over de strukturelt simple phenoler analyseres der også for nonylphenoler og nonylphenol-ethoxylaterne. Phenol analyseres dog langt hyppigere end nonylphenol og ethoxylaterne.



Figur 4.1 Fordeling af undersøgte GRUMO borer (bemærk boringer og ikke indtag) uden indhold, indhold under grænseværdi og indhold over grænseværdi. Bemærk at grænseværdi ikke forefindes for alle stoffer. Se bilag 4.1 for detaljer om analyser og fund. Det totale antal borer, der er undersøgt, er angivet ved stoffets navn.

Hvad angår de anioniske detergenter er analyseresultaterne usikre, idet den anvendte metode 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. Såvel i laboratorierne som i overvågningssammenhæng arbejdes der i disse år på at indføre specifikke analysemetoder, så den reelle belastning med disse stoffer kan vurderes.

Grundvandsovervågning Prøvetagningsår	Prøver analyseret	Indtag med analyse	Indtag med fund		
	antal	antal	antal	%	%
1993	543	484	324	67	(41)
1994	706	592	291	49	(15)
1995	842	665	338	51	(19)
1996	981	751	353	47	(16)
1997	923	723	329	46	(11)
1998	893	780	221	28	(19)
1999	1.090	828	310	37	(19)
2000	874	746	245	33	(23)
2001	868	790	202	26	(13)
2002	881	801	310	39	(17)
1993-2002	8.601	1.127	1.022	91	(59)

Tabel 4.2 Analyse for organiske mikroforureninger (jævnfør bilag 4.1) samlet og år for år i grundvandsovervågningen i perioden 1993-2002. Tallene i parentes angiver de fundprocenter, der fremkommer hvis anioniske detergenter udelades af opgørelsen.

På trods af den hyppige indrapportering af fund vurderes det, at der ikke umiddelbart er problemer med indhold af anioniske detergenter. Denne vurdering baseres dels på niveauerne i forhold til grænseværdien på 100 µg/l i drikkevand, dels på muligheden for falsk positive på lavt niveau. Kun i grundvandsovervågningen er der en enkelt boring, hvor der er gjort fund af anioniske detergenter i en koncentration over grænseværdien, og generelt er der kun ganske få fund over 40 µg/l. På baggrund af denne usikkerhed bag data for anioniske detergenter gives 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).

Grundvandsovervågning 1993-2002	Indtag med analyse	Indtag med fund	Indtag med fund over grænseværdi ¹⁾	
	antal	antal	%	%
Aromatiske kulbrinter	1.083	319	29	0,5
Halogenerede alifatiske kulbrinter	1.086	175	16	2,8
Phenoler	1.099	179	16	1,4
Alkylphenol forbindelser	1.074	35	3	0
Chlorphenoler	1.105	43	4	2,1
Blødgørere	796	44	6	3,5
Detergenter, anioniske	1.065	935	88	0
Ethere, MTBE	253	3	1	0,4

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 1993-2002. En mere detaljeret oversigt over enkeltstoffer inden for grupperne fremgår af bilag 4.1.

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. I Jupiter databasen er der data for 6 år fra grundvandsovervågningen og vandværksboringer. Det fremgår af bilag 4.1, at der i GRUMO er udført 320 analyser fordelt på 253 indtag. Indtil sidste overvågningsrunde var der udelukkende fund i et indtag på Fyn, men i 2002 er der gjort fund i yderligere to indtag beliggende på henholdsvis Fyn og København/Frederiksberg. Af fundene i disse 3 indtag er der dog stadig kun ét fund, der lige

netop ligger på grænseværdien (5µg/l). Dette fund er bekræftet ved genanalyse, hvor der blev målt 2,7 µg/. Til sammenligning er der i boringskontrollen (bilag 4.3) fundet MTBE i 109 ud af 1.818 analyserede borer, og heraf var indholdet i 7 borer over grænseværdien.

Landovervågningsoplande

I landovervågningsoplandene (LOOP) er der i perioden 1995-2002 gennemført analyser for organiske mikroforureninger i 405 vandprøver repræsenterende 63 forskellige indtag (tabel 4.4 og 4.5).

Landovervågning Prøvetagningsår	Analysér	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)
2002	138	42	7	17	(14)
1993-2002	405	63	31	49	(48)

Tabel 4.4 Analyse for organiske mikroforureninger udført pr. år i landovervågningen i perioden 1995-2002. Detaljer om stofgrupper findes i bilag 4.2. Tallene i parentes angiver de fundprocenter, der fremkommer, hvis anioniske detergenter udelades af opgørelsen).

I landovervågningsoplandene er der fundet organiske mikroforureninger i 49% (48% 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 46 indtag, og stoffet er fundet i 15, 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 34 indtag, men i lave koncentrationer. Der er også udført analyser for dibutylphthalat (DBP) i landovervågningsoplandene, og der er fund i 11 ud af 33 indtag. For alle stoffer gælder det, at medianværdier af fundene ligger under grænseværdierne for drikkevand (detaljer i bilag 4.2).

Landovervågning 1995-2002	Indtag med analyse	Indtag med fund	
	antal	antal	%
Aromatiske kulbrinter	35	11	31
Halogenerede alifatiske kulbrinter	10	0	0
Phenoler	46	15	33
Alkylphenol forbindelser	45	8	18
Chlorphenoler	57	3	5
Blødgørere	33	11	33
Detergenter, anioniske	31	13	42

Tabel 4.5 Oversigt over analyseresultaterne for de organiske mikroforureninger i landovervågningen fordelt på grupper dækkende perioden 1995-2002. En mere detaljeret oversigt over enkeltstoffer inden for grupperne fremgår af bilag 4.2

Vandværksboringer

Der er i perioden 1993-2002 udtaget vandprøver fra 5.413 boringer til analyse for organiske mikroforureninger (se bilag 4.3). Der er fundet organiske mikroforureninger i 1.961 boringer svarende til 36% (23%, hvis der ses bort fra de anioniske detergenter) (tabel 4.6). Fordelingen inden for stofgrupper er opsummeret i tabel 4.7 (se i øvrigt bilag 4.3). Der findes enkelte andre sporadiske analyser, men de her viste tegner det generelle billede af vandværkernes boringskontrol.

Boringskontrol Prøvetagningsår	Analyser	Boringer med analyse	Boringer med fund		
	antal	antal	antal	%	%
1993	169	125	36	29	(14)
1994	525	385	102	26	(19)
1995	600	358	127	35	(25)
1996	471	329	75	23	(18)
1997	809	581	163	28	(19)
1998	1.519	1.135	302	27	(18)
1999	1.832	1.418	474	33	(24)
2000	2.012	1.603	572	36	(20)
2001	2.871	2.405	564	23	(14)
2002	1.420	1.199	374	31	(18)
1993-2002	12.225	5.413	1.961	36	(23)

Tabel 4.6 Oversigt over analyseresultaterne for organiske mikroforureninger pr. år i vandværksboringer 1993-2002. Tallene i parentes angiver de fundprocenter der fremkommer, hvis anioniske detergenter udelades af opgørelsen.

Analyser for halogenerede alifatiske kulbrinterne og aromatiske kulbrinter repræsenterer omkring 2.500 boringer hver, og begge grupper er fundet relativt hyppigt. Grænseværdierne er overskredet i en del tilfælde. En del af overskridelserne 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 i forhold til gruppen med de chlorerede alifatiske kulbrinter. De chlorerede phenoler har dog nogle få overskridelser af grænseværdien for drikkevand. Den ikke-chlorerede phenol er også fundet i koncentrationer, der ligger over grænseværdien for drikkevand.

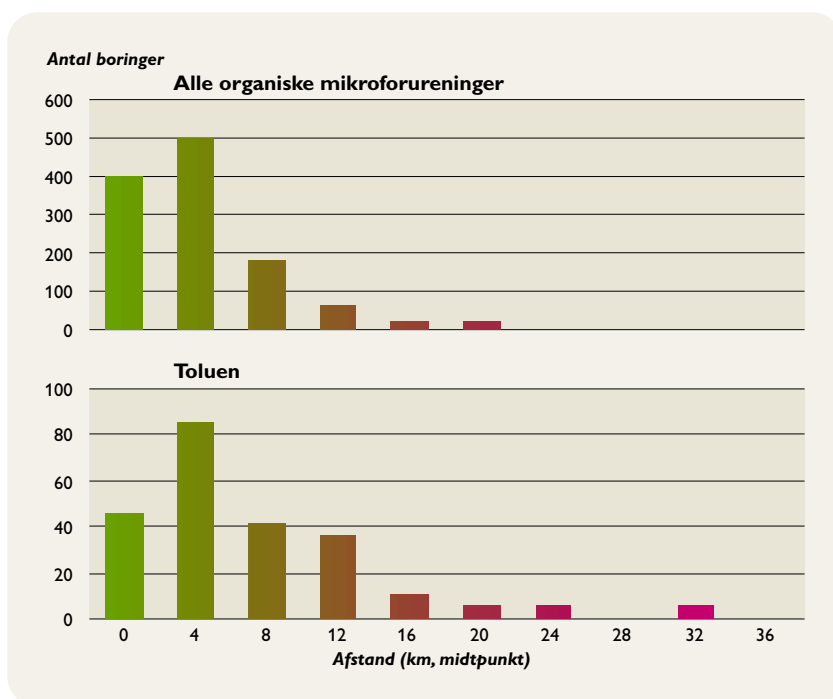
Boringskontrollen 1993-2002	Boringer med analyse	Boringer med fund		Boringer med fund over grænseværdi ¹⁾
	antal	antal	%	%
Aromatiske kulbrinter	2.532	326	13	0,5
Halogenerede alifatiske kulbrinter	2.455	367	15	1,2
Phenoler	1.322	111	8	1,2
Alkylphenol forbindelser	792	22	3	0
Chlorphenoler	4.294	47	1	0,3
Blødgørere	15	3	20	0
Detergenter, anioniske	1.863	1.142	61	0
Ethere, MTBE	1.818	109	6	0,4

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 1993-2002.

MTBE er fundet i 109 ud af 1.818 undersøgte vandværksboringer i perioden 1998-2002. Heraf havde 7 boringer et indhold over grænseværdien for drikkevand svarende til 0,6% af de undersøgte boringer, og det maksimale indhold lå på 56 µg/l, altså en væsentlig overskridelse af grænseværdien for drikkevand.

Databasen fra kontrollen af vandværksboringer indeholder oplysninger fra 5.431 boringer, og af disse er der en eller flere gange fundet indhold af organiske mikroforureninger i 22,6% af boringerne (der ses bort fra anioniske detergenter). En analyse af disse 1.216 boringer kan give et indtryk af, hvor langt der er fra en forurenede boring til en anden. I lokalområdet er dette naturligvis stærkt afhængig af såvel områdets anvendelse (by, industri, landbrug, skov etc.) og de geologiske og hydrologiske forhold i området. Men betragtes data på landsplan tegner der sig et billede af, at hvis en boring er forurenede kan det forventes, at der inden for en 10 km radius, findes en anden forurenede boring. Dette kan ses øverst i figur 4.2, hvor minimumsafstanden fra en forurenede boring til en anden er vist. Det fremgår, at langt de fleste minimumsafstande ligger indenfor 10 km. I denne figur indgår alle organiske mikroforureninger under et. Betragtes boringer forurenede med et enkelt stof, fremkommer et lignende billede. Dette er illustreret nederst i figur 4.2, hvor fordelingen af indbyrdes minimumsafstande for 239 boringer forurenede med toluen er vist. Det fremgår, at også for dette ene stof er forekomsten af en forurenede ”nabo-boring” hyppigst inden for 10 km radius, med en tendens til en lidt hyppigere forekomst af lange afstande i forhold til analysen med alle forureninger betraget under et.



Figur 4.2. Minimumsafstande mellem forurenede boringer. Hyppigheden af minimumsafstande mellem to forurenede boringer er vist. Øverst indgår alle boringer der har været forurenede en eller flere gange med organiske mikroforureninger, nederst betragtes udelukkende forureninger med toluen. Begge steder er enkelte punkter over 40 km udeladt af hensyn til overskueligheden. En nedre grænse for afstande er sat til 0,5 km (anses for værende samme boring i denne analyse).

Andre boringer

Gruppen 'Andre boringer' omfatter markvandingsboringer, vandværkernes overvågningsboringer, nedlagte vandværksboringer, afværgeboringer 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. I indrapporteringerne forekommer også andre stoffer end de, der indgår i overvågningsprogrammet. Et eksempel er undersøgelsen af forekomst af lægemidler. Denne gruppe data indeholder indrapportering fra 19 prøver, der blev analyset for lægemidlerne amobarbital, barbital, butobarbital, pentobarbital og secobarbital. De 19 analyser stammer fra 19 filtre, og i 14 af filtrene blev der fundet et eller flere af de analyserede lægemidler. Disse data repræsenterer information, som ikke er indeholdt i hverken overvågningsdata (GRUMO og LOOP) eller boringskontrollen, men de er for få til drage konklusioner. En egentlig undersøgelse og videntilvejebringelse ville kræve mere dokumentation af såvel prøver som analyser, og datasættet 'Andre boringer' må opfattes som et katalog over "værste tilfælde" og sjældent undersøgte stoffer.

Der er i denne gruppe af boringer rapporteret analyser af organiske mikroforureninger i 3.151 vandprøver til GEUS i perioden 1993-2002. Vandprøverne stammer fra 1.526 boringer med fund af organiske mikroforureninger i 396 boringer (se bilag 4.4 for detaljer).

Sammenfatning om organiske mikroforureninger

Der er i grundvandsovervågningen i perioden 1993-2002 undersøgt 8.601 vandprøver fra 1.127 indtag for organiske mikroforureninger. I 1.022 af de undersøgte indtag er der i perioden mindst en gang fundet én eller flere organiske mikroforureninger, svarende til at der er fund i 91% 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 59% af indtagene.

Der er i landovervågningsoplandene undersøgt 405 vandprøver fra 63 indtag. Der er fund i 49% af indtagene (48% hvis der ses bort fra de anioniske detergenter). I vandværksboringer er der udført analyser af miljøfremmede stoffer i 5.413 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.

En analyse af hvor langt der er fra en forurenede vandværksboring til en anden viser, at risikoen for at finde en forurenede naboboring indenfor en radius af 10 km er stor, både når der ses på organiske mikroforureninger som gruppe, men også for enkeltstoffer som eksempelvis toluen.

Pesticider og nedbrydningsprodukter

Pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandsovervågningen

Der er i grundvandsovervågningen i perioden 1990-2002 gennemført 8.626 analyser af grundvandsprøver udtaget fra 1.182 indtag i overvågningsboringer, tabel 5.1 og 5.2.

Grund vandsovervågning 1990-2002	Filtre antal	Analyser antal	Middeldybde til top af indtag meter	Middeldybde til bund af indtag meter
Københavns og Frederiksberg kommuner	29	205	17,5	20,7
Københavns Amt	67	484	33,4	35,5
Frederiksborg Amt	70	604	24,6	27,1
Roskilde Amt	54	486	21,1	26,4
Vestsjællands Amt	84	551	17,3	19,5
Storstrøms Amt	105	551	23,3	25,4
Bornholms Amt	28	154	15,4	30,5
Fyns Amt	89	954	28,8	30,3
Sønderjyllands Amt	104	716	24,6	26,3
Ribe Amt	93	499	31,1	32,6
Vejle Amt	80	504	24,0	26,0
Ringkjøbing Amt	71	484	26,1	27,6
Århus Amt	127	873	23,9	27,5
Viborg Amt	86	691	24,0	27,0
Nordjyllands Amt	95	870	24,3	30,6
Alle amter	1.182	8.626	-	-

Tabel 5.1 Analyserede indtag og vandprøver med pesticidanalyse og gennemsnitlige dybde til top og bund af indtaget i grundvandsovervågningen 1990-2002. Baseret på oplysninger indsendt af amterne til GEUS's database Jupiter. Alle indtag analyseret for pesticider gennem hele perioden er medtaget.

Den gennemsnitlige dybde til toppen af indtaget (tabel 5.1) viser, at indtagene i Københavns Amt, Fyns Amt, Ribe Amt og Ringkjøbing Amt er ligger dybest, mens de i gennemsnit højest placerede indtag findes i Vestsjællands Amt, Bornholms Amt og Københavns og Frederiksberg kommuner.

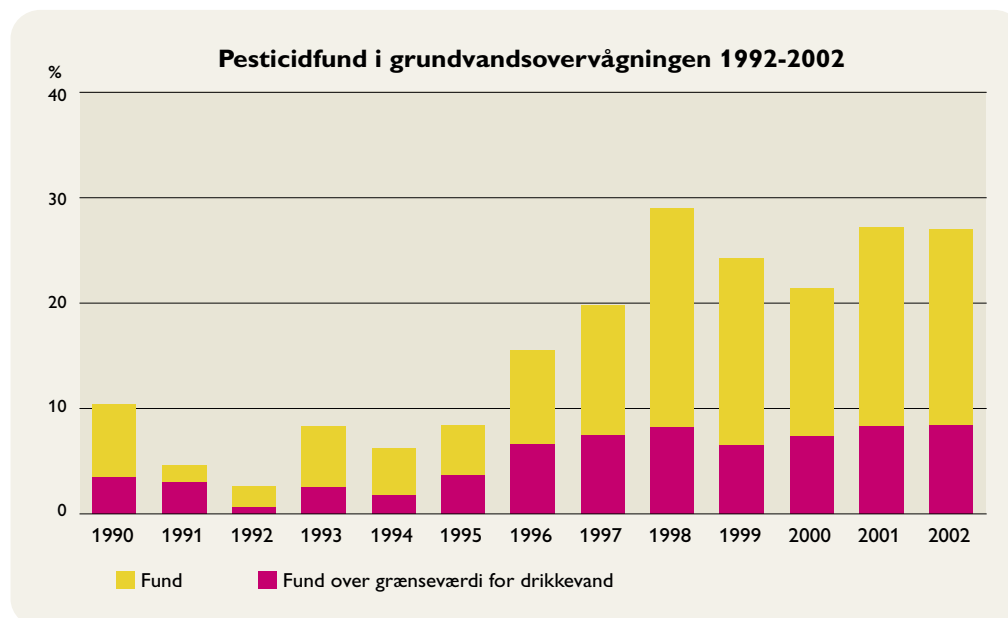
Der er fundet ca. 50 pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandsovervågningen, hvoraf ca. 20 er nedbrydningsprodukter, se bilag 5.1. Derudover er der fundet en række phenolforbindelser, som kan stamme fra nedbrydning af phenoxysyrer, fra andre pesticider eller fra organisk stof. Disse stoffer er ikke beskrevet i kapitel 5, men er medtaget i bilag 4.1, som omfatter organiske mikroforurenende stoffer.

I perioden 1990-2002 er der en eller flere gange fundet et eller flere stoffer i 497 indtag ud af 1.182 undersøgte svarende til ca. 41%. Grænseværdien for indhold af et pesticid i drikkevand på 0,1 µg/l, er overskredet en eller flere gange i ca. 14% af de undersøgte indtag (tabel 5.2). Andelen på 41% af indtag svarer til det antal indtag, som på et eller flere tidspunkter 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 1990-2002	Analysér	Indtag med analyse		Indtag med fund		
	antal	antal	antal	%	antal	%
Alle pesticider 1990-2002	8.626	1.182	487	41,2	163	13,8
Alle pesticider 2002	789	742	200	27	63	8,5

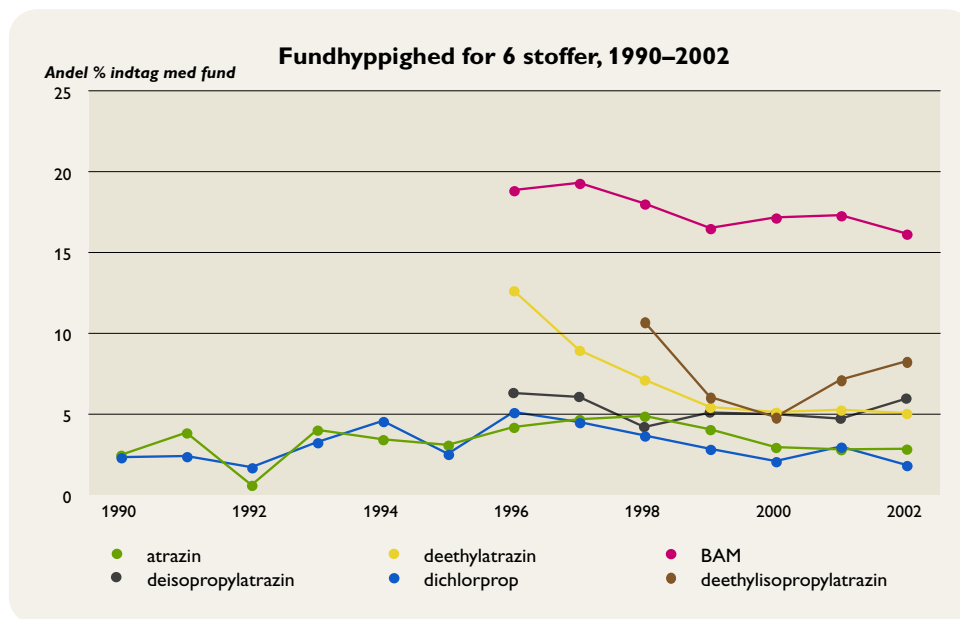
Tabel 5.2 Oversigt over gennemførte analyser for pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandsovervågningen 1990-2002. "Alle pesticider, 1990-2002" omfatter alle analyser for pesticider og nedbrydningsprodukter. "Alle pesticider, 2002" omfatter kun analysedata fra 2002, rapporteret til GEUS i 2003.

Der blev i 2002 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 og 2002.



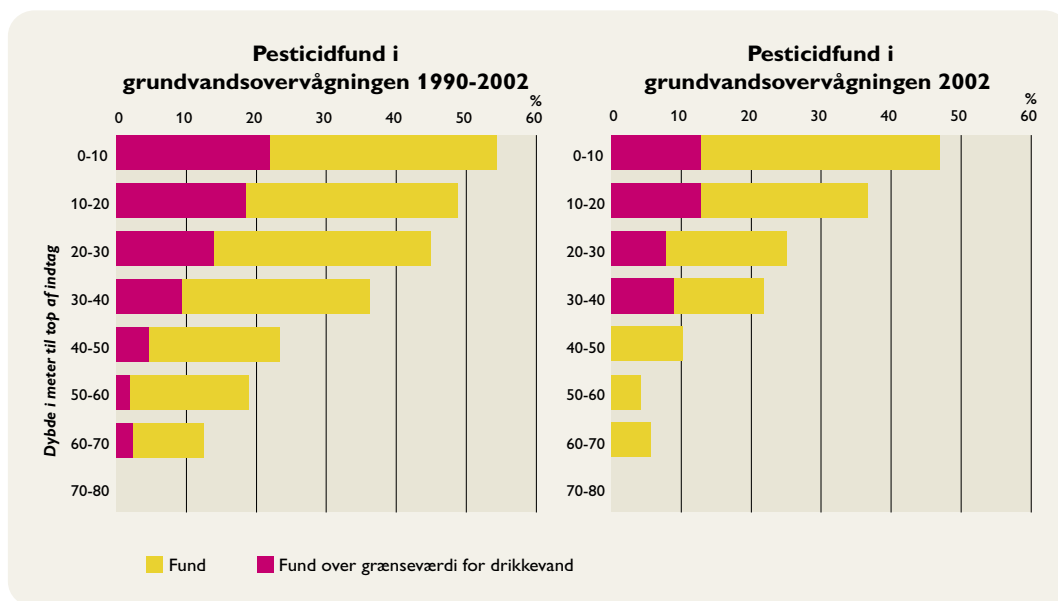
Figur 5.1 Indtag med fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandsovervågningen 1990-2002

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 1996-2002. 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. de 3 triazin nedbrydningsprodukter, figur 5.2. Desuden er forekomsten af glyphosat og dette stofs nedbrydningsprodukt AMPA stigende. Af figuren fremgår også, at indholdet af BAM, atrazin og dichlorprop generelt er faldende i indtag, som ligger fra 0 til 30 meter under terræn. Der er ikke i dette års kapitel om pesticider medtaget chlorphenolforbindelser, som er mulige nedbrydningsprodukter fra nogle af phenoxysyrerne. Disse findes dog kun i begrænset omfang i grundvand, og vil derfor ikke have nogen signifikant betydning for den påvirkede del af grundvandsressourcen.



