

GRUNDVANDSOVERVÅGNING 1999



DANMARKS OG GRØNLANDS GEOLOGISKE UNDERSØGELSE
MILJØ- OG ENERGIMINISTERIET




G E U S

GRUNDVANDSOVERVÅGNING 1999




G E U S

**DANMARKS OG GRØNLANDS GEOLOGISKE UNDERSØGELSE
MILJØ- OG ENERGIMINISTERIET**

Særudgivelse

Redaktør: Jens Stockmarr

Tegning: Forfattere og Annabeth Andersen

Omslag og foto: Peter Moors og Kristian Kloth

Oplag: 800

Dato: 1. december 1999

ISBN 87-7871-073-1

Pris: kr. 160, - inkl. moms

© **Miljø- og Energiministeriet**

Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, GEUS

Thoravej 8,

DK-2400 København NV

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
GRUNDVANDETS HOVEDBESTANDDELE	13
Nitrat	13
<i>Nitratudvikling i grundvandsovervågningsområderne</i>	<i>14</i>
<i>Nitrat og datering af grundvandet</i>	<i>17</i>
<i>Sammenhæng mellem varierende grundvandskemi og varierende grundvandsspejl</i>	<i>19</i>
<i>Nitrat i vandværkernes boringskontrol</i>	<i>21</i>
<i>Amternes status over grundvandets indhold af nitrat</i>	<i>24</i>
<i>Sammenfatning om nitrat</i>	<i>25</i>
Fosfor	25
<i>Udviklingen i grundvandets indhold af fosfor</i>	<i>25</i>
<i>Amternes status over grundvandets indhold af fosfor</i>	<i>26</i>
<i>Sammenfatning om fosfor</i>	<i>28</i>
UORGANISKE SPORSTOFFER	29
Grundvandsovervågning	29
<i>Overskridelser af grænseværdien for drikkevand i grundvandsovervågningen</i>	<i>30</i>
Vandværkernes boringskontrol	31
<i>Overskridelser af grænseværdien for drikkevand i vandforsyningsboringer</i>	<i>32</i>
Genfund af uorganiske sporstoffer i grundvandsovervågningen	33
Uorganiske sporstoffer i landovervågningens grundvandsfiltre	33
ORGANISKE MIKROFORURENINGER	35
Grundvandsovervågning	35
Vandværkernes boringskontrol	39
Sammendrag om organiske mikroforureninger	46

PESTICIDER OG NEDBRYDNINGSPRODUKTER	47
Pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandsovervågningen	47
Fund af glyphosat og AMPA	51
Pesticider og nedbrydningsprodukter i landovervågningen	56
<i>Pesticider og nedbrydningsprodukter i drænvand og grundvand i LOOP 4</i>	<i>58</i>
Vandværkernes boringskontrol	61
BAM – 2,6-dichlorbenzamid	66
Sammendrag om pesticider og nedbrydningsprodukter	68
DATERING AF GRUNDVAND	71
CFC-metoden	71
Analyseteknik	73
Datering af grundvand i overvågningsområderne ved hjælp af CFC-metoden	74
CFC-Alder af grundvand i forskellige miljøer og dybder	76
Variation af nitratindhold i ungt grundvand	81
Variation af nitrat over længere tidsrum	83
Pesticider og alder af grundvand	85
Sammenfatning om CFC-datering	85
GRUNDVANDSRESSOURCER	87
Grundvandsindvinding i 1998	87
Grundvandspejlinger	90
GEOLOGISK MODELLERING	93
Modelbeskrivelse	95
LITTERATUR	97
BILAG	99

Forord

Nærværende rapport præsenterer resultater og konklusioner om grundvandets tilstand, 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 'Nationalt program for overvågningen af vandmiljøet 1998 – 2003, NOVA 2003' (Miljøstyrelsen i tryk). Programmet er godkendt af 'Aftaleudvalget for det nationale program for overvågningen af vandmiljøet', der består af repræsentanter for amter, hovedstadskommuner, GEUS, DMU, Skov- og Naturstyrelsen og Miljøstyrelsen.

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

De indrapporterede data og amternes rapporter danner 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
Pesticider og nedbrydningsprodukter	Walter Brüsich og Gitte Felding
Datering af grundvand	Troels Laier
Vandindvinding	Hans Jørgen Henriksen og Per Rasmussen
Geologisk modellering	Martin Hansen

Lærke Thorling, Århus Amt, har skrevet om sammenhængen mellem variationer i grundvandskemi og i grundvandsspejl i kapitlet om Grundvandets Hovedbestanddele.

Projektgruppen, der står bag databearbejdning og rapportering, består endvidere af Annabeth Andersen, Poul Merkelsen, Birgit Ahlgren Pedersen, Frants von Platen og Jens Stockmarr.

En foreløbig version af rapporten har været udsendt til kommentering i amterne, Københavns og Frederiksberg Kommune, Miljøstyrelsen og Danske Vandværkers Forening. Kommentarerne har været til god hjælp og er blevet anvendt i forbindelse med udarbejdelsen af den endelige rapport.

Sammenfatning

Grundvandsovervågningen bygger på oplysninger fra grundvandsovervågningsområder, landovervågningsoplande og vandværkernes boringskontrol, som tilsammen giver os et omfattende kvalitativt billede af grundvandets kemi og forureningstilstand.

Omkring 60% af overvågningsboringerne og 66% af vandforsyningsboringerne, indeholder ikke **nitrat** over den anvendte detektionsgrænsen på 1 mg/l. 25% af overvågningsboringerne indeholder mere nitrat end den vejledende grænseværdi for drikkevand på 25 mg/l og 17% mere end tilladeligt i drikkevand (50 mg/l). Tilsvarende indeholder 9% af vandforsyningsboringerne nitratkoncentrationer over 25 mg/l og 3% over 50 mg/l. Det lavere tal for vandforsyningsboringer skyldes, at mange vandforsyningsboringer med højt nitratindhold er blevet lukket. I nogle vandforsyningsboringer sker der også en opblanding af grundvandet i selve boringen på grund af lange filtre med indtag af grundvand fra forskellige dybder. Endelig er vandforsyningsboringer gennemsnitligt lidt dybere end overvågningsboringer.

Den generelle vurdering af nitratindholdet i grundvandet er fortsat, at der ikke kan konstateres noget væsentligt ændret nitratindhold siden vedtagelsen af Vandmiljøplanen. Dette kan dog heller ikke forventes, fordi dateringer på grundlag af grundvandets indhold af CFC-gasser antyder, at langt det meste af det overvågede grundvand der indeholder nitrat er dannet i perioden 1960 – 1990 og dermed stort set ældre end vandmiljøplanens vedtagelse i 1987.

I det øverste og mest terrænnære grundvand synes ændringer i grundvandets indhold af bl.a. nitrat at hænge sammen med variationer over året i grundvandsspejlet og dermed variationer i nedsivningen til grundvandsmagasinerne. Det er således vanskeligt at afgøre hvornår et mindre fald i nitratkoncentrationen kan tilskrives formindsket kvælstoftab fra landbrugsjorder og hvornår det skyldes variationer i nedsivningens størrelse.

I flere dele af landet måles et geologisk betinget **fosforindhold**, der er over grænseværdien for drikkevand på 0,15 mg/l. Dette er især i de dybere grundvandsmagasiner, hvor grundvandets sammensætning er præget af marine aflejringer. De relative høje fosforindhold giver dog ingen problemer for drikkevandskvaliteten, da fosfor normalt fjernes ved almindelig vandbehandling på vandværkerne. I enkelte terrænnære filtre i overvågningsområderne er der konstateret et forhøjet fosforindhold, som kan skyldes overfladeforurening.

Nikkel og zink er fundet i grundvandet i koncentrationer, der overskrider det højst tilladelige for drikkevand i 4% af overvågningsfiltrene. Begge stoffer formodes hovedsagelig at være frigivet fra sedimenterne på grund af sænkning af grundvandsspejlet. **Aluminium** er fundet i koncentrationer over det højst tilladte for drikkevand i 9% af overvågningsfiltrene, men en væsentlig del af de høje værdier skyldes antagelig forurening af vandprøverne med fint sediment.

Analyse for zink indgår normalt ikke i vandværkernes boringskontrol. I vandværker med vandbehandling må det antages, at zink og andre uorganiske sporstoffer i væsentlig grad tilbageholdes i okkerslammet i vandværkernes sandfiltre.

Blandt de **organiske mikroforureninger** i overvågningsfiltrene er de tre stofgrupper, klorerede kulbrinter, aromatiske kulbrinter og phenol er fundet i henholdsvis 14, 23 og 11%. I vandværksboringer er de tre stofgrupper, fundet i henholdsvis 21, 14 og 8%.

Udbredelsen af anionaktive **detergenter** udgør et specielt problem der behøver yderligere undersøgelser, idet disse stoffer er fundet i 87% af overvågningsfiltrene og i 62% af vandværksboringerne. Det er vigtigt at få afklaret, om de mange fund dækker et betydeligt forureningsproblem, eller om der er problemer med analysemetoderne. Ca. 90% af analysesultaterne ligger under 1/10 af grænseværdien for drikkevand på 100 µg/l anioniske detergenter og den er ikke overskredet.

Der er siden 1990 fundet **pesticider eller nedbrydningsprodukter** i 30% af de undersøgte overvågningsfiltre, og grænseværdien for drikkevand på 0,1 µg/l er overskredet i 10% af filtrene. De tilsvarende tal for 1998 er henholdsvis 29 og 8%. I alt er der nu fundet 35 pesticider og nedbrydningsprodukter.

I de fem **landovervågningsoplunde** med boringer til 1,5-5 meters dybde er der fundet pesticider og nedbrydningsprodukter i 46% af de undersøgte filtre og grænseværdien for drikkevand er overskredet i 10% af filtrene. Ved tilsvarende undersøgelser af **drænvand** er der naturligt nok fundet et lignende antal pesticider og nedbrydningsprodukter.

I **terrænnært grundvand**, i intervallet 0-20 meter under terræn, er der fundet pesticider og nedbrydningsprodukter i mere end 35% af de undersøgte overvågningsfiltre og vandforsyningsboringer og grænseværdien for drikkevand er overskredet i knap 20%. Med stigende dybde forekommer pesticiderne mindre hyppigt, men der er fundet pesticider og nedbrydningsprodukter ned til over 100 meters dybde.

I **vandværkernes boringskontrol** er der fundet pesticider og nedbrydningsprodukter i 1.282 boringer ud af 5.643 undersøgte boringer, svarende til 23%. Grænseværdien for drikkevand på 0,1 µg/l var overskredet i 504 boringer svarende til 9%. Indvindingsboringerne er undersøgt for et stort og varierende antal pesticider og nedbrydningsprodukter, hvoraf der er fundet 56.

Nedbrydningsproduktet 2,6-dichlorbenzamid, kaldet **BAM**, er det hyppigst fundne stof. BAM er fundet i 26% af vandforsyningsboringerne og grænseværdien for drikkevand er overskredet i 11% af de undersøgte boringer. I landovervågningen er der ikke fundet meget BAM hvilket kunne indikere at forureningen med BAM ikke er et landbrugsfænomen, men skyldes sprøjtning i bynær bebyggelse, langs veje og jernbaner og på gårdspladser.

Triaziner og nedbrydningsprodukter er en anden gruppe der er fundet i grundvandet i endnu større mængder end BAM, men med en lidt anden forekomst idet disse stoffer er fundet meget hyppigt i landbrugsområder. I landovervågningsoplundene udgør triaziner og deres nedbrydningsprodukter næsten halvdelen af alle fundne pesticider og nedbrydningsprodukter. I enkelte dræn og højtliggende grundvandsboringer er der fundet aktivstoffet glyphosat fra sprøjtemidlet **Round-up**, samt nedbrydningsproduktet AMPA. Der er endnu kun udført analyser i knap 300 boringsfiltre for disse stoffer i grundvandet

Alle pesticider, der er fundet hyppigt i grundvandet, er i dag forbudt, eller stærkt reguleret af Miljøstyrelsen. Men det forhindrer ikke at de og deres nedbrydningsprodukter fortsat og i lang tid fremover vil blive fundet i grundvandet.

Efter et par meget tørre vintre er grundvandsstanden nu igen normal. Samtidig har en meget våd sommer i 1998 medført at **vandindvindingen** var den mindste i mange år. Den samlede vandindvinding på almene vandværker udgjorde i 1998 445 millioner m³ mod 640 millioner m³ i 1989, et fald på 30%. Indvindingen til markvanding var i 1998 på 208 millioner m³ mod 394 millioner m³ i 1997.

English summary

Groundwater monitoring in Denmark is based on information from groundwater monitoring areas, agricultural watersheds and water supply well water control. As a whole they provide the most qualified information on groundwater chemistry and pollution at the national scale.

60% of the line monitoring wells and 66% of the water supply wells contain no **nitrate** (≤ 1 mg/l nitrate). 25% of the monitoring screens have a nitrate concentration above the guide level for drinking water (25 mg/l) and 17% are above the maximum admissible concentration (MAC) for drinking water. Groundwater from 9% of the water supply wells has a nitrate concentration above the guide level for drinking water and 3% are above the MAC level. The low number of water supply wells with a high nitrate concentration is due to several reasons. Many wells with a high nitrate concentration have already been closed. Some water supply wells have long screened sections and mixing of groundwater with and without nitrate occurs within the well. Finally, water supply wells are generally screened at a greater depth than monitoring wells.

The general opinion is still that the content of nitrate in the groundwater has not changed significantly since the approval of the Action Plan for the Aquatic Environment in 1987. This is however not to be expected, as CFC age-dating indicates that the majority of the groundwater containing nitrate was infiltrated in the period from 1960 to 1990. In consequence, most of the groundwater sampled is older than the start of the action plan and thus the beneficial impacts of the plan may have yet to be recognised. Changes in the content of e.g. nitrate in shallow groundwater seem to indicate variations in the groundwater potential and thus changes in the groundwater flow regime, rather than direct changes in the load of nutrient on the groundwater. It is therefore difficult to determine whether a decrease in the content of nitrate is due to minor nutrient losses from farmland or to changes in groundwater infiltration.

In many places, a geologically-dependent **phosphorus** content in groundwater above the MAC level in drinking water is found, especially in deep aquifers with marine sediments. However, rather high phosphorus values are normally not a problem to waterworks as phosphorus usually precipitates in the sand filters. A few superficial screens in the monitoring areas show a slightly increased phosphorus content, probably due to pollution from the surface.

Nickel and **Zinc** are found in the groundwater in concentrations above the maximum admissible concentration in 4% of the monitoring screens, respectively. Both are thought to be released from the sediments due to lowering of the groundwater level. **Aluminium** is found in concentrations above the maximum admissible concentration in 9% of the monitoring screens. However, it cannot be excluded that the high values are due to fine sediment contamination of the samples.

Normally, analyses for zinc are not included in the water supply well water control. It is expected that the main part of inorganic trace elements are retained in the ochre sludge of the sand filters of the waterworks.

Chlorinated hydrocarbons, aromatic hydrocarbons and phenols are found in 14, 23 and 11% of the monitoring wells, respectively. These three **organic micro pollutant** groups have been detected in 21, 14 and 8% of control samples from waterworks.

Anion active **detergents** are a special problem that calls for more investigations, as anion active detergents are found in 87% of the monitoring wells and in 62% of the water supply wells. It is important to determine, if the numerous finds are due to a serious pollution problem or due to problems with the analytical methods. 90% of the results are below 1/10 of the MAC level of 100µg/l for anion active detergents in drinking water and the MAC level is not surpassed.

Since 1990 **pesticides and degradation products** have been found in 30% of the investigated monitoring wells, and in 10% above the MAC of 0.1 µg/l for drinking water. The corresponding values for 1998 are 29 and 8% respectively. In total, 35 pesticides and degradation products have been detected in monitoring wells.

In five **agricultural watersheds** with wells screened from 1.5 to 5 meters depth, pesticides and degradation products have been found in 46% of the wells and the MAC value for drinking water was surpassed in 10% of the wells. Obviously, the same number of pesticides and degradation products were also found in corresponding investigations of **drainage water**.

In **shallow groundwater**, in the interval 0 to 20 meters depth, pesticides and degradation products have been found in more than 35% of the investigated monitoring wells and water supply wells, and the MAC level was surpassed in 21% of the wells. Detection of pesticides decreases with increasing depth, but pesticides and degradation products have been found at depths greater than 100 meters.

In the **water supply well water control** pesticides and degradation products have been found in 23% of the analysed wells (1,282 wells out of 5,643 analysed). The MAC level of 0.1 µg/l was surpassed in 9% (504 of these wells). The water supply wells have been analysed for a great number of pesticides and degradation products and 56 have been found.

The degradation product 2,6-dichlorobenzamide (**BAM**) is the most commonly found degradation product. BAM is found in 26% of the water supply wells and the MAC level is surpassed in 11% of the wells. In agricultural watersheds BAM is rarely found, probably due to the fact that BAM pollution is not an agricultural phenomenon, but is caused by spraying in urban areas, along roads and railways and on farmyards.

Triazines and degradation products is another group that has been found in greater amount than BAM, but in different areas, as these compounds are found very commonly in farming areas. In the agricultural watersheds the triazines and their degradation products constitute almost half of all pesticides and degradation products detected.

In a few drain pipes and superficial well screens the active agent glyphosate from **Round-up**, and the degradation product AMPA has been found. Analyses for these compounds have only been conducted in about 300 wells.

All of the pesticides that have been found commonly in the groundwater are currently prohibited or strongly regulated by the Danish Environmental Protection Agency, but that does not hinder that the pesticides and their degradation products still and far in future will be found in groundwater.

Groundwater levels have returned to normal following two very dry winter seasons. A very wet summer in 1998 resulting in the lowest groundwater abstraction rates in many years has furthermore improved the situation. The total water abstraction to common waterworks in 1998 was 445 million m³ and 640 million m³ in 1989, a difference of 30%. Groundwater abstraction for irrigation was 208 million m³ in 1998 compared to 394 million m³ in 1997.

Indledning

Grundvandsovervågning

Den landsdækkende grundvandsovervågning blev 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 basistilførslen til de danske ferske vande.

Nogenlunde jævnt fordelt over landet er der etableret 67 (70) grundvandsovervågningsområder (GRUMO), se figur 1.1, udbygget med ca. 17 overvågningsfiltre fordelt i hovedgrundvandsmagasinet (liniemoniterende boringer), øvre sekundære grundvandsmagasiner (punktmoniterende boringer) og én indvindingsboring (volumenmoniterende boring).

Grundvandsovervågningen omfatter i dag 1.039 filtre, der er egnede til analyse for grundvandets hovedbestanddele. Heraf er 918 filtre egnede til analyse for specielle parameter som uorganiske sporstoffer, pesticider og andre organiske mikroforureninger. Hertil kommer 112 filtre til overvågning af hovedbestanddele i Rabis Bæk området og ca. 60 filtre i fire nye redox-boringer. Sidstnævnte indgår dog endnu ikke i analyseprogrammet. Grundvandsovervågningen omfatter endvidere ca. 100 filtre i grundvandet i de fem (oprindeligt seks) landovervågningsoplande (LOOP), se figur 1.1, hvor bl.a. kvaliteten af det helt nydannede grundvand overvåges.

Vandværkernes boringskontrol

I Miljøministeriets bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg (Miljøministeriet 1988) blev der fra 1. januar 1989 stillet krav om overvågning af det grundvand, der indvindes fra vandværkernes boringer - boringskontrol (Miljøstyrelsen 1990, 1997).

Rapportering af grundvandsovervågningen

Hvert efterår siden 1989 har GEUS udarbejdet en rapport over grundvandsovervågningen. Det er vedtaget, at rapporteringen skal ske efter et standardiseret format, således at rapporteringen bliver overskuelig og ikke for omfattende. Grundvandsovervågning 1995 (GEUS 1995) var ekstraordinært omfattende, idet grundvand var udvalgt som årets tema indenfor vandmiljøplanens overvågningsprogram. Dette års rapport er en standardrapport og den første der rapporterer grundvandsovervågningsprogrammet 1998 – 2003. Det gældende analyseprogram for grundvandsovervågningen i såvel GRUMO som LOOP er beskrevet i NOVA 2003 (Miljøstyrelsen i tryk).

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

I årets rapport betyder *fund* at et analyseresultat er større end eller lig med detektionsgrænsen for det pågældende stof i den pågældende analyse.



Figur 1.1 Grundvandsovervågningsområder (GRUMO ●) og Landovervågningsoplande (LOOP ○) i Danmark fra 1998.

Med igangsætningen af det reviderede overvågningsprogram, NOVA 2003, fra 1. januar 1998, er grundvandsovervågningsområderne Munke Bjergby, Abild og Herning (i parentes) stort set sat i bero. Dog videreføres analyser med et meget begrænset program i et mindre antal filtre i disse 3 områder. Til erstatning er etableret 3 nye grundvandsovervågningsområder, Jyderup Skov, Frøslev og Klosterhede. Landovervågningsoplandet Barslund Bæk er udgået af grundvandsovervågningsprogrammet.

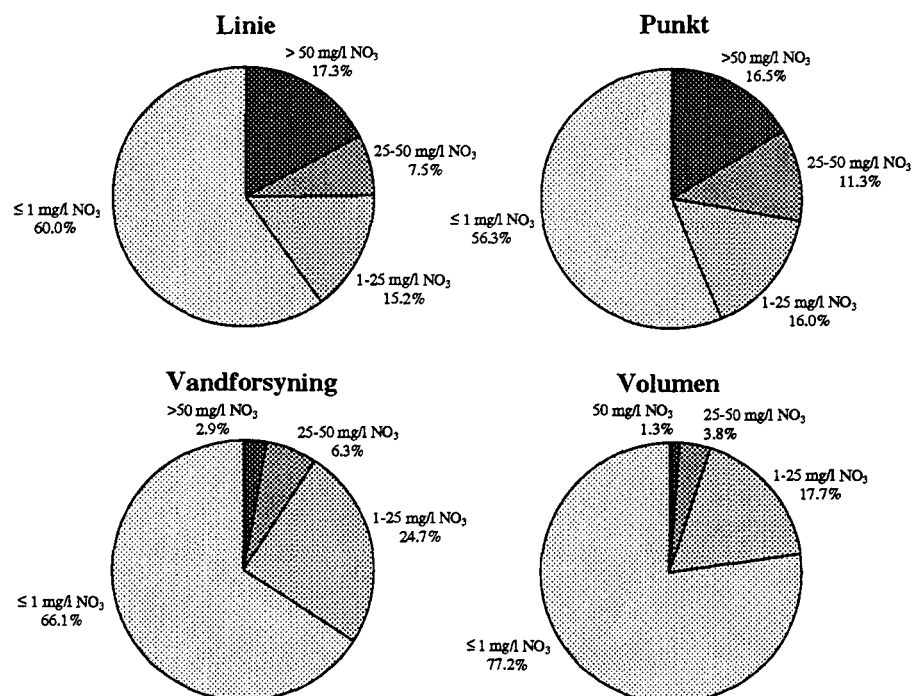
Grundvandets hovedbestanddele

Nitrat

Udviklingen i grundvandets indhold af nitrat

I rapporterne fra 1995-97 (GEUS 1995, GEUS 1996, GEUS 1997) er der kun benyttet nitratdata fra GRUMO filtre, som var analyseret kontinuerligt i perioden 1990-94/-95/-96, men dette princip blev ændret i rapporten fra sidste år (GEUS, 1998), således er data fra alle **aktive** filtre nu blevet benyttet til bedømmelse af udviklingen i grundvandets nitratindhold for hele perioden 1990 til og med 1998. Denne ændring i praksis skyldes, at der ellers vil ske et for stort tab af data i bedømmelsen af nitratudviklingen og at nye GRUMO-boringer ikke kommer med.

Ved vurderingen af nitratanalyserne er kun de filtre/boringer hvis nitratindholds medianværdi for hele perioden er større end 1 mg/l behandlet i dataanalysen af GRUMO-data. Det er således kun filtre/ boringer med nitratbelastet grundvand der er vurderet. Der er benyttet årlige medianværdier, for filtre med mere end én analyse pr år. I alt er 1.086 grundvands-overvågningsfiltre betegnet som aktive og 77 som semiaktive (analyseres ikke hvert år). Der foreligger i 1998 nitratanalyser fra i alt 984 filtre, hvoraf 71 er klassificeret som volumenmoniterende, 677 som liniemoniterende, 223 som punktmoniterende og 13 er ikke klassificeret. Endelig foreligger der nu nitratanalyser fra i alt 8.640 vandforsyningsboringer analyseret i perioden 1990-1998. Fordeling af de fire gruppers filtre/boringer på grundlag af nitratindholdet er vist i figur 2.1. Grænseværdien for nitrat i drikkevand er 50 mg/l NO₃ og den vejledende værdi 25 mg/l NO₃.