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

Den dybdemæssige fordeling af pesticidfund (figur 5.3) viser at der i perioden 1990-2002 er fundet pesticider i ca. 55% 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. 12% i intervallet 60-70 meter under terræn, men der er også fundet pesticider i større dybder. Disse er ikke medtaget i figur 5.3, da der kun er undersøgt få indtag dybere end 80 meter.



Figur 5.3 Fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandsovervågningen fra forskellige dybdeintervaller for perioden 1990 – 2002 og for 2002. Der forekommer også enkelte fund af pesticider og nedbrydningsprodukter under 80 meters dybde.

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 2002 alene ses samme tendens, men dog med en noget mindre fundhyppighed. F.eks. er der i 2002 fundet pesticider eller nedbrydningsprodukter i ca. 45% 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 grundvandet i høj grad er påvirket i mere end 30 meters dybde.

Nedbrydningsprodukterne deethyldeisopropyl -, deethyl -, deisopropyl - og hydroxyatrazin fra triaziner er fundet hyppigt i grundvandet (tabel 5.3). De mange fund af deethylisopropylatrazin på henholdsvis 8,4% og heraf 2,5% over grænseværdien for drikkevand er repræsentative, da der nu er analyseret vandprøver fra mere end 900 indtag. Det fremgår af tabellen, at nedbrydningsprodukterne fra triaziner er fundet hyppigere end moderstofferne.

Grundvandsovervågning 1993-2002	Analyser antal	Indtag med analyse		Indtag med fund		Indtag med fund ≥ 0,1µg/l	
		antal	%	antal	%	antal	%
2,6-Dichlorbenzamid, BAM	5096	1049	19,1	200	7,5	79	7,5
Atrazin, deethylisopropyl-	3133	932	8,4	78	2,5	23	2,5
Atrazin, deisopropyl-	4906	1047	6,9	72	1,3	14	1,3
Atrazin, deethyl-	4931	1047	6,1	64	1,2	13	1,2
4-Nitrophenol	3049	924	6,0	55	0,3	3	0,3
Atrazin	7228	1117	5,1	57	1,3	14	1,3
Bentazon	4934	1048	4,2	44	1,2	13	1,2
Dichlorprop	7229	1117	4,0	45	1,0	11	1,0
Mechlorprop	7227	1117	3,2	36	0,6	7	0,6
Atrazin, hydroxy-	4227	996	2,5	25	0,2	2	0,2
AMPA	3319	939	2,2	21	0,4	4	0,4
Simazin	7221	1117	2,1	23	0,4	4	0,4
Hexazinon	4891	1044	1,8	19	0,6	6	0,6
Glyphosat	3331	940	1,8	17	0,1	1	0,1
Metribuzin	3744	978	1,6	16	0,5	5	0,5

Tabel 5.3 De 15 hyppigst fundne stoffer i grundvandsovervågningen fra 1993-2002. 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 1993-2002, hvor også bl.a. mediankoncentrationer er beregnet.

Nedbrydningsproduktet BAM er fundet hyppigst i grundvandsovervågningen med 19,1%; heraf 7,5% 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. 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.

Bentazon er fundet i 4,2% af de undersøgte indtag, hvoraf 1,2% var over grænseværdien for drikkevand. Der er analyseret for glyphosat i 940 indtag med fund af stoffet i 17 indtag, mens der er fundet AMPA i 21 indtag ud af 939 analyserede (2,2%). 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 grundvandsmagasiner, hvor en række andre pesticider som phenoxysyrerne tilsyneladende omsættes hurtigt. Desuden forekommer triaziner i grundvand med endog meget høje nitratkoncentrationer. Triazinerne forekommer også i iltfattigt grundvand, hvor stofferne tilsyneladende ligeledes 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.

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

Undersøgelse af pesticider i små vandforsyningsanlæg

Resultaterne fra denne undersøgelse rapporteres i 2003. Resultaterne bearbejdes i 2003 også i to arbejdsgrupper nedsat af Miljøministeriet. Der henvises til statusrapporten (Brüsch, 2002).

Pesticider og nedbrydningsprodukter i landovervågningen

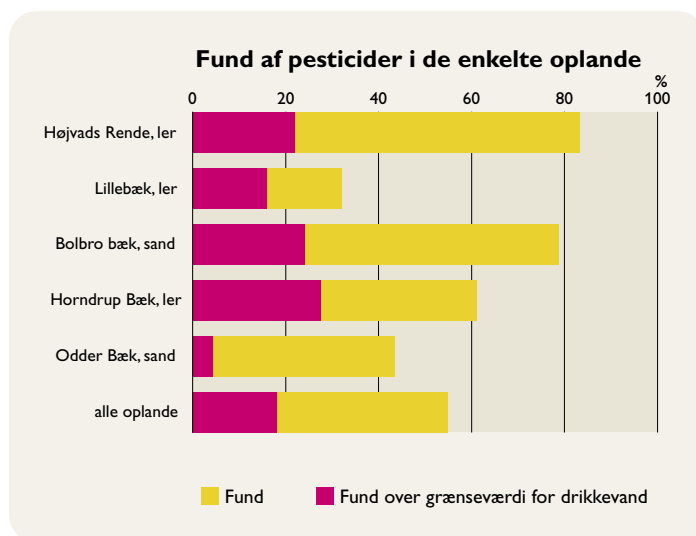
Der er i perioden 1990-2002 fundet ca. 35 pesticider og nedbrydningsprodukter ud af ca. 90 analyserede stoffer i de fem undersøgte landovervågningsoplande (LOOP). Der er gennemført 1.167 analyser af vandprøver, heraf er 366 med fund af pesticider, og 70 med fund $\geq 0,1 \mu\text{g/l}$.

Landovervågning 1993-2002	Analysér	Indtag med analyse	Indtag med fund	
	antal	antal	antal	%
1993	44	38	4	11
1994	129	57	24	42
1995	131	6	34	54
1996	93	48	16	33
1997	95	52	12	21
1998	186	40	19	40
1999	167	21	29	56
2000	98	433	17	43
2001	45	48	6	29
2002	149	58	25	58
1990-2002	1167	142	78	55

Tabel 5.4 Antal analyser pr. år, undersøgte indtag og indtag med fund af pesticider og nedbrydningsprodukter pr. år i landovervågningen 1993-2002. Dog omfatter den samlede opgørelse også 30 analyser fra 1990, men der ikke er gennemført pesticidanalyser i 1991 og 1992

Vandprøverne er udtaget fra 142 indtag (der er placeret i højtliggende ungt grundvand), og der er en eller flere gange påvist pesticider eller nedbrydningsprodukter i 78 indtag svarende til ca. 55% af de undersøgte indtag. Grænseværdien er overskredet én eller flere gange i 26 indtag svarende til ca. 18% (tabel 5.4). Figur 5.4 viser fundhyppigheden i perioden 1990-2002 for de 5 landovervågningsoplande.

I 2002 blev der udtaget 149 vandprøver fra 43 grundvandsindtag. I 25 af disse indtag blev der fundet pesticider eller nedbrydningsprodukter, svarende til 58%. Grænseværdien var overskredet en eller flere gange i 6 indtag svarende til ca. 4%.



Figur 5.4 Fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i de enkelte landovervågningsoplande, 1990 - 2002.

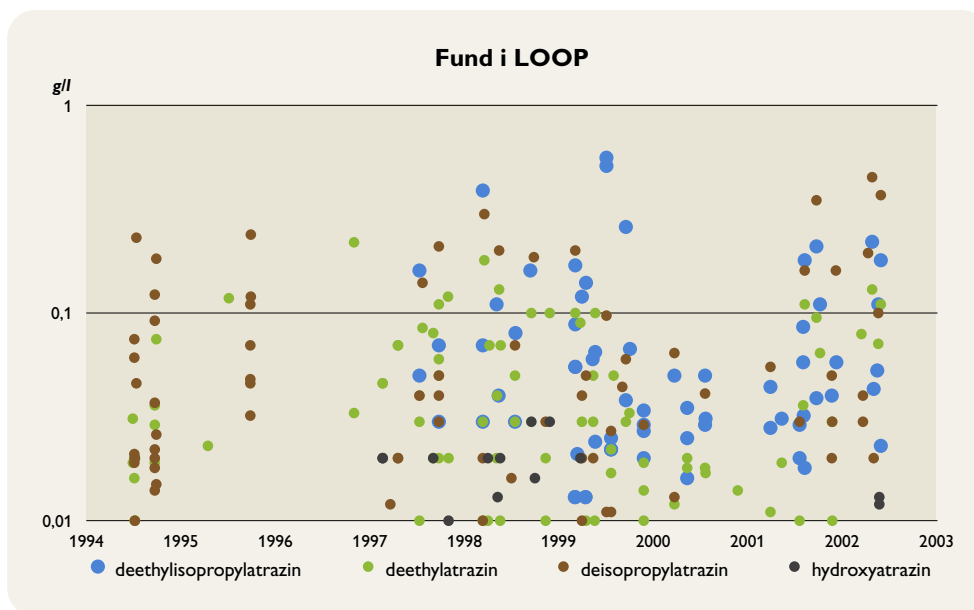
Tabel 5.4 viser, at indholdet af pesticider og metabolitter i landovervågningsoplandene svinger meget fra år til år. Da grundvandsprøverne fra landovervågningsoplandene alle er udtaget fra højtliggende og relativt ungt grundvand, er det den aktuelle brug af pesticider og de klimatiske forhold, som nedbørsfordeling, der præger omsætningen af pesticider og nedbrydningsprodukter.

Landovervågning 1993-2002	Analyser antal	Indtag med analyse antal	Indtag med fund		Indtag med fund ≥ 0,1µg/l	
			antal	%	antal	%
4-Nitrophenol	375	54	19	35,2	2	3,7
Atrazin, deethylisopropyl-	331	43	14	32,6	5	11,6
Atrazin, deisopropyl-	715	94	20	21,3	8	8,5
Bentazon	784	103	21	20,4	1	1,0
AMPA	405	58	11	19,0	6	10,3
Glyphosat	408	58	9	15,5	7	12,1
Atrazin, deethyl-	738	100	15	15,0	2	2,0
Terbutylazin, deethyl-	413	57	6	10,5	1	1,8
Metamitron	697	95	10	10,5		
Mechlorprop	1005	118	12	10,2		
MCPA	1009	118	11	9,3		
Isoproturon	802	103	9	8,7	3	2,9
Atrazin, hydroxy-	581	77	6	7,8		
2,6-Dichlorbenzamid BAM	649	91	7	7,7	1	1,1
Atrazin	1017	118	8	6,8	2	1,7

Tabel 5.5 De 15 hyppigst fundne stoffer i landovervågningen fra 1993-2002. Der er kun medtaget stoffer, som er analyseret i mere end 40 indtag. Se også bilag 5.2 for oversigt over alle analyserede stoffer i perioden 1993-2002, hvor også bl.a. mediankoncentrationer er beregnet. Sorteret efter faldende fundhyppighed.

Det er især triaziner og nedbrydningsprodukter, som er fundet hyppigt i landovervågningen (tabel 5.5 og bilag 5.2). De mange fund af deethylisopropylatrazin er i overensstemmelse med mange fund af samme stof i grundvandsovervågningen, mens stoffet endnu kun sjældent findes i vandværksboringer (henholdsvis 8,4% og 2,9%), hvilket dog kan skyldes, at stoffet p.t. kun er analyseret i små 200 vandværksboringer. Bentazon er fundet hyppigt, men kun i ét tilfælde i koncentrationer over grænseværdien for drikkevand.

Atrazin blev sidste gang anvendt lovligt i Danmark i 1994. Det skønnes, at der i rodzonen må være opbygget en pulje af stoffet, som langsomt frigives. Tilsvarende findes der gennem hele overvågningsperioden forskellige nedbrydningsprodukter fra triaziner, (figur 5.5). Denne gruppe viser snarere en svag tendens til stigning i koncentrationer og hyppighed med hensyn til antal analyser med fund gennem perioden. Det skal bemærkes, at visse af nedbrydningsprodukter fra triazingruppen kan stamme fra lovlige midler.



Figur 5.5 Udvalgte triazinmetabolitter målt i vandprøver udtaget i juli i 5 LOOP oplande. Ikke alle stoffer har været analyseret gennem hele perioden.

Opgøres fundene af pesticider og nedbrydningsprodukter efter anvendelsesformål kan det konstateres, at herbicider er dominerende, og at fungicider og insekticider kun findes i ringe omfang. Der er kun fundet herbicider og i mindre grad fungicider over grænseværdien for drikkevand.

Vandværksboringer

Vandværkerne har gennemført 13.880 analyser i perioden 1989-2002 i boringer, hvorfra der i de sidste 5 år før prøvetagningen i 2002 er indvundet grundvand til drikkevandsformål (tabel 5.6). De analyserede vandprøver er udtaget fra 6.012 boringer, tabel 5.7. Nedlagte vandværksboringer og boringer som der ikke er indvundet grundvand fra i perioden rapporteres i afsnittet om "Andre boringer".

Der er fundet ca. 45 pesticider og nedbrydningsprodukter i vandværksboringer. Der er også fundet andre stoffer, bl.a. phenolforbindelser, som kan stamme fra nedbrydning af bl.a. phenoxyacetylsyrerne, men som også kan stamme fra nedbrydning af naturligt organisk materiale

eller fra forurenede grunde og lossepladser. Disse er ikke medtaget i dette kapitel, men rapporteret i bilag 4.3 om organiske mikroforurenende stoffer.

I vandværksboringer er der i 1992-2002 en eller flere gange fundet pesticider i 1.533 ud af de 6.012 undersøgte i dag aktive vandværksboringer. Det svarer til 25,5% af de undersøgte boringer (tabel 5.7 og 5.8 og bilag 5.3). Grænseværdien for drikkevand på 0,1 µg/l er overskredet i 438 boringer svarende til 7,3% af de undersøgte boringer.

Boringskontrol 1989-2002	Analyser	Middeldybde til top af indtag	Middeldybde til bund af indtag	Middellængde af indtag
	antal	meter	meter	meter
Uden oplysninger om amt	67	38,9	49,8	10,9
Københavns og Frederiksberg kommuner	4	25,9	28,7	2,8
Københavns Amt	837	24,8	47,1	22,2
Frederiksborg Amt	685	41,4	60,3	18,9
Roskilde Amt	902	25,5	46,9	21,4
Vestsjællands Amt	890	33,4	45,1	11,7
Storstrøms Amt	1.022	34,2	50,9	16,7
Bornholms Amt	220	22,2	52,8	30,6
Fyns Amt	1.250	30,8	39,5	8,7
Sønderjyllands Amt	987	41,4	49,8	8,3
Ribe Amt	601	54,2	68,0	13,8
Vejle Amt	732	41,7	50,8	9,1
Ringkjøbing Amt	621	61,5	73,8	12,2
Århus Amt	2.987	41,1	55,1	14,0
Viborg Amt	690	36,0	46,3	10,3
Nordjyllands Amt	1.385	34,7	53,5	18,7
Alle amter	13.880	36,7	51,1	14,4

Tabel 5.6 Pesticid- og nedbrydningsprodukt analyser fra vandværksboringer 1989-2002 fordelt på amter. Tabellen er baseret på data indberettet til Jupiter i 2003 og omfatter kun boringer, 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.

I 33,4% af de vandværksboringer, som blev undersøgt i 2002, blev der fundet et eller flere pesticider, mens grænseværdien var overskredet i 7,4% af de undersøgte boringer (tabel 5.7). Af skemaet fremgår, at andelen af boringer med fund er steget fra 31% i 2001 til 33,4% i 2002, mens andelen af boringer med fund over grænseværdien for pesticider stort set er uændret - 7,4% i 2002 mod 7,5% i 2001.

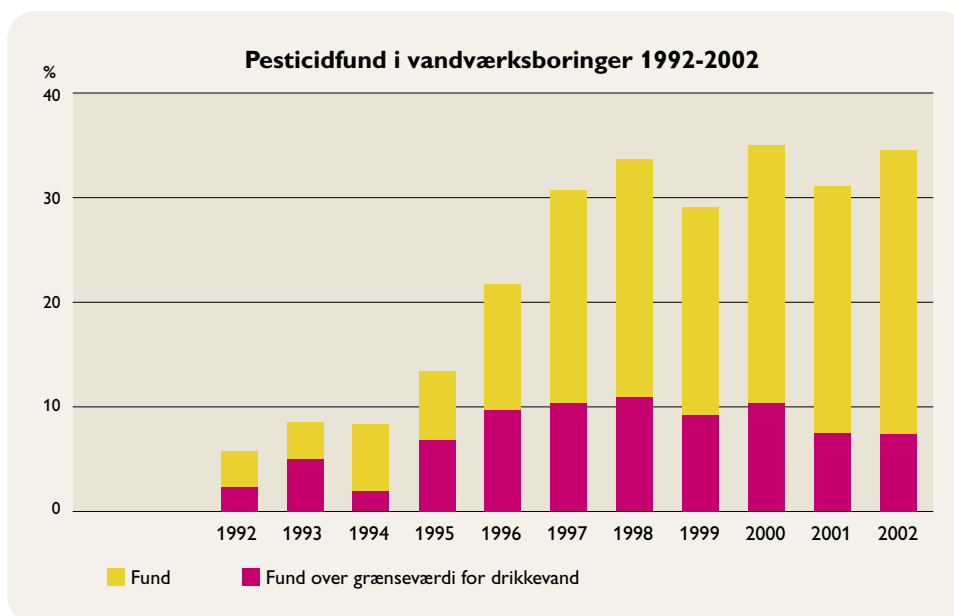
Boringskontrol 1989-2002	Analyser	Indtag med analyse	Indtag med fund		Indtag med fund	
	antal	antal	antal	%	antal	%
Alle pesticider 1989-2002	13.880	6.012	1.533	25,5	438	7,3
Alle pesticider 2002	1.622	1.289	430	33,4	95	7,4
Alle pesticider 2001	2.097	1.713	531	31	128	7,5

Tabel 5.7 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 i vandværksboringer fra perioden 1989-2002.

Boringskontrol 1992-2002	Analysér	Boringer analyseret	Boringer med fund		Boringer med fund $\geq 0,1\mu\text{g/l}$	
	antal	antal	antal	%	antal	%
2,6-Dichlorbenzamid, BAM	10.968	5.548	1.186	21,4	368	6,6
Atrazin	10.992	5.796	169	2,9	13	0,2
Atrazin, deethyl-	8.149	5.317	151	2,8	11	0,2
4CCP	1.537	970	25	2,6	4	0,4
Atrazin, desisopropyl-	8.000	5.255	110	2,1	4	0,1
Mechlorprop	11.213	5.869	114	1,9	13	0,2
Simazin, hydroxy-	334	230	4	1,7	1	0,4
Bentazon	8.109	5.309	91	1,7	16	0,3
Dichlorprop	11.252	5.871	99	1,7	12	0,2
Hexazinon	8.330	5.332	82	1,5	13	0,2
Simazin	11.049	5.857	87	1,5	3	0,1
Glyphosat	351	274	4	1,5		
AMPA	376	296	3	1,0	1	0,3
Terbutylazin, hydroxy-	404	298	3	1,0	1	0,3
Atrazin, hydroxy-	6.467	4.461	37	0,8	3	0,1

Tabel 5.8 De 15 hyppigst fundne stoffer i vandværksboringer, 1992-2002. Sorteret efter faldende antal fund. Der er kun medtaget stoffer som er analyseret i mere end 200 boringer.

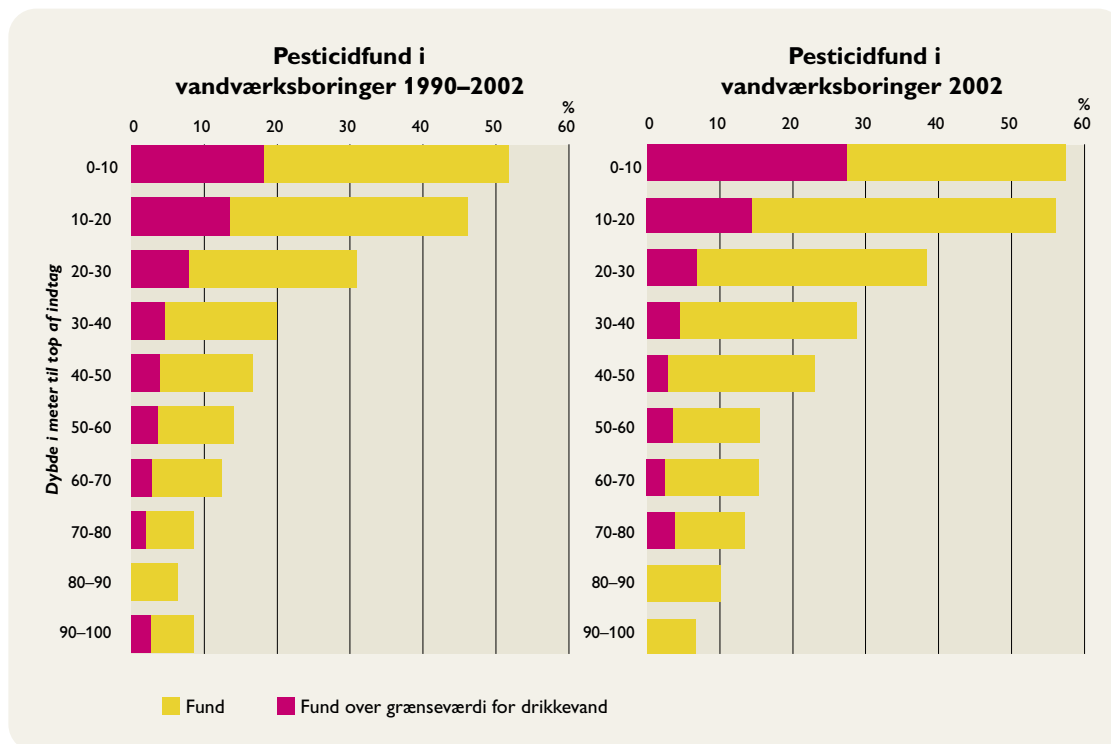
Fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i vandværksboringer er steget gennem perioden 1992-1998 til et niveau på ca. 30%, (figur 5.6). Stigningen gennem perioden kan skyldes, at indvindingsboringerne gennem perioden er blevet undersøgt for et stigende antal stoffer, men formodentlig også en stigende forureningsgrad. Vandværkerne har dog været i stand til fra 1998 til 2002 at mindske andelen af boringer, som overskrider grænseværdien for drikkevand på $0,1\mu\text{g/l}$ fra ca. 11% til ca. 7%.



Figur 5.6 Fund af pesticider i vandværkernes indvindingsboringer i perioden 1992-2002.

Fordelingen af pesticidfund i forhold til dybde (figur 5.7) viser, at ca. 50% af de undersøgte boringer i intervallet 0-20 meter under terræn indeholdt et eller flere pesticider eller ned-

brydningsprodukter i perioden 1989-2002. Grænseværdien var overskredet i ca. 15% af borerne i intervallet 0-20 meter under terræn, (figur 5.7). Antallet af fund falder med dybden, men selv i borerne, som indvinder grundvand i intervallet 60-70 meter under terræn, er der fundet pesticider eller nedbrydningsprodukter i ca. 10% af de undersøgte borerne. Opgørelse fra hele perioden viser, i hvilket omfang de undersøgte vandværksboringer er sårbare overfor pesticidforurening. Opgørelsen fra 2002 viser et øjebliksbillede, og det ses, hvordan påvirkningen af vandværksboringer er større i 2002 end i hele perioden. Antallet af overskridelser af grænseværdien for drikkevand på 0,1 µg/l er steget fra 2001 til 2002 i intervallet 0 til 20 meter under terræn, fra ca. 15-20% til ca. 15-25%.



Figur 5.7 Fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i vandværksboringer i perioden 1989-2002 og i 2002. Der forekommer også enkelte fund af pesticider og nedbrydningsprodukter under 100 meters dybde, som er udeladt af figuren. Der foreligger oplysninger om 5.401 vandværksboringers dybde i perioden 1989-2002, mens der foreligger oplysninger om 1.165 borerens dybde i 2002.

BAM er fundet hyppigst i vandværksboringer i perioden 1995 til 2002. Stoffet er fundet i ca. 21% af de undersøgte borerne og i ca. 7% af borerne med mindst én overskridelse af grænseværdien for drikkevand. I 2002 er der analyseret for BAM i 1.254 vandværksboringer, hvor der blev detekteret BAM i 354 svarende til 28,2%. Ud af disse blev der fundet 79 borerne (6,3%) med overskridelse af grænseværdien.

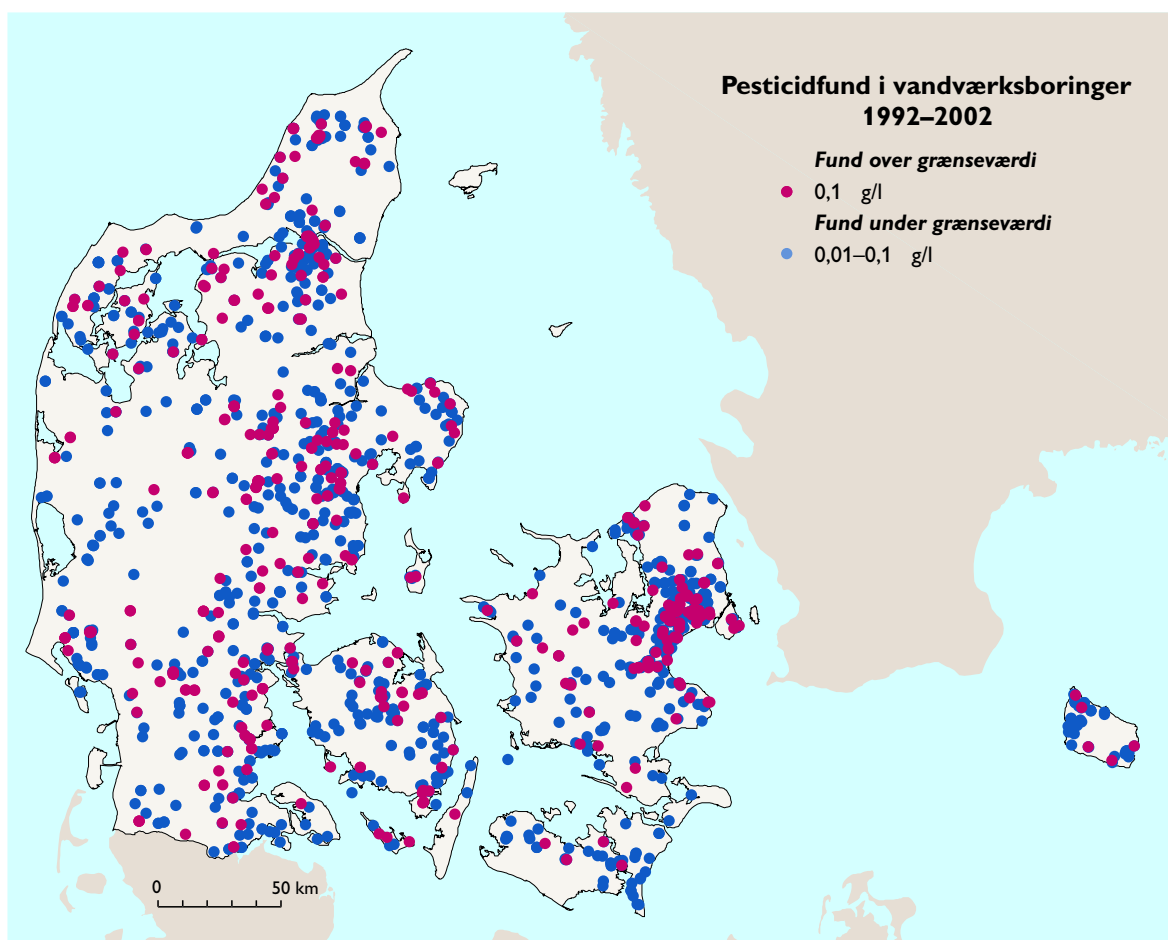
Blandt de ”gamle” pesticider er det især atrazin og deethylatrazin, der forekommer hyppigt (2,9% og 2,8%), mens to af phenoxysyrerne dichlorprop og mechlorprop er fundet omtrent lige hyppigt (1,7 og 1,9%). Overskridelser af grænseværdien ligger for alle stoffer på nær BAM under én procent (tabel 5.8 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 boringer. Glyphosat og AMPA er analyseret i små 300 boringer og fundet i henholdsvis 4 og 3 boringer, heraf AMPA over grænseværdien på 0,1 µg/l i een boring.

Den relative forekomst af forskellige pesticider og disses nedbrydningsprodukter viser, at gruppen "BAM og moderstoffer" forekommer hyppigst, mens gruppen "triaziner og nedbrydningsprodukter" og gruppen "phenoxy syrer og nedbrydningsprodukter" forekommer i omtrent lige store mængder. Vurderes på samme måde fund $\geq 0,1$ µg/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 $\geq 0,1$ µg/l indtager herbiciderne en helt dominerende rolle, men andre typer er også repræsenterede.



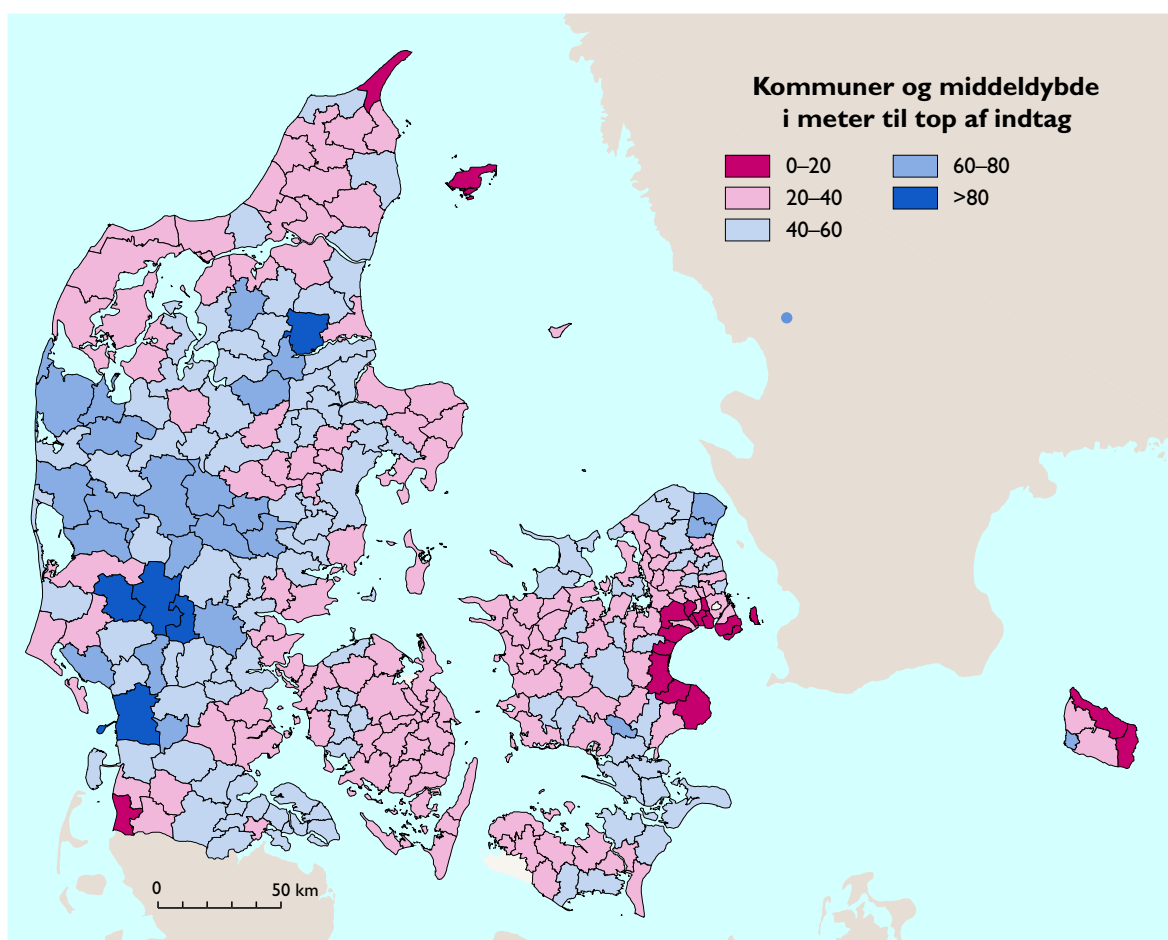
Figur 5.8 Fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i vandværksboringer i 1992-2002. Der er kun medtaget koordinatsatte boringer med fund, svarende til knap 90% af boringer med indberettede analyser.

På kortet (figur 5.8) 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 kortet fremgår, at der er fundet mange pesticider og nedbrydningsprodukter ved de større byer (antagelig fortrinsvis BAM og moderstoffer), 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 findes der oftest kun triaziner og nedbrydningsprodukter heraf samt BAM i vandløbene i sandede oplande. Hertil kommer, at nedbørsmængden og dermed fortyndingsgraden i Midt- og Vestjylland er langt større end i Østdanmark, der har en mindre nedbør og en betydelig mindre grundvandsdannelse.

Figur 5.9 viser middeldybden på kommuneniveau til toppen af indtag med oplysninger om filterplaceringer, hvor der er analyseret for pesticider. Sammenholdes dette kort med figur 5.8 ses, at kommuner med en lille afstand fra terræn til top filter også er de kommuner, hvor der findes flest pesticider ved vandværkernes boringskontrol.

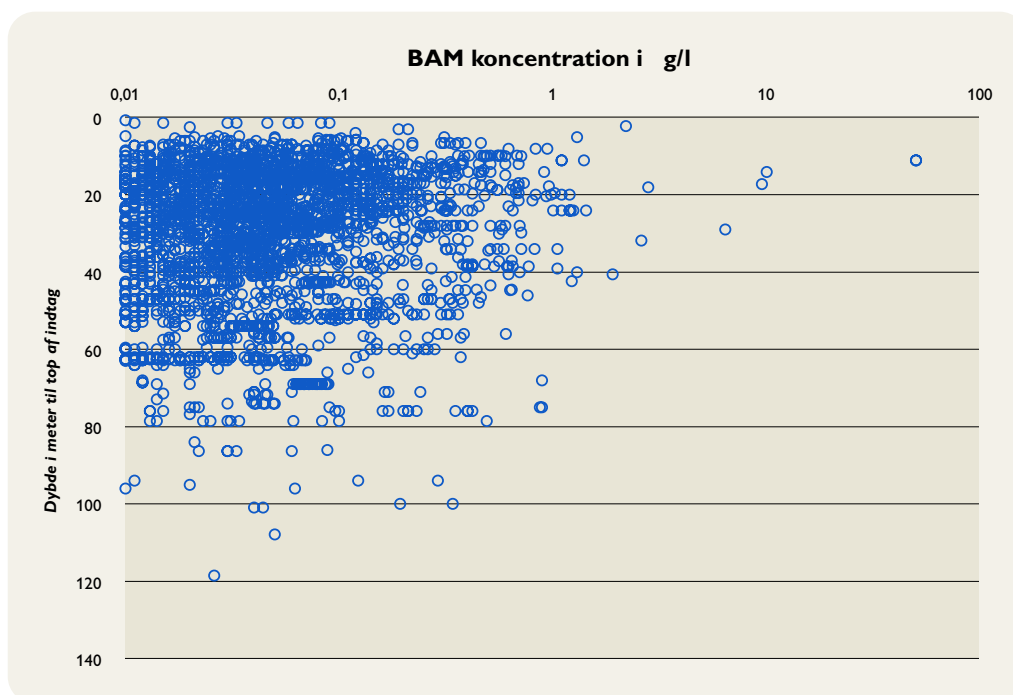


Figur 5.9 Middeldybde til top af indtag i kommunerne. Middeldybden til toppen af indtag er beregnet for de boringer, hvor er analyseret for pesticider.

BAM – 2,6-dichlorbenzamid

I GEUS's database er der oplysninger om 10.968 vandprøver med analyse for BAM udtaget fra 5.548 vandværksboringer. Der er fundet BAM i vandprøver fra 1.186 boringer svarende til 21% af de undersøgte boringer. Grænseværdien for drikkevand er overskredet i 368 boringer svarende til 7% (tabel 5.8 og bilag 5.3).

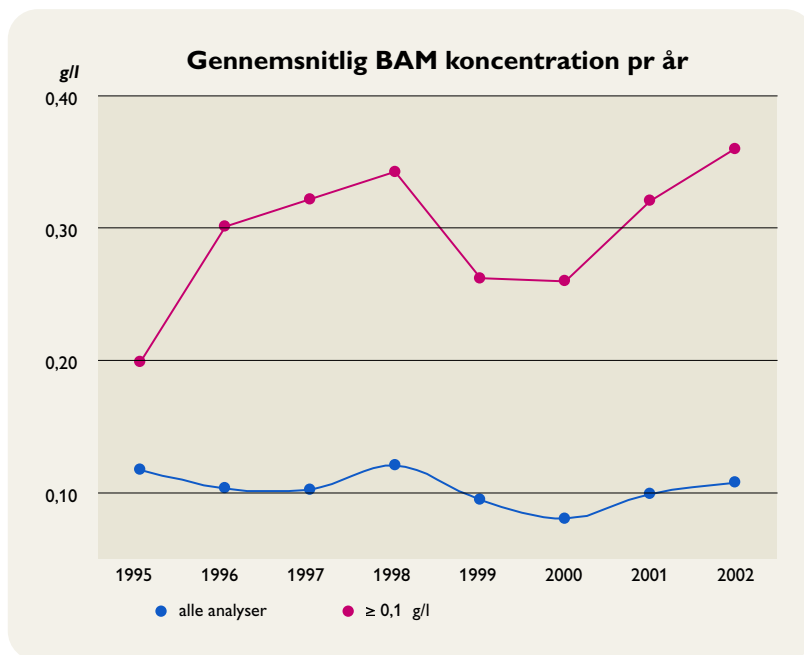
Forekomsten af indtag med BAM fund (figur 5.10) viser, at hovedparten af BAM fundene fra perioden 1995-2002 med høje koncentrationer stammer fra grundvand i intervallet 0-50 meter under terræn, men også at der kan findes BAM i dybtliggende grundvandsmagasiner. En række af de rapporterede fund kan skyldes anvendelse af moderstoffet nær de påvirkede boringer.



Figur 5.10 Vandværksboringer med fund af BAM i 1995-2002 mod dybden til top af indtag. De første analyser af BAM i boringskontrollen blev gennemført i 1995. Figuren er baseret på 3141 analyser 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 indvindingsboringerens 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 (GEUS 2002).

Sammenholdes alle detekterede BAM koncentrationer i vandprøver med prøvetagningstidspunkt, ses svagt varierende BAM koncentrationer gennem perioden 1995-2002, figur 5.11. Denne tendens kan skyldes, at vandværkerne lukker eller midlertidigt lukker boringer med BAM, og at boringerne ikke prøvetages derefter. Vurderes derimod den gennemsnitlige koncentration pr. år for BAM detektioner større end grænseværdien for drikkevand ses, at koncentrationerne i vandværksboringerne har været stigende gennem de senere år efter et fald i perioden 1998 til 2000. Dette skyldes formodentligt, at det ikke alle steder er muligt at lukke de forurenede boringer. Alle indvindingsboringer, der ikke er indvundet grundvand fra i de sidste 5 år, er rapporteret i afsnittet om 'andre boringer'.



Figur 5.11 Den gennemsnitlig BAM koncentration pr. år i perioden 1995 til 2002 for alle analyser med fund og for analyser $\geq 0,1 \mu\text{g/l}$. Gennemsnitskoncentrationen er beregnet på grundlag af analyser mindre end $10 \mu\text{g/l}$ for hele perioden. $N=3576$ og 824 .

Vurderes fordelingen af BAM på landsplan, ses at BAM i vandværksboringer forekommer med forskellig hyppighed i amterne. 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 Ringkjøbing 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 nitrat forurening.

Andre boringer

Gruppen 'Andre boringer' omfatter nedlagte vandværksboringer, markvandingsboringer, vandværkernes overvågningsboringer, afværgeboringer og boringer gennemført i forbindelse med forureningsundersøgelser. Desuden indeholder gruppen i år også resultaterne fra en undersøgelse af 625 små private vandforsyningsanlæg, som indvinder grundvand fra højtliggende grundvandsmagasiner. Når vandværkerne ophører med indvinding af råvand fra indvindingsboringer som følge af fund af f.eks. pesticider, nedbrydningsprodukter, overføres boringerne til gruppen 'Andre boringer'.

Andre boringer	Analyser		Boringer med analyse		Boringer med fund		Fund $\geq 0,1 \mu\text{g/l}$	
	antal		antal		antal	%	antal	%
Alle pesticider 1992-2002	2.928		1.835		741	40,4	419	22,8

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 $0,1 \mu\text{g/l}$ og fund af pesticider og nedbrydningsprodukter fra perioden 1991-2002.

Gruppen omfatter p.t. 2.928 analyser af vandprøver udtaget fra 1.895 borer, se tabel 5.9. Antallet af analyser og borer i gruppen er væsentligt mindre end i sidste års rapport, særligt fordi de 625 ny borer, som er undersøgt i forbindelse med undersøgelsen af de små private vandforsyningsanlæg, er nye borer i denne gruppe. Dette skyldes, at en række analyser fra aktive vandværksboringer sidste år fejlagtigt blev placeret i gruppen pga. manglende oplysninger om borerne.

Der er fundet pesticider og nedbrydningsprodukter i ca. 40% af borerne, mens grænseværdien for drikkevand var overskredet en eller flere gange i 22,8% af de analyserede borer.

Andre borer 1993-2002	Analysér	Boringer analyseret	Boringer med fund		Boringer med fund $\geq 0,1 \mu\text{g/l}$	
	antal	antal	antal	%	antal	%
2.6-Dichlorbenzamid –BAM	2101	1283	467	36,4	294	22,9
Atrazin, deisopropyl-	1829	1130	183	16,2	51	4,5
Atrazin, deethyl-	1858	1147	168	14,6	53	4,6
Atrazin	2677	1759	214	12,2	77	4,4
Simazin	2663	1756	181	10,3	30	1,7
AMPA	739	690	54	7,8	21	3,0
Terbutylazin, deethyl-	1296	695	48	6,9	9	1,3
Glyphosat	744	693	42	6,1	8	1,2
Bentazon	1857	1147	55	4,8	21	1,8
Diuron	1600	954	44	4,6	10	1,0
Dichlobenil	1851	1162	46	4,0	8	0,7
Mechlorprop	2650	1751	56	3,2	23	1,3
Dichlorprop	2657	1753	54	3,1	33	1,9
Terbutylazin	1827	1131	34	3,0	6	0,5
Hexazinon	1884	1171	28	2,4	12	1,0

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

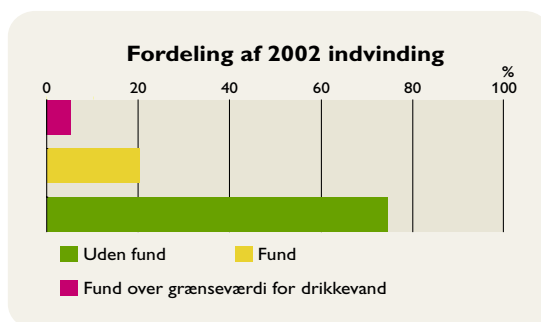
Gruppen 'Andre borer' domineres af nedbrydningsproduktet BAM samt triaziner og triazinnedbrydningsprodukter, tabel 5.10 og bilag 5.4. De mange fund af glyphosat og AMPA stammer fra en undersøgelse gennemført af 4 amter og GEUS af pesticidindhold i små vandforsyningsanlæg.