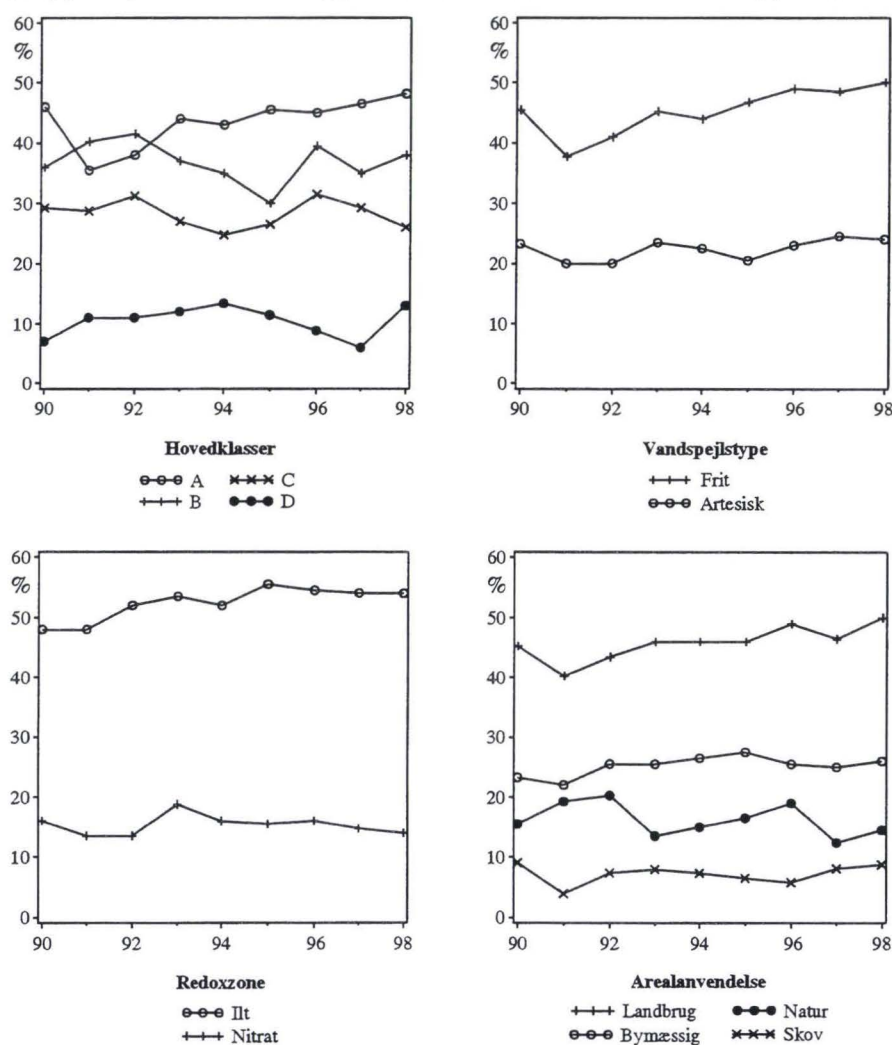


Figur 2.1 Fordeling af volumen-, linie- og punktmoniterende filtre i overvågningsboringer og vandforsyningsboringer efter nitratindhold i mg/l. Medianværdi for 1989 – 1998.

Nitratudvikling i grundvandsovervågningsområderne

Til vurdering af den tidsmæssige udvikling af nitratindholdet i det allerede nitrat belastede grundvand (ca. 40% af filtrene – se figur 2.1), er der i dette års rapport anvendt data fra 344 filtre til analyse af hovedklasserne, for vandspejlstyperne 374 filtre, for redoxzonerne 294 filtre og for arealanvendelsen 363 filtre. Udviklingen fra 1990 til 1998 indenfor disse kategorier er vist i figur 2.2.

I sidste års rapport (GEUS 1998) kunne der ikke påvises nogen indvirkning på grundvandets indhold af nitrat af de tiltag der blev gennemført som en del af vandmiljøplanen, end ikke i de mest terrænnære filtre, hvor nitratindholdet er afhængigt af nedbøren og høstresultatet. Den generelle udvikling viste en svag stigning, idet der dog var en ret stor spredning i filternes nitratindhold, således at stigningen ikke var statistisk signifikant. Der er benyttet samme grupperinger i dette års rapport (figur 2.2), som i sidste års rapport (GEUS, 1998).



Figur 2.2 Nitratudviklingen i mg/l i perioden 1990-1998 baseret på data fra alle aktive filtre med et nitratindhold større end 1 mg/l for hele perioden. Antallet af filtre er vist i ().

1: Hovedklasse - A (188), B (88), C (13), D (55).

2: Vandspejlstype - Frit (295) og artesisk (79).

3: Redoxzone - Ilt (183) og nitrat (111).

4: Arealanvendelse - Bymæssig(27), landbrug (288), "natur" (32) og skov (16).

Grundvandet blev i 1995 (GEUS 1995) opdelt i 6 hovedklasser. Af disse hovedklasser er kun medtaget klasserne A, B, C og D, idet hovedklasserne E og F har få filtre, idet vandet er gammelt og dermed uden nitrat.

Grundvandets hovedklasser

Hovedklasse A: Ungt surt og blødt grundvand

Hovedklasse B: Ungt og middelhård grundvand

Hovedklasse C: Ungt, meget hårdt og reducerende grundvand

Hovedklasse D: Ungt og hårdt grundvand

Hovedklasse E: Gammelt og hårdt grundvand

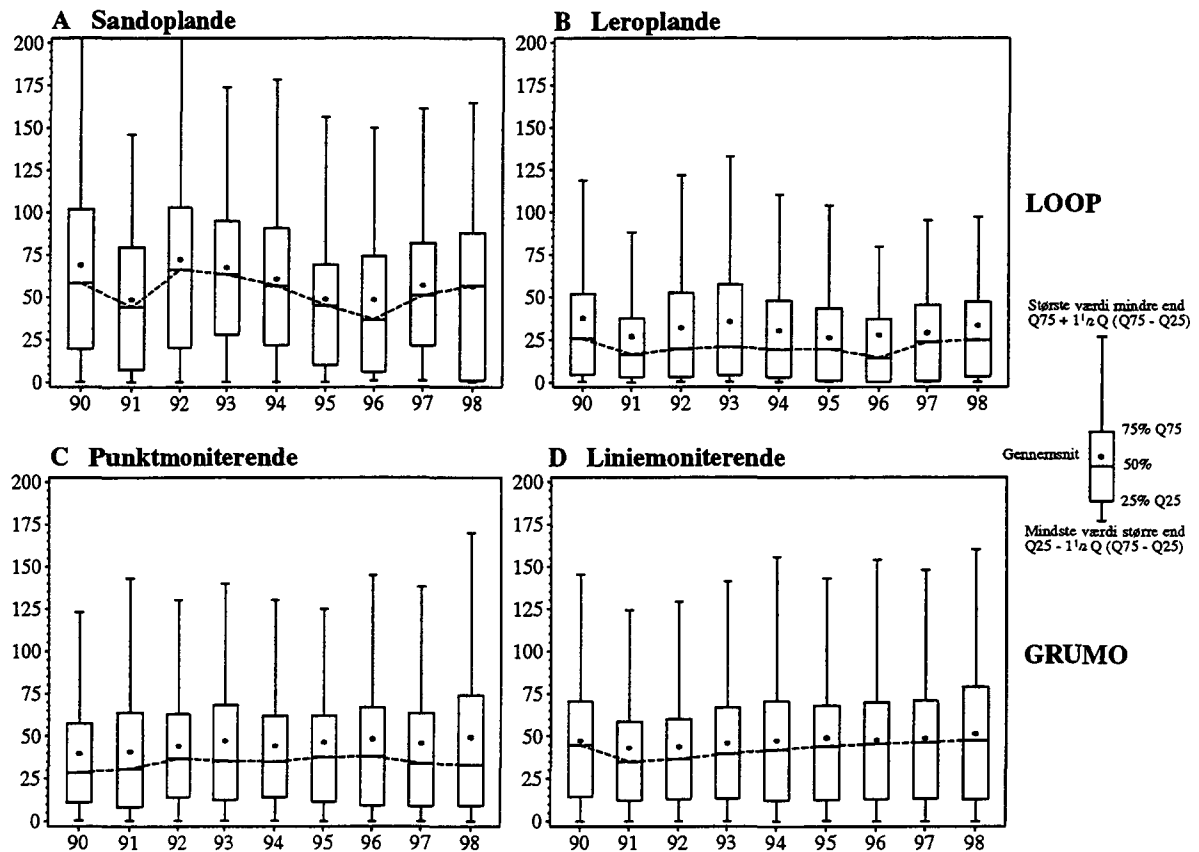
Hovedklasse F: Gammelt, middelhårdt og reducerende grundvand

Hovedklasse A viser en stigning siden 1991, medens hovedklasserne B, C og D ingen tydelige tendenser viser. Filtre i grundvandsmagasiner med frit vandspejl og filter i områder hvor arealudnyttelsen er landbrug viser ligeledes en svag stigning i perioden. De tre grupperinger, som viser stigningen, udgøres for en stor del af de samme filtre. For at teste om den svage stigning fra 1990 til 1998 er signifikant, er der udført ikke-parametriske statistiske tests med et 95% signifikans niveau. Den ikke parametriske test stiller svagere krav til data og er derfor ikke så 'stærk' som den parametriske (anova). Data fra 1991 og 1992 er stærkt præget af at der ikke er analyseret for alle filtre i GRUMO-området Rabis Bæk. For disse to år er der ca. 60 nitratbelastede filtre mindre end i de øvrige år, hvilket delvist forklarer det markante fald mellem 1990 og 1991. De ca. 75 filtre fra Rabis Bæk har derfor forholdsvis stor indflydelse på forløbet af de viste kurver i fig. 2.2.

Den ikke parametriske test viser ingen signifikant forskel mellem to prøvetagningsår 1990 og 98. Filtre i grundvandsmagasiner med frit vandspejl under arealer, der er præget af landbrugsdrift, er generelt de mest sårbare med hensyn til nitratbelastning. På landsbasis kan der således ikke konstateres nogen statistisk signifikant stigning i grundvandets nitratinhold siden 1990. Sammenlignes kurveforløbet for hovedklasse A, frit vandspejl, ilt-redoxzone og areal-anvendelsen landbrug ses et sammenligneligt forløb med en svag stigning. De fire grupperinger dækker over en stor fællesmængde. Den svage stigning i kurveforløbet (fig. 2.2) dækker således over terrænnære grundvandsmagasiner i landbrugsområder med frit vandspejl, hvor grundvandet er ungt, surt og blødt. Disse magasintyper er især udbredt i Vestjylland.

Data fra Landovervågningen (LOOP), som repræsenterer det helt nydannede grundvand, er sammenlignet med data fra punkt- og liniemoniterende filtre fra GRUMO (figur 2.3). Filterdybden for LOOP-data er fra 1½ til 5 meter under terræn og data er repræsentative for helt nydannet grundvand, medens data fra de punktmoniterende filtre repræsenterer lidt ældre grundvand på vej mod de primære magasiner, som er dækket af de liniemoniterende filtre. I forhold til sidste års rapport (GEUS,1998) er antallet af filtre fra LOOP reduceret væsentligt, idet et sandområde er udgået og antallet af filtre, som skal analyseres for nitrat hvert år, er nedsat. Kun LOOP filtre analyseret i 1998 er medtaget i figur 2.3.

Det fremgår af box-diagrammerne for punkt- og liniemoniterende filtre i grundvands-overvågningsområderne (GRUMO) og for landovervågningsoplandene (LOOP) opdelt på sand og ler (figur 2.3), at spredningen omkring medianen (50% fraktilen) er stor for de enkelte år. Derfor kan det ikke forventes, at der på landsplan er en signifikant forskel på f.eks. to års nitratfordelinger, men plottene kan give et fingerpeg om hvordan den overordnede tendens i nitratudviklingen er.



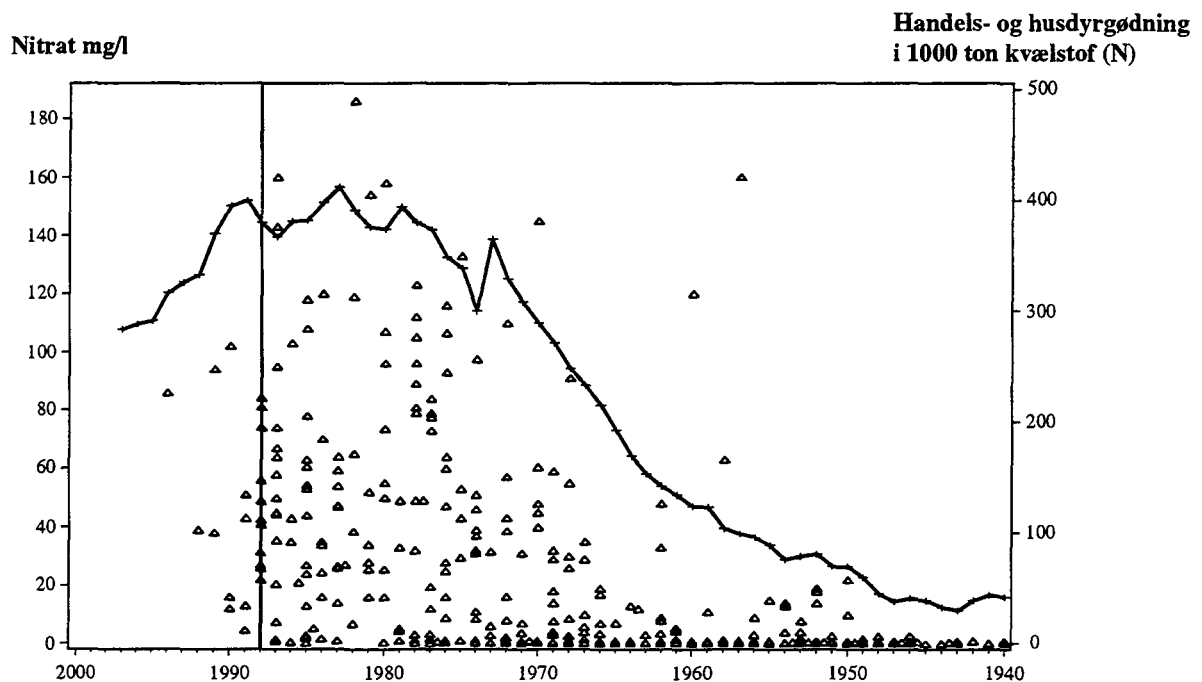
Figur 2.3 Box-plot med nitratudviklingen i grundvandsovervågningen og landovervågningen i perioden 1990 – 1998 baseret på data fra alle aktive filtre med et nitratindhold større end 1 mg/l fra GRUMO filtre, som er punkt- eller liniemoniterende, og fra alle LOOP filtre, opdelt på sand- og leroplade.

- A: LOOP sandoplade (Fra 48 til 67 filtre)
- B: LOOP leroplade (Fra 51 til 68 filtre)
- C: GRUMO punktmoniterende (Fra 85 til 98 filtre)
- D: GRUMO liniemoniterende (Fra 193 til 290 filtre)

Som det ses af box-plottene i figur 2.3, er især det nydannede grundvand i sandområderne i LOOP stærkt nitratbelastet, og varierer omkring grænseværdien for drikkevand (50 mg/l NO_3), medens niveauet i lerområderne er lavere og svinger omkring den vejledende grænseværdi for drikkevand (25 mg/l NO_3). De punkt- og liniemoniterende GRUMO-filtre ligger på nogenlunde samme niveau med 50% af filtrene i intervallet 15-75 mg/l nitrat. For det nydannede grundvand i LOOP sandområder ses en tendens til et fald fra 1993 til 1996, men med en stigning i 1997 og 1998. For 1995 og 1996 viser LOOP data et minimum for nitratindholdet både i sand og lerområder. Dette falder sammen med de tørre vinter perioder i 1995/96 og 1996/97, hvor nitratudvaskningen var reduceret på grund af den formindskede nedbør. Det forhøjede nitratindhold i 1993, som især ses i data fra sandområderne skyldes sandsynligvis det dårlige høstår 1992, med det deraf følgende kvælstofoverskud i jorden.

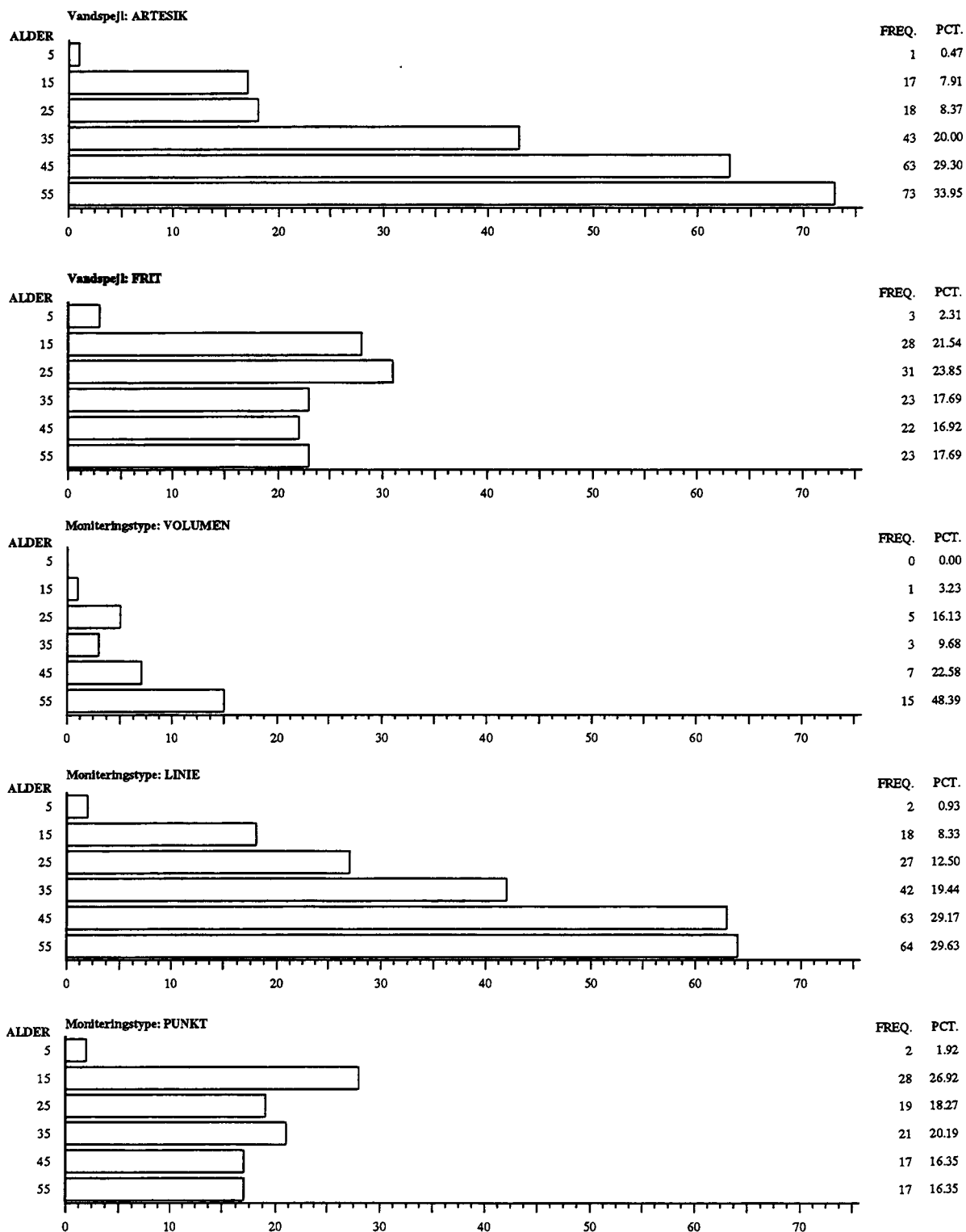
Nitrat og datering af grundvandet

I 1998 og delvist i 1997 er et stort antal filtre (358) blevet prøvetaget for CFC-datering af grundvandet. En beskrivelse af CFC-dateringerne findes i kapitlet om "Datering af grundvand". For at illustrere CFC-dateringerne i relation til nitratdata, er disse sammenholdt med hinanden (figur 2.4). Det fremgår af figuren at kun et fåtal af dateringerne (12) giver en alder på grundvandet som er yngre eller samtidig med Vandmiljøplanens igangsættelse, hvorfor en effekt af landbrugets reducerede gødningsforbrug endnu ikke vil være påviselig i det overvågede grundvand. Af figuren ses ligeledes, at grundvand ældre end ca. 1960 ikke er nitratbelastet. Dette grundvand er hovedsagligt reduceret. Enkelte filtre med 'gammelt grundvand' viser dog et højt nitratindhold, men CFC-dateringerne, prøvetagningen eller boringskonstruktionen kan være fejlbehæftet. Desuden bemærkes at en del 'yngre' grundvand ikke er nitratbelastet. Dette grundvand stammer primært fra jern/sulfat redoxzonen samt nogle få fra ilt-zonen.



Figur 2.4 CFC-datering af grundvandet i overvågningsboringerne sammenholdt med boringernes nitratindhold, samt landbrugets samlede gødningsforbrug udtrykt i x 1.000 ton kvælstof (N). Den fuldt optrukne lodrette linie svarer til tidspunktet for vandmiljøplanens vedtagelse.

Fordelingen af grundvandets alder opdelt på grundlag af vandspejlstype og på grundlag af typen af monitoringsfilter er vist i figur 2.5. Grundvandets alder i de artesiske magasiner er domineret af aldre over 30 år, medens alderen af grundvandet i de frie magasiner har en jævn fordeling. Grundvandet i de volumenmoniterende og de liniemoniterende filtre er domineret af høje aldre, medens de punktmoniterende filtre giver grundvand af yngre alder. Fordelingen af grundvandets alder i forhold til den gruppering, er ikke overraskende, og under forudsætning af at grupperingerne er korrekte, giver dateringerne et generelt indtryk af, at grundvandets alder er dateret korrekt.



Figur 2.5 Aldersfordelingen grupperet efter vandspejlstype (artesisk og frit) og moniteringstype (volumen, linie og punkt).

Sammenhæng mellem varierende grundvandskemi og varierende grundvandsspejl

Forudsætningen for at lave meningsfulde analyser af tidsserier er at det fænomen man ønsker at beskrive afhænger af tiden på en gennemskuelig måde.

Dette betyder at når man tager prøver fra en boring, skal følgende forudsætninger være opfyldt:

- Vandets alder stiger jævnt med tiden, d.v.s. strømningstiden hen til et givet filter er konstant f.eks. 25 år.
- Det grundvandsdannende opland til et filter ændres ikke.

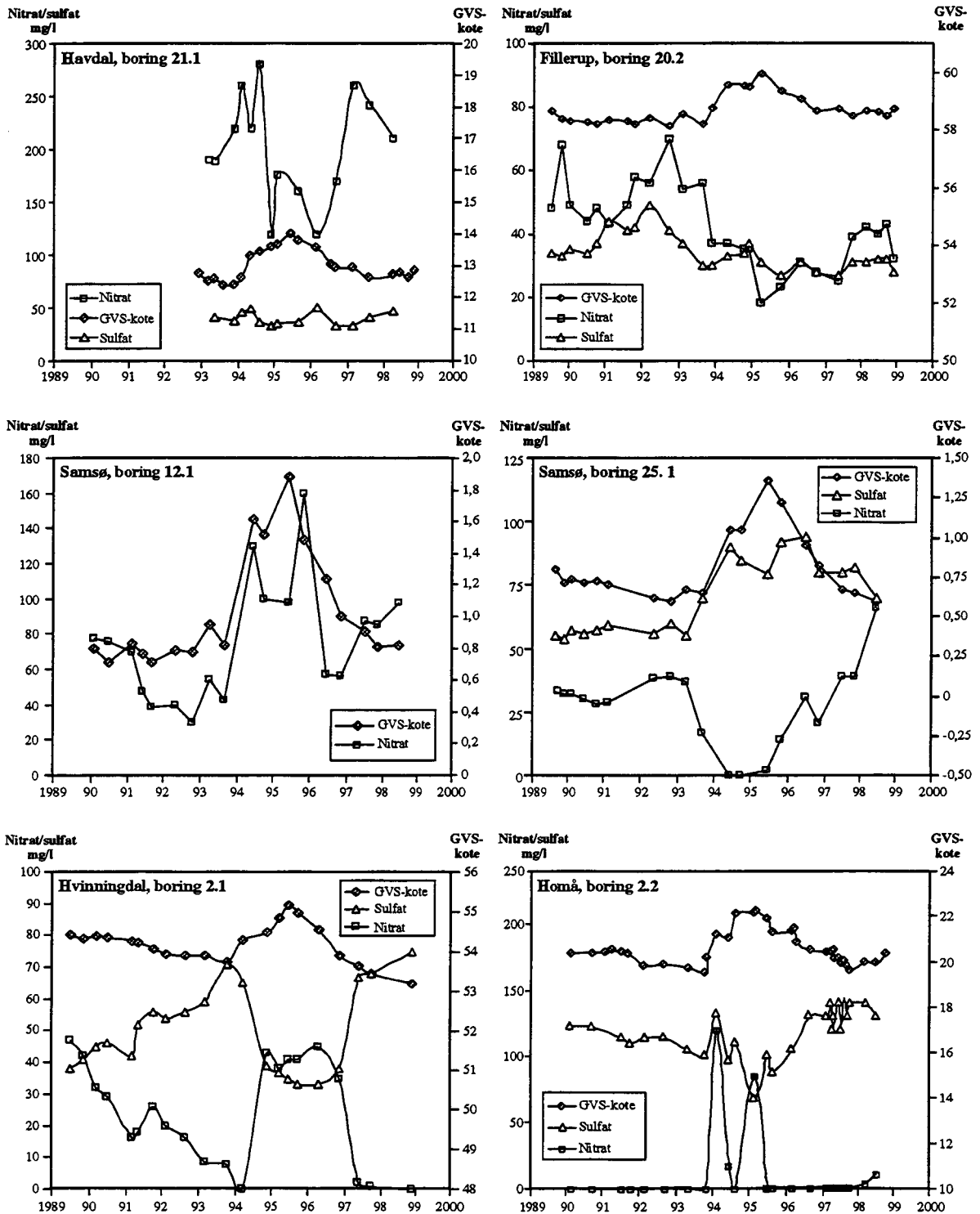
Disse forudsætninger er ikke nødvendigvis opfyldt, hvis der kommer ændringer i potentialeforholdene, og dermed ændringer i strømningsbilledet. Det er derfor meget vigtigt at gøre sig klart, hvad vi egentlig ser, når kvaliteten ændrer sig i et filter. Skyldes det ændringer over tid i arealanvendelsen, eller er der andre ting på spil.

Der har de seneste 3 år været nogle særligt tørre vintre, hvilket også har afspejlet sig i grundvandsstanden. Flere overvågningsfiltre er blevet blottet, selv om de oprindeligt var placeret et stykke under grundvandsspejlet. I Århus amt er dette specielt tilfældet i de frie magasiner, hvor der flere steder manglede op til en meter vand i forhold til for fire år siden, hvor nogle meget våde vintre omvendt gav et stort nedbørsoverskud.

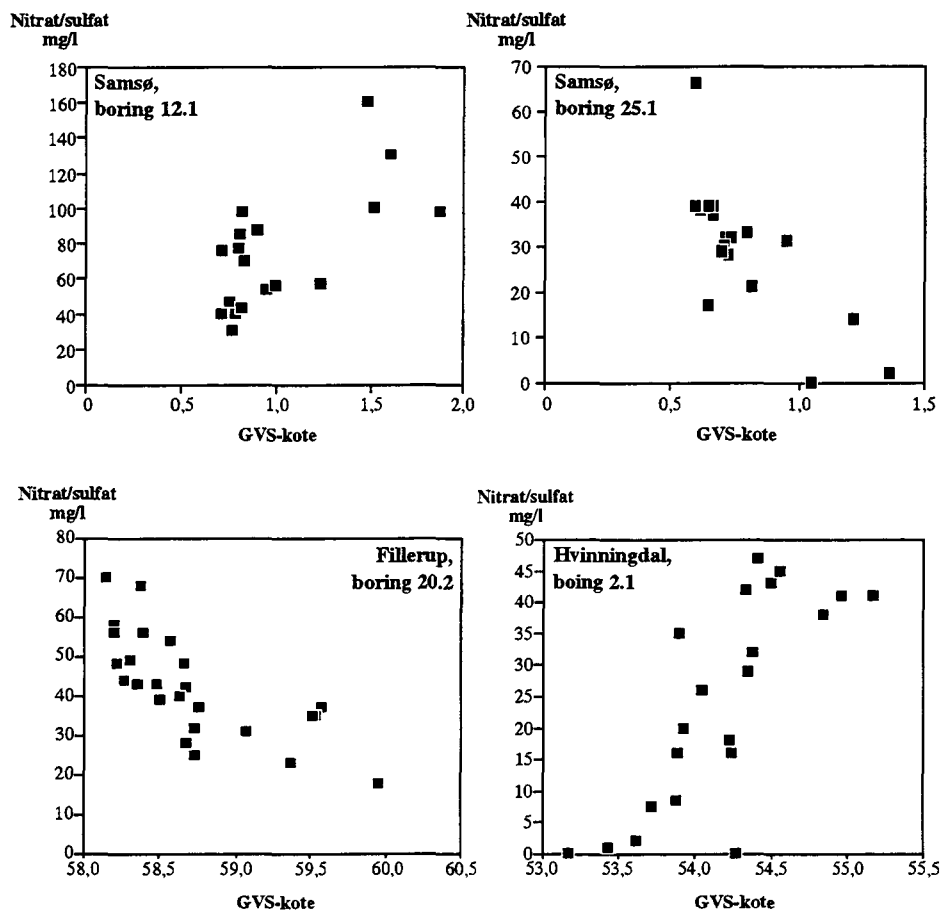
I Århus Amt har grundvandskemi i næsten halvdelen af alle filtre i overvågningsprogrammet udvist en svingende eller på anden måde ustabil sammensætning i løbet af de sidste 10 år. Figur 2.6 viser for en række ustabile boringer, at der er en markant sammenhæng mellem ændringer i grundvandsspejlet og nitrat- og sulfatkoncentrationen. Nogle af de udvalgte boringer har i perioder været nitratfri, mens de ved andre lejligheder har haft et betydeligt nitratindhold. De viste boringer repræsenterer alle former for redoxmiljøer. Mest ekstrem er ændringerne i boring 2.1, DGU 71.473, i Homå, der har skiftet mellem oxiske og stærkt sulfidholdige forhold. Selv om der er en tydelig sammenhæng mellem ændringer i indholdet af nitrat/sulfat og grundvandsspejlets koteforhold, ses både boringer hvor nitratkoncentrationen stiger og boringer hvor nitratkoncentrationen falder, når grundvandsspejlet stiger.

Figur 2.7 viser for fire af boringerne nitratkoncentrationen som funktion af grundvandsspejlet. Det fremgår tydeligt, at der er en sammenhæng mellem grundvandsspejlet og nitratkoncentrationen i disse fire boringer, der er udvalgt fordi der her er særligt store svingninger i nitratindholdet.

Igen ses både stigende og faldende nitratindhold med stigende grundvandsspejl. Hvis der er tale om et frit homogent magasin vil stigende nitrat med faldende grundvandsspejl repræsentere den situation, hvor der er højere nitrat i de øverste grundvand. Dette er tilfældet med de fleste af de af de udvalgte boringer, men i tre tilfælde er det modsat: Homå boring 2.2, Hvinningdal boring 2.1 og Samsø boring 12.1. For de to førstnævnte boringer er der tilmed tale om at redox svinger mellem reducerede forhold med sulfid og oxiske forhold med op til 6-8 mg/l ilt. I begge disse tilfælde ser det ud til, at der ved høj grundvandsstand bliver tilført nitratindholdigt vand, der senere reduceres. Tidligere iagttagelser i bl.a. Homå boring 2.2 viser en markant udvikling i næsten alle parametre herunder også en markant stigning i pH, når miljøet overgår til mere reducerede forhold.



Figur 2.6 Nitrat- og sulfatkoncentrationen i ustabile borer i Århus Amt (1999), sammenholdt med ændringer i grundvandsspejlet.



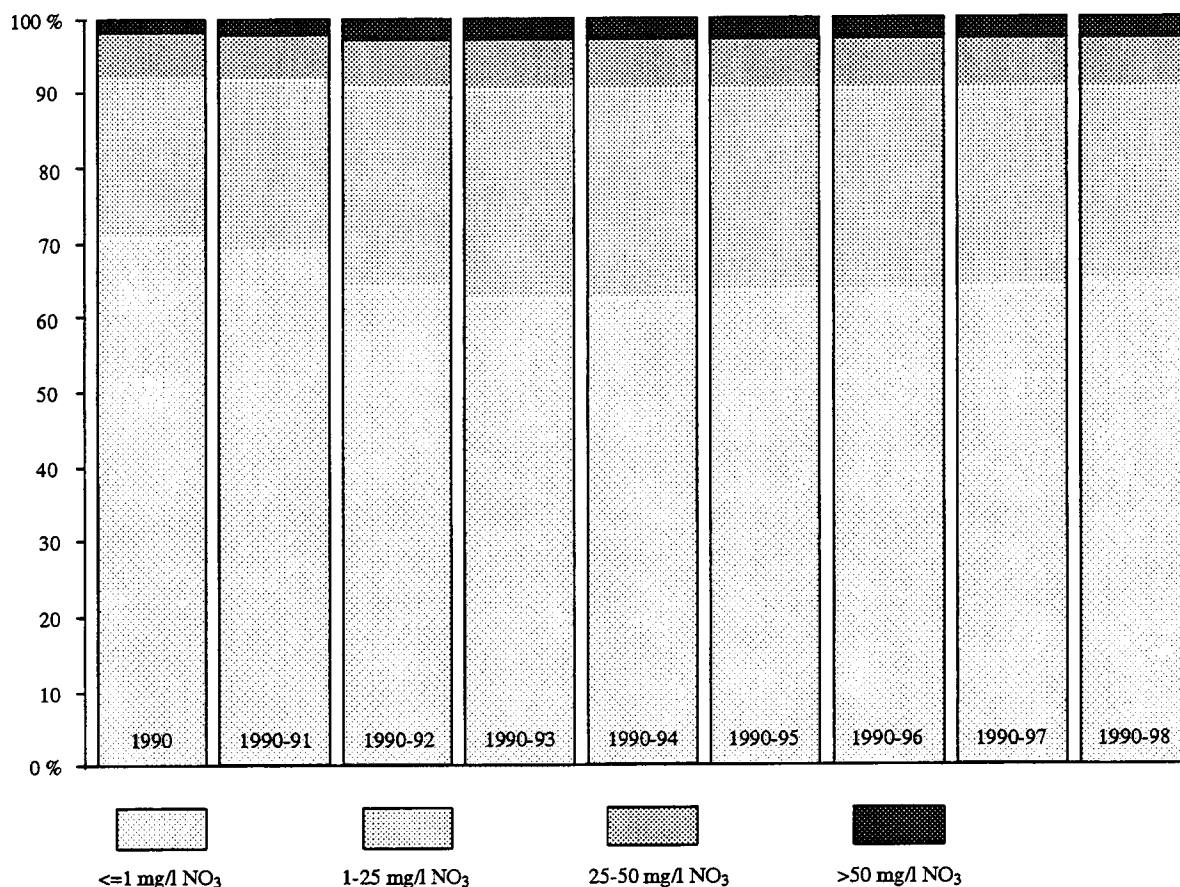
Figur 2.7 Nitratkoncentrationen i ustabile borer i Århus Amt (1999) som funktion af grundvandspejlet.

Fortsat arbejde med disse borerings variationer i vandkemi vil være en væsentlig del af den fremtidige rapportering i et forsøg på at indkredse de mekanismer der er på spil, herunder også en vurdering af hvordan oplandet til en boring ændrer sig med ændrede potentialeforhold. I en række tilfælde er der formentlig tale om at filteret er placeret tæt på overgangen mellem to redoxmiljøer. Det er bemærkelsesværdigt at der ofte er tale om et meget klart skift i status, hvor der før og efter skiftet er tale om en relativ stabil kemi.

Der er behov for tidsserier for CFC i disse ustabile borer, med årlige eller hyppigere prøvetagninger, idet viden om alderen af vandet under forskellige trykforhold, kan være med til at belyse årsagen til de mange borer med svingende nitratindhold. Derudover er der behov for at teste samtlige borer for indflydelsen af svingende grundvandspejl før der konkluderes på nitratudviklingen over tid. Her kan anvendelse af hydrogeologiske modeller også blive et hensigtsmæssigt værktøj til problemanalyse.

Nitrat i vandværkernes boreringskontrol

Der er frem til 1999 indberettet i alt 8.640 vandværksboringer med nitratanalyser. I hovedparten af borerne, 66%, har grundvandet et lavt nitratindhold - under 1 mg/l NO_3 (figur 2.8). Som det fremgår af figuren ændrer den procentvise andel af nitratbelastet borer sig ikke væsentligt, hvilket tyder på at nitratindholdet i det indvundne grundvand, som benyttes i drikkevandsproduktionen, ikke ændrer sig væsentligt.

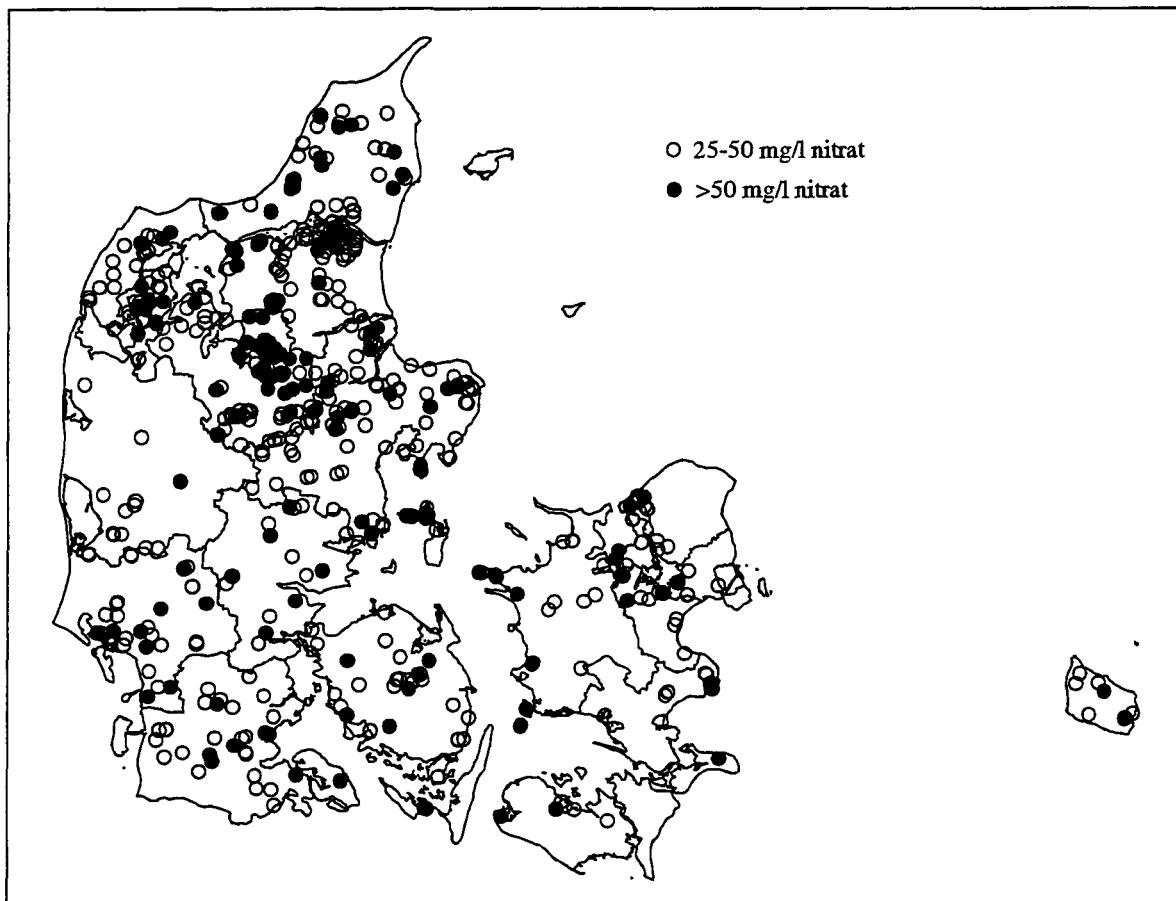


Figur 2.8 Summeret fordeling af nitratanalyser fra boringskontrollen. Perioden 1990-98 omfatter 5.669 borer med under 1 mg/l nitrat, 2.162 borer med nitratindhold mellem 1 og 25 mg/l nitrat, 553 borer med nitrat mellem 25 og 50 mg/l nitrat og 246 borer over 50 mg/l nitrat.

De høje indhold over 25 mg/l NO₃ optræder mest i det såkaldte 'Nitrat-bælte' der strækker sig fra det nordvestlige Århus Amt til ind i Viborg Amt (figur 2.9). Grundvand i dårligt beskyttede områder som ved Ålborg, på Mors og omkring Roskilde Fjord har også et højt nitratindhold i grundvandet der indvindes til drikkevand.

De amter der har den største andel af filtre med over 25 mg/l nitrat (vejledende grænseværdi for drikkevand) er Nordjylland, Viborg, Århus og Ribe amter (mere end 10% i perioden 1990-98 - Tabel 2.1). I Ringkøbing, Vejle, Sønderjylland og Bornholm amter ligger andelen af filtre med over 25 mg/l nitrat på mellem 5 og 10%. Det er således i de mest 'sandede' områder at nitratindholdet i det oppumpede grundvandet er størst.

Det er endnu ikke muligt at lave meningsfulde tidsserieanalyser på boringskontrollodata idet kun få af borerne har data fra alle år i perioden 1990-98.



Figur 2.9 Nitratkoncentrationen i vandværkernes boringskontrol baseret på samtlige analyser fra perioden 1990-98. Kun boringer med over 25 mg/l nitrat er medtaget.

Amt	≤1 mg/l nitrat	1-25 mg/l nitrat	25-50 mg/l nitrat	>50 mg/l nitrat	I alt	>25 mg/l nitrat procent
Kbh. og Fr:berg. K.	19	4	0	1	24	(4,1)
København	232	84	8	3	327	3,1
Frederiksborg	391	51	16	4	462	4,3
Roskilde	468	76	9	4	557	2,3
Vestsjælland	687	80	13	14	794	3,4
Storstrøm	551	119	9	7	686	2,3
Bornholm	68	44	7	3	122	8,2
Fyn	478	292	25	9	804	4,2
Sønderjylland	365	266	27	11	669	5,7
Ribe	221	202	53	11	487	13,1
Vejle	319	67	9	13	408	5,4
Ringkøbing	292	61	23	4	380	7,1
Århus	734	336	94	43	1.207	11,4
Viborg	399	215	91	72	717	22,7
Nordjylland	445	265	169	57	936	24,1

Tabel 2.1 Nitratindhold samt den procentuelle forekomst over 25 mg/l nitrat på basis af vandværkernes boringskontrol fordelt på amter, for alle indberettede data for perioden 1990-1998.

Amternes status over grundvandets indhold af nitrat

I årets rapportering af grundvandets indhold af nitrat fokuserer amterne primært på resultater fra grundvandsovervågningsområderne, og i mindre grad omtales resultater fra boringskontrollen.

Nordlige Jylland

I Nordjyllands Amt viser nitratinholdet i grundvandet en fortsat stigning siden 1950'erne, men i et enkelt område (Drastrup) har det yngste vand et lavere nitratinhold, hvilket kan skyldes beskyttelsesplaners indflydelse (Nordjyllands Amt, 1999). I Viborg Amt er der ingen ændring i den gennemsnitlige nitratkoncentration, og CFC dateringer viser klart at vandet er ældre end Vandmiljøplanen (Viborg Amt, 1999). Det er således begrænset hvad grundvandsovervågningen kan sige om Vandmiljøplanens indvirkning.

Østlige Jylland

Grundvandsovervågningen i Århus Amt viser stadig, at det øvre iltede grundvand typisk har en nitratkoncentration på omkring 100 mg/l nitrat, og at indholdet er relativt stabilt. Enkelte områder kan komme helt op på 200 mg/l. I den dybe del af det nitratbelastede grundvand er nitratinholdet lavere og stærkt svingende. I flere boringer har det været muligt at vise en meget tydelig sammenhæng mellem nitratkoncentrationen i grundvandet og variationerne i grundvandspejlet. I Århus Amt viser CFC-datering af grundvandet, at det generelt er ældre end vandmiljøplanen (Århus Amt, 1999). I Vejle Amt (1999) er der en tendens til stigning i grundvandets indhold af nitrat i de miocæne sandaflejringer, som ligger højt og er sårbare, og dateringer af grundvandet viser, at det generelt er ældre end Vandmiljøplanens igangsættelse.

Vestlige Jylland

I Ringkøbing Amt (1999) er det gennemsnitlige nitratinhold nogenlunde konstant, og nitratinholdet i de øvre og terrænnære grundvandsmagasiner under landbrugsarealer er fortsat højt. CFC-dateringer viser at grundvandet også her er ældre end Vandmiljøplanens igangsættelse. I Ribe Amt (1999) ses igen en meget varierende udvikling i det øvre grundvands nitratinhold, idet vandet er ungt og derfor under stærk indflydelse af variationer i det frie vandspejlet og dermed af nedbør og udvaskningen. Det grundvand som analyseres er generelt ældre end Vandmiljøplanens ikrafttræden.

Sønderjylland og Fyn

I Sønderjyllands Amt (1999) er det især i det øvre terrænnære grundvand, at der er nitratproblemer. Det er dog i amtet muligt at bore efter dybere magasiner til drikkevandsforsyningen. CFC dateringer viser at vandet hovedsageligt er ældre end Vandmiljøplanens igangsættelse.

Fyns Amt (1999) har forholdsvis få grundvandsfiltre, der er nitratpåvirkede, og disse ligger i dårligt beskyttede områder. Hovedparten af vandindvindingen foregår fra magasiner som ligger under tykke lerlag, hvor nitrat nedbrydes. Der er kun få vandværker som har nitratproblemer, men indvindingen fra private boringer og brønde kan være stærkt påvirket af landbrugsdrift. CFC-analyserne viser at det daterede grundvand er fra før 1970.

Sjælland, Lolland, Falster og Bornholm

Nitratinholdet i boringerne på Bornholm viser samlet en tendens til stigning (Bornholms Amt, 1999). I Storstrøms Amt (1999) er der generelt et højt nitratinhold i det øvre grundvand, hvor vandspejlet er frit. Dette grundvand er også det yngste – 10 til 25 år, medens det dybere grundvand har et lavt nitratinhold og er fra før 1960.

I Vestsjællands Amt (1999) findes kun få nitratbelastede GRUMO-boringer, og disse har vist en svagt stigende tendens i 1998, Der er dog generelt ikke nitratproblemer i Vestsjælland. De få filtre med nitrat sidder typisk i yngre og iltholdigt grundvand.

I Roskilde Amt (1999) ses nogle steder en svag stigning i de terrænnære filters nitratindhold i 1998, men i den overvejende del af overvågningsfiltrene er nitratindholdet lavt. Det daterede grundvand er fra før 1990. Kun få vandværksboringer har nitratproblemer.

I Frederiksborg Amts (1999) overvågningsboringer er det generelt kun i det overfladenære grundvand og i magasiner med ringe beskyttelse, at der er et forhøjet nitratindholdet. Det overvågede grundvand har en CFC-alder der er yngre end 1990.

Nitrat udgør generelt ikke noget problem i overvågningsområderne i Københavns Amt (1999). Kun på Vestegnen ses en fladebetinget stigning i grundvandets nitratindhold. CFC-dateringerne af grundvandet giver aldre fra før 1970.

Grundvandet under Københavns og Frederiksberg Kommune (1999) er ikke særligt nitrat-påvirket. CFC-dateringerne og tritium-dateringerne viser ofte divergens.

Sammenfatning om nitrat

- Data for 1998 viser, at hovedparten af boringerne, ca. 60% af de liniemoniterende overvågningsfiltre og 66% af vandforsyningsboringerne, ikke indeholder nitrat (nitrat).
- Ca. 25% af overvågningsfiltrene indeholder mere nitrat end den vejledende værdi for nitrat i drikkevand på 25 mg/l.
- Kun ca. 9% af vandforsyningsboringerne har nitratkoncentrationer over 25 mg/l, og dette tal synes stabilt i de seneste år.
- Amter med størst nitratproblemer i drikkevandsproduktionen er amterne i det såkaldte Nitrat-bælte (Nordjylland, Viborg og Aarhus) samt Ribe amt.
- Den generelle vurdering af nitratkoncentrationen i grundvandet er fortsat, at der ikke kan konstateres nogen overordnet ændring af nitratindhold i grundvandet begrundet i vedtagelsen af Vandmiljøplanen i 1987
- Der kan ikke konstateres nogen statistisk signifikant stigning (95% niveau) fra 1990 til 1998 for de forskellige filter grupperinger.
- Langt de fleste nitratanalyser er CFC-dateret til før 1990.
- Grundvand der er CFC-dateret til før 1960 er stort set nitratfrit.
- Det seneste dannede grundvand, i landovervågningen, viser i 1998 en stigning i nitratindholdet.

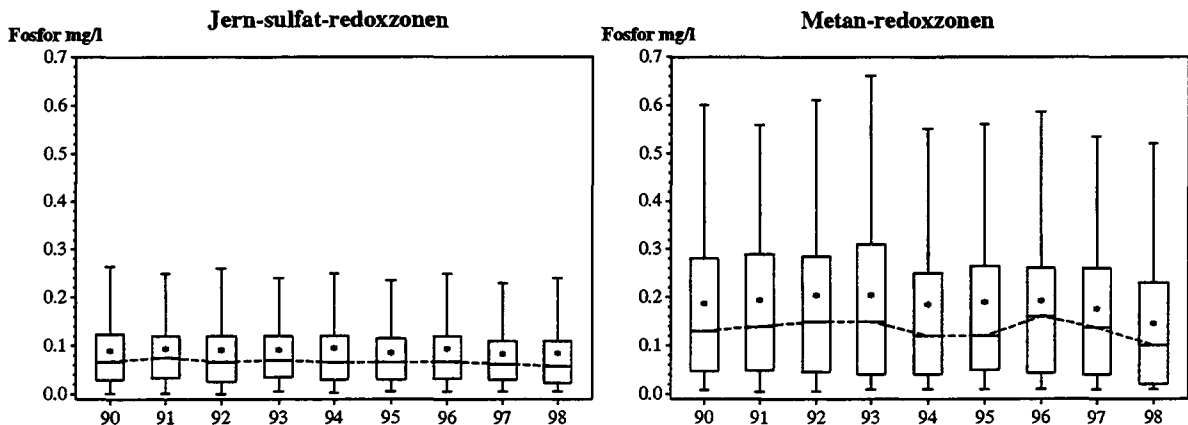
Det kan endnu ikke i større udstrækning forventes, at en effekt af Vandmiljøplanen vil vise sig ved overvågningen af grundvandet. En meget stor del af det overvågede grundvand er ældre end Vandmiljøplanens igangsættelse. I det øverste og mest terrænnære grundvand (LOOP), hvor det må forventes, at en eventuel effekt af Vandmiljøplanens tiltag til begrænsning af nitratudvaskningen først må kunne spores, ses en generel stigning i 1997 og 1998, som sandsynligvis er betinget af en større nedbør, og dermed en større udvaskning af nitrat.

Fosfor

Udviklingen i grundvandets indhold af fosfor

I grundvandsovervågningsområderne er der i 1998 i alt analyseret for total-fosfor i 489 filtre. Af disse har 69 filtre et indhold over grænseværdien for drikkevand, som er på 0,15 mg/l fosfor.

Fosfordata er grupperet og behandlet på samme måde som for nitrat, og i de fleste grupperinger ligger total-fosfor under grænseværdien for fosfor i drikkevand. Ændringen i de årlige medianværdier er meget lille og filtrene i overvågningen viser et stabilt indhold af fosfor. Det tilsyneladende fald fra 1997 til 1998 skyldes at færre filtre er analyseret. De højeste fosforniveauer i grundvandet findes i metan-redoxzonen og jern-sulfat-redoxzonen, idet fosfat vil fælde ud som jern-, aluminium- eller calciumfosfat under aerobe forhold (figur 2.10).



Figur 2.10 Box-plot med fosforudviklingen i jern- og sulfat-redoxzonen og i metan-redoxzonen i perioden 1990 – 1998 baseret på data fra alle aktive filtre i GRUMO.

Hovedparten af filtre med mere end 0,15 mg/l fosfor findes i jern- og sulfat-redoxzonen eller i metan-redoxzonen som ikke er påvirket af nitrat, eller de findes hvor filtrene sidder i lerede kvartære marine bjergarter. Generelt viser analyserne for totalt fosfor i GRUMO ingen ændring af betydning i forhold til sidste års data (GEUS, 1998).

Fosforindholdet i vandindvindingsboringerne er visse steder i landet relativt højt (figur 2.11) og ca. 20 % af de indberettede boringskontrolanalyser har mere end 0,15 mg/l fosfor (1.718 boringer). De høje fosforindhold kan ofte henføres til boringer, hvor vandet har været i kontakt med yngre marine aflejringer. I områder med indvinding fra kalkmagasiner (store dele af Sjælland samt Lolland-Falster, Møn, Djursland Himmerland og Hanherred findes kun få boringer med over 0.15 mg/l fosfor.