Fordelingen af vand med pesticider i vandværkerne boringskontrol

Boringskontrol	Boringer analyseret for pesticider i hele perioden			Boringer analyseret for pesticider i 2002			
	Indvinding		Antal borer	Indvinding		Boringer	
	m ³	%		m ³	%	antal	%
0,01 til 0,1 $\mu\text{g/l}$	48.035.598	20,3	968	22.515.986	32,5	313	26,5
$\geq 0,1 \mu\text{g/l}$	12.185.114	5,2	332	2.925.220	4,2	81	6,9
Uden fund	176.230.303	74,5	4067	43.737.708	63,2	786	66,6
Samlet	236.451.015	100	5367	69.178.914	100	1180	100

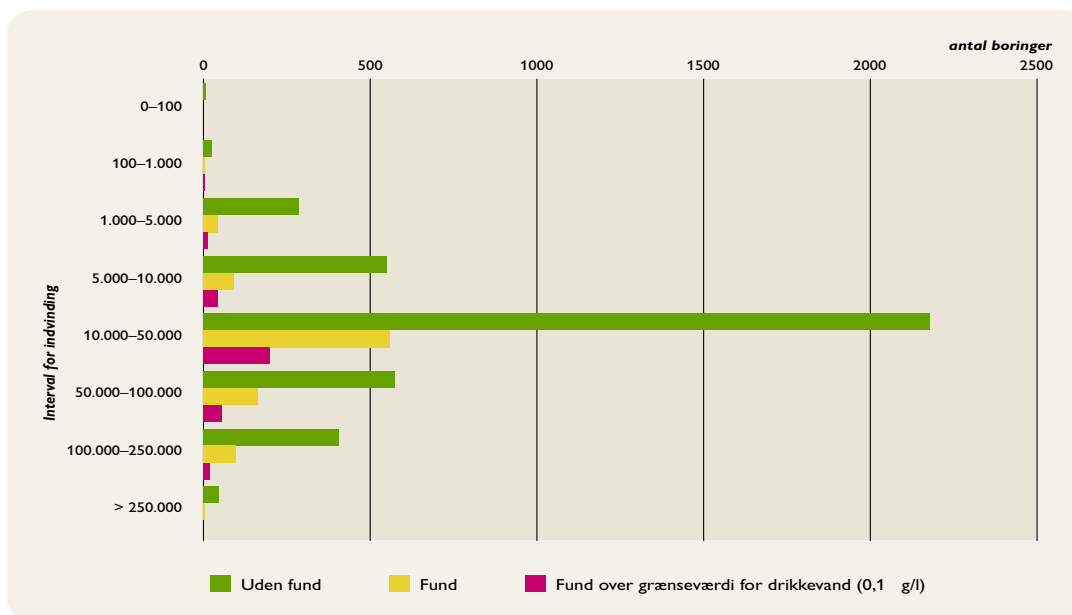
Tabel 5.11 Vandindvinding i 2002. Vandindvindingen er fordelt på to kategorier: Indvindingsmængder fra 2002 i borer analyseret for pesticider i hele overvågningsperioden, og indvindingsmængder fra 2002 fordelt på borer, hvor der er analyseret for pesticider i 2002.

Tabel 5.11 viser den forholdsvise fordeling af de indvundne vandmængder fra 2002 med og uden pesticider eller nedbrydningsprodukter i de borer, hvor der er gennemført en eller flere pesticidanalyser i overvågningsperioden, se også figur 5.12, og fordelingen af vandmængder for de borer, der er analyseret for pesticider og nedbrydningsprodukter i 2002. Det fremgår, at der i hele overvågningsperioden er fundet pesticider eller nedbrydningsprodukter i 25,8% (20,3+5,2) af den samlede indvindingsmængde, hvoraf 5,2% overskred grænseværdien på 0,1µg/l, mens der blev fundet pesticider og nedbrydningsprodukter i 36,7% af indvindingen i 2002 (fra borer undersøgt for pesticider i 2002). Den større andel grundvand med påvirkning i 2002 skyldes formodentlig, at vandværkerne oftere analyserer for pesticider i borer, hvor der tidligere er fundet pesticider, hvorved disse bliver overrepræsenteret i forhold til borer, der ikke er undermistanke og derfor analyseres sjældnere.



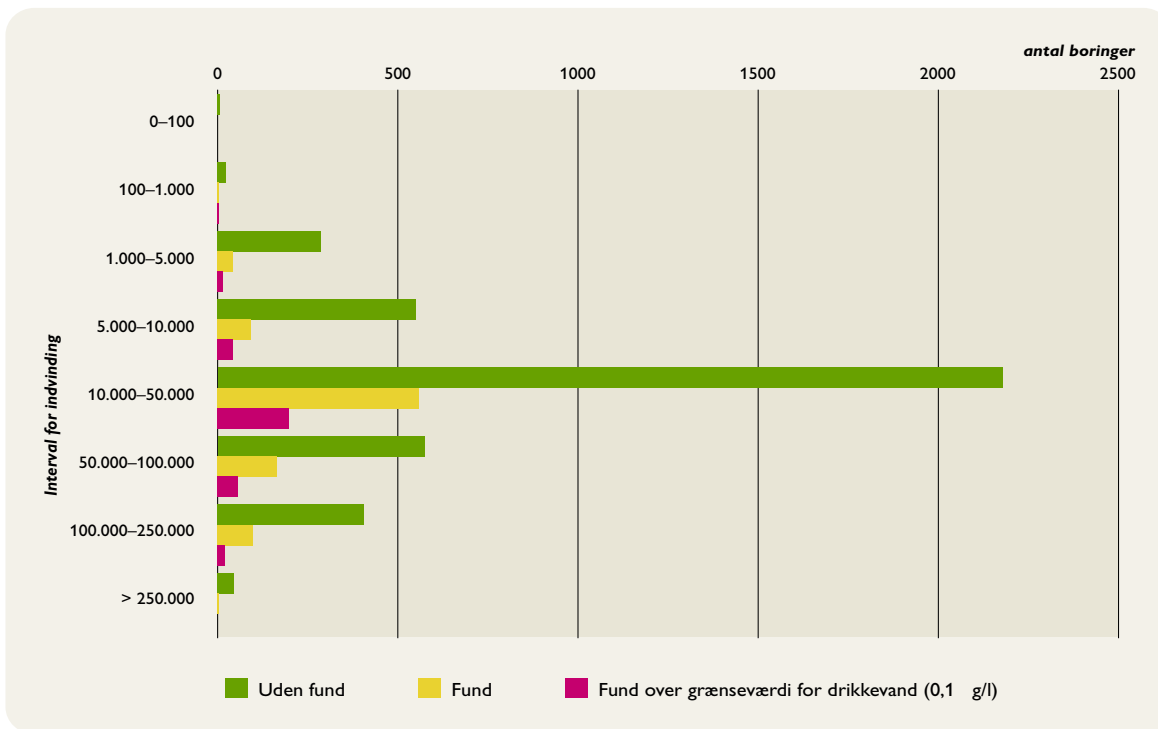
Figur 5.12 Fordeling af 2002 indvindingen i borer med analyseret for pesticider i hele overvågningsperioden. Se også tabel 5.11.

Vandindvindingen for anlæg med flere borer er fordelt på ligeligt på de enkelte borer, og der er derfor tale om et skøn, da nogle borer kan være ude af drift, eller da den indvundne vandmængde kan være indvundet i forskellige mængder fordelt på de enkelte borer i anlægget.



Figur 5.13 Borer analyseret for pesticider i hele overvågningsperioden fordelt efter indvindingens størrelse i 2002 pr. boring.

Figur 5.13 og 5.14 viser boringer analyseret for pesticider fordelt på indvindens størrelse pr. boring. Af figurerne fremgår, at langt de fleste boringer, hvor der er analyseret for pesticider, indvinder fra 10.000 til 50.000 m³ grundvand pr. år i 2002, men også at de boringer som indvinder de største mængder også er de boringer, som har relativt færrest overskridelser af grænseværdien for drikkevand på 0,1 µg/l.



Figur 5.14 Fordeling i indvindingsintervaller for boringer uden fund af pesticider eller nedbrydningsprodukter, med fund og fund over grænseværdien. Antal boringer i de enkelte intervaller er vist i kolonnerne. Der er medtaget alle boringer med pesticidanalyse fra hele overvågningsperioden og indvindingstal fra 2002.

VAP – Varslingssystem for tidlig udvaskning af pesticider.

Varslingssystem for udvaskning af pesticider til grundvand har til formålet at undersøge, hvorvidt godkendte pesticider eller deres nedbrydningsprodukter ved regelret brug udvaskes til grundvandet i uacceptable koncentrationer. Programmet omfatter seks marker af en størrelse mellem 1,1 og 2,6 ha, repræsenterende forskellige typer af geologi. To af markerne er placeret på henholdsvis en grovsandet og en finsandet aflejrning, og de sidste fire er morænelersaflejringer, heraf tre på ung moræne og en på gammel (bakkeø). Markerne er ligeledes placeret, så der tages hensyn til de klimatiske variationer i Danmark, specielt med hensyn til nedbørsforhold. Tre af markerne er beliggende i områder med relativ høj nedbør, og tre i områder med en lav til middel nedbør. I alle områder ligger grundvandsspejlet forholdsvis nær ved jordoverfladen, mellem to og fem meter under terræn. Markerne bliver drevet som traditionelt landbrug hvad angår sædskifter og jordbehandling.

På nuværende tidspunkt er der 27 stoffer inkluderet i programmet. På hver lokalitet er der installeret udstyr til måling af nedbør, jordens vandindhold (TDR) og temperatur, ligesom der er installeret udstyr til udtagning af vandprøver. For at undgå menneskeskabte sprækker og rev-

ner der, hvor udvaskningen skal undersøges, er alt gravearbejde og placering af måleudstyr sket rundt langs markernes kanter (randzonen). Udtagning af vandprøver sker fra såvel den vandmættede som den umættede zone af jorden: Jordvandsprøver, grundvandsprøver og drænvandsprøver.

En overordnet status efter tre års overvågning (1999 – 2002) er vist i tabel 5.12, (Kjær et. al. 2003). Mange af de viste stoffer har kun været inkluderet i overvågningsprogrammet i én udvaskningssæson - markeret med en enkelt stjerne, og det er derfor, for disses vedkommende, for tidligt at konkludere om stofferne udvaskes i uacceptable koncentrationer.

Jordtype	Tylstrup	Jynde vad	Silstrup	Estrup	Fårdrup	Slæggerup
	Leret sand	Sand	Sandet ler	Sandet ler	Sandet ler	Sandet ler
Metribuzin	***	**1)				
Glyphosat		**	*	**	***	*
Metamitron			**		*	
Ethofumesat			**		*	
Bentazon				*		*
loxynil				*	**	*
Flamprop-M-isopropyl			*	**		*
Fluazifop-P			**		*	
Pirimicarb	*		**	*	**	*
Terbutylazin		*				
Propiconazole	**	**	*	**	**	**
Bromoxynil				*	**	*
Pendimethalin	**			*		*
Phenmedipham			**		*	
Fenpropimorph	**	**	*	**	**	**
Dimethoat			*	**		**
Clomazone	*					
Clopyralid	*					
Desmedipham			**		*	
Fluroxypyr					**	
Metsulfuron-methyl				**		**
Triazinamin-methyl (Tribenuron methyl)	*	**	*			**
Pendimethalin	**			*		
ETU (Mancozeb)	**					
Linuron	**					
Triasulfuron	**					
Pyridate		*				

1) Skyldes tidligere anvendelse

- + Pesticid eller ned brydningsprodukt udvasket fra rodzonen (1 m.u.t.) i koncentrationer der som gennemsnit overskrider 0,1 µg/l.
- + Pesticid eller ned brydningsprodukt udvasket fra rodzonen i flere udtagne vandprøve .
- Gennemsnitskoncentrationerne ligger under 0,1 µg/l
- Pesticid og ned brydningsprodukter ikke fundet eller kun fundet i få prøver og da i koncentrationer under 0,1 µg/l

Tabel 5.12. Pesticidudvaskning på de seks 6 forsøgsmarker. Antallet af stjerner viser antallet af udvaskningssæsoner, hvor stofferne har været inkluderet i undersøgelsesprogrammet (Kjær et al. 2003)

To af de udbragte stoffer, henholdsvis metribuzin og glyphosat, gav anledning til en uacceptable udvaskning: Udvasningen af metribuzin blev undersøgt på en sandmark i forbindelse med

kartoffeldyrkning. To nedbrydningsprodukter fra metribuzin (diketo-metribuzin og diketo-desamino-metribuzin) blev udvasket fra rodzonen (1 m.u.t.), i gennemsnitskoncentrationer, der i flere tilfælde oversteg 0,1 µg/l. Nedbrydningsprodukterne er relative stabile, og blev således udvasket kontinuert selv tre år efter anvendelse. Tidligere behandling med metribuzin havde ligeledes givet anledning til en vis grundvandsforurening. Diketo-metribuzin blev fundet i 91% af de analyserede prøver, og median værdierne oversteg 0,1 µg/l i 67% af de analyserede filtre.

Udvaskningen af glyphosat blev undersøgt på i alt 5 forsøgsmarker. De fem marker repræsenterer henholdsvis fire lerede jorde samt en sandet jord. Glyphosat og nedbrydningsproduktet AMPA blev udvasket på alle de fire lerlokaliteter, og på 2 lokaliteter (Estrup og Silstrup) gav den sene efterårsanvendelse anledning til en markant udvaskning. Glyphosat blev her udvasket fra rodzonen til drænybde (1 m.u.t.) i gennemsnitskoncentrationer, der oversteg 0,1 µg/l. AMPA blev på Estrup også udvasket i gennemsnitskoncentrationer, der oversteg 0,1 µg/l. Udvaskningen synes styret af en kombination af markant makropore flow og begrænset adsorptions- og nedbrydningskapacitet, hvorved stofferne kunne udvaskes løbende igennem store dele af undersøgelsesperioden. Langvarig udvaskning var specielt karakteristisk for AMPA, der blev fundet på Estrup mere end 1½ år efter udbringning. Udvaskningen er kun begrænset til drænybde (1 m.u.t.), idet glyphosat og AMPA indtil nu kun er fundet i enkelte prøver udtaget under drænybde i enten sugeceller eller overvågningsfiltre. Der blev kun konstateret udvaskning på de lerede lokaliteter, hvorimod udvaskningen på den sandede lokalitet Jyndeved var ubetydelig. Dette til trods for at der ved Jyndeved var tale om et "worst case scenario". Udsprøjtningen blev fulgt af stor nedbør og nedsivning, og samtidig var afstanden til grundvandet kort. Forklaringen skal sandsynligvis findes i, at den grovsandede jord har en stor bindingskapacitet i form af jern- og aluminiumoxider og at afstrømningen ikke sker ad foretrukne veje (makroporer), men i stedet gennem så godt som hele jordvolumenet.

Yderligere 14 stoffer gav anledning til udvaskning. Selv om flere af disse stoffer ofte blev fundet i koncentrationer over 0,1 µg/l, var udvaskningerne som årsmiddel ikke over den tilladte grænseværdi på 0,1 µg/l. 11 ud af de 27 pesticider (ca. 40%) blev ikke udvasket i løbet af den treårige overvågningsperiode.

Sammenfatning om pesticider og nedbrydningsprodukter

Andelen af indtag med fund af pesticider i grundvandsovervågningen har stabiliseret sig på ca. 27% i 2001 og 2002, mens andelen af indtag med fund over grænseværdien begge år var ca. 8,5%. I perioden 1990-2002 er der nu fundet pesticider i mere end 40% af de undersøgte indtag, og andelen af indtag i grundvandsovervågningen, som i samme periode en eller flere gange har været påvirket af pesticider, er stigende.

Der er særligt fundet BAM, triaziner og triazinnedbrydningsprodukter, hvor særligt deethylisopropylatrazin findes i stadigt stigende omfang. Deethylisopropylatrazin er nu fundet i 8,4% af de undersøgte indtag i grundvandsovervågningen. I LOOP er nedbrydningsproduktet fundet i mere end 30% af det undersøgte højtliggende og unge grundvand, som er dannet under marker med landbrugsmæssig anvendelse. I vandværkernes kontrol af boringer er stoffet fundet i ca. 3% af de analyserede boringer. Stoffet er dog kun analyseret i små 200 vandindvindingsboringer, og det må derfor forventes, at vandværkerne fremover vil finde stoffet hyppigere.

Vandværkernes boringer er stadig påvirket af pesticider. Andelen af boringer med fund har gennem perioden 1997-2002 været omkring ca. 30%. I samme periode er andelen af vandværksboringer med fund over grænseværdien faldet fra ca. 10% til ca. 7%. I opgørelsen medtages kun vandværksboringer, hvorfra der er indvundet grundvand i en periode på 5 år før 2002.

Det er stadig BAM, atrazin og triazinnedbrydningsprodukter samt mechlorprop og dichlorprop, som findes hyppigst. I 2002 blev der fundet pesticider i mere end 50% af det højtliggende grundvand i intervallet 0-20 meter under terræn, og antallet af fund bliver som i grundvandsovervågningen mindre med tiltagende dybde.

En opgørelse af vandindvindingen fra 2002 er sammenholdt med de boringer, der er analyseret for pesticider. Opgørelsen viste, at der fra de analyserede boringer i 2002 blev indvundet grundvand med pesticider svarede til 36,7% af indvindingen fra de analyserede boringer. Da vandværkerne formentlig oftere analyserer råvand fra boringer med et konstateret pesticidindhold, er denne andel sikkert overvurderet. Andelen af indvindingen som overskred grænseværdien på 0,1 µg/l for drikkevand var i 2002 kun 4,2%, hvilket viser, at vandværkerne har lukket mange boringer med fund over grænseværdien.

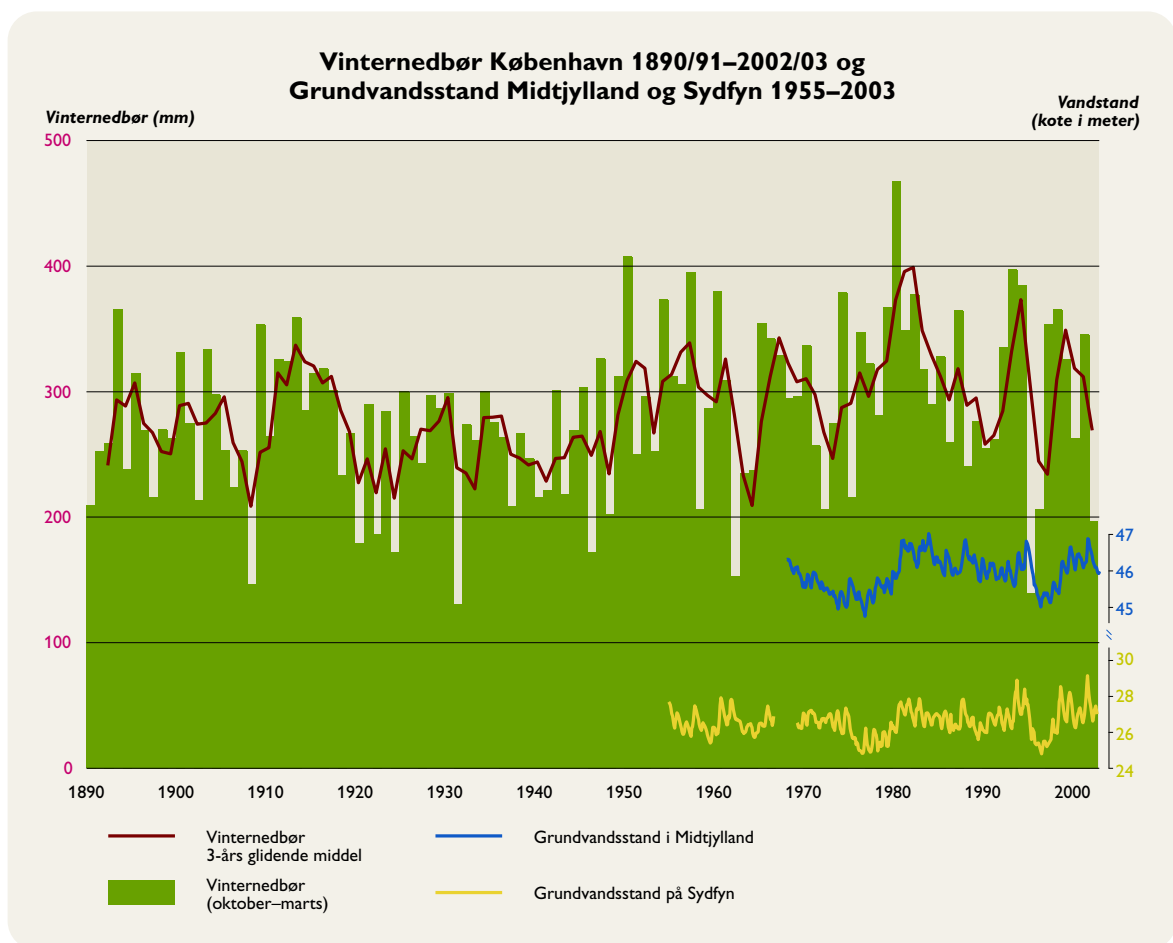
Grundvandsressourcen og hydrologisk modellering

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 nedbørsmængden eller i grundvandsoppumpningen eller en kombination af ændringer i begge forhold.

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

2002 blev et usædvanligt nedbørsrigt år. Nedbøren blev i gennemsnit for hele landet langt over det normale med 862 mm (normal 712 mm), og året blev dermed det 3. nedbørsrigeste, der er registreret i Danmark. Det mest nedbørsrige år var 1999 med 905 mm (DMI, 2002).



Figur 6.1 Grundvandsstanden er nu igen normal efter rigelig nedbør i vintrene 1997/98–2001/02. Baggrundskurven viser vinternedbøren i København i en årrække, mens de stiplede kurver viser udviklingen i grundvandsstanden to steder i landet.

I februar måned 2002 blev nedbøren målt til 109 mm mod normalt 38 mm. I juni og juli faldt næsten den dobbelte mængde nedbør i forhold til normalen, hvorimod der i december 2002 kun blev registreret 30 mm nedbør mod normalt 66 mm. Nedbøren har i årene 1998 til 2002 været på mellem 743 og 905 mm for landet som helhed, hvilket er op til 27% over det normale (DMI, 2002).

Figur 6.1 viser vinternedbøren i København for perioden 1890/91 til 2002/03. Vinternedbøren beregnes som den nedbør, der falder fra oktober til og med marts; den periode hvor hovedparten af grundvandsdannelsen finder sted. I 4 af seneste 6 vintre fra 1997/98 til 2002/03 har vinternedbøren været over det normale. Den gennemsnitlige vinternedbør for København har i perioden 1961 til 1990 været på 308 mm.

I overvågningsperioden 1989-2002 er der målt store variationer i grundvandstanden. I 1994-95 og igen 2000-02 var grundvandstanden høj. 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 højest registreret i den forudgående 20-årige periode. Tilsvarende betød de meget nedbørsfattige vintre 1995/96 og 1996/97, at grundvandstanden faldt til et niveau svarende til det lavest målte i den forudgående 20-årige periode (figur 6.2).

En analyse af de regionale sammenhænge mellem nedbør/fordampning, grundvandsstand og grundvandsindvinding præsenteres i hovedparten af årets grundvandsrapporter fra amterne. Nedbøren er baseret på DMI's 10 km grid, og fordampningen på DMI's 20 km grid data.