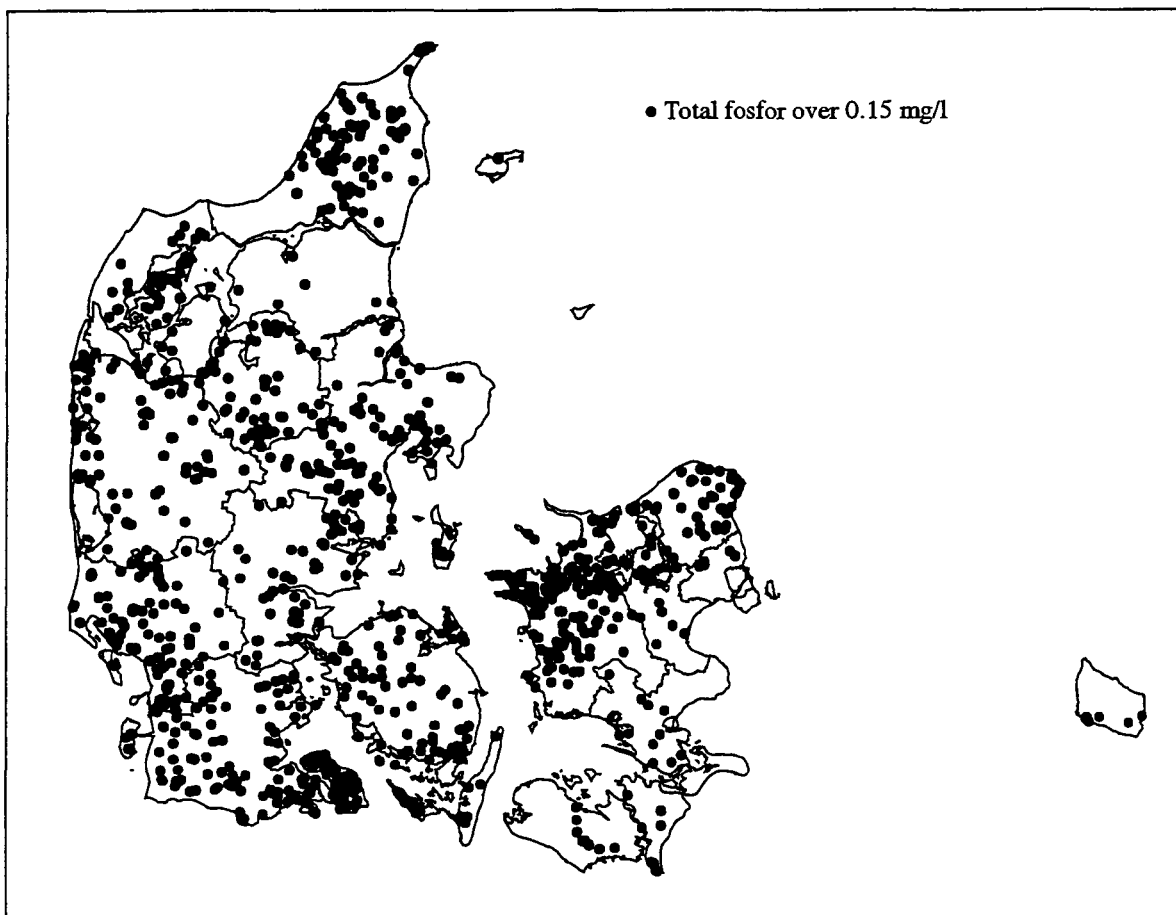
Da hovedparten af fosfor fjernes ved almindelig vandbehandling udgør fosfor ikke noget problem for den almene drikkevandsforsyning. I private brønde uden vandbehandling, vil overskridelser af grænseværdien for drikkevand sandsynligvis forekomme.

Amternes status over grundvandets indhold af fosfor

Som for nitrat fokuserer amterne i årets rapportering af grundvandets indhold af fosfor primært på resultater fra grundvandsovervågningsområderne, og kun få amter omtaler resultater fra boringskontrollen.

Jylland

Højt fosforindhold i overvågningsboringerne i Nordjyllands Amt findes under reducerende forhold og skyldes udfældning af fosfat fra de hævdede marine lag (Nordjyllands Amt, 1999). I Viborg Amt ligger fosforindholdet i grundvandet på et stabilt og lavt niveau (Viborg Amt, 1999).



Figur 2.11 Fosfor i vandværkernes boringskontrol. Medianværdier for perioden 1990-1998 over grænseværdien for drikkevand på 0.15 mg/l fosfor.

I Århus Amt er der i 2 lerjordsområder konstateret et stigende fosforindhold med dybden og modsat er der i 2 sandjordsområder (med større dyrehold) målt det største fosforindhold i det yngste grundvand (Århus Amt, 1999).

I Ringkøbing Amt (1999), Ribe Amt (1999) og Sønderjyllands Amt (1999) er fosforindhold geologisk betinget og er højest i det dybere grundvand.

Vejle Amt har i dette års rapport ikke behandlet fosfor (Vejle Amt, 1999).

Øerne

I Fyns Amt er der i 1998 ikke analyseret for fosfor (Fyns Amt, 1999). På Svendborg egnen er der et forhøjet og geologisk betinget fosforindhold i det dybere grundvand, som er filtersat i interglaciale aflejringer. Bornholm Amt (1999) rapporterer lave værdier og ingen ændring i forhold til sidste år. I Storstrøms Amt (1999) ses ingen ændringer af betydning i fosforindholdet. I Roskilde Amt (1999) er der et uændret fosforindhold i overvågningsboringerne, med undtagelse af to terrænnære filtre som har en stadig stigende koncentration. I Vestsjællands Amt (1999) er fosforindholdet geologisk betinget og indholdet ligger højt i gammelt reduceret grundvand og i marine aflejringer. I Frederiksborg Amt (1999) er der ingen tydelig udvikling i grundvandets fosforindhold. Variationen i fosforindholdet i grundvandet er lille i Københavns Amt (1999). I overvågningsområdet i Københavns og Frederiksberg Kommune (1999) ligger fosforindholdet lavt og der er ingen problemer med fosfor.

Sammenfatning om fosfor

Der er i 1998 ikke konstateret væsentlige ændringer i forhold til de sidste års undersøgelser. I flere dele af landet måles et geologisk betinget fosforindhold, der er over grænseværdien for drikkevand på 0,15 mg/l. Dette er især i de dybere grundvandsmagasiner med jern- og sulfat-redoxzonen og metan-redoxzonen, hvor grundvandets sammensætning er præget af marine aflejringer. De relative høje fosforindhold giver dog ingen problemer med drikkevandskvaliteten, da fosfor normalt fjernes ved almindelig vandbehandling på vandværkerne. I enkelte terrænnære filtre i overvågningsområderne er der et forhøjet fosforindhold sammen med et højt nitratindhold, som kan skyldes overfladeforurening. Trods lokale variationer i grundvandets fosforindhold gennem overvågningsperioden 1990-1998 er vurderingen fortsat, at der ikke er nogen væsentlig ændring i grundvandets fosforindhold som primært er geologisk betinget.

Uorganiske sporstoffer

Grundvandsovervågning

Ved udgangen af 1998 var der i alt 925 aktive filtre, som var egnede til prøvetagning til analyse for uorganiske sporstoffer. I perioden 1993 til og med 1998 er ca. 50 % af disse filtre analyseret tre gange eller mere for deres indhold af uorganiske sporstoffer, dog med undtagelse af antimon, sølv, thallium og tin, der kun er analyseret en til to gange. Ca. 110 egnede, filtre har været overvåget siden 1993. Hovedtal for de uorganiske sporstoffer, som indgår i grundvandsovervågningen fremgår af tabel 3.1, der er opstillet på grundlag af den grundvandskemiske database ved GEUS.

Der er fundet ét eller flere uorganiske sporstoffer i alle overvågningsfiltre, og der er fundet koncentrationer, der overskrider grænseværdien for drikkevand (Miljøministeriet 1988) for ét eller flere uorganiske sporstoffer i 144 filtre. Sporstoffet barium, for hvilket der kun er fastsat en vejledende grænseværdi på 100 µg/l repræsenterer hovedparten af overskridelserne.

Uorganiske sporstoffer	Filtre med					Detektionsgrænse µg/l	Medianværdi µg/l	90 % percentil µg/l
	analyse antal	fund		overskridelse				
	antal	antal	%	antal	%	µg/l	µg/l	µg/l
Antimon	189	73	39	0	-	0,5	0,10	0,2
Arsen	904	850	94	0	-	0,05	0,720	5,4
Bly	904	750	83	0	-	0,05	0,055	0,40
Cadmium	905	637	70	18	2,0	0,005	0,006	0,08
Kviksølv	864	734	85	2	0,3	0,0005	0,0011	0,0039
Thallium	233	74	32	-	-	0,4	0,050	0,40
Selen	903	415	46	2	0,2	0,1	0,10	0,42
Cyanid	878	121	14	1	0,2	2,0	1,0	2,0
Nikkel	908	754	83	38	4,2	0,05	0,340	7,0
Zink	904	879	97	35	3,9	0,5	2,70	27,0
Kobber	904	780	86	0	-	0,05	0,190	1,49
Chrom	905	770	85	0	-	0,04	0,10	0,66
Molybdæn	874	784	90	2	0,2	0,15	0,68	2,6
Sølv	189	16	9	0	-	0,1	0,10	0,10
Tin	189	22	12	-	-	0,1	0,10	0,20
Vanadium	871	455	52	-	-	0,5	0,5	1,50
Aluminium	902	893	99	73	8,1	0,1	2,4	58
Barium	904	904	100	-	-	1,0	66	162
Lithium	876	874	100	-	-	0,5	6,0	15
Bromid	875	868	99	-	-	10,0	93	220

Tabel 3.1 Uorganiske sporstoffer i grundvandsovervågningen 1993-1998. Analyser under detektionsgrænsen er medregnet med dennes værdi. Overskridelser er i forhold til grænseværdien for drikkevand. For en række uorganiske sporstoffer er der ikke fastsat nogen grænseværdi for drikkevand.

Overskridelser af grænseværdien for drikkevand i grundvandsovervågningen

For **nikkel** er der fastsat en højst tilladelig værdi for drikkevand på 20 µg/l. Grænseværdien for drikkevand er overskredet i 38 filtre, svarende til 4,0 % af de analyserede filtre. I 20 filtre med mere end én analyse, er grænseværdien overskredet i alle analyser. I 16 filtre har koncentrationen været stigende siden 1993 (se bilag 3.1).

For **zink** er der fastsat en højst tilladelig værdi for drikkevand på 100 µg/l. Grænseværdien for drikkevand er overskredet i 35 filtre, svarende til 3,9 % af de analyserede filtre. I fem filtre med mere end én analyse, er grænseværdien overskredet i alle analyser. I fire filtre har koncentrationen været stigende siden 1993 (se bilag 3.2).

For **aluminium** er der fastsat en vejledende værdi for drikkevand på 50 µg/l og en højst tilladelig værdi på 200 µg/l. I 167 filtre er den vejledende værdi overskredet og den højst tilladelige værdi er overskredet i 73 filtre, svarende til 8,9 % af de analyserede filtre. I 25 filtre er grænseværdien for drikkevand på 200 µg/l overskredet i samtlige analyser. Af disse 25 filtre forekommer ca. halvdelen i Ribe og Ringkjøbing amter.

Indholdet af **barium** er generelt højt i dansk grundvand og der er fastsat en vejledende værdi for drikkevand på 100 µg/l. Den er overskredet i ca. 1/3 af alle undersøgte overvågningsfiltre.

For **cadmium** er der fastsat en vejledende værdi for drikkevand på ” under detektionsgrænsen for en metode, der kan måle en tiendedel af den højst tilladelige værdi” og en højst tilladelig værdi på 5 µg/l. Der er i alt 18 analyser stammende fra 17 filtre, der overskrider den højst tilladelige værdi. Alle analyserne stammer fra Vejle Amt og de 17 fra 1998. Det forekommer derfor sandsynligt, at der kan foreligge en fejl i prøvetagningen eller analyserne, og resultaterne bør verificeres snarest og inden der drages nogen konklusioner.

Også de to overskridelser af **kviksølv** stammer fra Vejle Amt og fra 1998.

To filtre i overvågningsområdet Stor Heddinge har siden 1993 haft meget høje indhold af **selen**, fra 15 til 43 µg/l. Området indeholder flere industrigrunde, bl.a. en gasværksgrund. Grænseværdien for selen i drikkevand er 10 µg/l.

Sammenfald med overskridelse af grænseværdien for drikkevand for **flere stoffer i samme filter** forekommer kun sjældent.

De uorganiske sporstoffer analyseres i det nuværende overvågningsprogram med forskellig hyppighed, afhængigt af grundvandets alder og generelle indhold af stofferne. Således analyseres filtre med *ungt vand* for stoffer, hvis indhold generelt ligger i nærheden af eller over grænseværdien med en frekvens på én analyse årligt. Det drejer sig om stofferne aluminium, arsen, barium, bly, cadmium, kobber, nikkel selen og zink. Resten af stofferne i tabel 3.1 analyseres en gang i løbet af programperioden i såvel ungt som gammelt grundvand, med undtagelse af de fire ”nye” stoffer, antimon, sølv, thallium og tin der analyseres to gange frem til 2003 uanset vandets alder.

Vandværkernes boringskontrol

Udover analyserne i de ca. 125 vandindvindingsboringer der indgår i grundvandsovervågningen (volumenmoniterende filtre), er der med indberetningerne for 1998 i alt indkommet analyse-resultater for uorganiske sporstoffer fra 8.589 filtre i 7.940 vandindvindingsboringer. Langt de fleste analysesæt omfatter kun nikkel, som sammen med aluminium ved pH-værdier under 6 er obligatorisk i boringskontrollen, jævnfør Miljøministeriets bekendtgørelse om vandforsyning m.m. (Miljøministeriet 1988).

Der er fundet uorganiske sporstoffer i 3.417 filtre, hvilket er en forøgelse på 669 filtre i forhold til tidligere. Procentuelt udgør filtre med fund dog fortsat ca. 40 % af de undersøgte filtre. I de øvrige filtre er analyseresultaterne 'under detektionsgrænsen'. Hovedtal for de uorganiske sporstoffer, som er indberettet til GEUS's grundvandskemiske database, fremgår af tabel 3.2.

Uorganiske sporstoffer	Filtre med					Grænseværdi µg/l	Medianværdi µg/l	90 % percentil µg/l	Højeste måling µg/l
	Analyse ¹⁾ antal	fund		overskridelse					
	antal	antal	%	antal	%	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Antimon	10	2	20	0	-	10	0,2	1,0	1
Arsen	217	183	84	5	2,3	50	1,2	6,7	5.100
Bly	215	88	41	0	-	50	0,18	2	34,6
Cadmium	240	91	38	0	-	5	0,012	0,10	40
Kviksølv	106	32	30	0	-	1	0,0026	0,20	0,30
Thallium	4	0	0	-	-	-	0,010	0,40	1,0
Selen	33	8	24	0	-	10	0,1	0,32	5,1
Cyanid	100	15	7	3	3,0	50	2	5	2.000
Nikkel	8.357	3.217	39	255	3,1	20	2	7	430.000
Zink	189	158	84	20	10,6	100	5,1	60	2.900
Kobber	100	72	72	3	3,0	100	0,26	2,0	800
Chrom	99	41	41	0	-	50	0,09	1	4,0
Molybdæn	27	26	100	1	3,7	20	1,12	3	21
Sølv	11	0	0	-	-	10	0,10	0,20	1,0
Tin	1	0	0	-	-	-	0,10	0,10	0,12
Vanadium	25	11	44	-	-	-	0,5	0,95	042
Aluminium	267	196	73	32	12,0	200	3	90	11.800
Barium	146	146	100	-	-	100 ²⁾	92	174	480
Lithium	57	53	93	-	-	-	8,5	26	68.000
Bromid	136	131	96	-	-	-	108	300	870.000
Bor	142	124	87	5	3,5	1.000	74	230	58.400

¹⁾ Eksklusive analyser udført i grundvandsovervågningens volumenmoniterende boringer

²⁾ Den vejledende grænseværdi for barium er 100 µg/l.

Tabel 3.2 Uorganiske sporstoffer i vandværkernes boringskontrol 1990-98. "Grænseværdi" = grænseværdi for drikkevand. Koncentrationer i µg/l. Analyser under detektionsgrænsen er medregnet med dennes værdi ved beregning af medianværdi og 90 % percentil.

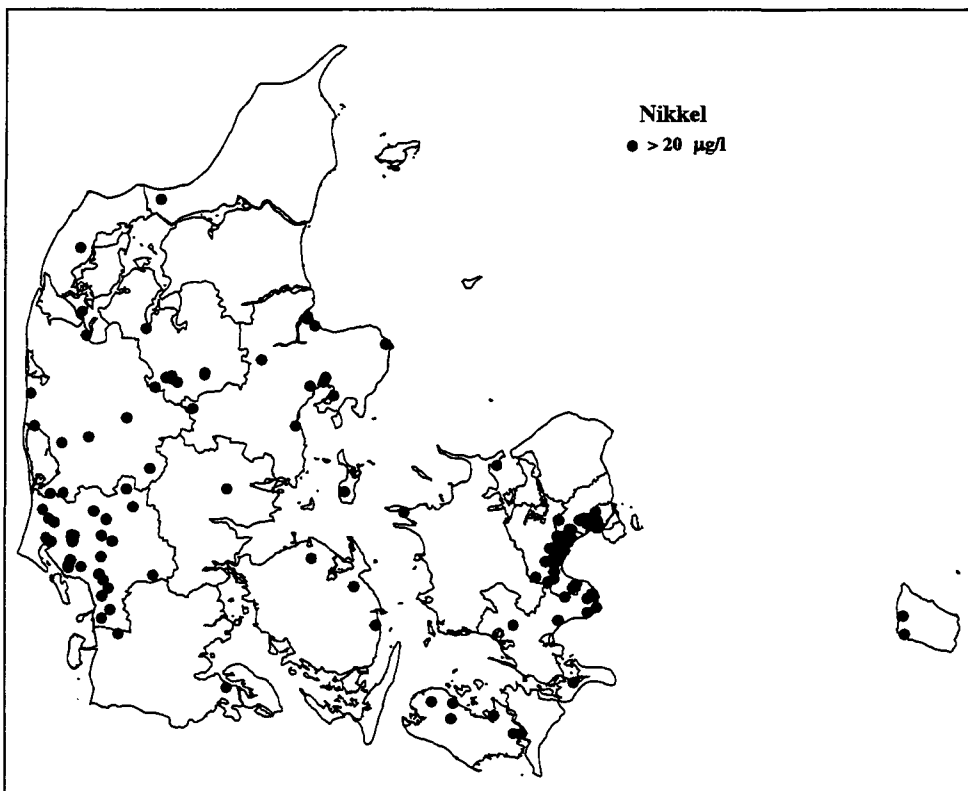
Der anvendes generelt højere og forskellige detektionsgrænser i vandværkernes boringskontrol sammenlignet med grundvandsovervågningen. Ofte anvendes en detektionsgrænse, som er lig med eller det halve af den højst tilladelige værdi for drikkevand. For at få en pålidelig bedømmelse af, om grænseværdien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

Der er fundet overskridelser af grænseværdien for drikkevand i 369 filtre, hvilket er en antalsmæssig forøgelse på 103 filtre. Langt de fleste overskridelser vedrører nikkel. Procentuelt udgør filtrene med overskridelser 4,3 % af de undersøgte filtre.

I forbindelse med oprydning af forurenede grunde er der for en række uorganiske sporstoffer fastsat kvalitetskriterier, der sætter grænser for, hvor stor en udvaskning og nedsivning til grundvandet, der kan accepteres (Miljøstyrelsen 1995). Kvalitetskriterier for grundvand er her sammenfaldende med de kendte grænseværdier for drikkevand (Miljøministeriet 1988), for så vidt angår uorganiske sporstoffer.

Overskridelser af grænseværdien for drikkevand i vandforsyningsboringer

Der forekommer overskridelser af grænseværdien for **nikkel** i drikkevand i 255 boringer, hvilket svarer til 3,1 % af samtlige undersøgte boringer. De 255 repræsenterer en stigning i forhold til sidste år på 34 boringer. I 74 boringer med mere end én analyse er grænseværdien for drikkevand på 20 µg/l overskredet i samtlige analyser. Nikkelforureningen antages primært at hidrøre fra iltning af sulfidmineralet bravoit i forbindelse med sænkning af grundvandsspejlet i vandindvindingsoplandene. En eventuel senere retablering af grundvandsspejlet kan muligvis yderligere øge frigivelsen af nikkel til grundvandet.



Figur 3.1 Vandforsyningsboringer med nikkelindhold over 20 µg/l. Grænseværdien for nikkel i drikkevand er 20 µg/l ved fraløb fra vandværk

Antallet af boringer, hvori der forekommer overskridelser af grænseværdien for **zink** i drikkevand er 20, svarende til 10,6 % af de undersøgte filtre. Halvdelen af filtrene er beliggende i Københavns Kommune. Der er i dag ikke nogen kendt årsag til zinkforekomsten, idet frigivelsen af zink til grundvandet kan skyldes naturlige årsager, men også forurening i forbindelse med galvanisering af metal. Endelig kan prøven være blevet forurennet under prøvetagning f.eks. fra taphane på vandværket eller på laboratoriet.

I 32 filtre er koncentrationen af **aluminium** over den højst tilladelige værdi for drikkevand. Grænseværdien for aluminium overskrides således i 12 % af analyserne. Af de 32 filtre forekommer der 11 i Ribe Amt og 13 i Ringkjøbing Amt. I de fleste tilfælde skyldes de høje koncentrationer en lav pH.

I fem filtre overskrides det højst tilladelige indhold af **arsen** (50 µg/l) i drikkevand. Det er sandsynligt at nogle forekomster af højt indhold af arsen skyldes forurening i forbindelse med træ-impregnering. Alle overskridelser forekommer i Vestsjællands Amt.

Som det er fremgået af foranstående overskrides grænseværdierne i et forskelligt antal tilfælde i et mindre antal boringer for stofferne nikkell, zink, aluminium og arsen. Dette grundvand kan altså ikke umiddelbart anvendes til drikkevand, f.eks. i forbindelse med enkeltforsyning og små fællesvandforsyninger uden vandbehandling. I større vandværker med vandbehandling må det antages, at de uorganiske sporstoffer i betydelig grad tilbageholdes i okkerslammet fra vandværkernes sandfiltre (Aktor 1990).

Genfund af uorganiske sporstoffer i grundvandsovervågningen

Til belysning af genfindingen, d.v.s. analyser, hvor indholdet af det pågældende stof i prøven, og dermed i grundvandet, er større end detektionsgrænsen ved den anvendte analysemetode, er der i tabel 3.3 angivet den gennemsnitlige genfindingsprocent, beregnet som antallet af fund divideret med antallet af analyser for hvert filter for sig og derefter midlet. 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 bestemme indholdet af stofferne i grundvandet.

Uorganiske sporstoffer i landovervågningens grundvandsfiltre

I landovervågningsoplandene 1,2,3,4 og 6 er der analyseret for aluminium, arsen, barium, bly, cadmium, chrom, kobber, selen og zink. Detektionsgrænserne er de samme som i delprogrammet for grundvandsovervågning. Alle stoffer er fundet, selen dog kun i et mindre antal filtre i landovervågningsoplandene 3, 4 og 6. Analyserne stammer overvejende fra de dybeste filtre, d.v.s. 5 meter eller mere under terræn, med undtagelse af analyserne fra Sønderjyllands Amt (LOOP 6), der stammer fra filtre i 2,2 meters dybde. Det gennemsnitlige indhold af aluminium, arsen, cadmium, kobber, nikkell, selen og zink er markant højere i Sønderjyllands Amt. Sønderjyllands Amt vil verificere resultaterne med fornyet prøvetagning i 1999. Resultaterne leder til den antagelse, at uorganiske sporstoffer i større mængder tilbageholdes og akkumuleres i rodzonen eller umiddelbart under denne. Hovedtal for de analyserede stoffer fremgår af tabel 3.4.

Stof	Gennemsnitlig genfindning i %	Spredningen i genfindingen udtrykt som variationskoefficient	Detektionsgrænse $\mu\text{g/l}$
Barium	99,9	2	1,0
Lithium	99,5	6,6	0,5
Bromid	98,6	10,7	10
Aluminium	95,4	16,7	0,1
Arsen	90,3	29,2	0,05
Zink	88,9	26,3	0,5
Molybdæn	86,2	37,1	0,15
Kviksølv	76,6	48,3	0,0005
Chrom	71,8	51,9	0,04
Kobber	71,2	51,3	0,05
Nikkel	70,7	54,8	0,05
Bly	59,5	60,6	0,05
Cadmium	52,3	77,9	0,005
Stoffer med få analyser			
Vanadium	42,0	105	0,5
Antimon	38,1	127	0,5
Thallium	32,7	143	0,4
Selen	28,5	125	0,1
Tin	11,1	283	0,1
Sølv	7,9	341	0,1
Miljøfremmede stoffer			
Cyanid	10,9	266	2,0

Tabel 3.3 Genfindning af uorganiske sporstoffer i grundvandsovervågningen, 1993-1998.

Uorganiske sporstoffer	Filtre med					Medianværdi i $\mu\text{g/l}$		90 % percentil i $\mu\text{g/l}$		
	analyse	fund			overskridelse		LOOP nr.		LOOP nr.	
		antal	antal	%	antal	%	1,2,3,4	6	1,2,3,4	6
Arsen	48	38	79	0	-	0,26	0,095	2,1	10	
Bly	49	40	82	0	-	0,27	0,43	5,9	3,6	
Cadmium	49	44	90	5	10	0,06	6,85	0,28	9,3	
Selen	48	16	33	0	-	0,10	0,11	0,58	10	
Nikkel	49	48	98	8	16	3,3	315	15,6	410	
Zink	49	46	94	8	16	19	335	71,8	470	
Kobber	49	48	98	0	-	1,0	2,55	3,5	4,6	
Chrom	49	39	80	0	-	0,15	0,31	0,85	2,4	
Aluminium	49	49	100	4	8	5	185	110	1.400	
Barium	49	49	100	-	-	43	99	79	120	

Tabel 3.4 Uorganiske sporstoffer i landovervågningens grundvandsfiltre 1998. Analyser under detektionsgrænsen er medregnet med dennes værdi. Overskridelser er i forhold til grænseværdien for drikkevand.

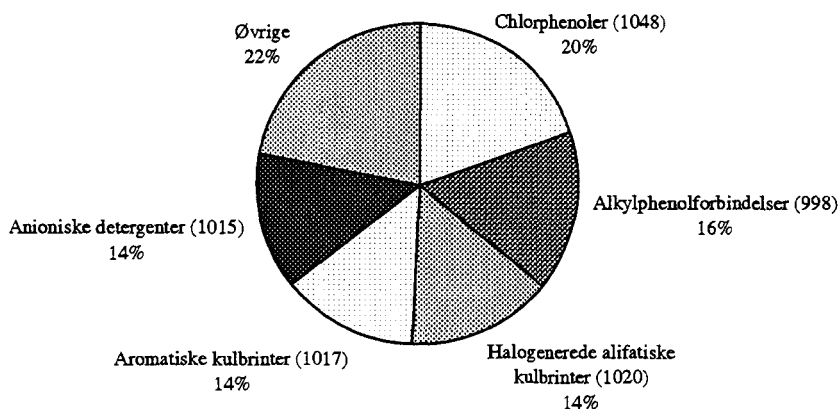
Organiske mikroforureninger

Grundvandsovervågning

Der er i grundvandsovervågningen gennemført analyse for organiske mikroforureninger i 5.850 vandprøver fra 1.069 overvågningsfiltre (tabel 4.1 og 4.2). I 614 af de 652 undersøgte boringer er der fundet én eller flere organiske mikroforureninger, svarende til fund i 997 filtre. Antallet af gennemførte analyser pr. år har været stigende gennem perioden 1989 til 1998 (tabel 4.1). En total liste over analyserede organiske mikroforureninger kan findes i bilag 4.1, mens en oversigt over udvalgte organiske mikroforureninger kan findes i tabel 4.2. Fordelingen af analyser indenfor stofgrupper er vist i figur 4.1. Alle medianværdier er i dette afsnit beregnet på grundlag af medianværdier for de enkelte filtre, da en simpel gennemsnitsberegning ville være meget påvirkelig af enkeltstående, meget høje koncentrationer.

Prøvetagningsår	Antal analyser	Filtre med analyser	Filtre med fund	
			antal	%
1989	19	15	14	93
1990	373	333	287	86
1991	560	432	318	74
1992	400	272	193	71
1993	546	486	325	67
1994	655	594	295	50
1995	797	665	337	51
1996	860	750	353	47
1997	803	719	324	45
1998	837	775	228	29
Analyser i alt	5.850			

Tabel 4.1 Analyse for organiske mikroforureninger udført i grundvandsovervågningen i perioden 1989-1998.



Figur 4.1 Grundvandsovervågning 1989-1998. Fordeling af 5.850 analyser på stofgrupper indenfor organiske mikroforureninger angivet som %. Tal i parentes angiver, hvor mange af de i alt 1069 filtre, der er analyseret for forbindelser indenfor stofgruppen.

Grundvandsovervågning Organiske mikroforureninger	Analyser	Analyser med fund	Filtre med analyse	Filtre med fund antal	Filtre med fund %	Median af fund (µg/l)	Maksimum af fund (µg/l)
Aromatiske kulbrinter							
benzen	2.976	230	1.015	118	11,6	0,09	25,1
naphthalen	2.964	36	1.014	31	3,1	0,01	0,25
toluen	2.980	206	1.014	152	15,0	0,10	6,59
M+P-xylen	2.240	112	932	82	8,8	0,07	0,96
M-xylen	654	15	532	15	2,8	0,04	0,5
O-xylen	2.886	59	1.014	40	3,9	0,08	0,8
P-xylen	707	18	555	18	3,2	0,03	0,19
xylen (uspecifik)	19	1	19	1	5,3	0,03	0,03
Halogenerede alifatiske kulbrinter							
1-chlorethylen	153	1	149	1	0,7	0,35	0,35
tetrachlorethylen	3.073	48	1.020	16	1,6	0,08	2,8
tetrachlormethan	3.041	20	1.015	20	2,0	0,09	2,19
1,1,1-trichlorethan	3.068	55	1.020	43	4,2	0,03	0,39
trichlorethylen	3.073	93	1.020	38	3,7	0,08	5,7
trichlormethan	3.083	190	1.013	65	6,4	0,11	11,0
Phenolforbindelser							
phenol	4.160	139	1.044	117	11,2	0,07	5,1
4-nonylphenol	28	0	28	0			
nonylphenol (NP1EO)	53	0	53	0			
nonylphenol (NP2EO)	53	0	53	0			
nonylphenoler (uspecifik)	88	32	56	32	57,1	3,65	15,0
nonylphenolethoxylater	26	0	26	0			
Chlorphenoler							
2,4-dichlorphenol	4.194	34	1.044	20	1,9	0,06	0,45
2,6-dichlorphenol	4.112	6	1.043	5	0,5	0,02	2,01
pentachlorphenol	4.120	9	1.038	9	0,9	0,06	0,35
Blødgører							
dibuthylphthalat (DBP)	141	52	133	52	39,1	5,6	47
Anioniske detergenter							
detergenter (anion sum)	2.934	1.792	1.015	881	86,8	6	120
Kationiske detergenter							
DTDMAC (sum)	61	0	61	0			
Ætere							
MTBE	17	0	17	0			

Tabel 4.2 Analyse og fund af udvalgte organiske mikroforureninger i filtre i grundvands-
overvågningen 1989-1998. Medianværdier er beregnet på grundlag af medianværdier på
filterniveau. Kun de stoffer der er omfattet af NOVA 2003 (Miljøstyrelsen i tryk) medtages. I
øvrigt henvises til bilag 4.1.

Kilden til de **aromatiske kulbrinter** er i hovedsagen olieprodukter, som f.eks. benzin, der indeholder eller har indeholdt op til 5-6 % benzen, toluen og xylen. Stofgruppen er analyseret i 3.056 vandprøver udtaget fra 1017 overvågningsfiltre. Der er fundet ét eller flere af de analyserede stoffer i 237 filtre svarende til 23% af de undersøgte filtre. Benzen og toluen forekommer hyppigst, nemlig i henholdsvis 12 % og 15% af de analyserede filtre. Toluene kan muligvis stamme fra lim anvendt ved samling af borerør. De enkelte xylen og Nathalie forekommer i 3-5 % af de undersøgte filtre. Mediankoncentrationen for benzen og toluen er

henholdsvis 0,09 µg/l og 0,10 µg/l. Mediankoncentrationen for de øvrige stoffer er ca. 0,05 µg/l svarende til analysedetektionsgrænsen. (tabel 4.2 og bilag 4.1).

I perioden 1989-1998 har amterne analyseret 3.155 vandprøver fra 1.020 overvågningsfiltre for stofgruppen **Halogenerede alifatiske kulbrinter**. Der er fundet ét eller flere stoffer i 141 filtre svarende til 14% af de undersøgte filtre.

Blandt de analyserede stoffer er trichlormethan (chloroform), 1,1,1-trichlorethan og trichlorethylen fundet hyppigst i 4 til 7 % af de undersøgte filtre. Kilderne til denne gruppe er industriel anvendelse, hvor stofferne fortrinsvis bruges som opløsningsmidler, affedtningsmidler og som kølemidler. Forureninger med disse chlorerede stoffer stammer ofte fra punktkilder som affaldsdepoter og forurenede grunde.

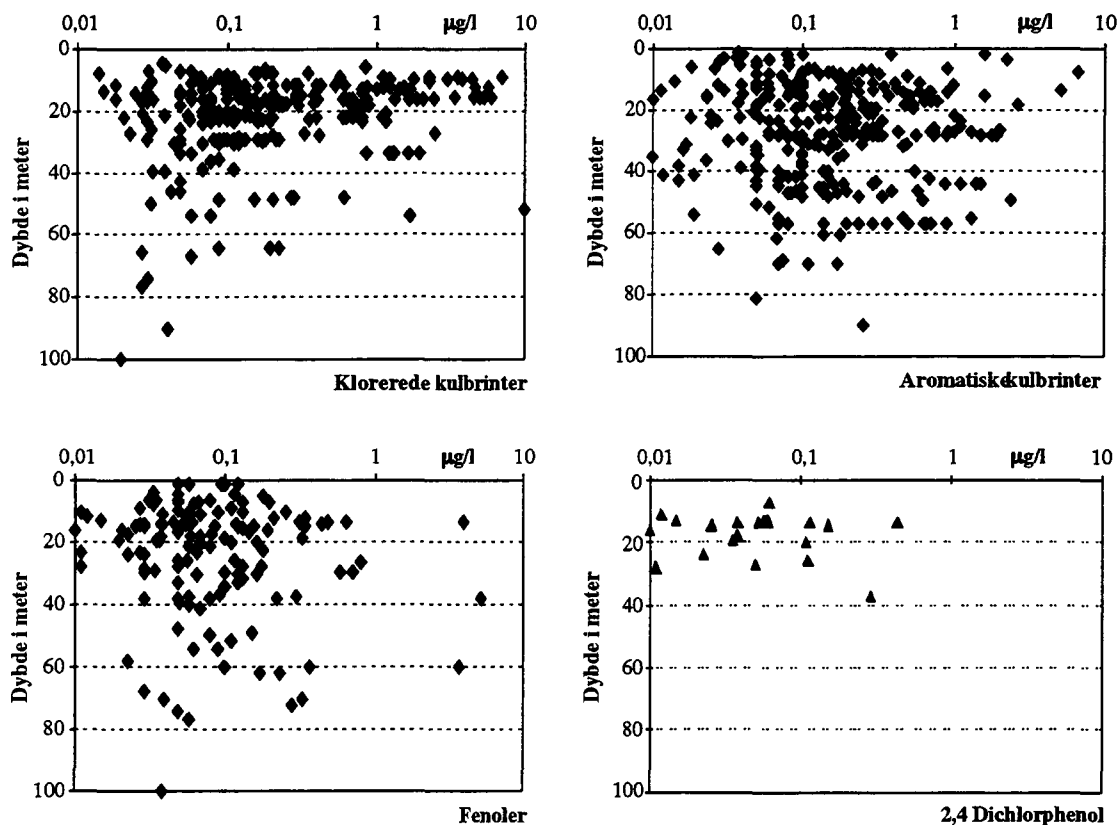
De største koncentrationer blev fundet for cis-dichlorethylen (bilag 4.1), trichlormethan og trichlorethylen. Betragtes medianværdier for flere fund er den største koncentration målt for dichlorethan (0,19 µg/l), mens en række af de analyserede stoffer har en mediankoncentrationen omkring eller under 0,05 µg/l på filterniveau, svarende til analysedetektionsgrænsen.

Stofgruppen **fenoler og chlorfenoler** er analyseret i 4.367 vandprøver udtaget fra 1.048 overvågningsfiltre. Der blev fundet phenoler og chlorphenoler i 192 filtre svarende til ca. 18% af de undersøgte filtre. Phenol er fundet i 11 % af 1.044 analyserede filtre. For cresoler ses en ret høj hyppighed af fund (31%, bilag 4.1). Mediankoncentrationen af fundene ligger tæt på detektionsgrænsen, og det vil kræve flere resultater at afgøre, om den høje fund frekvens er reel eller en følge af det forholdsvis lave prøveantal. De øvrige fenoler er kun fundet i få af de undersøgte filtre (tabel 4.2 og bilag 4.1). Mediankoncentrationen for phenol er 0,07 µg/l.

En af kilderne til forekomsten af methylphenolerne og phenol kan være nedbrydning af naturligt organisk stof. I følge Miljøstyrelsen (1995b) er indholdet af phenol i kvæg- og svinøgning henholdsvis 31 og 26 mg pr. kg vådvægt. Kilderne til de chlorerede fenoler kan være pesticider, i hvilke der indgår en benzenring, f.eks. phenoxysyrerne. En diskussion af pesticidnedbrydning findes i afsnittet "Pesticider og nedbrydningsprodukter". Pentachlorphenol er fundet i ni filtre ud af 1.038 undersøgte, svarende til 0,9 %. Pentachlorphenol har i perioden 1956 til 1979 været anvendt til træimprægnering i mængder på op til 4.300 kg/år.

Simple alkylfenoler kan også fremkomme under nedbrydning af **nonylphenol**. I de seneste år har der været stor fokus på hormonlignende stoffers forekomst i miljøet, og nonylfenolerne er en af de grupper, som har været diskuteret i denne sammenhæng. Stoffer fra denne gruppe finder udbredt anvendelse i industrien og indgår eksempelvis i rengøringsmidler og kosmetik, og anvendes ved opskumning af plast og produktion af maling. 56 filtre er blevet undersøgt for indhold af nonylphenol. Af de undersøgte filtre havde 32 et indhold af nonylphenol, og medianen for koncentrationen var 3,7 µg/l. Det må fremhæves, at resultatet er baseret på forholdsvis få prøver, og det vil kræve flere analyser før det kan afgøres om den høje fundhyppighed er reel.

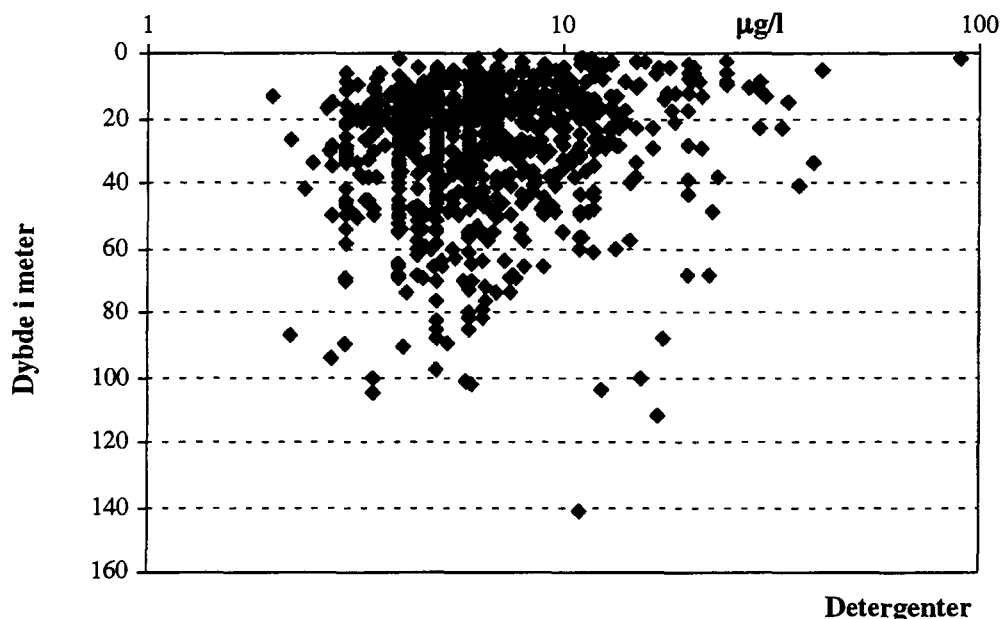
Forekomsten af de tre stofgrupper, chlorerede kulbrinter, aromatiske kulbrinter og fenoler samt 2,4-dichlorphenol i grundvandsmagasinerne er vist i figur 4.2. De chlorerede kulbrinter er fundet i de største koncentrationer i intervallet 0 - ca. 30 meter under terræn, mens fenoler er fundet i mindre koncentrationer, også i de dybere dele af grundvandsmagasinerne. 2,4-dichlorphenol er næsten udelukkende fundet i grundvand i intervallet 0-30 meters dybde (figur 4.2) mens phenol også forekommer i de dybere dele af grundvandet. De aromatiske kulbrinter er fundet i relativt store koncentrationer, også i de dybere dele af magasinerne.



Figur 4.2 Organiske mikroforureninger i grundvandsovervågningen 1989-1997. Alle analyser med fund er medtaget og vist som funktion af filterdybde. Hvis der er fundet mere end ét stof i vandprøven er den største koncentration anvendt. Endvidere er grænseværdien for de enkelte stofgrupper i drikkevand angivet (Miljøstyrelsen 1995a). Grænseværdien for de aromatiske kulbrinter i drikkevand er 10 µg/l og grænseværdien for 2,4-dichlorphenol i drikkevand er 0,01 µg/l.

Indenfor gruppen af **blødgørere** er der udført 141 analyser fra 100 borer. Ud af de 133 analyserede filtre blev der fundet indhold af dibutylphthalat i 51 filtre svarende til 39%. Også her må det fremhæves, at resultatet er baseret på forholdsvis få prøver, og det vil kræve flere analyser før det kan afgøres om den høje fundhyppighed er reel.

Indhold af **Anioniske og kationiske detergenter** er blevet undersøgt i 2.952 prøver fordelt på 1.015 filtre. Anioniske detergenter blev fundet i 881 filtre svarende til 87% af de undersøgte filtre. Detergenterne kan forekomme naturligt, men stammer antagelig især fra vaske- og rengøringsmidler samt muligvis fra overfladeaktive stoffer, som tilsættes ved opblanding af pesticider før udsprøjtning. Stofgrupperne har også været inddraget i diskussionen omkring anvendelse af slam til jordforbedring, idet slam fra husholdninger eksempelvis kan indeholde LAS og andre detergenter. Der kan ikke i dag gives en nærmere forklaring på den store udbredelse, hvor detergenter også findes i dybtliggende grundvand (figur 4.3). Det skal her bemærkes, at den generelle analysemetode for anioniske detergenter er baseret på en ikke specifik detektion. Der har således været en diskussion af mulig interferens fra naturligt forekommende stoffer i grundvandet, eksempelvis humus, og ved interkalibreringer har der været problemer med bestemmelse af indhold mindre end 10 µg/l. Der er således behov for en nøjere undersøgelse af detergentfundene og kilderne hertil.



Figur 4.3 Fund af anioniske detergenter i forhold til dybde til top af filter i grundvandsovervågningen 1989-97. Grænseværdien for drikkevand er 100 µg/l

En ny type analyser er blevet inddraget i grundvandsovervågningen, idet 1998 var det første år hvor indhold af **MTBE** (methyl tert-butyl ether) indgik i indberetningerne, om end det ikke var et krav, at der skulle udføres analyser for MTBE i 1998 og der var da heller ikke udpeget et kvalificeret laboratorium endnu. MTBE er et hjælpestof, som tilsættes benzin for at øge oktantal og fremme forbrændingen i motoren. Stoffet er analyseret i 17 vandprøver udtaget fra 17 filtre, og i ingen af prøverne er der fundet MTBE.

I grundvandsovervågningen er der tillige udført analyser for organiske mikroforureninger i 39 boringer i **landovervågningsoplande** i 1995-1998 (se bilag 4.2). I disse boringer er der gjort fund i fem, svarende til 13%. Undersøgelserne har især været rettet mod alkylfenolforbindelser (53 analyser) og chlorfenoler (48 analyser). Ud af 53 analyser for alkylfenolforbindelser er der fundet indhold i 3 svarende til ca. 6%. Derimod er der ikke gjort fund af chlorfenoler i de 48 analyser fra landovervågningsoplande. Der er tale om et lavt prøveantal, men det er interessant, at der ikke er fundet indhold af pesticidnedbrydningsprodukter som chlorfenoler i boringer beliggende i landovervågningsoplande. En diskussion af pesticidnedbrydning findes i afsnittet "Pesticider og nedbrydningsprodukter".

Vandværkernes boringskontrol

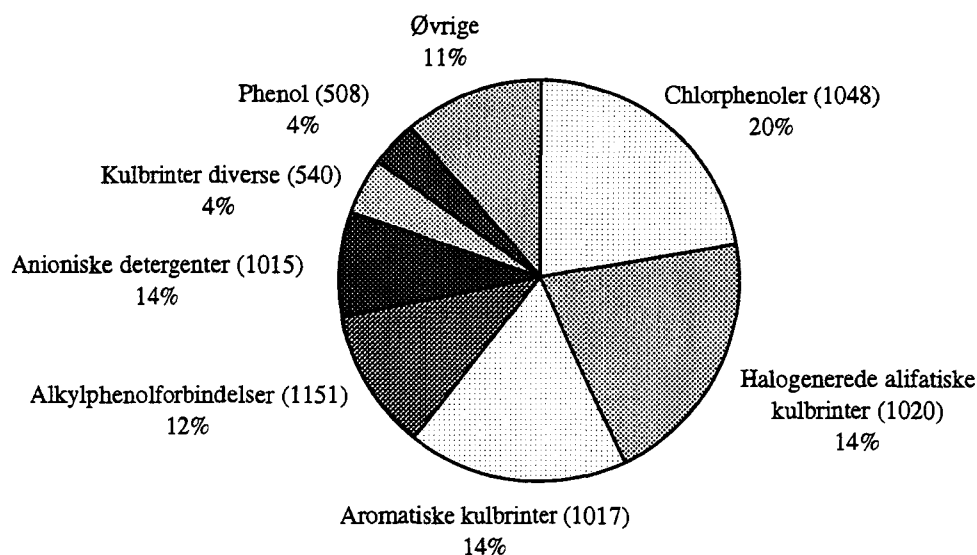
I perioden 1989 – 1998 er der totalt udtaget 7.614 vandprøver fra 3.565 boringer til analyse for organiske mikroforureninger ved vandværkernes boringskontrol. Der er fundet organiske mikroforureninger i 1.211 boringer, svarende til 34%. I perioden er godt en tredjedel af boringerne (1.272) blevet analyseret mere end én gang, og enkelte boringer er analyseret 50 gange eller oftere i løbet af perioden. Alle medianværdier er i dette afsnit beregnet på grundlag af medianværdier for de enkelte filtre, da en simpel gennemsnitsberegning ville være meget påvirkelig af enkeltstående, meget høje koncentrationer.

I 1998, er der udtaget 2.125 vandprøver til analyse for organiske mikroforureninger ved vandværkernes boringskontrol. Ud af 1.683 undersøgte boringer blev der fundet organiske mikroforureninger i 483 boringer, svarende til 29%. I perioden 1989 – 1998 er 14% af boringerne blevet analyseret mere end én gang, og tre boringer er analyseret op til 12 gange i løbet af et år.

Det samlede antal analyserede vandprøver for perioden 1989 til 1998, er vist i tabel 4.3. En liste over alle analyserede forbindelser kan findes i bilag 4.3, mens tabel 4.4 indeholder en oversigt over udvalgte forbindelser. Ved læsning af tabellens maksimalværdier skal det bemærkes, at høje maksimalværdier kan stamme fra boringer udført ved forurenede grunde o.l. En oversigt over fordelingen af analyserne i boringskontrollen er vist i figur 4.4.

Prøvetagningsår	Antal analyser	Boringer med analyser	Boringer med fund	
			antal	%
1989	12	7	5	71
1990	96	76	63	83
1991	158	124	67	54
1992	197	126	71	56
1993	381	287	130	45
1994	1.378	1.005	267	27
1995	1.121	737	278	38
1996	928	659	186	28
1997	1.218	972	302	31
1998	2.125	1.682	782	46
Analyser i alt	7.614			

Tabel 4.3 Analyse for organiske mikroforureninger pr. år i vandværkernes boringskontrol 1989-1998. Data indberettet til GEUS database.



Figur 4.4 Fordeling af 7.614 analyser for organiske mikroforureninger på stofgrupper udført i vandværkernes boringskontrol 1989 – 1998 og angivet som %. Tal i parentes angiver, hvor mange af de i alt 3565 filtre, der er analyseret for forbindelser indenfor stofgruppen.

De **aromatiske kulbrinter** er analyseret i 2.930 vandprøver udtaget i perioden 1989-1998. Prøverne er taget fra 1.655 borer, hvoraf 504 er undersøgt mindst to gange. Én eller flere aromatiske kulbrinter er fundet i 234 borer svarende til 14 % af de undersøgte borer. Xylen er fundet i ca. 10 % af de undersøgte borer. M+P-xylen forekommer i 7 % af de undersøgte borer, men de øvrige xylen er fundet i 1-4 % af de undersøgte borer. Benzen forekommer i ca. 7 % af borerne og toluen er fundet i ca. 10 % af de undersøgte borer. I vandværkernes boringskontrol er toluens mediankoncentration 0,13 µg/l (tabel 4.4), mens mediankoncentrationen for benzen er 0,15 µg/l.

Blandt **øvrige kulbrinter** er der indberettet fund af olie og olieprodukter i en del borer (se bilag 4.3). Således var der olie i 115 borer ud af 376 undersøgte svarende til 31 %. Det er særligt Vestsjælland, Storstrøms og Fyns amter, der har indsendt disse analyser fra vandværkernes boringskontrol. En del af fundene kunne stamme fra afsmitning fra taphaner, fra vandværkernes indvindingsboringer, borer udført ved forurenede grunde eller fra forurening under prøvetagningen.

Indenfor gruppen **halogenerede kulbrinter** kan der skelnes mellem alifatiske og aromatiske forbindelser. I perioden 1987 til 1998 er der blevet udført 3.723 analyser for sådanne stoffer. Af disse var langt de fleste af analyserne, 3.651, rettet mod alifatiske forbindelser mens de resterende 74 omfattede aromatiske forbindelser. **Halogenerede alifatiske kulbrinter** blev fundet i 380 af 1.834 undersøgte borer, svarende til 20,7%.

Af tabel 4.4 ses at de undersøgte borer ofte har indhold af vinylchlorid (1-chlorethylen) og trichlorethylen (fundet i henholdsvis 14,9% og 13,2 % af de undersøgte borer). Vinylchlorid er slutproduktet ved dechlorering / nedbrydning af øvrige chlorerede kulbrinter, og 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. Den tidsmæssige fordeling af vinylchloridanalyserne er endnu for snæver til en egentlig tidsanalyse, men medianen for fund viser en opadgående tendens (0,20 µg/l i 1996; 0,45 µg/l i 1997; 0,6 µg/l i 1998). Der er endnu ikke udpeget et laboratorium til udførsel af analyse for vinylchlorid i grundvandsovervågningen.

I øvrigt har dichlorethylen-forbindelser en ret høj fundhyppighed mens de øvrige alifatiske chlorerede kulbrinter generelt er fundet i 10 % eller mindre af de undersøgte borer (bilag 4.3). Der kan forekomme høje koncentrationer af det enkelte stof i særlige borer, eksempelvis er der meget høje enkeltstående fund af trichlorethylen. Derfor kan medianværdier med fordel anvendes til mere generelle betragtninger.

Blandt de halogenerede aromatiske kulbrinter blev der udelukkende fundet 2-(2,6-dichlorphenoxy)-propionsyre i én ud af 68 undersøgte borer (se bilag 4.3).