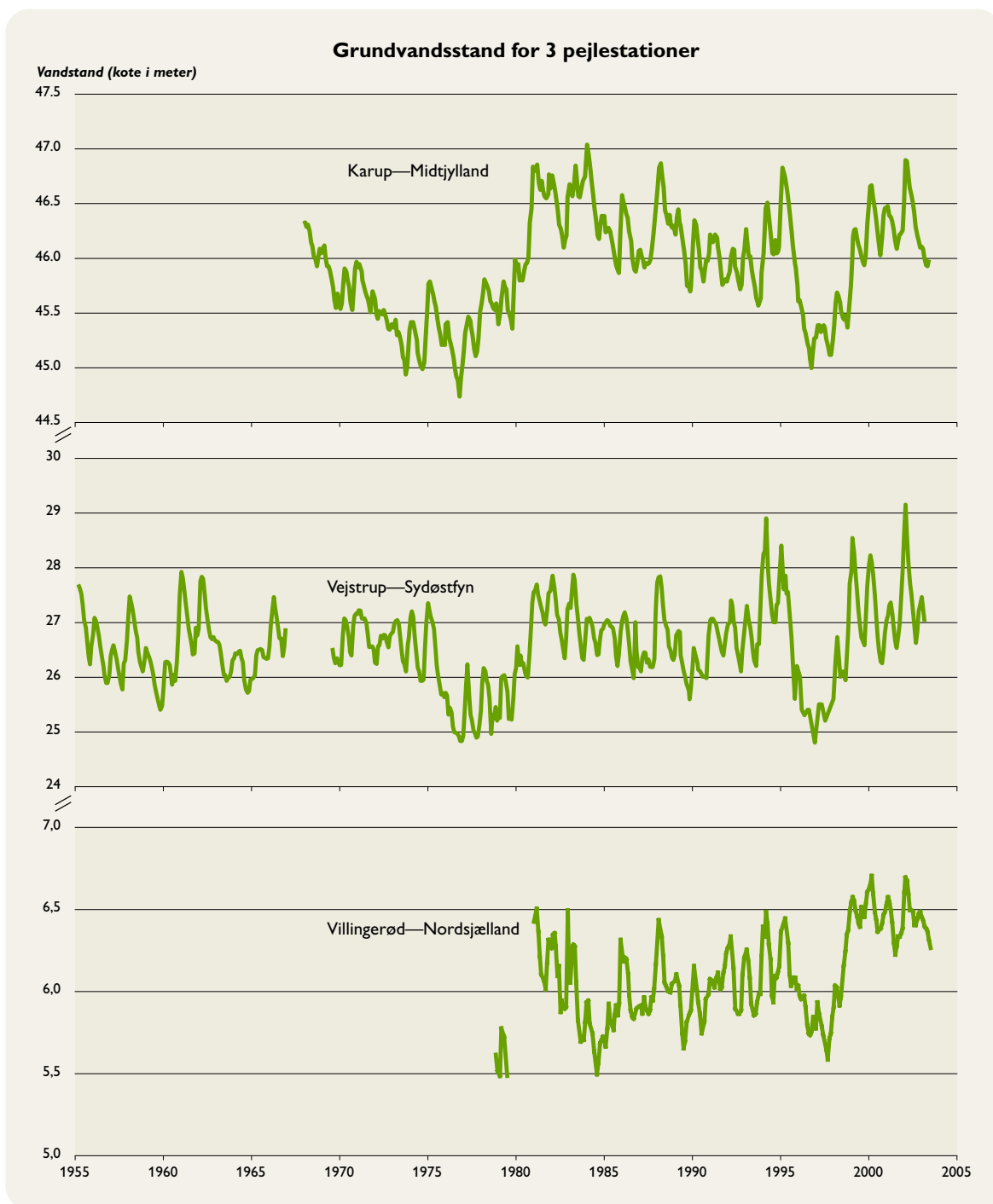
Bornholm (Bornholms Regionskommune, 2003), Nordjylland (Nordjyllands Amt, 2003) og Vejle (Vejle Amt, 2003) med flere viser eksempler på en markant effekt på grundvandsstanden af ændret grundvandsoppumpningen. For andre overvågningsområder sløres ændringer i oppumpningen i nedbørsvariationerne (Roskilde Amt, 2003). Disse forhold kan belyses nærmere gennem modelstudier (se senere afsnit).

I Viborg (Viborg Amt, 2003) vises eksempler på den direkte sammenhæng mellem nedbør/vinternedbør og variationer i grundvandsstanden for boringer, som ikke er påvirket af grundvandsindvinding.

Vestsjælland (Vestsjællands Amt, 2003) og Århus (Århus Amt, 2003) påpeger, at nedgangen i antal grundvandsprøvetagninger i forbindelse med tidligere revisioner af overvågningsprogrammet har reduceret antal af pejlinger i de enkelte boringer tilsvarende, og med dermed forringet mulighederne for at analysere korttidsvariationer i grundvandsstanden. Dette kompenseres der for ved i stigende omfang at opsætte dataloggere til automatisk registrering af grundvandsstanden i udvalgte boringer.

Grundvandspejlinger anvendes også til analyse af målte variationer i grundvandskemi (Århus Amt, 2003).

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 Grundvandsstand for tre pejlestationer fra GEUS's nationale pejlestationsnet (Karup i Midtjylland, Vejstrup på Sydøstfyn og Villingerød i Nordsjælland).

Vandindvinding

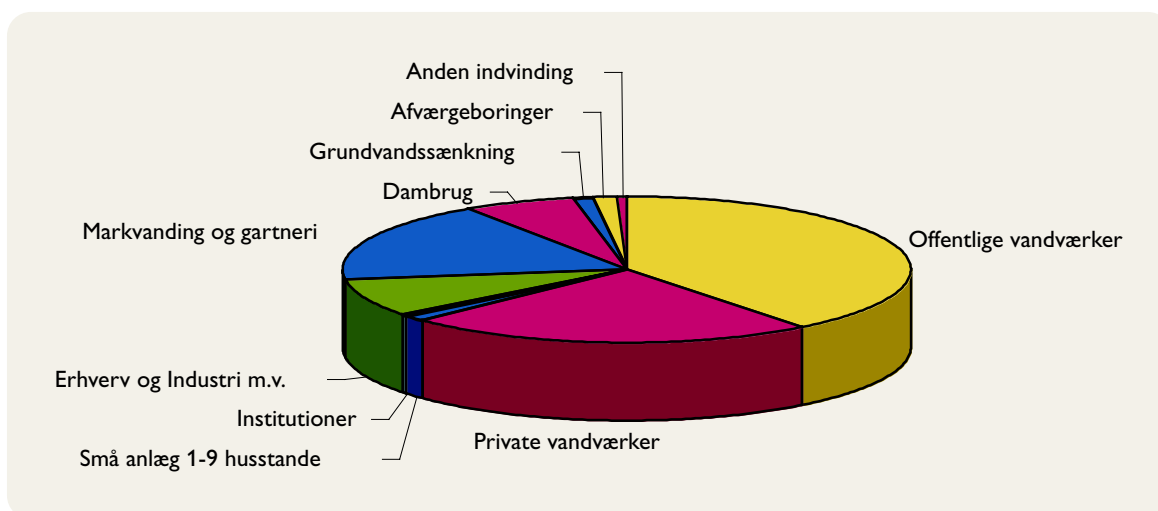
Vandindvindingen i Danmark er altovervejende baseret på grundvand, mere end 98% af vandet hentes fra grundvandsmagasiner. Fra Haraldsted Sø nord for Ringsted og på Christiansø anvendes også en beskedne mængde overfladevand i vandforsyningen. Drikkevandsforsynin-

gen i Danmark er bygget op omkring en decentral struktur med 2.740 almene vandforsyninger, hvoraf 165 er kommunalt ejede (Vandforsyningsstatistik 2001). Derudover findes en række lokale vandforsyninger til bl.a. industri, institutioner, markvanding, sportspladser, gartneri og dambrug samt såkaldte enkelt-vandforsyninger, som hver forsyner 1-9 til husstande.

De indvundne grundvandsmængder i 2002 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 "små ikke almene anlæg (1-9 husstande)", 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. I Vandforsyningsstatistik 2001 vurderes, at 61% af den udpumpede vandmængde fra almene vandværker går til husholdningsforbrug, 26% bruges i erhverv, 7% i institutioner og at tab i vandledninger mv. er 6%.



Figur 6.3 Indvundne vandmængder i Danmark i 2002 fordelt på 10 indvindingskategorier.

Indvinding af overfladevand er så vidt muligt 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. Overfladevand anvendes hovedsageligt til vanding og industriformål, og kun en meget lille del anvendes til drikkevand.

Grundvandsindvinding 2002	Vandværker	Erhvervs- vanding	Industri mv.	Overfladevand
	mio. m ³	mio. m ³	mio. m ³	mio. m ³
Københavns og Fr.berg komm.	1.819	0	2.717	i.o.
Københavns Amt	35.890	0.053	7.015	0.002
Frederiksborg	39.630	0.898	1.822	0
Roskilde	37.100	0.580	6.436	0.038
Vestsjælland	32.613	0.780	2.171	5.459
Storstrøm	18.025	0.885	2.436	2.546
Bornholm	3.828	0.036	0.020	0.23
Fyn	32.609	0.403	9.363	1.008
Sønderjylland	19.923	12.792	4.770	0.096
Ribe	20.820	29.350	5.594	0.274
Vejle	28.300	15.451	15.510	0.117
Ringkjøbing	29.933	63.453	5.865	2.776
Århus	47.223	4.692	4.467	0.828
Viborg	20.815	6.260	4.573	0.354
Nordjylland	41.130	21.988	12.686	0.133
Hele landet	409.658	157.621	85.439	13.861

Tabel 6.1 Grundvandsindvinding i 2002 fordelt på 4 hovedkategorier baseret på amternes grundvandsrapporter og elektroniske dataindberetning for 2002. Den samlede grundvandsindvinding i Danmark var i 2002 på 653 mio. m³. (i.o. = ingen oplysninger)

Indvindingen fra vandværker, den almene vandforsyning, udgør 63% af den samlede indvinding. Oppumpning af grundvand til markvanding, gartneri og dambrug tegner sig for 24% af grundvandsindvindingen i Danmark i 2002 (figur 6.3). I bilag 6.1 er vandindvindingen opgjort på de 10 kategorier samt overfladevand for hvert amt.

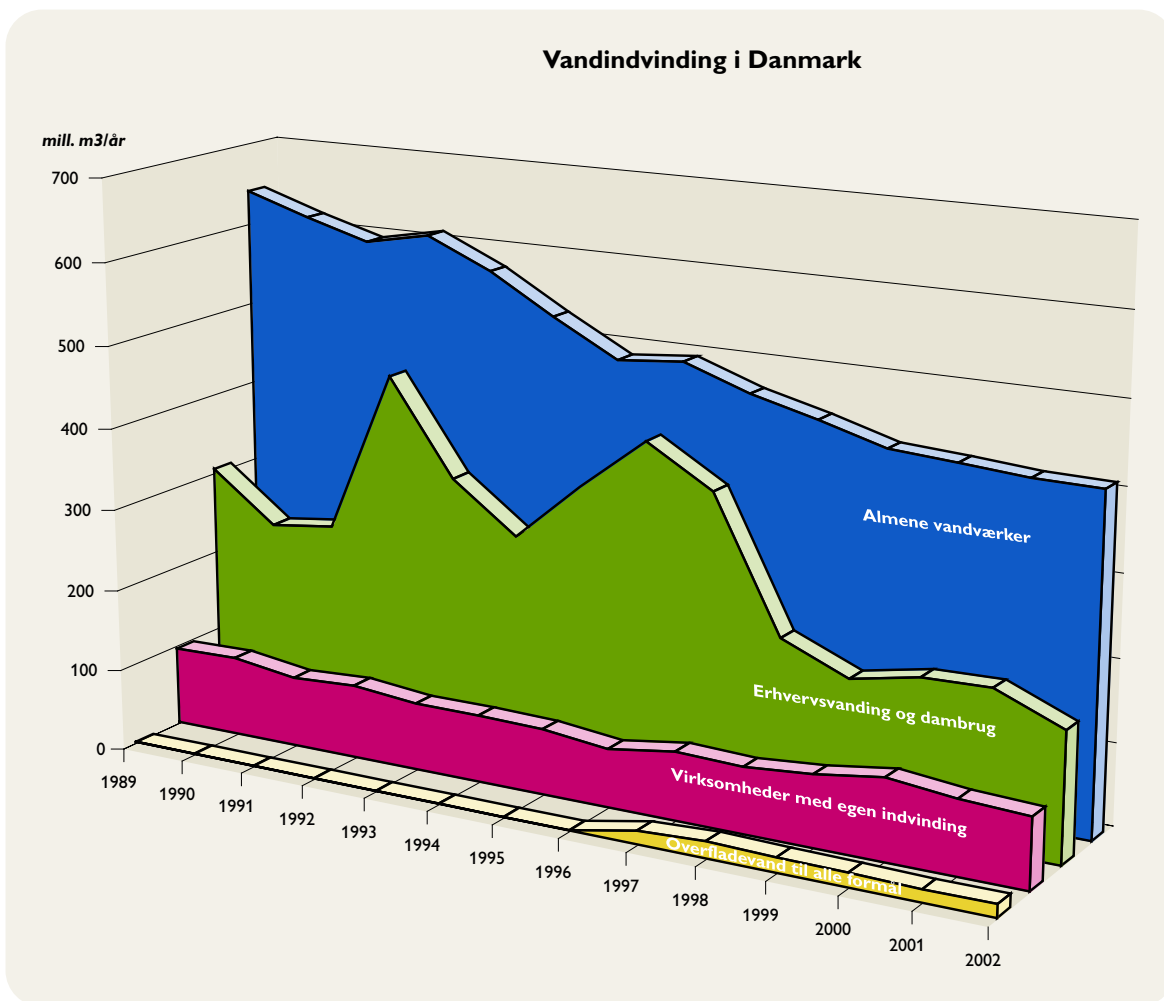
På grundlag af amtsrapporter og indberettede data er der foretaget en opgørelse for hele landet på fire hovedkategorier (tabel 6.1 og figur 6.4):

1. Almene vandværker: offentlige og private enkeltanlæg.
2. Erhvervsvanding: 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 6.3, figur 6.4 og bilag 6.1 er derfor baseret på såvel amternes rapporter som de elektronisk indberettede indvindingsdata.

I figur 6.4 er vist vandindvindingen opgjort på fire hovedkategorier for perioden 1989-2002. Den totale grundvandsindvinding i 2002 var på 653 mill. m³, og indvindingen af overfladevand var 14 mill. m³. Skønsmæssigt anvendes lidt under 5 mill. m³ overfladevand i den almene vandforsyning, og henholdsvis 6 og 4 mill. m³ overfladevand til markvanding og industrielle formål.

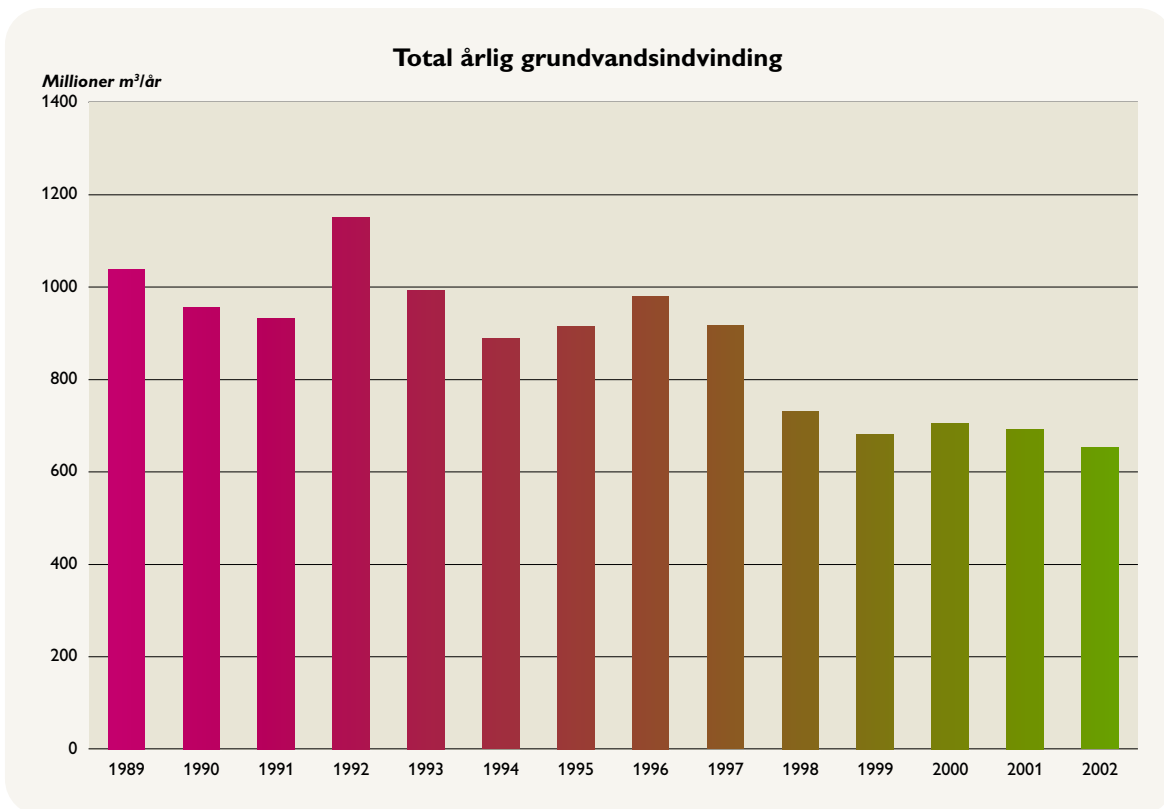
Særligt i Ringkjøbing og Ribe amter er der en stor grundvandsindvinding til markvanding. Den udgjorde henholdsvis 61% og 39% af den samlede grundvandsindvinding i 2002. I 2002 blev 26% af den totale grundvandsindvinding i Nordjyllands Amt brugt i dambrugserhvervet.



Figur 6.4 Vandindvinding i Danmark (mill. m³/år) fordelt på indvindingskategorier baseret på indberetninger til GEUS og oplysninger fra amternes overvågningsrapporter for perioden 1989-2002. Der er ingen opgørelse af indvinding af overfladevand før 1997.

Faldet i de almene vandværkers vandindvinding stagnerede i 2000 i forhold til de foregående år. For perioden som helhed fra 1989 til 2002 er der sket et fald på 36% i denne indvindingskategori. Tilsvarende er den samlede grundvandsindvinding faldet 37% i perioden 1989 til 2002 (figur 6.5).

Vandforbruget til markvandning og gartneri har de seneste 5 år været markant lavere end i den forudgående periode fra 1989 til 1997. Dette skyldes den større og tidsmæssigt gunstige nedbør i vandingssæsonen maj til juni i de senere år. I juni og juli 2002 faldt der på landsplan næsten dobbelt så meget nedbør i juni og juli måneder som normalt (DMI, 2002). I 2002 er opgjort det laveste vandforbrug til markvandning for perioden 1989-2002.



Figur 6.5 Den samlede grundvandsindvinding i Danmark (mill. m³/år) baseret på indberetninger til GEUS og oplysninger fra amternes overvågningsrapporter for perioden 1989-2002.

Aktuel udnyttelse af grundvandsressourcen

I NOVA temarapporten *Ferskvandets kredsløb* (Henriksen og Sonnenborg, 2003) er den udnyttelige grundvandsressource opgjort med udgangspunkt i en modelsimulering af det hydrologiske kredsløb baseret på den nationale vandressourcemodel (DK-model). Opgørelse viser, at ressourcen i forhold til den seneste landsdækkende opgørelse for 11 år siden (Vandrådet, 1992), vurderes at være ca. halveret, fra 1,8 mia. m³/år til 1,0 mia. m³/år.

Grænserne for påvirkning af vandløbenes sommervandføring i forhold til gældende recipientmålsætninger udgør den største begrænsning i ressourcen i de fleste områder, men også indregningen af klimavariationer og forurening af grundvandet med bl.a. pesticider, nikkel og kvælstof bidrager til nedskrivningen af grundvandsressorens størrelse i forhold til Vandrådets opgørelse fra 1992.

Vurderingen af ressorens størrelse i *Ferskvandets kredsløb* omfattede den mængde rent grundvand, som vil være til rådighed selv efter en serie tørre år (svarende til en hundrede års hændelse) og med en vandindvindingstruktur (fordeling af oppumpningen på vandværker, industri og erhverv), som gældende i år 2000. I forbindelse med vurdering af udnyttelsesgrader (dvs. hvormeget der pumpes i forhold til den bæredygtige mængde, angivet i %) blev der for vandværker og industri anvendt de faktiske indvindinger i år 2000, mens der for markvanding blev anvendt tilladte mængder (selv om den faktiske indvinding til markvanding i år 2000 udgjorde ca. 1/3 af de tilladte mængder).

Den aktuelle udnyttelse af grundvandsressourcen baseret på de faktisk oppumpede vandmængder til både vandværker, industri og markvanding for år 2002 er nedenfor vist for de 48 underområder, hvori der er foretaget ressourcevurdering i *Ferskvandets kredsløb*. Simuleringer af ressourcen med model for Bornholm er endnu ikke afsluttede, så i øjeblikket foreligger der ikke tal for de sidste 2 underområder på Bornholm (i alt 50 underområder).

I DK-modellen indgår kun vandindvindinger større end 25.000 m³/år. Tal for 2002 for samtlige 48 underområder viser, at indvindingen fra små vandindvindinger < 25.000 m³/år på landsplan samlet udgør mindre end ca. 5% af den samlede indvinding. 95 % af den samlede vandindvinding er således repræsenteret i DK-modellen.

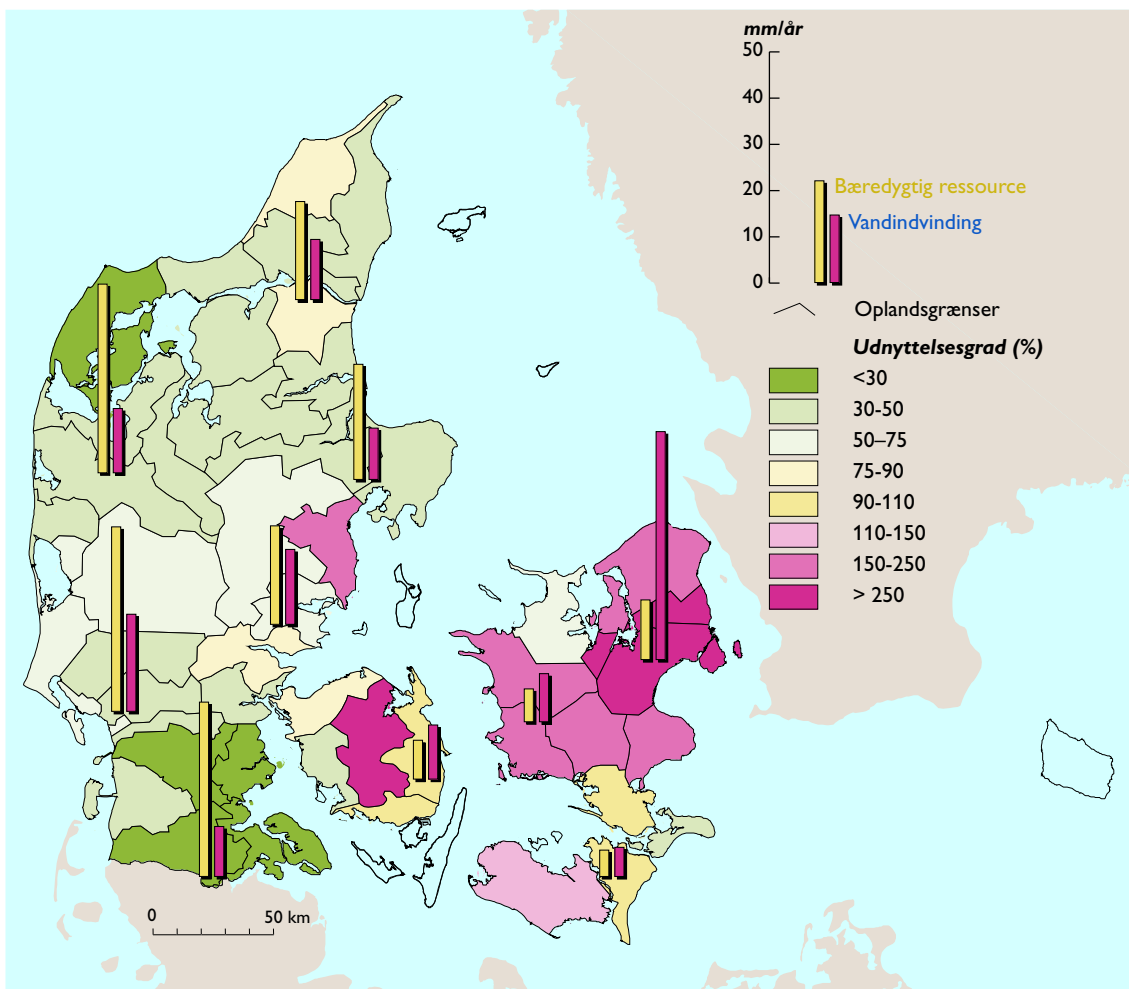
For Ringkjøbing Amt modtager GEUS kun indberettede oppumpninger for vandværker, mens der ikke for år 2002 er indberettet tal for de enkelte markvandingsanlæg m.m. Det samlede tal for 2002 for Ringkjøbing Amt for markvanding og erhverv/industri er i alt ca. 70 mill. m³/år, som er fordelt ud på delområderne JSV-Esbjerg, JSV-Skjern, JVE-Storå, JVE-Ringkøbing, JVE-Karup, JVE-Mors og JVE-Salling svarende til fordelingen af tilladt vandmængde til markvanding mellem de pågældende underområder.

Et større antal indberettede vandindvindinger til Jupiter databasen i 2002 er ikke koordinatsatte. Det betyder, at der er foretaget en tilnærmelsesvis fordeling af en samlet indvinding på ca. 38 mill. m³/år på underområder på baggrund af en stedidentifikation på kommunebasis.

I alt er indvindingen for 2002 opsummeret til 628 mio. m³/år, hvilket er i rimelig overensstemmelse med tallene i amternes rapporter og STANDAT-indberetning, og opgørelsen af vandindvindingen for landet som helhed på i alt 653 mio. m³/år (afvigelse ca. 5%). Der mangler således indvindinger beliggende udenfor de 48 underområder (fra Bornholm og en række mindre øer bl.a. Langeland, Ærø, Samsø, Læsø).

For en række underområder i SJV-Vestsjælland, JSY-Sydvestjylland og JVE-Vestjylland er der foretaget en mindre opjustering af skønnet af den udnyttelige grundvandsressource i forhold til den angivne i *Ferskvandets kredsløb*. Dette skyldes, at beregningerne med den dynamiske model (indikator 4: udnyttelig ressource vurderet i forhold til reduktion af sommervandføringen jf. recipientmålsætninger for vandløb) i disse 3 deloplande faktisk har været foretaget med en lidt større oppumpning end indregnet i rapporten, som har været baseret på den stationære model (denne forskel fremgår i øvrigt af bilag i *Ferskvandets kredsløb*).

Denne justering af resourceskønnet for de underområder, hvor indikator 4 i øvrigt giver den største begrænsning i udnyttelig ressource, giver imidlertid ikke anledning til en "samlet" ændring i skønnet af ressourcen på landsplan, der fortsat vurderes til i alt 1,0 mia. m³/år ($\pm 10\%$). Usikkerheden på forudsætningerne vurderes til sammenligning hermed til $\pm 30\%$. Hermed menes den usikkerhed, der er forbundet med fastsættelsen af "bæredygtigheds-%" for indikator 1 og 2, som beskriver hvilken %-del af grundvandsdannelsen til de dybere magasiner i 30-50 m's dybde ved henholdsvis en situation *uden* oppumpning (indikator 1: bæredygtig oppumpning = max. 35% af grundvandsdannelse uden oppumpning) og *med* oppumpning (indikator 2: bæredygtig oppumpning = 30% af grundvandsdannelse med år en oppumpning som i 2000). For indikator 3 antages det, at middelvandføringen maksimalt kan reduceres med ca. 10% for underområdet som helhed. Endelig angiver indikator 4, at minimumsvandføringen maksimalt kan reduceres som følge af oppumpning med henholdsvis 5, 10, 15, 25 og 50% for respektive recipientmålsætningskategorier for A (særlige naturvidenskabelige interesseområder), B1 (gyde- og opvækstområder for laksefisk), B2 (laksefiskevand), B3 (karpefiskevand) og C-E (vandløbsstrækninger med lempet målsætning).



Figur 6.6 Udnyttelsesgrader for år 2002 for 48 underområder i (faktisk oppumpning i % af vurderet bæredygtig ressource jf. Henriksen og Sonnenborg (2003)). Søjler viser udnyttelig ressource og faktisk vandindvinding i år 2002 akkumuleret for 10 deloplande svarende til DK-modellen.

Udnyttelsesgraden i år 2002 er opgjort i tabel 6.2 og fremgår af figur 6.6 for de 48 underområder. Det fremgår heraf, at ressourcen er stærkt overudnyttet, idet der pumpes mere end 3 gange den vurderede udnyttelige ressource i Hovedstadsområdet i underområderne Sønderødal og København. I underområderne Odense og Næstved pumpes der 2-3 gange for meget. I områderne Svendborg, Kalundborg, Slagelse, Hillerød, Fakse, Falster, Lolland og Århus pumpes der 1-2 gange for meget. For de øvrige underområder blev der i 2002 indvundet mindre vand end skønnet bæredygtigt jf. den udnyttelige vandressource.

Indvindingen til markvanding var i 2002 ret begrænset, og det betyder, at udnyttelsesgraden for de markvandingstunge underområder i Sønderjylland, Ribe og Ringkjøbing amter lå et pænt stykke under 100%. I Jylland havde underområder med megen markvanding som Vidå, Brede å, Ribe å og Karup å udnyttelsesgrader på omkring 30%. Underområderne Konge å, Holsted, Varde, Ringkøbing og Storå havde udnyttelsesgrader på ca. 40% af udnyttelig ressource, mens

Skjern å underområdet havde en udnyttelsesgrad på ca. 50%. Udnyttelsesgraderne i disse oplande vil i et tørt og markvandingskrævende år stige væsentligt (ca. en faktor 3).

Underområde	Indvinding 2002	Udnyttelig ressource	udnyttelse
	mill. m ³	mill. m ³	%
FYN-Svendborg	4,0	4,0	101
FYN-Assens	1,7	3,8	46
FYN-Odense	20	7,3	280
FYN-Bogense	4,7	5,5	85
FYN-Nyborg	3,6	4,0	91
SJV-Holbæk	6,9	9,6	72
SJV-Kalundborg	8,2	4,5	183
SJV-Slagelse	7,7	4,5	172
SJV-Næstved	11	4,8	235
SJN-Hillerød	38	20	196
SJN-Søndersødal	32	5,3	604
SJN-København	64	12	533
SJS-Fakse	6,4	3,6	177
SJS-Vordingborg	3,4	3,6	94
SJS-Møn	0,9	2,7	35
SJS-Falster	3,8	3,5	110
SJS-Lolland	5,6	4,8	118
JSY-Vidå	13	47	27
JSY-Brede å	10	33	31
JSY-Ribe å	9,8	38	26
JSY-Kongeå	3,4	8,3	41
JSY-Haderslev	4,1	14	28
JSY-Sønderborg	8,3	30	28
JSV-Holsted	11	25	43
JSV-Varde	22	52	43
JSV-Esbjerg	15	26	58
JSV-Skjern	55	108	51
JSO-Gudenå	17	34	51
JSO-Århus	25	14	181
JSO-Horsens	9,8	14	69
JSO-Vejle	17	20	84
JSO-Kolding	7,3	18	41
JVE-Storå	35	91	39
JVE-Ringkøbing	6,2	14	43
JVE-Karup	10	33	30
JVE-Thy	6,8	26	26
JVE-Mors	2,9	22	13
JVE-Salling	12	29	42
JOE-Hjarbæk Fj.	8,7	28	31
JOE-Mariager Fj.	7,0	20	35
JOE-Randers Fj.	13	33	39
JOE-Djursland	9,1	29	31
JNO-Vesthimmerland.	16	33	49
JNO-Ålborg syd	18	23	80
JNO-Ryå	7,9	25	32
JNO-Frederikshavn	7,0	17	41
JNO-Hjørring	11	13	81
JNO-Fjerritslev	2,6	6,1	43
Alle områder	624	1.024	61

Tabel 6.2 Indvinding år 2002, udnyttelig ressource og udnyttelsesgrad (%) for 48 underområder

Ringkøbing Amt har vurderet, at kun ca. 35% af de tilladte mængder til markvanding blev udnyttet for år 2002, idet der blev indvundet ca. 60 mio. m³/år af en samlet tilladt mængde på knap 180 mio. m³/år i amtet. I perioden 1980-2000 steg tilladelserne til markvanding i Ringkøbing Amt fra ca. 110 mill. m³/år i 1980 til 180 mill. m³/år i år 2000, hvor indvindingstilladelserne toppede.

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 overvågningsperiode frem til og med 2003.

På grundlag af den i 2000-2001 gennemførte evaluering af det eksisterende datagrundlag, blev det besluttet at det ikke vil være formålstjenligt at opstille numeriske beregningsmodeller for alle GRUMO. Desuden blev en egentlig stoftransportsimulering af GRUMO stillet i bero, men strømningssmodellerne udbygges i stedet for med partikelbanesimuleringer. Samtidig vil overvågningsaktiviteterne fra 2004 blive droppet ned i visse GRUMO, og disse GRUMO forventes derfor ikke modelleret.

Dataevalueringen og de allerede opstillede strømningssmodeller 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.

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

Status for modellering af GRUMO

Modeller i amter	GRUMO	Konceptuel geologisk model	Digital geologisk model	Strømnings- model	Partikel- bane- beregning	Revision af opland
	antal	antal	antal	antal	antal	antal
Kbh. & Fr.berg K.	1	1	1	1	1	1
Københavns Amt	2	2	2	2	2	0
Frederiksborg Amt	4	4	4	4	2	0
Roskilde Amt	3	3	3	3	0	0
Vestsjællands Amt	5	5	2	2	2	1
Storstrøms Amt	4	4	4	1	1	1
Bornholms Amt	1	1	0	0	0	0
Fyns Amt	4	4	4	3	3	3
Sønderjyllands Amt	4	4	4	3	3	3
Ribe Amt	4	4	4	3	3	3
Vejle Amt	5	5	5	3	3	3
Ringkøbing Amt	5	4	4	4	2	2
Århus Amt	6	6	3	3	3	0
Viborg Amt	5	5	5	5	5	0
Nordjyllands Amt	5	5	4	4	4	0
I alt	58	57	49	41	34	17

Tabel 6.3 Samlet status over modelarbejdet i GRUMO. Der er kun medregnet de aktive GRUMO, hvor der skal opstilles modeller.

I 1997 startede arbejdet med at opstille først hydrogeologiske modeller og siden strømningssmodeller for grundvandsovervågningsområderne. I dag er der opbygget strømningssmodeller for mere end 2/3 af GRUMO (tabel 6.3 og figur 6.7).



Figur 6.7 Status for udarbejdelse af geologiske og hydrologiske modeller over GRUMO. Der er kun medtaget de aktive GRUMO, hvor der skal opstilles modeller.

Siden sidste år er der udarbejdet strømningssmodeller for yderligere 8 GRUMO. Nøgleparametre, kalibreringskriterier og udvalgte modelresultater for de enkelte GRUMO-modeller er præsenteret i årets grundvandsrapporter fra amterne.

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 kommuner: De gennemførte partikelbane simuleringer i 2001 viser det grundvandsdannende område for GRUMO-indvindingsboringen og giver et godt

grundlag for revision af oplandsgrænsen og placering af nye overvågningsboringer til det kommende NOVANA-program.

Københavns Amt: Opstilling af strømningssmodel som dækker overvågningsområdet Sønder-
sø. Anvendelse af partikelberegninger til vurdering af overvågningsområdets afgrænsning.

Frederiksborg Amt: Opstilling af strømningssmodel for Attemose (stationær model). Model-
len er skåret ud af den regionale grundvandsmodel og kalibreret mod både potentialer, alders-
dateringer og vandløbsafstrømninger. Der er konstateret god overensstemmelse mellem det
oprindelige og det simulerede GRUMO-opland.

Roskilde Amt: Der er i perioden 2001-2003 opstillet en regional dynamisk grundvandsmodel
for hele Roskilde Amt. Grundvandsdannelsen er beregnet ved brug af DaisyGIS

Vestsjællands Amt: Der er opstillet en submodel for St. Fuglede overvågningsområde ud fra
den regionale Tude Å model. Beregnede transporttider er sammenlignet med CFC-dateringer.
Modellen er anvendt til at simulere de grundvandsdannende oplande til GRUMO-boringerne
og til at revurdere afgrænsningen af overvågningsoplandet .

Storstrøms Amt: Den opstillede strømningssmodel for overvågningsområdet Sibirien er an-
vendt til at modelberegne oplandsgrænsen. Der er væsentlige forskelle mellem den oprindelige
og den modelberegnete oplandsafgrænsning. Indsatskortlægningen forventes at forbedre den
geologiske og hydrogeologiske forståelse af området.

Bornholms Amt: Modellerings af et større område omkring Smålyngen vil forløbe i perioden
2002 - 2005.

Fyns Amt: Der er gennemført partikelbaneberegninger og revision af oplandsgrænsen til
overvågningsoplandet Jullerup.

Sønderjyllands Amt: Der er opstillet strømningssmodeller og gennemført følsomhedsanalyser
og partikelbaneberegninger for overvågningsområderne Bedsted, Rødding og Christiansfeld.
De oprindelige oplandsafgrænsninger har et relativt pænt sammenfald med de nye modelsi-
mulerede oplande.

Ribe Amt: For de 3 GRUMO Forumlund, Grindsted og Bramming-Hunderup er der gennem-
ført en modelberegning af oplandsgrænser ved hjælp af partikelbaneberegninger. Modelsimu-
leringer er sammenlignet CFC-aldre af grundvand udtaget fra forskellige overvågningsindtag.

Vejle Amt: For de 3 GRUMO Thyregod, Trudsbro og Ejstrupholm, er der opstillet forbedrede
eller reviderede geologiske modeller og strømningssmodeller, og gennemført modelberegninger
af oplandsgrænserne. For de øvrige 2 GRUMO er der opstillet digitale geologiske modeller

Ringkjøbing Amt: En samlet model er opstillet for overvågningsområderne Finderup og Her-
borg. Desuden har Ringkjøbing Amt igangsat et stort modelleringsprojekt til vurdering af
kvælstof og fosfortransport til Ringkjøbing Fjord. Der arbejdes med en integreret grund-
vands/overfladevandsmodel.

Århus Amt: I forbindelse med kortlægningsarbejdet er der opstillet strømningssmodeller for
GRUMO Kasted og Havdal. Desuden er datagrundlaget for områderne Fillerup og Nordsamsø
forbedret i det forløbne år.

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

Nordjyllands Amt: I 2002/2003 færdiggøres strømningssmodeller for overvågningsområderne
Albæk og Tornby.

I takt med at der opstilles strømningssmodeller og gennemføres partikelbanesimuleringer for de
enkelte oplande, foretages der en evaluering og eventuelt en revision af de eksisterende op-
landsgrænser.

Sammenfatning

I overvågningsperioden 1989-2002 er der målt store variationer i grundvandstanden. I 1994-95 og igen 2000-02 var grundvandstanden høj. De meget store nedbørmængder, som faldt i januar og især i februar 2002, hvor der flere steder i landet faldt mere en tre gange den normale nedbør for februar måned, har betydet, at grundvandsstanden mange steder ved afslutningen af vinteren 2001/02 var på højde med den højeste grundvandstand registreret i den forudgående 20-årige periode. Tilsvarende betød de meget nedbørsfattige vintre 1995/96 og 1996/97, at grundvandstanden faldt til et niveau svarende til det lavest målte i den forudgående 20-årige periode.

Den samlede vandindvinding i 2002 på vandværkerne var på 410 mio. m³ mod 640 mio. m³ i 1989, et fald på næsten 36%. Indvindingen til markvanding var i 2002 på 158 mio. m³, hvilket er den lavest registrerede indvinding i overvågningsperioden.

Det kan fortsat konstateres, at der i mange områder i landet indvindes mere vand end der vurderes bæredygtigt jf. forudsætningerne opstillet i NOVA temarapporten *Ferskvandets Kredsløb*. På landsplan er ressourcen rigelig i forhold til oppumpningen i 2002, men der er problemer med den regionale fordeling, idet vandindvindingen for en række områder på Sjælland, Fyn og i Østjylland enten er tæt på den bæredygtige mængde og endog i visse områder væsentligt overskrider denne grænse. Hermed forøges risikoen for en forringet grundvands- og/eller vandløbskvalitet som følge af den intensive vandindvinding.

Grundvandsmodeller og hydrologiske modeller, herunder den nationale Vandressourcemodel (DK-modellen) samt regionale og lokale modeller bruges i stigende omfang til at vurdere grundvandsdannelsen og afgrænse indvindingsoplande. Amterne har nu opstillet strømningssmodeller for omkring 2/3 af GRUMO områderne, og dette har i flere tilfælde givet anledning til revision af overvågningsområdernes oplandsgrænser.

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 Regionskommune, 2003:* Vandmiljøovervågning. Grundvand 2002.
- Brüsch, Walter 2002:* Pesticidforurenede vand i små vandforsyningsanlæg. Statusrapport 2002. GEUS, Viborg Amt, Sønderjyllands Amt, Storstrøms Amt, Københavns Amt og Miljøstyrelsen
- Böhlke, J.K. & Denver, J.M. 1995:* Combined use of groundwater dating, chemical, and isotopic analyses to resolve the history and fate of nitrate contamination in two agricultural watersheds, Atlantic coastal plain, Maryland. *Water Resour. Res.*, vol. 31, 2319-2339.
- Dansk Vand- og Spildevandsforening, Miljøstyrelsen & GEUS, 2002:* Vandforsyningsstatistik 2001.
- DMI, 2002:* 2002 vejrmæssigt set. www.dmi.dk/nyt.
- Engvild, K.C., 2000:* Naturlige halogenforbindelser. I: Kemiske stoffer i miljøet (Red. Helweg, A.).
- 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:* Europaparlamentets og Rådets Direktiv 2000/60/EF af 23. oktober 2000 om fastsættelse af en ramme for fællesskabets vandpolitiske foranstaltninger. EFT L 327 af 22.12.2000. p. 1-72 og 10 bilag.
- EU, 2003:* Forslag til Europaparlamentets og Rådets direktiv om beskyttelse af grundvandet mod forurening (COM2003/550)
- Frederiksborg Amt, 2003:* Grundvandsovervågning 2002.
- Fyns Amt, 2003:* Landovervågning 2002. Vandmiljøovervågning.
- Fyns Amt, 2003:* Grundvand 2002. Vandmiljøovervågning.
- GEUS, 1995:* Grundvandsovervågning 1995.
- GEUS, 2000:* Grundvandsovervågning 2000. www.grundvandsovervaagning.dk
- GEUS, 2001:* Grundvandsovervågning 2001. www.grundvandsovervaagning.dk
- GEUS, 2002:* Grundvandsovervågning 2002. www.grundvandsovervaagning.dk
- Henriksen H.J. og A. Sonnenborg (Eds.), 2003:* Ferskvandets kredsløb. NOVA 2003 Temarapport. GEUS, DMU, DJF og DMI. GEUS særudgivelse.
- 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.
- Kjær, J., Ullum, M., Olsen, P., Sjelborg, P., Helweg, A., Mogensen, B., Plauborg, F., Grant, R., Fomsgaard, I. and Brüsch, W., 2003:* The Danish Pesticide Leaching Assessment Programme, Monitoring results May 1999 - June 2002. Third report. Geological Survey of Denmark and Greenland, Danish Institute of Agricultural Sciences, National Environmental Research Institute.
- Knudsen, L., Østergaard, H.S. & Schultz, E. 2000:* Kvælstof – et næringsstof og et miljøproblem. Landbrugets Rådgivningscenter, Landskontoret for Planteavl. p.p. 112.
- Københavns Amt, 2003:* Vandmiljøovervågning. Grundvand 2002.

- Københavns kommune, 2003*: Grundvandsovervågning 2002. Vandmiljøovervågning, NOVA 2003. Københavns- og Frederiksberg kommuner.
- 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 vejledende, sundhedsmæssigt baserede drikkevands- kvalitetskriterier.
- 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
- Nordjyllands Amt, 2003*: Landovervågning 2002. Oddebæk.
- Nordjyllands Amt, 2003*: Grundvandsovervågning 2002.
- Ribe Amt, 2003*: Grundvand 2002, Vandmiljøovervågning.
- Ringkjøbing Amt, 2003*: Grundvandsovervågning 2002. NOVA 2003
- Roskilde Amt, 2003*: Grundvandsovervågning i Roskilde Amt.
- Storstrøms Amt, 2003*: NOVA 2003. Grundvandsovervågning 2002.
- Storstrøms Amt, 2003*: NOVA 2003. Landovervågning 2002.
- Sønderjyllands Amt, 2003*: Vandmiljøovervågning 2002. Grundvand.
- Sønderjyllands Amt, 2003*: Vandmiljøovervågning 2002. Landovervågning.
- Thorling, L. 2003*: Vedr. brug af CFC-dateringer til at tilbageskrive nitratbelastningen af grundvandet. Notat. Århus amt 2003
- Vandrådet, 1992*: Ferskvandsressourcens naturlige kvantitet og kvalitet. Vandrådet projekt, Danmarks fremtidige vandforsyning. Rapport fra Arbejdsgruppe 1. december 1992
- Vejle Amt, 2003*: Grundvandsovervågning Vejle Amt 2002
- Vestsjællands Amt, 2003*: Vandmiljø Overvågning. Grundvand 2002.
- Viborg Amt, 2003*: Vandmiljøplanens Overvågningsprogram. Grundvand 2002.
- Århus Amt, 2003*: Statusrapport 2002. Grundvandsovervågning i Århus Amt
- Århus Amt & Vejle Amt, 2003*: Landovervågning 2002. Horndrup Bæk (LOOP 3). Landbrugsdrift, Næringsstofudvaskning, Stoftransport.

Bilag

Bilag 3.1 Uorganiske sporstoffer i grundvandsovervågningen 1993-2002.

Bilag 3.2 Uorganiske sporstoffer i landovervågningen 1993-2002.

Bilag 3.3 Uorganiske sporstoffer i vandværksboringer 1993-2002.

Bilag 3.4 Overskridelser af kvalitetskravene for drikkevand

Bilag 3.5 Overskridelser af økotoxikologiske kvalitetskrav.

Bilag 4.1 Organiske mikroforureninger i grundvandsovervågningen 1993-2002.

Bilag 4.2 Organiske mikroforureninger i landovervågningen 1995-2002.

Bilag 4.3 Organiske mikroforureninger i vandværksboringer 1993-2002.

Bilag 4.4 Organiske mikroforureninger i andre boringer 1993-2002.

Bilag 5.1 Pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandsovervågningen 1993-2002.