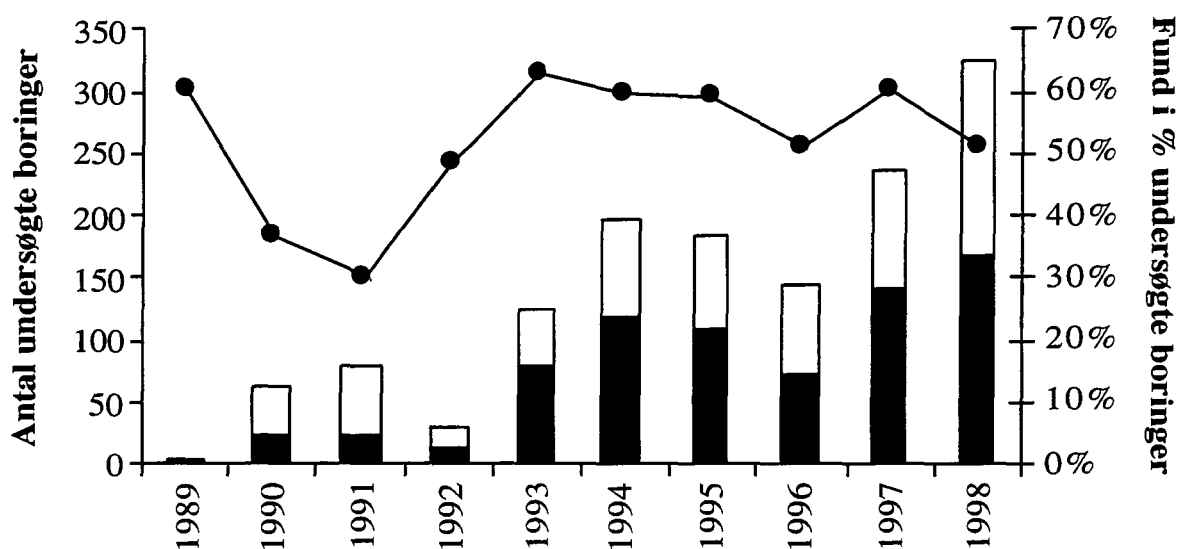
Fenoler og chlorfenoler er analyseret i 3.830 vandprøver udtaget fra 2.385 borer, hvoraf 608 borer er undersøgt mindst to gange. Stoffer fra disse grupper er fundet i 149 af de analyserede borer svarende til 6,2 %. Det er særlig phenol, der dominerer gruppen med fund i 8,1 % af de 1.222 undersøgte borer. Mediankoncentrationen for phenol er 0,1 µg/l. Forekomst af forbindelser fra disse stofgrupper, især chlorfenoler, er også interessant i forhold til pesticidforureninger, og en diskussion af pesticidomsætning kan findes i afsnittet "Pesticider og nedbrydningsprodukter".

Boringskontrol Organiske mikroforureninger	Analyser	Analyser med fund	Boringer med analyse	Boringer med fund antal	%	Median af fund (µg/l)	Maksimum af fund (µg/l)
Aromatiske kulbrinter							
benzen	2.847	188	1.623	105	6,5	0,15	15.000
naphthalen	10	4	10	0			
toluen	2.827	195	1.618	153	9,5	0,13	88.000
M-xylen	342	2	264	1	0,4	0,09	0,09
O-xylen	2.197	57	1.341	48	3,6	0,07	120
P-xylen	358	5	269	3	1,1	0,01	0,02
M+P-xylen	1.865	98	1.202	85	7,1	0,12	220
xylen (uspecifik)	392	31	298	29	9,7	0,12	1.500
Alkylphenolforbindelser							
phenol	2.213	157	1.222	99	8,1	0,1	70
nonylphenol(NP1EO)	23	0	22	0			
nonylphenol(NP2EO)	23	0	22	0			
nonylphenoler (uspecifik)	29	2	26	2	7,7	2,4	2,6
nonylphenoletoxylat	7	0	7	0			
Halogenerede alifatiske kulbrinter							
tetrachlorethylen	3.416	472	1.736	139	8,0	0,18	82.000
tetrachlormethan	3.229	65	1.696	39	2,3	0,08	17,9
trichlorethylen	3.563	924	1.749	231	13,2	0,38	66.500
trichlormethan	3.226	223	1.688	121	7,2	0,13	260
vinylchlorid	319	46	268	40	14,9	0,6	2.200
Chlorphenoler							
2,4-dichlorphenol	3.181	13	2.128	9	0,4	0,15	1,2
2,6-dichlorphenol	2.546	6	1.668	5	0,3	0,06	0,15
pentachlorphenol	2.648	14	1.773	11	0,6	0,07	0,35
Blødgørere							
dibuthylphthalat	33	3	32	3	9,4	10	30
Anioniske detergenter							
detergenter (anion sum)	1486	786	880	546	61,8	6	16.000.000
Kationiske detergenter							
DTDMAC (sum)	8	0	8	0			
Ætere							
MTBE	191	22	186	19	10,2	0,33	33

Tabel 4.4 Analyser og fund af organiske mikroforureninger i vandværkernes boringskontrol 1989-1998. Medianværdier er beregnet på grundlag af medianværdier på filterniveau. I de indberettede analysedata indgår også analysedata fra vandværkernes overvågningsboringer. De meget høje maksimumværdier skyldes antagelig enhedsfejl ved indberetningen.

Detergenter er analyseret i 1.497 vandprøver udtaget fra 888 boringer, hvor 303 boringer er undersøgt mindst to gange. Gruppen af detergenter kan opdeles i anioniske, kationiske og non-ioniske detergenter. Stoffer fra disse tre grupper er fundet i 546 af de analyserede boringer svarende til 61,5 %. Det er næsten udelukkende de anioniske detergenter som der analyseres for i boringerne, idet 1.496 analyser var rettet mod denne stofgruppe. Generelt er analyser for de øvrige to grupper behæftet med en ret stor usikkerhed, og analyse af anioniske detergenter diskuteres under afsnittet under grundvandsovervågningen.

I undersøgelsen af **anioniske detergenter** indgik prøver fra 880 borer og der blev fundet indhold i 544 af disse, svarende til en relativ høj fund hyppighed på 62% for hele perioden. Antallet af analyser og hyppigheden af fund af anioniske detergenter er forskelligt gennem perioden (figur 4.5), men set i forhold til øvrige organiske mikroforureninger ligger hyppigheden af fund højt. Mediankoncentrationen for fund af de anioniske detergenter er 6 $\mu\text{g/l}$. Endvidere forekommer der ret høje værdier i datamaterialet hvilket kan skyldes borer i forbindelse med forurenede grunde. For undersøgte borer med fund var 90% fraktilen 11 $\mu\text{g/l}$.

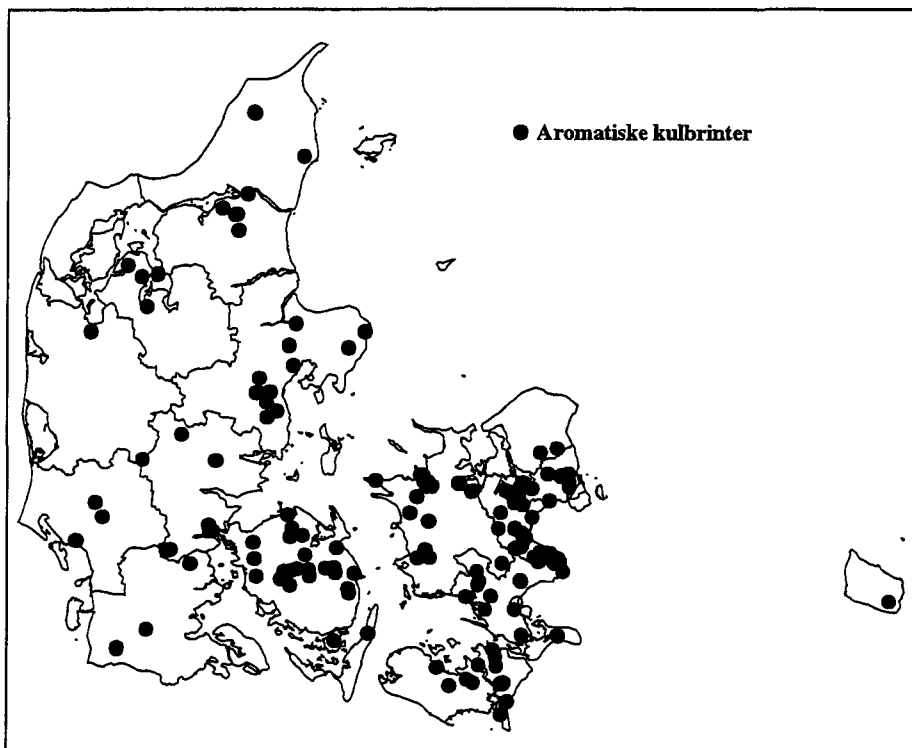


Figur 4.5 Fund af anioniske detergenter i vandværkernes boringskontrol i perioden 1989-1998. Total antal undersøgte borer er vist som sum af undersøgte borer uden fund (□) og med fund (■). Kurven (●) angiver hyppighed af fund som procent af antal borer.

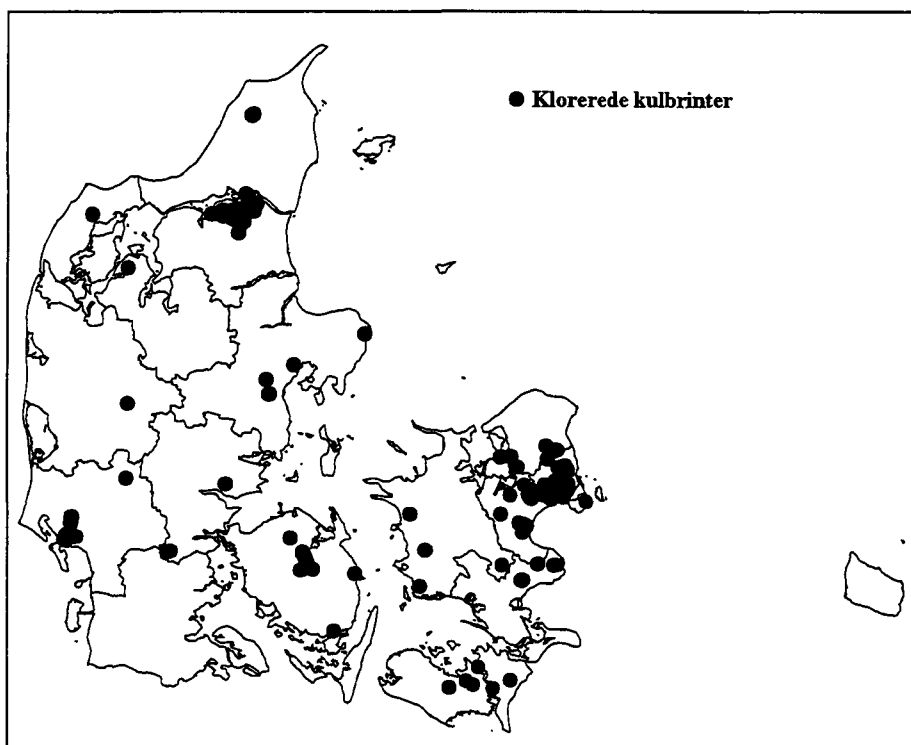
To nye stofgrupper er repræsenteret i boringskontrollen i 1998: **MTBE** (methyl tert-butyl ether) og **blødgørere**. MTBE er analyseret i 191 vandprøver udtaget fra 186 borer, og heriblandt var der 19 borer med fund, svarende til 10 %. Mediankoncentrationen for MTBE var 0,33 $\mu\text{g/l}$. Der er endnu ingen grænseværdi for MTBE i drikkevand, men den skønnes at skulle ligge på 30 $\mu\text{g/l}$.

Indenfor gruppen blødgørere er kun analyseret få prøver og det er primært dibutylphthalat som undersøges. Der blev i 1998 udført 37 analyser indenfor denne stofgruppe fra et tilsvarende antal borer (bilag 4.3), og der er fundet indhold i 3 borer svarende til 9 % af de undersøgte borer.

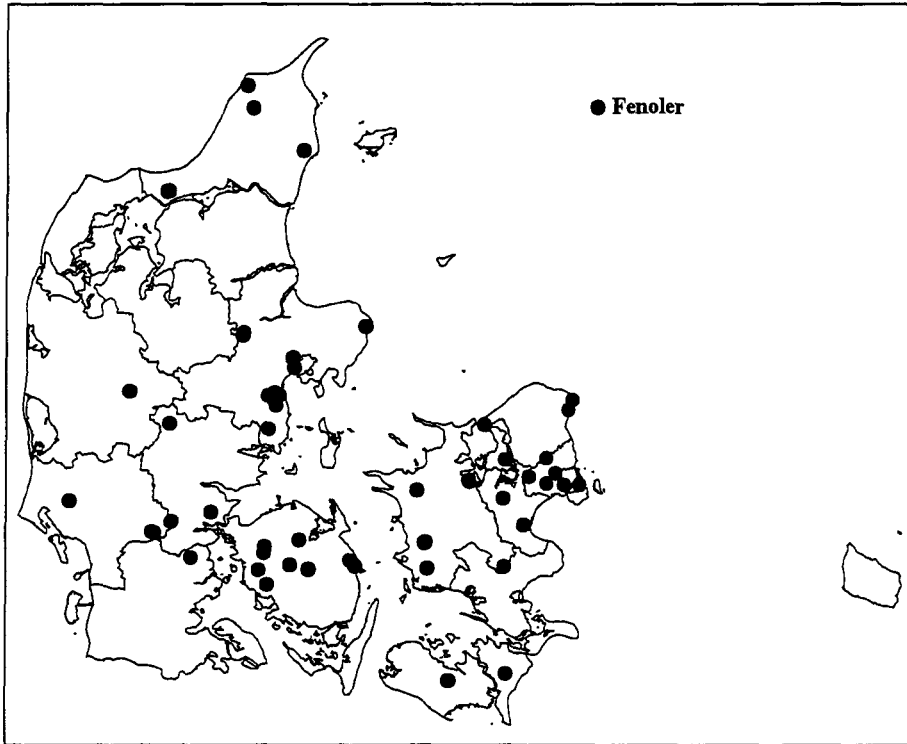
Forekomsten af de organiske mikroforureninger på landsplan er vist på figur 4.6 – 4.8, hvor det særligt ses, at de chlorerede kulbrinter er fundet i grundvandsmagasiner, som ligger under eller i nærheden af større byer. Tilsvarende ses en tendens mod, at de aromatiske kulbrinter særligt findes i nærheden af større byer. Fund af fenoler i grundvand er mere spredt, og mønstret ligner i en vis grad udbredelsen af pesticider i boringskontrollen, hvilket måske skyldes at nogle pesticider kan nedbrydes til forskellige fenolforbindelser. Se endvidere afsnittet om ”Pesticider og nedbrydningsprodukter”.



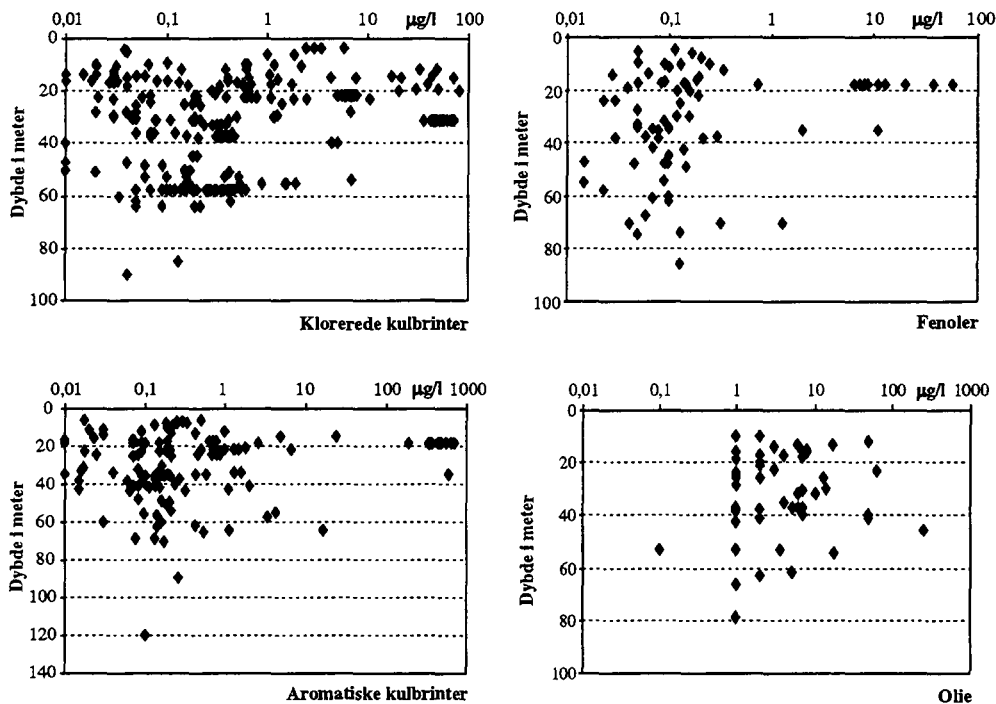
Figur 4.6 Fund af aromatiske kulbrinter i vandværkernes boringskontrol i perioden 1989-1997. Kun boringer med koordinater i GEUS's borearkiv er medtaget.



Figur 4.7 Fund af chlorerede kulbrinter i vandværkernes boringskontrol i perioden 1989-1997. Kun boringer med koordinater i GEUS's borearkiv er medtaget.



Figur 4.8 Fund af fenoler i vandværkernes boringskontrol i perioden 1989-1997. Kun boringer med koordinater i GEUS's borearkiv er medtaget.



Figur 4.9 Organiske mikroforureninger i vandværkernes boringskontrol 1989-1997. Alle analyser med fund og med dybdeangivelse er medtaget. Analyser for olie er medtaget. Hvor der er fundet mere end ét stof i en vandprøve er den største koncentration anvendt. Endvidere er grænseværdien for de enkelte stofgrupper i drikkevand angivet (Miljøstyrelsen 1995a).

Den dybdemæssige forekomst af de tre stofgrupper, klorerede kulbrinter, aromatiske kulbrinter og fenoler, samt olie fremgår af figur 4.9. De klorerede kulbrinter findes hyppigst i intervallet 0-60 meters dybde, og med de største koncentration i intervallet 0-40 meters dybde. Fenolerne og de aromatiske kulbrinter forekommer tilsyneladende i samme dybder, men især fenolerne i mindre koncentrationer. Olie findes tilsyneladende fordelt i grundvandsmagasinerne på samme måde som de aromatiske kulbrinter, og ikke i den øvre del af grundvandsmagasinerne, som det normalt burde forventes.

Sammendrag om organiske mikroforureninger

I grundvandsovervågningen er der i perioden 1989 – 1998 analyseret vandprøver for organiske mikroforureninger i 1.069 overvågningsfiltre. De tre stofgrupper, halogenerede alifatiske kulbrinter, aromatiske kulbrinter og fenoler (incl. chlorerede fenoler) er fundet i henholdsvis 14, 23 og 18 % af filtrene. De tre grupper forekommer ikke ens i grundvandsmagasinerne. De chlorerede kulbrinter er fundet med de største koncentrationer i de øvre dele af magasinerne, mens de to andre grupper kun er fundet i mindre koncentrationer, men også i de dybere dele af magasinerne. Alle tre grupper forekommer tilsyneladende i samme type grundvand domineret af reduceret nitratfrit grundvand med opløst jern og mangan.

I vandværkernes boringskontrol er der undersøgt 3.565 boringer. Anioniske detergenter blev fundet i 62% af 880 undersøgte boringer. De tre stofgrupper, halogenerede alifatiske kulbrinter, aromatiske kulbrinter og fenoler (incl. chlorerede fenoler) fundet i henholdsvis 21, 14 og 6 % af de undersøgte boringer. De tre grupper forekommer tilsyneladende på samme måde som i overvågningsboringerne, dog findes de chlorerede kulbrinter også i nitratholdigt grundvand i indvindingsboringerne.

Udbredelsen af anionaktive **detergenter** udgør et specielt problem der behøver yderligere undersøgelser, idet disse stoffer er fundet i 87% af overvågningsfiltrene og i 62% af vandværksboringerne. Det er vigtigt at få afklaret, om de mange fund dækker et betydeligt forureningsproblem, eller om der er problemer med analysemetoderne. Ca. 90% af analyse-resultaterne ligger under 1/10 af grænseværdien for drikkevand på 100 µg/l anioniske detergenter og den er ikke overskredet.

Pesticider og nedbrydningsprodukter

Dette afsnit er udarbejdet på grundlag af analysedata fra grundvandsovervågningen (GRUMO og LOOP) og vandværkernes boringskontrol, der er indberettet til grundvandsdatabase ved GEUS. Tidligere års oplysninger fra amternes grundvandsovervågningsrapporter, som ikke er indberettet til GEUS's grundvandsdatabase, er ikke medtaget. Det betyder, at der er udeladt en række filtre med oplysninger om pesticidanalyser, som tidligere er fremgået af amternes rapporter, men som ikke er dokumenteret med indberettede data.

Pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandsovervågningen

Der er i 1996-98 analyseret for flere pesticider og nedbrydningsprodukter i flere vandprøver end i den foregående periode. Det skyldes at en lang række amter allerede fra 1996 igangsatte en del af analyseprogrammet fra NOVA 2003 før programmets start i 1998. Det nye analyseprogram omfatter analyse af 45 pesticider og nedbrydningsprodukter, mens amterne i perioden før 1998 kun var forpligtet til at analysere de udtagne grundvandsprøver for 8 pesticider, som omfattede 2 triaziner, 4 phenoxyrer samt 2 phenolmidler, i teksten omtalt som "de 8 pesticider". Fra næste år vil der ikke ske en speciel behandling af de 8 pesticider. Det ny program er beskrevet i NOVA 2003 (Miljøstyrelsen i tryk).

Der er i grundvandsovervågningen frem til 1999 gennemført 5.370 analyser af grundvandsprøver udtaget fra 1.065 overvågningsfiltre, tabel 5.1. Oftest er et filter en boring med et 0,5 meter langt filter, hvorfra der kun udtages vandprøver efter en kort renpumpning af boringen. Der kan dog godt i nogle boringer være installeret flere filtre, ligesom de volumenmoniterende boringer er indvindingsboringer med lange filtre.

Amt	Antal analyser	Filtre med analyser	Filtre med fund
Københavns / Frøberg Komm.	129	18	9
Københavns Amt	293	63	13
Frederiksborg Amt	372	70	8
Roskilde Amt	327	51	17
Vestsjælland Amt	358	68	13
Storstrøms Amt	332	93	21
Bornholms Amt	113	26	8
Fyns Amt	574	90	19
Sønderjyllands Amt	484	89	34
Ribe Amt	231	83	17
Vejle Amt	306	73	26
Ringkjøbing Amt	273	52	29
Århus Amt	589	120	38
Viborg Amt	454	78	30
Nordjyllands Amt	535	91	45
I alt i Danmark	5.370	1.065	327

Tabel 5.1 Antal analyserede vandprøver og antal filtre undersøgt i forbindelse med grundvandsovervågningen 1989-1998, baseret på oplysninger indsendt af amterne til GEUS's grundvandsdatabase.

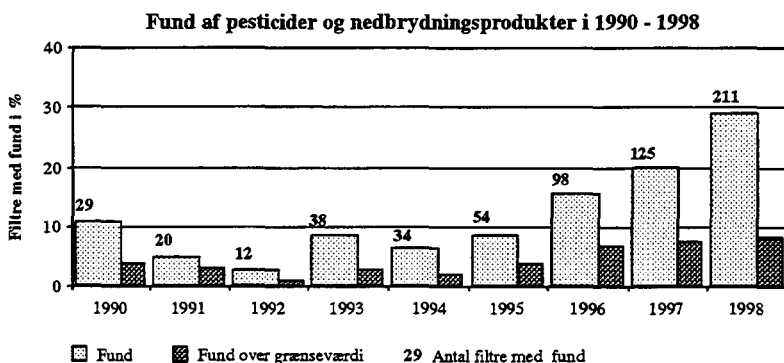
Der er indtil nu fundet 35 pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandsovervågningen, hvoraf de 12 er nedbrydningsprodukter. Derudover er der fundet en række phenolforbindelser, som kan stamme fra nedbrydning af phenoxysyrer eller fra andet organisk stof. Disse stoffer er ikke medtaget i opgørelsen.

I hele analyseperioden, 1989-1998, er der en eller flere gange fundet et eller flere stoffer i 327 filtre ud af 1.065 undersøgte filtre, svarende til 30,7%, og grænseværdien for indhold af et pesticid i drikkevand på 0,1 µg/l, var overskredet en eller flere gange i 10,0% af de undersøgte filtre, tabel 5.2. De 8 pesticider er i samme periode fundet i 14,8% af de analyserede filtre, mens grænseværdien for drikkevand var overskredet i 3,7% af filtrene.

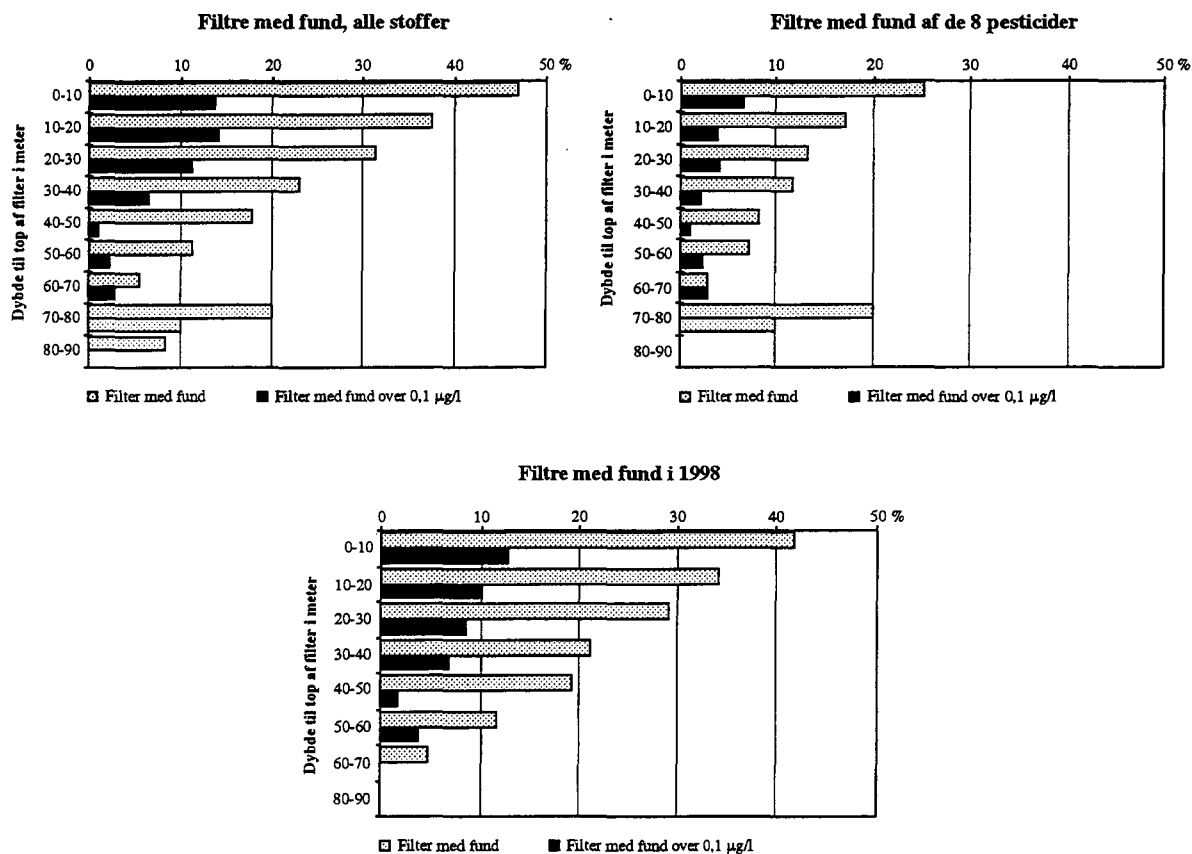
Pesticider og nedbrydningsprodukter	Analyser	Analyserede filtre	Filtre med fund		Filtre med fund $\geq 0,1\mu\text{g/l}$	
	antal		antal	%	antal	%
De 8 pesticider, 1989-1998	4.988	1.044	154	14,8	39	3,7
Alle pesticider, 1989-1998	5.370	1.065	327	30,7	106	10,0
Alle pesticider, 1998	822	729	211	28,9	60	8,2

Tabel 5.2 Samlet oversigt over gennemførte analyser og pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandsovervågningen 1989-1998. "De 8 pesticider" er de pesticider, som er analyseret fra grundvandsovervågningens start, mens "Alle pesticider" omfatter alle analyser for pesticider og nedbrydningsprodukter. "1998, alle pesticider" omfatter kun analysedata fra 1998, rapporteret til GEUS i 1999, se også figur 5.1.

Det fremgår af figur 5.1, at antallet af filtre med fund af pesticider og nedbrydningsprodukter faldt gennem den første overvågningsperiode fra 1989 til 1992, hvor amterne udtog den første serie grundvandsprøver til analyse for de 8 pesticider. I startperioden udtog amterne især vandprøver fra de højliggende filtre og senere fra de dybereliggende filtre. Hertil kommer at der også var en vis analyseusikkerhed. I perioden 1993-95 ligger antallet af filtre med fund lidt under 10% pr. år, men stiger til 28,9% i 1998.



Figur 5.1 Filtre med fund af pesticider og nedbrydningsprodukter fra grundvandsovervågningen 1990-1998 i forhold til antal undersøgte filtre. Over søjlerne er vist antal filtre med fund af pesticider og nedbrydningsprodukter. Kun data fra GEUS's databaser er medtaget.



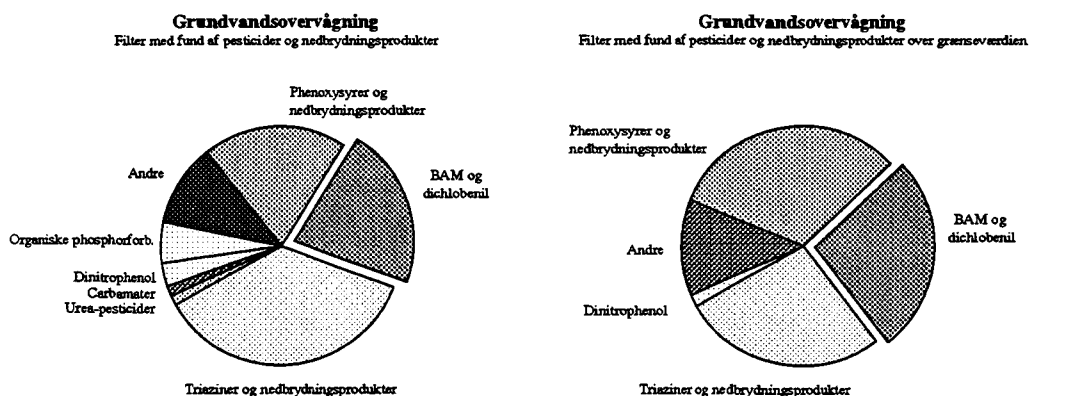
Figur 5.2 Fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i forskellige dybdeintervaller målt i meter under terræn for perioden 1989 – 1998, opgjort som filtre med fund og filtre med fund over grænseværdien for drikkevand på 0,1 µg/l. Det yngste vand findes fortrinsvis i intervallet 0-10 meter under terræn. Ved analyse for de 8 pesticider fra dette interval, er der fundet pesticider i 25% af de undersøgte filtre. Antallet af filtre med fund stiger i samme interval til 47%, når alle fund af pesticider og nedbrydningsprodukter medtages. Der forekommer også enkelte fund af pesticider og nedbrydningsprodukter under 80 meters dybde, men disse er udeladt her, da der her kun er undersøgt få filtre.

Den dybdemæssige fordeling af pesticidfund (figur 5.2) viser, at de 8 pesticider er fundet en eller flere gange i ca. 25% af filtrene i dybdeintervallet 0-10 meter under terræn, og at fundhyppigheden aftager med dybden. Der er dog ikke det samme relative fald for filtre med fund over grænseværdien for drikkevand på 0,1 µg/l. Medtages alle pesticider og nedbrydningsprodukter i opgørelsen er der fundet et eller flere pesticider eller nedbrydningsprodukter i ca. 47% af filtrene i intervallet 0-10 meter under terræn. Også her falder antal fund med dybden, og det er bemærkelsesværdigt, at faldet nærmest er lineært. De hyppige fund i det højtliggende grundvand skyldes især en hyppig forekomst af BAM, nedbrydningsprodukter fra triaziner og phenoxy-syrer. Opgøres antal filtre med fund for året 1998 alene, ses en tendens, som er tæt på den akkumulerede for hele undersøgelses perioden.

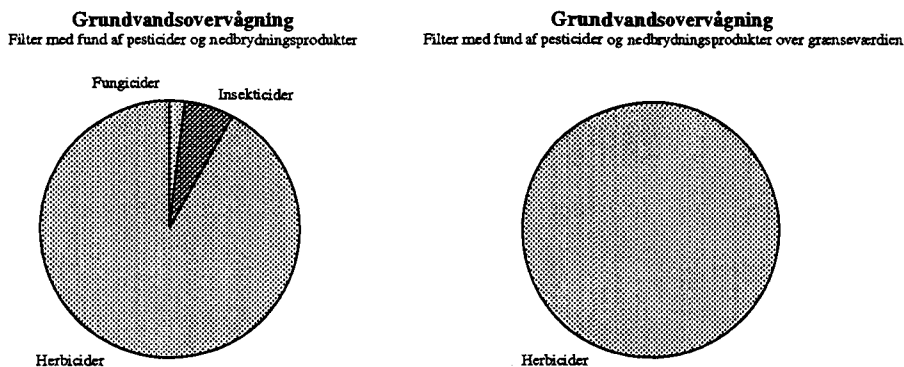
Af de 8 pesticider er atrazin, dichlorprop og mechlorprop fundet hyppigst, mens atrazin stadig er det stof, som bliver fundet hyppigst over grænseværdien for drikkevand. De 4 phenoxy-syrer er tilladt med betydelige begrænsninger i anvendelse, mens salget af atrazin stoppede d. 1. december 1994, bilag 5.1.

Nedbrydningsprodukterne deethyldeisopropyl-, deethyl-, deisopropyl- og hydroxyatrazin fra triaziner er fundet hyppigt i grundvandet. De meget høje fund af deethyldeisopropylatrazin på henholdsvis 6% og 1,7% over grænseværdien er formodentlig ikke repræsentative, da der er analyseret relativt få vandprøver fra et begrænset antal borer. Nedbrydningsproduktet BAM er fundet hyppigst i grundvandsovervågningen med henholdsvis 16% og 6% over grænseværdien. BAM er et nedbrydningsprodukt, som stammer fra nedbrydning af herbiciderne dichlobenil (Prefix og Casoron G) og chlorthiamid (Casoron), se også afsnittet om boringskontrollen. Bentazon er fundet i 3,4% af de undersøgte filtre, hvoraf 0,8% var over grænseværdien for drikkevand. Der er analyseret for glyphosat i 194 filtre uden fund af stoffet i grundvandsovervågningen.

Den relative forekomst af pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandsovervågningen (figur 5.3), beregnet på grundlag af bilag 5.1, viser at gruppen triaziner og nedbrydningsprodukter fra triaziner forekommer hyppigst, mens gruppen "BAM og dichlobenil" og gruppen "phenoxyser og nedbrydningsprodukter" forekommer omtrent lige så hyppigt. Vurderes hyppigheden af stofferne, hvor de er fundet over grænseværdien for drikkevand ses, at gruppen "BAM og dichlobenil" og gruppen "phenoxyser og nedbrydningsprodukter" er større end grupperne "triaziner og nedbrydningsprodukter" og "andre" stoffer.



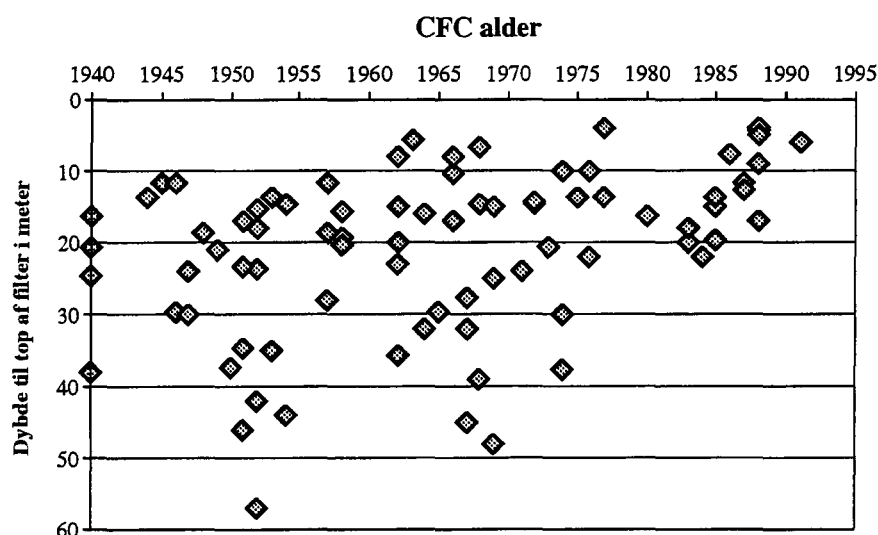
Figur 5.3 Filtre med fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandsovervågningen i 1989-1998, beregnet på grundlag af bilag 5.1.



Figur 5.4 Filtre med fund af pesticider og nedbrydningsprodukter efter anvendelsestype i grundvandsovervågningen, 1989-1998.

Opgøres filtre med fund af pesticider og nedbrydningsprodukter på samme måde som i figur 5.3, men efter anvendelsestype, figur 5.4, ses at herbicider som generelt er mere mobile end fungicider og insekticider er dominerende. Der er kun fundet herbicider over grænseværdien for drikkevand.

Figur 5.5 viser dybde for filtre med fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i forhold til vandets CFC-alder, og heraf ses, at det formodentlig i højere grad er strømningsmønster og strømningshastighed i magasinerne, som er bestemmende for grundvandets alder, end prøve-tagningsdybden. En nøjere gennemgang af CFC-dateringsmetoden findes i kapitlet om "Datering af grundvand".



Figur 5.5 CFC alder i forhold til top af filtre med fund af pesticider og nedbrydningsprodukter. N = 83.

Fund af glyphosat og AMPA

Glyphosat og AMPA (aminomethylphosphonsyre, nedbrydningsprodukt fra glyphosat) er fundet på fire lokaliteter i Danmark, tabel 5.4. Ud over de fire nævnte lokaliteter foreligger der oplysninger fra to andre lokaliteter, hvor der stadig mangler en validering af resultaterne.

Glyphosat og AMPA	Antal analyser	Filtre med fund af		Filtre med fund • 0,1 µg/l af	
		Glyphosat	AMPA	Glyphosat	AMPA
Fyns Amt, LOOP 4	16	6	6	5	4
Hvidovre kommune	2	2	2	2	1
Sønderjyllands Amt, LOOP 6	43	1	0	0	0
Viborg Amt, markvanding	20	1	0	0	0

Tabel 5.4 Fund af glyphosat og AMPA i Danmark. Der er kun medtaget data fra GEUS's database samt oplysninger fra Hvidovre Kommune. Oplysningerne fra Fyns Amt afventer en nærmere validering som omfatter en undersøgelse af installationer og borer.

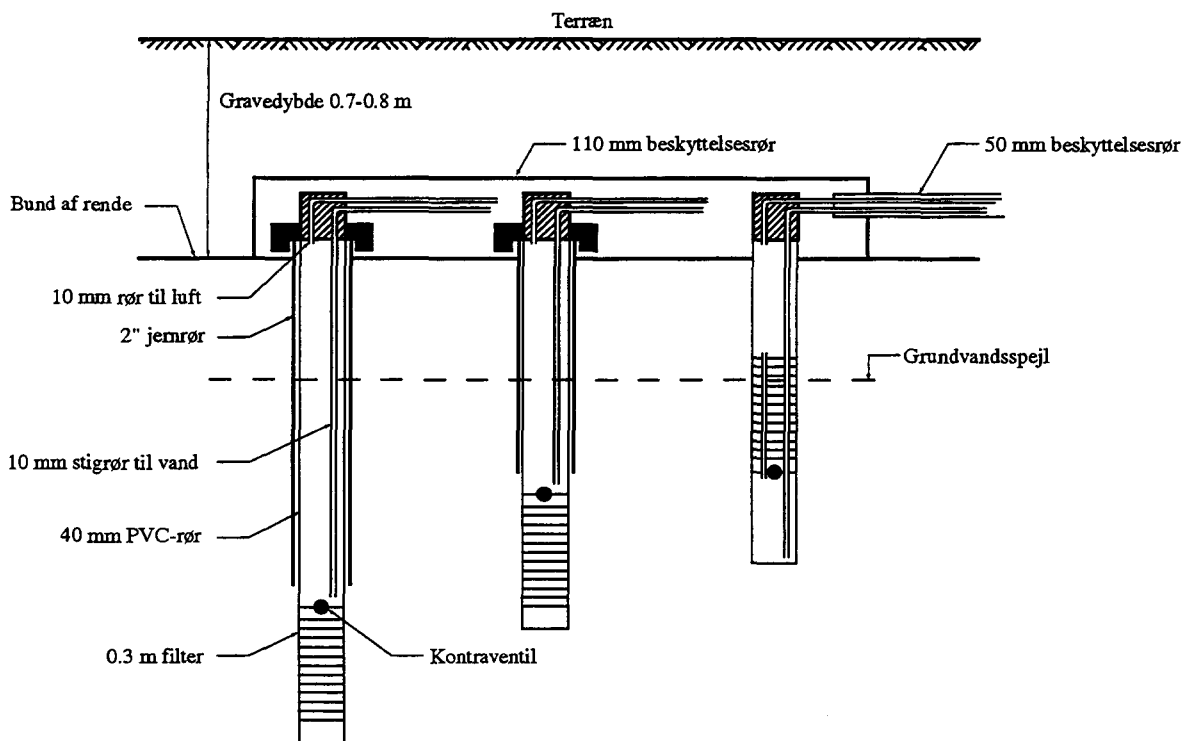
I **Viborg Amt** er glyphosat fundet i lave koncentrationer i vandprøver fra en dyb markvandsboring, som indvinder grundvand fra et 5 meter tykt sandlag, der ligger under ca. 40 meter ler. Stoffet er formodentlig transporteret ned til boringsfiltret ved en såkaldt "skorstenseffekt", som opstår, når der er en utæthed mellem borestammen og det gennemborede materiale. Glyphosاتفundet antages at vise, at glyphosat er transporteret ned til det højtliggende grundvand, som ligger over det tykke lerlag, og derfra videre gennem utæthedens langs borestammen.

I **Sønderjyllands Amt** er glyphosat fundet i lave koncentrationer under grænseværdien for drikkevand i en boring i landovervågningsopland 6, Bolbro Bæk i højtliggende grundvand udtaget direkte under en mark. Marken er præget af sandede sedimenter.

I **Hvidovre** udenfor København er der fundet glyphosat og AMPA i to borer, hvor der er udtaget porevandsprøver fra en dybde på 3-4 meter. Glyphosat er anvendt på udyrkede arealer i drivhuse langs befæstede gangarealer, som jævnligt renholdes ved spuling. Stofferne er fundet i koncentrationer på op til $2 \mu\text{g/l}$ i grundvandet, og er også fundet i jordprøver. Jorden består af moræneler med tynde sandlag.

Der er i LOOP 4, Lillebæk, i **Fyns Amt** fundet glyphosat og AMPA i 6 borer, samt i vandprøver udtaget fra drænsystemet, der dræner den mark, hvor borerne er etableret. De indsamlede analysedata fremgår af tabel 5.4. Indholdet af glyphosat og AMPA falder generelt med dybden i de enkelte prøvetagningsrunder.

De 6 borer i LOOP 4 blev etableret for ca. 10 år siden, og er siden analyseret for hovedbestanddele. Der er i de senere år også analyseret for andre pesticider og nedbrydningsprodukter end de 8 pesticider, se tabel 5.5.



Figur 5.6 Skitse over konstruktionen af en grundvandsrede med tre boringer med montejustpumpe til henholdsvis 1,5, 3 og 5 meters dybde i et landovervågningsopland.

LOOP nr.	DGU nr./dræn nr.	Dato	Dybde i m.u.t.	Glyphosat i µg/l	AMPA i µg/l
04.01.02.11	165. 297	24.10.1998	5	2,0	0,11
04.01.02.11	165. 297	18.11.1998	5	0,22	0,17
04.01.02.11	165. 297	14.12.1998	5	0,08	0,18
04.01.02.12	165. 296	14.12.1998	3	0,74	0,70
04.01.02.11	165. 297	25.01.1999	5	0,037	0,097
04.01.02.12	165. 296	25.01.1999	3	0,028	0,052
04.01.02.13	165. 295	25.01.1999	1,2	0,049	0,043
04.01.02.11	165. 297	18.02.1999	5	0,11	0,1
04.01.02.12	165. 296	18.02.1999	3	0,13	0,1
04.01.02.13	165. 295	18.02.1999	1,2	0,46	0,08
LOOP	165. 300	18.02.1999	5	0,12	0,04
LOOP	165. 299	18.02.1999	3	0,34	0,13
LOOP	165. 298	18.02.1999	1,2	2,6	0,27
ellog 1	ny boring	18.02.1999	5-6	< 0,01	< 0,01
ellog 2	ny boring	22.02.1999	5-6	< 0,01	< 0,01
ellog 3	ny boring	22.02.1999	5-6	< 0,01	< 0,01
ellog 1	ny boring	marts 1999	5-6	< 0,01	< 0,01
ellog 2	ny boring	marts 1999	5-6	< 0,01	< 0,01
ellog 3	ny boring	marts 1999	5-6	< 0,01	< 0,01
GRUMO	165.333	18.02.1999	2	< 0,01	< 0,01
GRUMO	165.333	18.02.1999	6	< 0,01	< 0,01
GRUMO	165.333	18.02.1999	12	< 0,01	< 0,01
Dræn 1	3007551/042102	26.10.1998	dræn	3,6	0,12
Dræn 1	3007551/042102	28.10.1998	dræn	11,0	0,60
Dræn 1	3007551/042102	20.01.1999	dræn	0,1	0,02

Tabel 5.4 Analyseresultater for glyphosat og AMPA fra LOOP 4, Lillebæk, Fyns Amt. <0,01 µg/l betyder at stoffet ikke er fundet idet 0,01µg/l er analysedetektionsgrænsen for det pågældende stof.

De 6 boringer er, ligesom andre boringer i landovervågningsoplandene, etableret som rammeboringer, hvor et jernrør blev nedrammet, i bunden af en udgravning, til den ønskede prøvetagningsdybde, se skitsen på figur 5.6. Bunden af udgravningen ligger over dræmniveau. I det nedrammede jernrør placeredes et plastrør med 0,5 meter filterinterval i bunden og derefter blev jernrøret trukket ca. 0,5 meter tilbage, svarende til filterlængden. Det enkelte plastrør er påført en hætte, der er limet til plastrøret. Denne hætte er påmonteret to plastslanger, som anvendes til at trykke grundvandsprøverne op (montejus-pumpe).

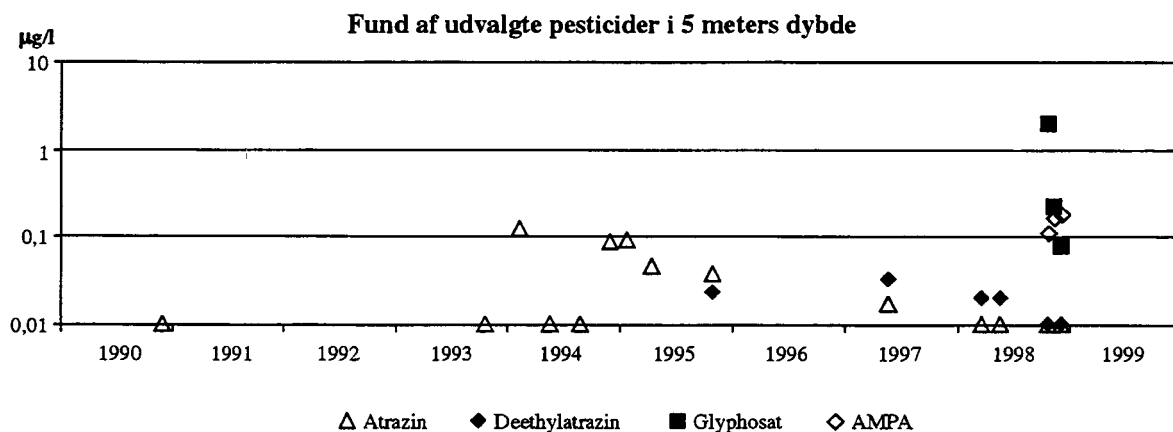
Selve plastrøret er desuden udstyret med endnu en hætte, som har til formål at fastholde plastrøret i forhold til jernrøret. Denne hætte er ikke limet, og der er derfor en teoretisk mulighed for, at vand kan passere mellem denne ydre hætte og jernrøret. Efter etableringen af boringerne er udgravningen fyldt op med det opgravede materiale.

For at vurdere fundene af glyphosat og AMPA, gennemførte Fyns Amt tre borer (ellog) til en dybde på ca. 5 meter. Disse borer blev forsejlet med ekspanderende bentonit og senere prøvetaget to gange. I ingen af de to prøvetagningsrunder blev der fundet glyphosat eller AMPA. Da der er fundet både glyphosat og AMPA i drænvand og i de højtliggende rammeboringer, er der ingen tvivl om, at de to stoffer er transporteret ned under rodzonen til en dybde på mindst ca. 1 meter under terræn.

Af tabellen 5.6 fremgår, at der i ét filter, med filterinterval 5 meter under terræn (04.01.02.11 i tabel 5.4), er fundet 10 forskellige pesticider og nedbrydningsprodukter i perioden 1990–1998, og at det især er atrazin og deethylatrazin som er fundet hyppigt. Desuden er der i 1998 også fundet glyphosat og AMPA. Figur 5.7 viser den tidsmæssige fordeling af de undersøgte vandprøver samt koncentrationer.

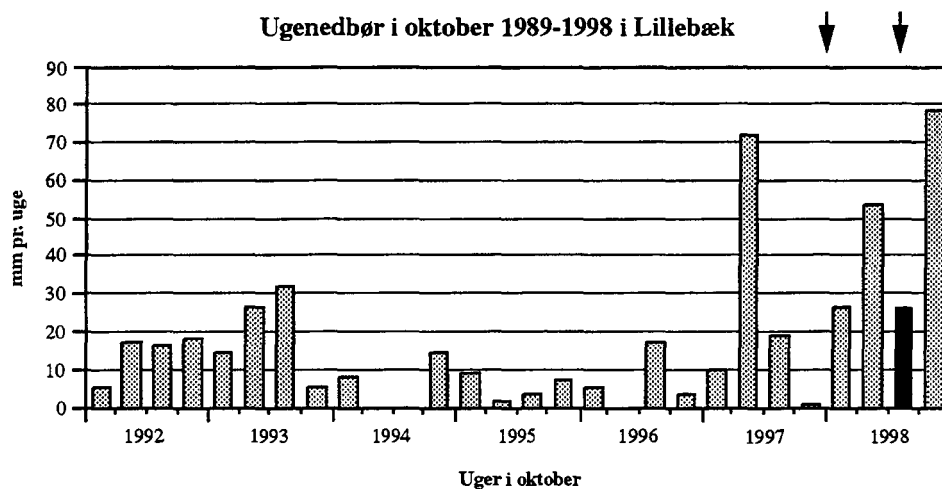
Dato	Deethylatrazin	Propyzamid	Dichlorprop	MCPA	Mechlorprop	DNOC	Atrazin	Glyphosat	AMPA	2,4-D
12.5.1990			< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01			< 0,01
17.10.1993			< 0,015	< 0,01	< 0,015	< 0,01	< 0,01			
17.2.1994			< 0,015	< 0,01	< 0,015	< 0,01	0,121			< 0,01
26.4.1994			< 0,02	< 0,015	< 0,015	< 0,01	< 0,01			< 0,01
30.8.1994			< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01			< 0,01
7.12.1994			< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,089			< 0,01
1.1.1995			< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,1	0,094			< 0,01
24.4.1995			0,025	0,037	0,012	< 0,01	0,047			0,068
9.11.1995	0,023		< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,038			< 0,01
27.4.1997	0,033	0,113	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,017			< 0,01
30.3.1998	0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01			< 0,01
2.4.1998								< 0,01	< 0,01	
27.5.1998	0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01			< 0,01
28.5.1998								< 0,01	< 0,01	
27.10.1998	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01			< 0,01
29.10.1998								2	0,11	
18.11.1998								0,22	0,17	
14.12.1998	0,01	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,08	0,18	< 0,01

Tabel 5.5 18 analyser af vandprøver for pesticider og nedbrydningsprodukter fra filter nr. 04.01.02.11 i LOOP 4, Lillebæk. Der er kun medtaget pesticider eller nedbrydningsprodukter, som er fundet i filtret, og som er indberettet til GEUS's databaser. Filterdybden er 5 meter under terræn. Alle Koncentrationer er i µg/l. < 0,01 µg/l (eller < 0,015 µg/l etc.) betyder, at stoffet ikke er fundet idet 0,01 µg/l er detektionsgrænsen for det pågældende stof.