Bilag 5.2 Pesticider og nedbrydningsprodukter i landovervågningen 1993-2002.

Bilag 5.3 Pesticider og nedbrydningsprodukter i vandværksboringer 1993-2002.

Bilag 5.4 Pesticider og nedbrydningsprodukter i andre boringer 1993-2002.

Bilag 6.1 Vandindvinding i 2002 fordelt på 10 kategorier.

Bilag 3.1 Uorganiske sporstoffer i grundvandsovervågningen 1993-2002

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	Indtag med					Detektions- grænse µg/l	Median- værdi µg/l	90 % percentil µg/l	Max. værdi µg/l
	analyse antal	fund		overskridelse					
Antimon	879	264	30	1	<1	0,2 ¹⁾	0,08	0,2	5,6
Arsen	996	986	99	154	16	0,03	0,8	5,3	64
Bly	976	930	95	13	1	0,025	0,05	0,3	34
Cadmium	976	855	88	5	<1	0,004	0,008	0,08	9,7
Kviksølv	922	816	89	0/10 ²⁾	-	0,0005	0,0011	0,003	0,94
Thallium	543	146	27	i.g.	-	0,4 ¹⁾	0,05	0,4	0,6
Selen	975	603	62	2	<1	0,05	0,10	0,3	43
Cyanid	939	209	22	2	<1	1,0	1,0	2,0	110
Nikkel	998	931	93	60	6	0,03	0,5	6,3	400
Zink	976	970	99	62	6	0,5	3,0	23	3.050
Kobber	976	947	97	4	<1	0,04	0,3	1,4	800
Chrom	969	848	88	0	-	0,04	0,09	0,7	9
Molybdæn	939	852	91	1	<1	0,10	0,7	2,5	24
Sølv	516	39	8	0	-	0,1 ¹⁾	0,10	0,10	2
Tin	545	66	12	0	-	0,1 ¹⁾	0,10	0,20	3,9
Vanadium	938	649	69	-	-	0,5	0,5	1,5	42
Aluminium	976	975	100	146	15	0,07	2,1	45	11.800
Barium	976	976	100	4	<1	1,0	62	160	1.050
Lithium	939	927	99	-	-	0,5	5,9	15	270
Bor	783	672	86	24	3	10	26	140	2.400
Bromid	938	925	99	-	-	10	90	180	11.460
Jodid	394	359	91	-	-	2	5,3	33	1.220

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

2) Der findes både en kravværdi og en anbefalet værdi

i.g. : ingen grænseværdi

Bilag 3.2 Uorganiske sporstoffer i landovervågningen 1993-2002

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	90 % percentil	Max. værdi
	analyse	fund		overskridelse i						
		antal	antal	%	et eller flere	%	alle			
Arsen	35	31	88	3	9	0	-	0,2	1,8	6,5
Barium	35	35	100	0	-	0	-	52	129	270
Bly	35	34	97	11	31	0	-	0,6	1,4	37
Cadmium	35	34	97	1	3	0	-	0,1	0,6	7,1
Selen	35	31	88	0	-	-	-	0,2	0,9	5,3
Nikkel	35	35	100	18	51	1	3	6,0	52	700
Zink	35	35	100	14	40	2	6	30	235	885
Kobber	35	35	100	0	-	-	-	2,1	12	61
Chrom	35	29	83	0	-	-	-	0,2	0,4	8,1
Aluminium	35	35	100	17	49	3	9	1,9	550	2.180

Bilag 3.3 Uorganiske sporstoffer i vandværksboringer 1993-2002

”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	Boringer med					Grænse- værdi µg/l	Median- værdi µg/l	90 % - percentil µg/l	Max. værdi µg/l
	analyse ¹⁾		fund						
	antal	antal	%	antal	%				
Antimon	12	8	67	1	-	2	0,2	1,5	8
Arsen	1.518	1.271	84	236	16	5	1,3	7,3	42
Bly	676	329	49	9	1	5	0,2	1,3	11
Cadmium	816	300	37	0	-	2	0,02	0,3	1,9
Kviksølv	109	21	19	1	1	1 ³⁾	0,05	0,2	2,5
Thallium	5	0	-	0	-	-	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Selen	14	7	50	0	-	10	0,1	9,6	10
Cyanid	98	18	19	0	-	50	2,0	5,0	29
Nikkel	6.972	3.362	49	221	3	20 ⁵⁾	2,0	4,3	590
Zink	658	560	85	14	2	100	5,3	40	1.000
Kobber	163	94	58	0	-	100	0,8	3,0	13
Chrom	158	54	34	1	< 1	20	1,0	3,0	3,6
Molybdæn	5	4	80	-	-	-	1,4	10	2,8
Sølv	14	3	21	0	-	10	0,1	1	1,1
Tin	4	0	-	0	-	10	< 0,05	< 0,05	< 0,05 ²⁾
Vanadium	4	1	100	-	-	-	0,3	0,5	0,1
Aluminium	272	188	69	30	11	100	5	130	8.440
Barium	1.356	1.331	98	3	-	700	85	220	1.600
Lithium	36	35	97	-	-	-	17	34	50
Bromid	639	595	93	-	-	-	97	285	2.000
Bor	1.376	1.255	91	62	5	1.000 ⁴⁾	50	190	1.800

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 1993-2002.

Overskridelser af kvalitetskravene for drikkevand

Overskridelser af kvalitetskrav til drikkevand	Grænseværdi µg/l	GRUMO		LOOP		Boringskontrol	
		En analyse over	Alle analyser over	En analyse over	Alle analyser over	En analyse over	Alle analyser over
Aluminium	100	146	25	17	3	30	5
Antimon	2	1	1	i.m.	i.m.	0	0
Arsen	5	154	60	3	0	236	35
Barium	700	4	0	i.m.	i.m.	3	0
Bly	5	13	3	11	0	9	0
Bor	1.000/300 ¹⁾	3/24 ²⁾	2/10 ²⁾	i.m.	i.m.	2/62	1
Cadmium	2	5	1	1	0	0	0
Chrom, total	20	0	0	0	0	1	0
Cyanid, total	50	2	0	i.m.	i.m.	0	0
Kobber	100	4	0	0	0	0	0
Kviksølv	1/ 0,1 ¹⁾	0/10 ²⁾	0/0 ²⁾	i.m.	i.m.	1/7	0
Molybdæn	i.f.	-	-	-	-	-	-
Nikkel	20	60	13	18	1	221	142
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	562	7	14	2	14	0

i.m.: ikke målt

i.f. : ikke fastsat

1) Krav / anbefaling

2) Overskridelser af hhv. krav / anbefaling

Bilag 3.5 Uorganiske sporstoffer 1993-2002.

Overskridelse af økotoxikologiske kvalitetskrav

Overskridelser, økotoxikologiske kvalitetskrav	Grænse- værdi µg/l	GRUMO		LOOP		Boringskontrol	
		En analyse over	Alle analyser over	En analyse over	Alle analyser over	En analyse over	Alle analyser over
Aluminium	2,6 ³⁾	716	189	29	10	111	33
Antimon	i.f.	-	-	-	-	-	-
Arsen	4	187	78	4	0	287	46
Barium	i.f.	-	-	-	-	-	-
Bly	3,2 ¹⁾	23	0	12	0	14	1
Bor	i.f.	15	-	-	-	-	-
Cadmium	5/1 ²⁾	2/15 ⁴⁾	1/5 ⁴⁾	1/3 ⁴⁾	0	3	0
Chrom, total	10 ¹⁾	0	0	0	0	2	0
Cyanid, total	i.f.	-	-	-	-	-	-
Kobber	12 ¹⁾	32	2	13	1	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⁾	1	1	4	0	7	0
Selen	i.f.	-	-	-	-	-	-
Sølv	i.f.	-	-	-	-	-	-
Tin	i.f.	-	-	-	-	-	-
Zink	110 ¹⁾	56	7	14	1	12	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 1993-2002.

Udvalgte analyser for organiske mikroforureninger.

Grundvandsovervågning Organiske mikroforureninger	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	3.510	216	1.083	98	9,0	0,5	0,07	34
Naphtalen	3.504	20	1.083	17	1,6	-	0,05	0,16
Toluen	3.517	289	1.081	221	20,4	-	0,09	2,4
m+p-xylen	3.233	194	1.079	139	12,9	-	0,06	0,96
m-xylen	154	0	129	0	-	-	-	-
o-xylen	3.384	98	1.083	72	6,6	-	0,05	0,43
p-xylen	182	0	139	0	-	-	-	-
Xylen (uspecifik)	69	2	66	2	3,0	-	0,04	0,06
Halogenerede alifatiske kulbrinter								
1,2-dibromethan	1.044	10	760	9	1,2	1,2	0,01	0,67
Tetrachlorethylen	3.594	55	1.085	16	1,5	0,2	0,06	2,8
Tetrachlormethan	3.581	16	1.085	14	1,3	-	0,1	0,5
1,1,1-trichlorethan	3.591	39	1.085	19	1,8	-	0,07	0,39
Trichlormethan (chloroform)	3.620	255	1.083	106	9,8	1,1	0,07	11
Vinylchlorid	954	17	689	9	1,3	1,0	0,83	6
Phenoler								
Nonylphenoler	1.138	11	767	11	1,4	-	0,11	4,2
Nonylphenoethoxylater	1.077	0	762	0	-	-	-	-
Phenol	5.970	217	1.099	175	15,9	1,4	0,07	21
Chlorphenoler								
2,4-dichlorphenol	6.630	40	1.103	20	1,8	0,9	0,06	0,34
2,6-dichlorphenol	6.450	7	1.100	6	0,5	-	0,02	0,04
Pentachlorphenol	6.508	13	1.102	13	1,2	1,2	0,04	0,12
Blødgørere								
Dibutylphthalat (DBP)	1.117	45	796	44	5,5	3,5	1,20	8,1
Detergenter								
Anioniske detergenter ³⁾	3.191	2.128	1.065	935	87,8	0,1	6,00	120
Ethere								
MTBE	320	5	253	3	1,2	0,4	1,80	5

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

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

3) Sum. Se afsnit 4 angående usikkerhedsaspekter ved analyse af anioniske detergenter

Bilag 4.2 Organiske mikroforureninger i landovervågningen 1995-2002.

Udvalgte analyser for organiske mikroforureninger.

Landovervågning Organiske mikroforureninger	Analyser antal	Analyser 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	55	1	35	1	2,9	-	0,06	0,06
Naphtalen	55	0	35	0	-	-	-	-
Toluen	55	11	35	11	31,4	-	0,05	0,63
m+p-xylen	33	3	27	3	11,1	-	0,16	0,89
o-xylen	33	3	27	3	11,1	-	0,06	0,31
Xylen (uspecifik)	7	6	7	6	85,7	-	0,15	0,44
Halogenerede alifatiske kulbrinter								
Tetrachlorethylen	10	0	10	0	-	-	-	-
1,1,1-trichlorethan	10	0	10	0	-	-	-	-
Trichlormethan (chloroform)	10	0	10	0	-	-	-	-
Phenoler								
Nonylphenoler	43	7	34	7	20,6	-	0,18	0,52
Nonylphenoethoxylater	38	0	31	0	-	-	-	-
Phenol	185	21	46	15	32,6	2,2	0,2	0,76
Chlorphenoler								
2,4-dichlorphenol	324	3	56	3	5,4	-	0,04	0,09
2,6-dichlorphenol	301	0	50	0	-	-	-	-
Pentachlorphenol	300	0	50	0	-	-	-	-
Blødgørere								
Dibutylphthalat (DBP)	42	11	33	11	33,3	15,2	0,81	2,1
Detergenter								
Anioniske detergenter ³⁾	46	26	31	13	41,9	-	6,40	35

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

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

3) Sum. Se afsnit 4 angående usikkerhedsaspekter ved analyse af anioniske detergenter

Bilag 4.3 Organiske mikroforureninger i vandværksboringer 1993-2002.

Udvalgte analyser for organiske mikroforureninger.

Vandværksboringer Organiske mikroforureninger	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	3.973	114	2.498	86	3,4	0,4	11,9
Naphtalen	3.540	28	2.334	26	1,1	-	1,1
Toluen	3.995	278	2.492	247	9,9	0,2	42
m+p-xylen	2.884	116	1.988	103	5,2	0,1	47
m-xylen	112	0	99	0	-	-	-
o-xylen	2.964	58	1.979	52	2,6	-	4,3
p-xylen	109	0	96	0	-	-	-
Xylen (uspecifik)	833	52	696	52	7,5	0,3	15,5
Halogenerede alifatiske kulbrinter							
1,2-dibromethan	103	0	85	0	-	-	-
Tetrachlorethylen	4.565	513	2.380	108	4,5	0,5	73
Tetrachlormethan	4.425	40	2.409	36	1,5	-	11,9
1,1,1-trichlorethan	4.330	259	2.291	61	2,7	0,2	2,4
Trichlormethan (chloroform)	4.383	248	2.368	162	6,8	0,3	2,9
Vinylchlorid	489	18	231	12	5,2	2,2	1,7
Phenoler							
Nonylphenoler	19	0	19	0	-	-	-
Nonylphenoethoxylater	4	0	4	0	-	-	-
Phenol	1.985	146	1.278	105	8,2	1,2	6,1
Chlorphenoler							
2,4-dichlorphenol	1.274	5	759	5	0,7	-	0,14
2,6-dichlorphenol	1.270	6	736	6	0,8	-	0,29
Pentachlorphenol	3.032	7	2.101	7	0,3	0,3	0,8
Blødgørere							
Dibutylphthalat (DBP)	8	0	6	0	-	-	-
Detergenter							
Anioniske detergenter ³⁾	2.579	1.391	1.859	1.140	61	-	80,0
Ethere							
MTBE	2.174	195	1.818	109	6,0	0,4	56,0

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

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

3) Sum. Se afsnit 4 angående usikkerhedsaspekter ved analyse af anioniske detergenter

Bilag 4.4 Organiske mikroforureninger i andre boreriger 1993-2002.

Udvalgte analyser for organiske mikroforureninger.

Andre boreriger Organiske mikroforureninger	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	820	254	443	101	22,8	14,0	1,30
M+p-xylen	563	90	324	47	14,5	3,4	0,80
O-xylen	618	67	363	38	10,5	2,2	0,72
Xylen (uspecifik)	89	25	83	25	30,1	14,5	3,40
Halogenerede alifatiske kulbrinter							
1,2-dibromethan	9	0	9	0	-	-	-
Tetrachlorethylen	1.041	361	523	142	27,2	14,5	0,81
1,1,1-trichlorethan	1.033	173	516	55	10,7	2,1	0,16
Trichlormethan (chloroform)	990	143	503	67	13,3	2,8	0,14
Vinylchlorid	303	120	200	74	37,0	32,5	1,00
Phenoler							
Phenol	428	94	224	35	15,6	6,7	0,21
Chlorphenoler							
2,4-dichlorphenol	1.678	19	1.008	18	1,8	0,8	0,08
2,6-dichlorphenol	1.550	25	888	23	2,6	0,5	0,02
Pentachlorphenol	397	2	335	2	0,6	0,6	0,04
Blødgørere							
Dibutylphthalat (DBP)	19	11	11	7	63,6	36,4	0,95
Ethere							
MTBE	68	13	51	9	17,6	-	0,80

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

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

Bilag 5.1 Pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandsovervågningen

1993-2002

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. Der er kun medtaget analyser indberettet til GEUS' database Jupiter.

Grundvandsovervågning 1993-2002	Analyser			Indtag				Koncentration			
	med fund $\geq 0,1 \mu\text{g/l}$		antal	med fund analyse		%	m. fund $\geq 0,1 \mu\text{g/l}$		Gnst. $\mu\text{g/l}$	Median $\mu\text{g/l}$	Max. $\mu\text{g/l}$
	antal	antal		antal	antal		antal	%			
2,4-D	6.987	16	2	1.113	15	1,3	1	0,1	0,22	0,02	2,80
2,6-DCCP	343	3	2	187	3	1,6	2	1,1	1,12	0,95	2,40
2,6-Dichlorbenzamid (BAM)	5.096	775	257	1.049	200	19,1	79	7,5	0,36	0,05	43,00
2,6-dichlorebenzosyre	174	5	0	65	3	4,6			0,03	0,02	0,09
2CCP	57	1	0	41	1	2,4			0,01	0,01	0,01
4CCP	188	6	4	133	5	3,8	4	3,0	0,14	0,13	0,26
4-Nitrophenol	3.049	62	3	924	55	6,0	3	0,3	0,03	0,02	0,38
AMPA	3.319	26	4	939	21	2,2	4	0,4	0,09	0,02	1,00
Atrazin	7.228	223	26	1.117	57	5,1	14	1,3	0,06	0,03	1,52
Atrazin, deethyl-	4.931	264	46	1.047	64	6,1	13	1,2	0,12	0,02	5,50
Atrazin, deisopropy	4.906	201	35	1.047	72	6,9	14	1,3	0,07	0,02	0,84
Atrazin, hydroxy-	4.227	33	2	996	25	2,5	2	0,2	0,06	0,03	0,78
Bentazon	4.934	120	29	1.048	44	4,2	13	1,2	0,11	0,03	2,80
Bromoxynil	3.721	3	0	977	3	0,3			0,04	0,02	0,09
Carbofuran	4.183	1	0	994	1	0,1			0,01	0,01	0,01
Carbofuran, hydroxy-	3.330	2	1	948	2	0,2	1	0,1	0,11	0,11	0,15
Chloridazon	3.691	4	1	978	4	0,4	1	0,1	0,06	0,04	0,13
Chlorsulfuron	3.173	1	0	933	1	0,1			0,03	0,03	0,03
Clopyralid	175	2	2	66	1	1,5	1	1,5	0,12	0,12	0,12
Cyanazin	4.878	6	0	1.046	6	0,6			0,03	0,03	0,05
Dalapon	3.025	3	0	914	3	0,3			0,02	0,02	0,02
DEIA (deethylisopropylatrazin)	3.133	175	46	932	78	8,4	23	2,5	0,11	0,03	1,30
Dichlobenil	4.171	15	0	991	9	0,9			0,03	0,03	0,09
Dichlorprop	7.229	191	96	1.117	45	4,0	11	1,0	7,54	0,02	370,00
Dimethoat	4.563	2	0	1.025	2	0,2	0	0,0	0,04	0,04	0,06
Dinoseb	7.221	19	1	1.117	16	1,4	1	0,1	0,04	0,03	0,18
Diuron	4.261	13	0	1.003	10	1,0			0,02	0,02	0,07
DNOC	7.226	10	2	1.117	9	0,8	2	0,2	0,05	0,03	0,23
Ethofumesat	3.462	2	0	956	2	0,2			0,02	0,02	0,03
Ethylentiurea	3.439	18	3	933	14	1,5	1	0,1	0,32	0,02	2,67
Fenpropimorph	3.672	2	0	976	2	0,2			0,03	0,03	0,03
Glyphosat	3.331	18	1	940	17	1,8	1	0,1	0,03	0,02	0,10
Hexazinon	4.891	51	23	1.044	19	1,8	6	0,6	0,31	0,03	1,80
Isoproturon	4.905	2	0	1.046	2	0,2			0,03	0,03	0,05
Lenacil	3.387	7	0	948	2	0,2			0,04	0,04	0,08
Maleinhydrazid	2.131	8	3	853	8	0,9	3	0,4	0,08	0,03	0,25
MCPA	7.205	43	15	1.117	14	1,3	2	0,2	0,13	0,01	1,60
Mechlorprop	7.227	105	44	1.117	36	3,2	7	0,6	0,18	0,03	2,51
Metamitron	4.545	2	0	1.023	2	0,2			0,03	0,03	0,04
Metribuzin	3.744	34	6	978	16	1,6	5	0,5	0,08	0,05	0,49
Metsulfuron methyl	3.197	2	0	933	2	0,2			0,03	0,03	0,03

Grundvandsover- vågning 1993-2002	Analyser			Indtag					Koncentration		
	antal	med fund	fund	med analyse	med fund	fund	m. fund	%	Gnst.	Median	Max.
		≥0,1µg/l	antal	antal	antal	antal					
Pendimethalin	4.588	16	1	1 023	16	1,6	1	0,1	0,54	0,02	8,39
Propiconazol	3.720	3	0	978	3	0,3			0,02	0,02	0,03
Simazin	7.221	61	6	1.117	23	2,1	4	0,4	0,05	0,03	0,51
Simazin, hydroxy	2.451	1	0	888	1	0,1			0,01	0,01	0,01
Terbuthylazin, desethyl-	3.290	7	0	946	7	0,7			0,03	0,02	0,10
Terbuthylazin	4.851	19	0	1.044	17	1,6			0,03	0,02	0,07
Terbutylazin, hydroxy-	60	1	0	53	1	1,9			0,01	0,01	0,01
Triadimenol	387	1	0	201	1	0,5			0,01	0,01	0,01
Trichloreddikesyre	1.900	10	2	827	10	1,2	2	0,2	0,08	0,04	0,40
2CPA	61			60							
2C6MPP	3			2							
2-6 MCPA	17			15							
2-(2,6-dichlorphenoxy)- propionsyre	3			2							
2,4,5-T	203			69							
Bromacil	25			25							
Chlordan	25			25							
Dieldrin	25			25							
Endrin	25			25							
Heptachlor	25			25							
Heptachlorepoxyd	25			25							
Hexachlorbenzen	25			25							
Gamma Lindan (HCH)	25			25							
Malathion	25			25							
Terbacil	25			25							
Aldrin	25			25							
Benazolin-ethyl	184			70							
Bromophos	33			30							
Bromophos-ethyl	25			25							
Carbofenotion	25			25							
Chlorfenvinphos	25			25							
Cycloat	25			25							
2,4-DB	165			64							
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	199			66							
Dicamba	393			203							
Endosulfan, alpha	25			25							
Endosulfan, beta	25			25							
Esfenvalerat	25			25							
Fenitrothion	25			25							
Fenvalerat	25			25							
Flamprop-M-isopropyl	6			6							
Fluazifop	187			72							

Grundvandsover- vågning 1993-2002	Analyser				Indtag		Koncentration			
	antal	med fund	fund	med analyse	med fund	%	m.fund	Gnst.	Median	Max.
		antal	≥0,1µg/l	antal	antal		≥0,1µg/l			
Fluaziprop-butyl	170			158						
Fonofos	25			25						
HCH-alfa	25			25						
HCH-beta	25			25						
HCH-delta	25			25						
Heptenophos	3			3						
Ioxynil	3.732			978						
Linuron	1.166			547						
MCPB	200			67						
Metazachlor	393			251						
Methabenzthiazuron	359			202						
Metolachlor	25			25						
Mirex	25			25						
Parathion	228			177						
Parathion-methyl	25			25						
Phenmedipham	90			90						
Pirimicarb	3.649			961						
Prochloraz	217			94						
Prometryn	29			29						
Propazin	153			144						
Propyzamid	410			206						
Sebutylazin	91			91						
Thifensulfuron methy	12			11						
Triasulfuron	12			11						
Trifluralin	3			2						
Methomyl	52			45						
2,6-D	174			65						
Flamprop	174			65						
Chlorpyrifos	199			66						
2-M-6-CPA	174			65						
2-M-4,6-DCPA	174			65						
2-M-4,6-DCPP	174			65						
2,3,6-TCBA	174			65						
Dinoterb	174			65						
Aldicarb	25			25						
Alachlor	292			192						
2,4,5-trichlorphenol	34			30						
Omethoat	93			53						
T, 2,4,5-	2			1						

Bilag 5.2 Pesticider og nedbrydningsprodukter i landovervågningen 1993-2002.

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. Der er kun medtaget analyser indberettet til GEUS' database Jupiter.

Landovervågning 1993-2002	Analyser			Indtag				Koncentration			
	antal	med fund	fund $\geq 0,1\mu\text{g/l}$	med analyse	med fund	%	med fund	fund $\geq 0,1\mu\text{g/l}$	Gnst.	Median	Max.
		antal	antal	antal	antal		antal	antal	%	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$
4-Nitrophenol	375	24	2	54	19	35,2	2	3,7	0,046	0,025	0,31
DEIA	331	70	18	43	14	32,6	5	11,6	0,125	0,034	1,7
Atrazin, deisopropyl-	715	75	19	94	20	21,3	8	8,5	0,079	0,028	0,45
Bentazon	784	59	1	103	21	20,4	1	1,0	0,020	0,010	0,19
AMPA	405	25	14	58	11	19,0	6	10,3	0,130	0,075	0,7
Glyphosat	408	20	11	58	9	15,5	7	12,1	0,380	0,130	2,6
Atrazin, deethyl-	738	84	13	100	15	15,0	2	2,0	0,047	0,020	0,219
Terbutylazin, deethyl-	413	14	5	57	6	10,5	1	1,8	0,285	0,023	2,1
Metamitron	697	17		95	10	10,5			0,009	0,005	0,032
Mechlorprop	1.005	23		118	12	10,2			0,024	0,014	0,083
MCPA	1.009	17		118	11	9,3			0,023	0,021	0,07
Isoproturon	802	28	4	103	9	8,7	3	2,9	0,086	0,023	1,07
Atrazin, hydroxy-	581	13		77	6	7,8			0,019	0,017	0,03
2,6-Dichlorbenzamid (BAM)	649	24	2	91	7	7,7	1	1,1	0,047	0,030	0,13
4CCP	20	1		13	1	7,7			0,066	0,066	0,066
Atrazin	1.017	59	3	118	8	6,8	2	1,7	0,033	0,019	0,121
Dichlorprop	1.009	10		118	8	6,8			0,015	0,014	0,038
Trichloreddikesyre	213	2	1	30	2	6,7	1	3,3	0,092	0,092	0,17
Maleinhydrazid	173	2		37	2	5,4			0,020	0,020	0,03
DNOC	1.005	7	1	118	6	5,1	1	0,8	0,036	0,016	0,1
Metribuzin	488	3		63	3	4,8			0,030	0,019	0,06
Pirimicarb	491	3		65	3	4,6			0,012	0,006	0,023
2,4-D	974	5	1	111	5	4,5	1	0,9	0,044	0,016	0,124
Propyzamid	86	1	1	23	1	4,3	1	4,3	0,113	0,113	0,113
Hexazinon	662	3		77	3	3,9			0,038	0,040	0,067
Dinoseb	1.005	4	1	118	4	3,4	1	0,8	0,035	0,007	0,12
Pendimethalin	568	3		67	2	3,0			0,025	0,025	0,04
Diuron	565	2		77	2	2,6			0,013	0,013	0,015
Simazin	1.004	33		118	3	2,5			0,030	0,030	0,05
Cyanazin	732	2		99	2	2,0			0,022	0,022	0,024
Lenacil	414	1		54	1	1,9			0,030	0,030	0,03
Ethofumesat	466	2	1	56	1	1,8	1	1,8	39,012	39,012	78
Bromoxynil	489	1		65	1	1,5			0,050	0,050	0,05
Terbutylazin	698	8	5	99	1	1,0	1	1,0	0,268	0,108	1,4
Carbofuran	685	1		100	1	1,0			0,030	0,030	0,03
2,3,6-TCBA	55			9							
2,4,5-T	55			9							
2,4,5-trichlorphenol	5			5							
2,4-DB	79			23							

Landovervågning 1993-2002	Analyser			Indtag				Koncentration				
	med fund	fund $\geq 0,1\mu\text{g/l}$	med analyse	med fund	fund	%	med fund $\geq 0,1\mu\text{g/l}$	med fund	Gnst.	Median	Max.	
	antal	antal	antal	antal	antal	%	antal	%	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	
2,6-D	55			9								
2,6-D CPP	102			34								
2,6-dichlorebnzosyre	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-	440			60								
Chloridazon	503			74								
Chlorpyrifos	58			9								
Chlorsulfuron	396			55								
Clopyralid	59			10								
Cypermethrin	5			5								
Dalapon	275			40								
Diazinon	58			9								
Dicamba	83			23								
Dichlobenil	531			66								
Dimethoat	678			91								
Dinoterb	75			22								
Ethylentiurea	383			43								
Fenpropimorph	469			59								
Flamprop	72			20								
Fluazifop	72			20								
Fluazifop-butyl	11			8								
Heptenophos	69			29								
Ioxynil	513			72								
Isoxaben	24			14								
Linuron	229			61								
MCPB	55			9								
Metazachlor	132			54								
Methabenzthiazuron	101			41								
Metsulfuron methyl	396			55								
Omethoat	46			9								
Parathion	28			16								
Phenmedipham	5			5								
Prochloraz	86			23								
Propazin	5			5								
Propiconazol	492			65								
Propoxur	24			14								
Simazin, hydroxy	349			51								
Terbutylazin, hydroxy-	23			14								
Thifensulfuron methyl	17			11								
Triadimenol	86			23								
Triasulfuron	17			11								

Bilag 5.3 Pesticider og nedbrydningsprodukter i vandværksboringer 1993-2002.

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. Der er kun medtaget analyser indberettet til GEUS' database Jupiter.

Vandværksboringer 1993-2002	Analyser			Indtag				Koncentration			
	med fund	fund $\geq 0,1\mu\text{g/l}$	analyse	med fund	fund	%	med fund $\geq 0,1\mu\text{g/l}$	Gnst.	Median	Max.	
	antal	antal	antal	antal	antal	%	antal	%	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$
2,6-Dichlorbenzamid (BAM)	10.968	3.590	828	5.548	1.186	21,4	368	6,6	0,286	0,040	560
Aldicarb	35	2	0	35	2	5,7			0,020	0,020	0,02
4-Nitrophenol	196	5	1	135	5	3,7	1	0,7	0,033	0,015	0,1
Clopyralid	149	6	1	93	3	3,2	1	1,1	0,105	0,078	0,26
DEIA	207	5	0	171	5	2,9			0,032	0,020	0,06
Atrazin	10.992	344	18	5.796	169	2,9	13	0,2	0,039	0,019	1,114
Atrazin, deethyl-	8.149	287	18	5.317	151	2,8	11	0,2	0,038	0,020	0,45
Trichloreddikesyre	37	1		37	1	2,7			0,050	0,050	0,05
4CCP	1.537	95	6	970	25	2,6	4	0,4	0,049	0,026	0,65
Atrazin, deisopropyl-	8.000	202	5	5.255	110	2,1	4	0,1	0,030	0,018	0,34
Ethylenthurea	113	2		96	2	2,1			0,015	0,015	0,02
Mechlorprop	11.213	287	14	5.869	114	1,9	13	0,2	0,138	0,023	26
Simazin, hydroxy-	334	4	1	230	4	1,7	1	0,4	0,088	0,046	0,235
Bentazon	8.109	192	33	5.309	91	1,7	16	0,3	0,065	0,020	1,07
Dichlorprop	11.252	266	27	5.871	99	1,7	12	0,2	0,052	0,018	0,73
Diazinon	76	1		64	1	1,6			0,020	0,020	0,02
Hexazinon	8.330	159	35	5.332	82	1,5	13	0,2	0,056	0,024	0,28
Simazin	11.049	181	6	5.857	87	1,5	3	0,1	0,028	0,016	0,321
Glyphosat	351	4		274	4	1,5			0,018	0,017	0,03
2-(2,6-dichlorphenoxy)-propionsyre	210	5		162	2	1,2			0,031	0,034	0,036
AMPA	376	3	1	296	3	1,0	1	0,3	0,043	0,017	0,1
Terbutylazin, hydroxy-	404	5	1	298	3	1,0	1	0,3	0,054	0,019	0,112
Atrazin, hydroxy-	6.467	45	3	4.461	37	0,8	3	0,1	0,031	0,016	0,22
2,6-DCPP	837	6		657	5	0,8			0,021	0,015	0,033
Dichlobenil	6.564	63	2	4.395	27	0,6	2	0,05	0,030	0,020	1,1
2,4,5-trichlorphenol	205	1		171	1	0,6			0,025	0,025	0,025
2C6MPP	206	1		182	1	0,5			0,040	0,040	0,04
Fenpropimorph	764	3		553	3	0,5			0,067	0,081	0,085
Pendimethalin	7.742	28	1	5.234	26	0,5	1	0,02	0,032	0,014	0,327
MCPA	11.054	71	9	5.867	28	0,5	5	0,1	0,054	0,027	0,56
Chlorsulfuron	286	1		216	1	0,5			0,010	0,010	0,01
2CCP	275	1		240	1	0,4			0,012	0,012	0,012
Isoproturon	7.888	31		5.257	21	0,4			0,020	0,013	0,061
Diuron	4.161	14	1	3.024	12	0,4	1	0,03	0,049	0,017	0,46
Terbutylazin, deethyl-	393	1		287	1	0,3			0,010	0,010	0,01
Terbutylazin	7.690	14		5.193	13	0,3			0,015	0,010	0,05
2,4-D	10.788	29	1	5.812	13	0,2	1	0,02	0,035	0,016	0,375
Alachlor	580	1		467	1	0,2			0,010	0,010	0,01
Cyanazin	7.942	11	1	5.301	11	0,2	1	0,02	0,039	0,025	0,182
Dinoseb	10.955	12		5.848	12	0,2			0,009	0,006	0,05

Vandværksboringer 1993-2002	Analyser			Indtag				Koncentration		
	med fund	fund ≥0,1µg/l	med analyse	med fund	fund %	med fund ≥0,1µg/l	Gnst.	Median	Max.	
	antal	antal	antal	antal	antal	antal	µg/l	µg/l	µg/l	
DNOC	10.970	15	5.850	11	0,2		0,032	0,028	0,095	
Propyzamid	813	1	600	1	0,2		0,015	0,015	0,015	
Linuron	4.084	4	2.974	4	0,1	1	0,03	0,085	0,241	
Dimethoat	7.820	6	5.268	6	0,1		0,015	0,014	0,023	
Metamitron	7.764	4	5.256	4	0,1		0,033	0,021	0,079	
2,3,6-TBA	41		35							
2,3,6-TCBA	66		64							
2,4,5-T	473		351							
2,4-DB	90		88							
2,6-D	93		76							
2CPA	171		161							
2-M-4,6-DCPA	99		77							
2-M-4,6-DCPP	101		79							
2-M-6-CPA	100		78							
2-Nitrophenol	6		6							
Aldrin	70		26							
Azinphos-ethyl	70		26							
Azinphos-methyl	76		32							
Benazolin	29		15							
Benazolin-ethyl	136		112							
Bromacil	66		52							
Bromoxynil	811		586							
Carbofuran	1.650		1.258							
Carbofuran, hydroxy-	357		268							
Chlorfenvinphos	7		7							
Chloridazon	1.011		711							
Chlorpyrifos	76		64							
Dalapon	49		46							
DDE (sum o,p'+p,p')	47		20							
DDE, o,p'-	47		20							
DDT (sum o,p'+p,p')	49		22							
DDT, o,p'-	47		20							
Desmedipham	29		17							
Dibenzofuran	2		2							
Dicamba	669		521							
Dichlorvos	72		30							
Dieldrin	77		33							
Diflufenican	5		3							
Dinoterb	88		86							
Endosulfan	32		32							
Endosulfan, alpha	47		20							
Endosulfan, beta	47		20							
Endosulfansulfat	7		7							
Endrin	70		26							
Esfenvalerat	56		28							
Ethofumesat	558		393							
Fenitrothion	70		26							
Fenvalerat	7		7							

Vandværksboringer 1993-2002	Analyser		Indtag				Koncentration			
	med fund	fund $\geq 0,1\mu\text{g/l}$	med analyse	med fund	fund	med fund $\geq 0,1\mu\text{g/l}$	Gnst.	Median	Max.	
	antal	antal	antal	antal	%	antal	%	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$
Flamprop	117		88							
Flamprop-M-isopropyl	70		57							
Fluazifop	119		88							
Fluazifop-butyl	259		239							
Fluazifop-p-butyl	76		41							
Fluroxypyr	20		20							
Gamma Lindan (HCH)	78		34							
Hexachlorbenzen	31		19							
Imazalil	16		15							
Ioxynil	849		620							
Isodrin	70		26							
Isoxaben	16		16							
Lenacil	398		290							
Malathion	1		1							
Malathion	103		44							
Maleinhydrazid	29		29							
MCPB	101		77							
mercaptodimethur	7		7							
Metazachlor	603		437							
Methabenzthiazuron	687		456							
Methomyl	119		119							
Metoxuron	95		36							
Metribuzin	741		523							
Metsulfuron methyl	277		206							
Mevinphos	56		27							
Omethoat	96		69							
Parathion	122		68							
Parathion-methyl	70		26							
Permethrin	7		7							
Phenmedipham	281		243							
Pirimicarb	814		586							
Pirimicarb- demethyl	29		17							
Prochloraz	332		215							
Prometon	3		2							
Prometryn	3		3							
Propachlor	96		37							
Propazin	395		338							
Propiconazol	879		642							
Propoxur	24		24							
Prosulfocarb	5		3							
Tetrasul	7		7							
Thifensulfuron methyl	25		10							
Triadimefon	2		2							
Triadimenol	397		297							
Tri-allat	2		2							
Trifluralin	322		208							

Bilag 5.4 Pesticider og nedbrydningsprodukter i andre boringer 1993-2002.

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. Der er kun medtaget analyser indberettet til GEUS' database Jupiter.

Andre boringer 1993-2002	Analyser			Indtag				Koncentration			
	med fund	fund ≥0,1µg/l	med analyse	med fund	fund %	med fund	fund %	Gnst.	Median	Max.	
	antal	antal	antal	antal	antal	antal	antal	µg/l	µg/l	µg/l	
2,6-Dichlorbenzamid (BAM)	2.101	756	475	1.283	467	36,4	294	22,9	1,054	0,150	260
Sulfotep	30	5	5	14	3	21,4	3	21,4	0,460	0,520	0,8
Atrazin, deisopropyl-	1.829	283	78	1.130	183	16,2	51	4,5	0,138	0,045	3,8
Atrazin, deethyl-	1.858	262	79	1.147	168	14,6	53	4,6	0,138	0,044	3,8
2CCP	34	12		21	3	14,3			0,039	0,031	0,096
Atrazin	2.677	338	110	1.759	214	12,2	77	4,4	0,133	0,045	2,1
Atrazin, deethylisopropyl- (DEIA)	56	6		52	6	11,5			0,032	0,032	0,052
2C6MPP	31	7		18	2	11,1			0,028	0,024	0,06
Simazin	2.663	247	44	1.756	181	10,3	30	1,7	0,080	0,026	1,4
2,6-D CPP	97	13	5	78	7	9,0	5	6,4	4,697	0,058	60
AMP A	739	76	24	690	54	7,8	21	3,0	0,237	0,042	5,7
2,4,5-trichlorphenol	16	1	1	13	1	7,7	1	7,7	0,550	0,550	0,55
Terbutylazin, deethyl-	1.296	71	11	695	48	6,9	9	1,3	0,086	0,028	1,6
Glyphosat	744	54	9	693	42	6,1	8	1,2	0,202	0,028	5,3
Bentazon	1.857	86	36	1.147	55	4,8	21	1,8	0,482	0,051	9,8
Diuron	1.600	67	16	954	44	4,6	10	1,0	0,125	0,027	1,2
Dichlobenil	1.851	59	11	1.162	46	4,0	8	0,7	0,192	0,028	2,8
2,3,6-TCBA	29	1		29	1	3,4			0,050	0,050	0,05
Mechlorprop	2.650	84	36	1.751	56	3,2	23	1,3	0,474	0,053	11
Dichlorprop	2.657	92	51	1.753	54	3,1	33	1,9	0,741	0,134	9,2
Terbutylazin	1.827	48	7	1.131	34	3,0	6	0,5	0,059	0,032	0,29
Dinoterb	36	1		34	1	2,9			0,020	0,020	0,02
Hexazinon	1.884	46	23	1.171	28	2,4	12	1,0	0,311	0,061	3
4CCP	1.330	30	22	712	16	2,2	10	1,4	1,787	0,255	34
Ethylentiurea	691	18	5	671	14	2,1	5	0,7	0,186	0,044	1,3
MCPA	2.647	25	4	1.751	21	1,2	3	0,2	0,176	0,025	2,7
Isoproturon	1.824	14	1	1.130	12	1,1	1	0,1	0,039	0,020	0,15
DNOC	2.633	13	1	1.741	13	0,7	1	0,1	0,050	0,032	0,18
Metribuzin	156	1		141	1	0,7			0,020	0,020	0,02
2,4-D	2.595	13	1	1.715	12	0,7	1	0,1	0,069	0,058	0,33
Metamitron	1.746	8	1	1.067	7	0,7	1	0,1	0,062	0,045	0,21
Propiconazol	196	1		174	1	0,6			0,020	0,020	0,02
Dinoseb	2.636	10	4	1.745	9	0,5	3	0,2	0,155	0,074	0,61
Metsulfuron methyl	1.281	2	1	683	2	0,3	1	0,1	0,077	0,077	0,11
Atrazin, hydroxy-	418	1		346	1	0,3			0,015	0,015	0,015
Carbofuran	456	1		385	1	0,3			0,040	0,040	0,04
Pendimethalin	1.797	2		1.111	2	0,2			0,042	0,042	0,054
Dimethoat	1.803	4	2	1.118	2	0,2	1	0,1	1,975	1,058	5,7
Cyanazin	1.821	2		1.129	2	0,2			0,033	0,033	0,055

Andre borerger 1993-2002	Analyser			Indtag				Koncentration			
	med fund	fund	med fund	med fund	fund	med fund	med fund	Gnst.	Median	Max.	
	antal	antal	antal	antal	antal	%	antal	%	µg/l	µg/l	µg/l
2,4,5-T	74			64							
2,4-DB	9			7							
2,6-D	29			29							
2,6-dichlorebnzosyre	29			29							
2-6 MCPA	3			3							
2-M-4,6-DCPA	29			29							
2-M-4,6-DCPP	29			29							
2-M-6- CPA	29			29							
2-Nitrophenol	5			5							
4-Nitrophenol	52			49							
Alachlor	97			92							
Benazolin-ethyl	58			56							
Bromophos	40			40							
Bromoxynil	175			160							
Carbofuran, hydroxy	56			55							
Chloridazon	168			151							
Chlorpyrifos	49			49							
Chlorsulfuron	60			57							
Clopyralid	41			39							
Dalapon	51			50							
Diazinon	65			64							
Dicamba	92			88							
Esfenvalerat	34			34							
Ethofumesat	142			125							
Fenpropimorph	163			149							
Flamprop	29			29							
Fluazifop	40			38							
Fluazifop-butyl	34			33							
Ioxynil	190			173							
Lenacil	90			77							
Linuron	333			288							
Maleinhydrazid	9			9							
MCPB	55			53							
Metazachlor	93			88							
Methabenzthiazuron	69			67							
Ome thoat	3			3							
Parathion	43			39							
Phen med ipham	47			44							
Pirimicarb	191			169							
Prochloraz	50			49							
Propazin	49			47							
Propyzamid	127			118							
Simazin, hydroxy	23			20							
Terbutylazin, hydroxy	7			6							
Triadimefon	12			10							
Triadimenol	92			83							
Tri-allat	7			5							
Trichloreddikesyre	19			19							

Bilag 6.1 Vandindvinding i 2001 fordelt på 10 kategorier

Indvinding 2002	Offentlige almene vandværker	Private almene vandværker	Små ikke almene anlæg (1-9 husstande)	Institutioner med egen indvinding	Erhverv og industri m.v.	Markvanding og gartneri og sportsanlæg m.v.	Dambrug	Grundvands-sænkninger	Afværgeboringer	Anden indvinding	Total grundvands-indvinding	Overfladevand
	mio. m ³ /år											
Københavns og Fr.berg kommuner	1.819	0	0	0.002	0.031	0	0	2.629	0.055	0	4.536	i.o.
Københavns Amt ¹⁾	35.364	0.526	0.126	0.035	0.374	0.053	0	1.086	5.388	0.006	42.958	0.002
Frederiksborg Amt ²⁾	28.675	10.955	0.500	0.001	0.337	0.898	0	0.003	0.975	0	42.344	0
Roskilde Amt ³⁾	28.500	8.600	0.520	0.180	2.410	0.580	0	0.996	1.200	1.130	44.116	0.038
Vestsjællands Amt ⁴⁾	20.438	12.175	0.176	0.043	1.380	0.778	0.002	0.427	0.080	0.065	35.564	5.459
Storstrøms Amt ⁵⁾	8.119	9.906	0.128	i.o.	2.125	0.885	i.o.	i.o.	0.174	0.009	21.346	2.546
Bornholm Amt	2.943	0.885	i.o.	i.o.	0.020	0.036	i.o.	i.o.	i.o.	i.o.	3.884	0.230
Fyns Amt ⁵⁾	17.892	14.717	3.712	0.024	4.440	0.403	i.o.	0.149	1.014	0.024	42.375	1.008
Sønderjyllands Amt ⁵⁾	8.264	11.659	0.101	0.078	3.172	12.771	0.021	0.327	i.o.	1.092	37.485	0.096
Ribe Amt	12.394	8.426	i.o.	0.020	5.063	21.570	7.780	0.393	0.021	0.097	55.764	0.274
Vejle Amt	17.500	10.800	4.090	0.110	11.220	6.460	8.991	i.o.	i.o.	0.090	59.261	0.117
Ringkjøbing Amt	19.177	10.756	0.020	0.053	5.775	60.654	2.799	i.o.	i.o.	0.017	99.251	2.776
Århus Amt	26.932	20.291	0.417	0.029	3.632	4.493	0.199	i.o.	i.o.	0.389	56.382	0.828
Viborg Amt	10.876	9.939	0.195	0.250	2.371	4.715	1.545	0.621	0.569	0.567	31.648	0.354
Nordjyllands Amt	18.591	22.539	0.221	0.097	12.315	2.592	19.396	0.013	i.o.	0.040	75.804	0.133
Hele landet	257.484	152.174	10.206	0.922	54.665	116.888	40.733	6.644	9.476	3.526	652.718	13.861

1) Eksport til Københavns Energi 19.4 mio. m³

2) Eksport til Københavns Energi, Gentofte og Lyngby-Taarbæk kommuner: 18.3 mio. m³

3) Eksport til Københavns Energi: 22.6 mio. m³

4) Eksport til Københavns Energi og Næstved Vandforsyning: 8.1 mio. m³ (heraf 1,5 mio. m³ overfladevand)

5) Primært baseret på STANDA indberetninger for 2002

i.o. = ingen oplysninger