Figur 5.7 Tidsmæssig fordeling af fund af 4 udvalgte stoffer i LOOP 4, filter nr. 04.01.02.11, Lillebæk, Fyns Amt. Filtret er placeret 5 meter under terræn. Se også tabel 5.5.

Nedvaskning af glyphosat er sket i efterårsperioden, hvor glyphosat er anvendt før kraftige nedbørshændelser. Af figur 5.8 fremgår, at nedbøren i ugerne i oktober 1998 var den største gennem den periode, hvorfra der foreligger nedbørsdata og det ses at der i perioden, efter der blev sprøjtet med glyphosat den 10. oktober 1998, og indtil der blev fundet glyphosat i den første prøve, ikke forekommer de allerstørste nedbørsmængder. Disse optræder først i ugen efter den første vandprøve er taget.

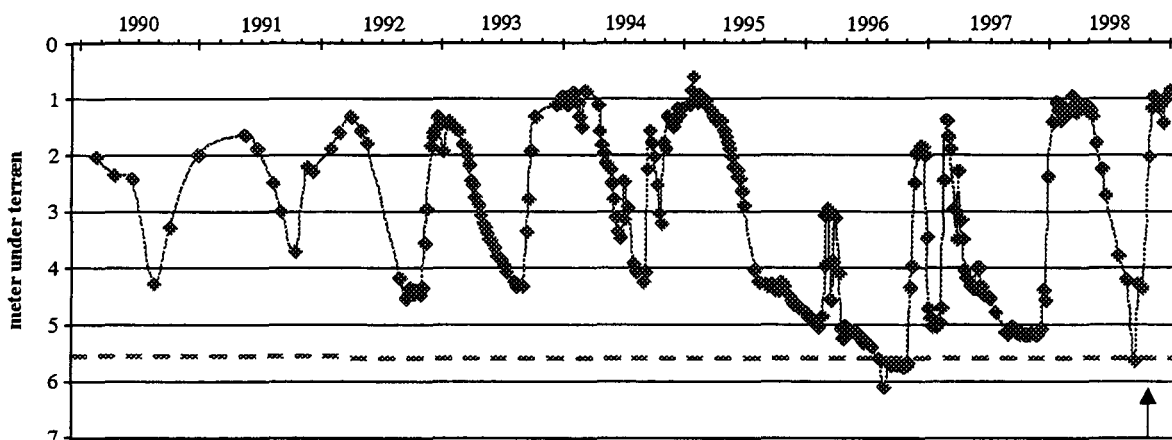


Figur 5.8 Oktober Nedbørsmængder pr. uge ved Lillebæk, Fyn i perioden 1989-1998. Pilen til venstre viser, hvornår marken blev behandlet med glyphosat, mens pilen længst til højre, over den mørke søjle, viser hvornår den første vandprøve der indeholdt glyphosat blev taget. Nedbørsdata stammer fra Fyns Amt.

Mulige transportveje for AMPA og glyphosat til de dybere liggende filtre kan være gennem utætheder i hættten eller langs det nedrammede jernrør. Grundvandsstanden lå dog langt under drænniveau ved den første prøvetagning, hvor der blev fundet høje koncentrationer i 5 meters dybde. Der kan antagelig kun trænge vand ind i boringen, hvis der er opstået en "opstuvning" i den opfyldte udgravning, i hvis bund rammeboringerne er placeret.

Grundvandsspejlets variationer ved Lillebæk (figur 5.9) viser, at den laveste grundvandstand generelt ligger mellem 4 og 5 meter under terræn. Den hydraulisk aktive del af moræneleret er dermed 4-5 meter tyk. Erfaringer fra andre undersøgte lerområder viser, at den hydrauliske ledningsevne formodentlig er lille under dette interval (Bertel Nilsson, personlig kommunikation). Lille hydraulisk ledningsevne under den hydraulisk aktive zone kan måske være en forklaring på, hvorfor der ikke er fundet glyphosat og AMPA i 5 til 6 meters dybde. Der gennemføres for tiden undersøgelser i Lillebæk oplandet for at undersøge mulige transportveje for glyphosat og AMPA.

Grundvandspejlinger i LOOP 4, Lillebæk



Figur 5.9 Grundvandsspejlets variationer ved Lillebæk, 1990-98. Pilen viser, hvornår der første gang blev fundet glyphosat. Det fremgår, at den hydraulisk aktive del af moræneleret er 4-5 meter tyk. Den hydrauliske ledningsevne er formodentlig lille under dette niveau.

Pesticider og nedbrydningsprodukter i landovervågningen

Der er analyseret 710 vandprøver fra 123 filtre i perioden 1990-1999, tabel 5.6. Der er fundet et eller flere pesticider og nedbrydningsprodukter i 197 analyserede vandprøver, som er udtaget fra 56 filtre. 27 vandprøver udtaget fra 12 filtre indeholdt mindst et stof over grænseværdien. Det svarer til, at der er fundet pesticider eller nedbrydningsprodukter i ca. 46% af de undersøgte filtre, og ca. 10% over grænseværdien.

År	Antal analyser	Filtre med analyse	Filtre med fund	
			antal	%
1990	30	30	0	-
1993	44	38	4	10,5
1994	129	57	24	42,1
1995	131	63	34	54,0
1996	93	48	16	33,3
1997	96	58	12	20,7
1998	186	48	19	39,6
1999	1	1	1	-
1990-1999	710	123	56	45,6

Tabel 5.6 Antal analyser, analyserede filtre og filtre med fund af pesticider og nedbrydningsprodukter pr. år i de 5 landovervågningsoplande. Der er i alt udtaget 710 vandprøver fra 123 filtre.

Gennem perioden 1990-1999 har antallet af filtre med fund varieret stærkt som følge af varierende analyseprogrammer, samt formodentligt også af naturlige årsager betinget af klima og sprøjtepraksis.

Da samtlige filtre, med undtagelse af to, er placeret mellem 0 til 10 meter under terræn, kan de undersøgte filtre sammenlignes med GRUMO filtrene i intervallet 0 til 10 meter under terræn,

hvor der er fundet pesticider eller nedbrydningsprodukter i 47% af de analyserede filtre, og ca. 13% over grænseværdien. En forbausende god overensstemmelse, som dog snarere skyldes et tilfælde, da der i grundvandsovervågningen er fundet BAM i ca. 16% af de undersøgte filtre mod 2,7% i det landovervågningen, (et filtre i Vejle Amt og et i Sønderjyllands Amt). Filtre med fund i de 5 landovervågningsoplande er vist i tabel 5.7, hvor det fremgår at der især er fundet mange pesticider i det sandede Bolbro Bæk opland og i det lerede Højvads Rende opland. Det er også interessant at oplandene med færrest fund begge er lerede oplande. Det kan dog skyldes analyseprogrammer og den lokale placering af de enkelte filtre f.eks. i lerblokke eller sprækker med præferentiel strømning.

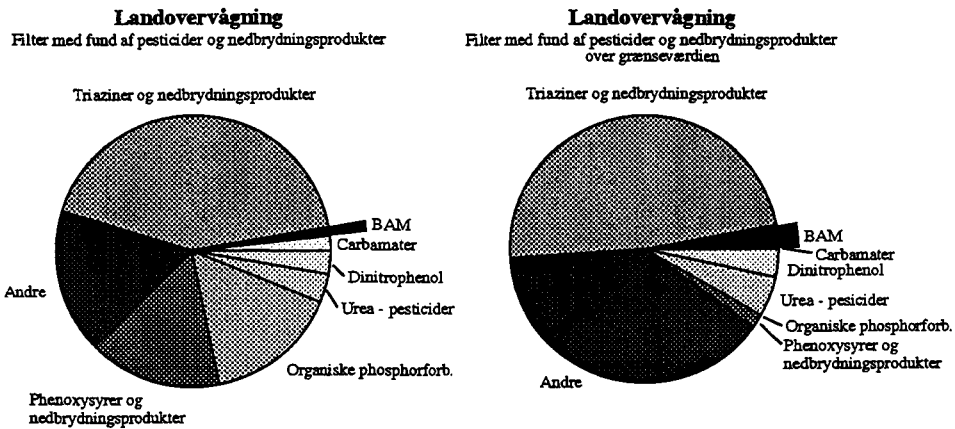
Amt, lokalitet	Type	LOOP nr.	Antal analyser	Filtre med analyse	Filtre med fund	
					antal	%
Storstrøms Amt, Højvads Rende	Ler	1	125	16	11	68,8
Nordjyllands Amt, Odder Bæk	Sand	2	111	17	7	41,2
Vejle/Århus Amt, Horndrup Bæk	Ler	3	77	18	6	33,3
Fyns Amt, Lillebæk	Ler	4	136	40	8	20
Sønderjyllands Amt, Bolbro Bæk	Sand	6	261	32	24	75
I alt i de 5 LOOP områder			710	123	56	45,5

Tabel 5.7 Antal analyser, antal filtre analyseret, antal filtre med fund pr. LOOP i 1990-1999.

Der er i de fem landovervågningsoplande fundet i alt 18 pesticider og 9 nedbrydningsprodukter. Hertil kommer et fund af 3-(4-chlorphenoxy)propionsyre, der kan være en urenhed fra produktion af herbicider. Det er især af triaziner og nedbrydningsprodukter fra triaziner, som er fundet meget hyppigt i landovervågningen, bilag 5.2. Koncentrationerne er dog faldende gennem perioden, hvilket var forventeligt, da atrazin ikke længere er tilladt (se afsnit om drænvand). De meget høje fund af deethyldeisopropylatrazin er formodentlig ikke repræsentative på grund af et meget lille antal analyserede filtre. Bentazon og metamitron er fundet hyppigt, men ikke i koncentrationer over grænseværdien for drikkevand. Glyphosat og AMPA er fundet i LOOP 4, Lillebæk på Fyn, se afsnit om glyphosat og AMPA.

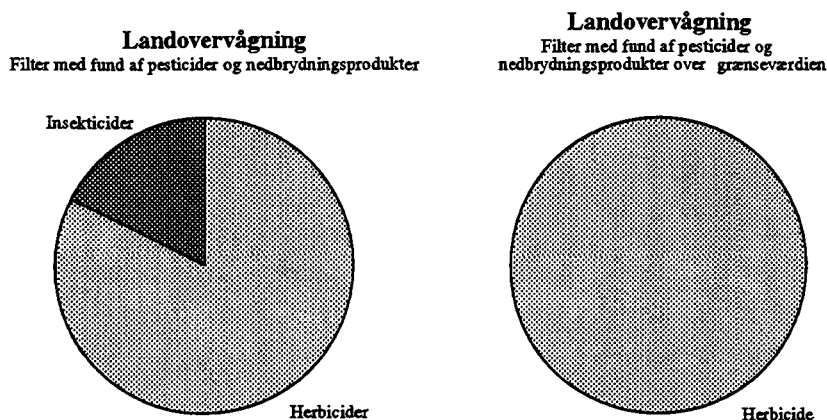
Den relative forekomst af pesticider og nedbrydningsprodukter i landovervågningen, beregnet på grundlag af bilag 5.2, viser at gruppen "triaziner og nedbrydningsprodukter" fra triaziner forekommer hyppigst, mens grupperne "phenoxy-syrer og nedbrydningsprodukter" og "andre" stoffer samt "organiske phosphorforbindelser" forekommer omtrent lige hyppigt, figur 5.10. I modsætning til i grundvandsovervågningen er der stort set ikke fundet BAM i landovervågningen, hvilket antagelig skyldes, at de installerede filtre under markerne i landovervågningen ikke er påvirket af pesticidanvendelse langs veje og på gårdspladser m.m.

Vurderes hyppigheden af stofferne, hvor de er fundet over grænseværdien, ses, at gruppen "triaziner og nedbrydningsprodukter" er dominerende mens gruppen "phenoxy-syrer og nedbrydningsprodukter" stort set er forsvundet som en betydende gruppe. Gruppen "andre" stoffer indeholder bl.a. glyphosat og AMPA.



Figur 5.10 Filtre med fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i landovervågningen 1990-1999, beregnet på grundlag af bilag 5.2.

Opgøres fundene af pesticider og nedbrydningsprodukter på samme måde, men i de tre anvendelsestyper herbicider, insekticider og fungicider, figur 5.11, ses, at herbicider er dominerende og at fungicider eller nedbrydningsprodukter fra disse ikke er fundet. Der er kun fundet herbicider og nedbrydningsprodukter fra disse over grænseværdien for drikkevand.



Figur 5.11 Filtre med fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i landovervågningen i 1990-1999.

Pesticider og nedbrydningsprodukter i drænvand og grundvand i LOOP 4

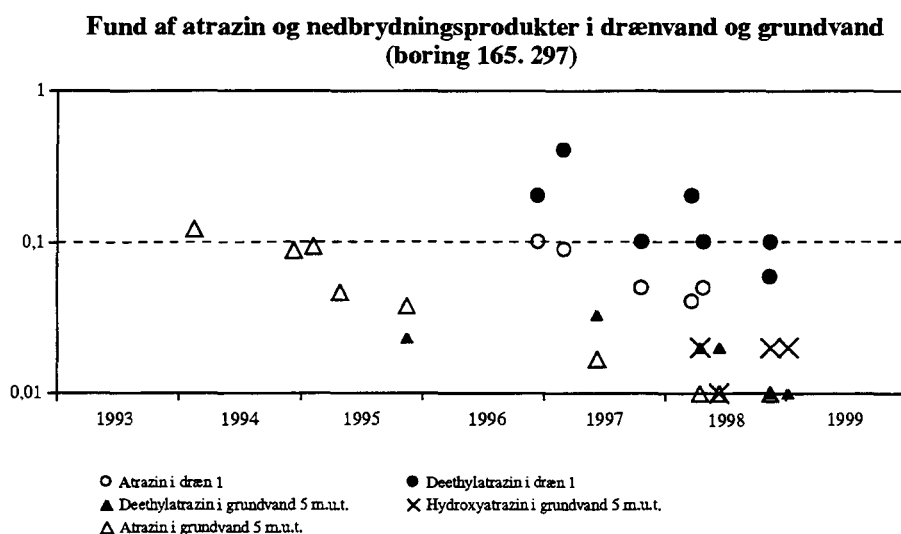
Forekomsten af pesticider og nedbrydningsprodukter i henholdsvis drænvand og grundvand i LOOP 4 på Fyn, sammenholdes. Området er ca. 2 km² stort, afstandene mellem de enkelte grupper af borer er ca. 700 m. For såvel drænvandet som for grundvandet gælder, at der kun er medtaget egentlige fund. Analyser, hvor der ikke er fundet et eller flere stoffer, er altså ikke medtaget. For grundvandets vedkommende er kun medtaget data fra GEUS's databaser.

Der er seks drænvandsoplande, der benævnes dræn 1, dræn 2 etc. i figurene. For drænvandets vedkommende er der pesticidanalyser fra fem af de seks oplande, og der er her medtaget data fra de fire, da det er meget begrænset, hvad der er fundet i det femte drænopland.

I hvert drænvandsopland er der seks grundvandsboringer, to boringer hvor der kan udtages vandprøver fra 5 meter under terræn og tilsvarende to boringer for 3 og 1,2 meter under terræn. Analyserne af drænvand går tilbage til foråret 1996, mens der for grundvandets vedkommende er data fra 1990 og frem. Det antal pesticider og nedbrydningsprodukter, der er analyseret for varierer. De yngste analyser omfatter ca. 40 stoffer blandt andet glyphosat og nedbrydningsproduktet AMPA. For drænvandets vedkommende er detektionsgrænsen for de enkelte pesticider og nedbrydningsprodukter typisk $0,1\mu\text{g/l}$, dette gælder dog ikke for glyphosat og AMPA, hvor detektionsgrænsen som oftest er $0,01\mu\text{g/l}$, ligesom for langt de fleste af grundvandsanalyserne. Analyseres der på større volumener vand, kan man til trods for den højere detektionsgrænse påvise pesticider og nedbrydningsprodukter i koncentrationer væsentligt under de $0,1\mu\text{g/l}$.

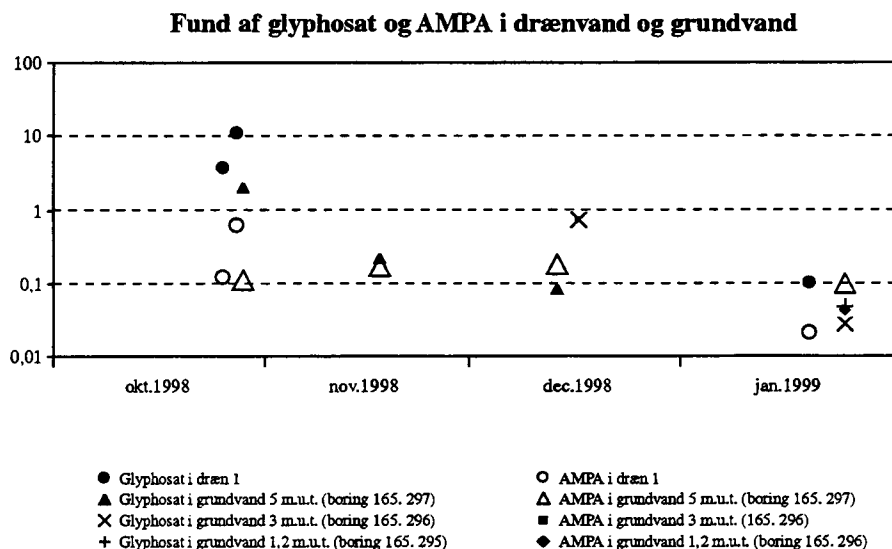
I drænvandsopland 1 er følgende pesticider og nedbrydningsprodukter fundet i drænvandet; atrazin, deethylatrazin, deisopropylatrazin, bromoxynil, terbuthylazin, glyphosat, AMPA, fenpropimorph og propiconazol. Det er fund af atrazin og nedbrydningsprodukter, der formentlig primært stammer fra atrazin, samt terbuthylazin, som dominerer i antal fund. Deisopropylatrazin kan stamme fra andre moderstoffer end atrazin f.eks. fra simazin, cyanazin og terbuthylazin. Glyphosat og AMPA er fundet i de højeste koncentrationer. I grundvand udtaget primært i 5 meter dybde er følgende pesticider og nedbrydningsprodukter fundet: atrazin, deethylatrazin, hydroxyatrazin, glyphosat, AMPA, propyzamid, dichlorprop, MCPA, mechlorprop, DNOC og 2,4-D. Som for drænvandets vedkommende er det AMPA og glyphosat, som er fundet i de højeste koncentrationer.

På figur 5.12 ses forekomsten af atrazin og nedbrydningsprodukter i henholdsvis dræn 1 og i boring 165. 297. De første drænvandsanalyser er fra april 1996. Deethylatrazin er fundet i højere koncentrationer end atrazin og for begge stoffers vedkommende er koncentrationen faldende med tiden. Tilsvarende gælder for atrazin koncentrationerne i grundvandet.



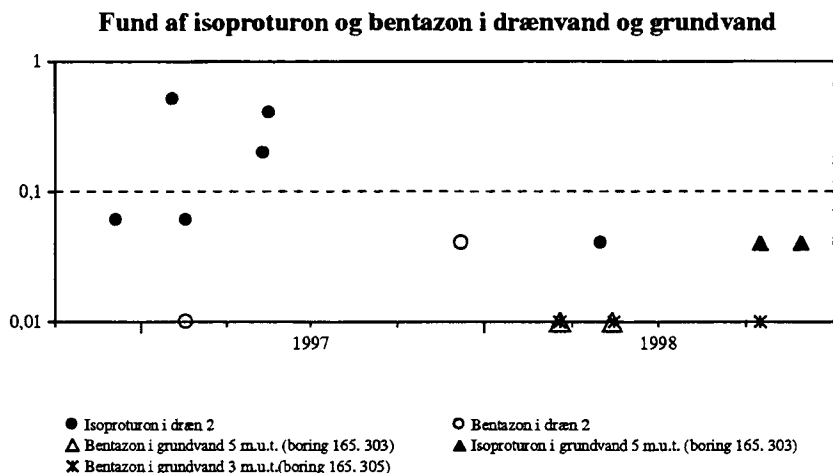
Figur 5.12 Koncentrationen (logaritmisk) af atrazin og nedbrydningsprodukter i drænvand og grundvand i LOOP 4 på Fyn i perioden 1994-1999.

På figur 5.13 ses fund af glyphosat og AMPA i drænvand og grundvand, prøverne er primært udtaget i 1998. For drænvandets vedkommende er der i oktober måned fundet bemærkelsesværdige høje koncentrationer af glyphosat. Analyser af grundvand udtaget i 5 meters dybde i perioden fra oktober til slutningen af januar indeholdt både glyphosat og AMPA. Grundvand udtaget i 3 meters dybde i december 1998 og i januar 1999 samt i 1,2 meters dybde i januar indeholdt også begge stoffer. Koncentrationerne er stærkt faldende.



Figur 5.13 Koncentrationen (logaritmisk) af glyphosat og AMPA i drænvand og grundvand i LOOP 4 på Fyn fra efteråret 1998 til slutningen af januar 1999.

I drænvandsopland 2 er følgende pesticider og nedbrydningsprodukter fundet i drænvandet; bentazon, isoproturon, MCPA, mechlorprop, fenpropimorph, propiconazol og carbofuran. Ukrudtsmidlet isoproturon er fundet i 7 ud af 13 prøver, bentazon og mechlorprop i 2 ud af 13, de resterende pesticider er kun fundet en enkelt gang. I grundvandet er bentazon fundet i både 3 og 5 meters dybde, isoproturon kun i 5 meters dybde og der er ikke fundet andre pesticider eller nedbrydningsprodukter i grundvandet. På figur 5.14 ses fund af isoproturon og bentazon og som det fremgår af figuren, er koncentrationerne meget lave i grundvandet.

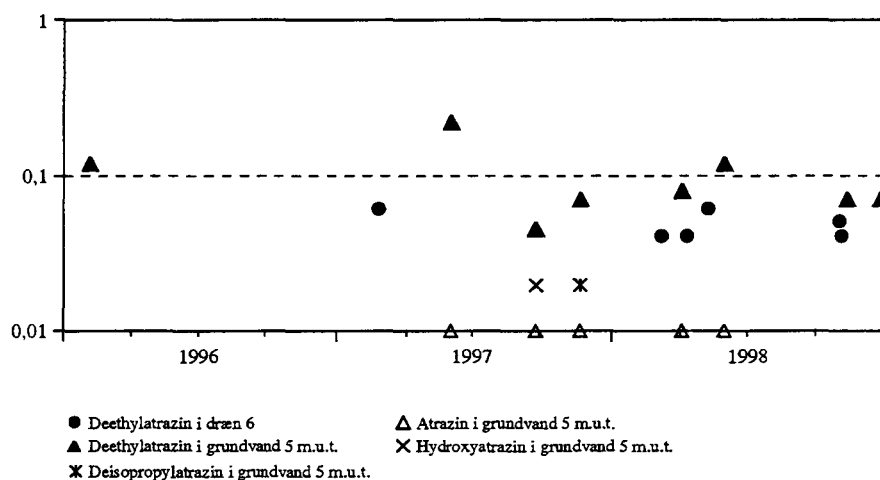


Figur 5.14 Koncentrationen (logaritmisk) af isoproturon og bentazon i drænvand og grundvand i LOOP 4 på Fyn i perioden 1994-1999.

I drænvandsopland 4 er der i drænvandet fundet følgende pesticider og nedbrydningsprodukter: atrazin, deethylatrazin, clopyralid og 2,6-dichlorbenzamid alle i koncentrationer under $0,1\mu\text{g/l}$. I grundvand udtaget 3 meter under terræn er følgende stoffer fundet én gang; dichlorprop, DNOC, MCPA, mechlorprop og 2,4-D alle undtagen 2,4-D under $0,1\mu\text{g/l}$.

I drænvandsopland 6 er der i drænvandet kun fundet deethylatrazin. I grundvand udtaget 5 meter under terræn er der fundet atrazin, deethylatrazin, deisopropylatrazin, hydroxyatrazin (se figur 5.15) og cyanazin. I grundvandet (boring 165.327) er deethylatrazin fundet i de højeste koncentrationer. I boring 165.330 er der i 5 meters dybde også fundet de samme pesticider og nedbrydningsprodukter og i samme koncentrationsniveau, som ses på figur 5.15.

Fund af atrazin og nedbrydningsprodukter i drænvand og grundvand
(boring 165. 327)



Figur 5.14 Koncentrationen (logaritmisk) af atrazin og nedbrydningsprodukter i drænvand og grundvand i LOOP 4 på Fyn i perioden 1996-1999.

Generelt ses de samme pesticider og deres nedbrydningsprodukter i prøver udtaget fra drænvand og grundvand indenfor det samme opland, hvilket indikerer, at drænvandet repræsenterer grundvand i de pågældende områder. Når koncentrationen af pesticider- og nedbrydningsprodukter falder i grundvandet, ses samme tendens til faldende koncentrationer i drænvandet. Det underbygger, at det er delmængder fra samme strømningssystem, som er undersøgt.

Vandværkernes boringskontrol

Antallet af analyser gennemført i forbindelse med vandværkernes boringskontrol er nu steget til 10.070 analyser, som er udtaget fra 5.643 borer i perioden 1990-1998. Disse borer omfatter i hovedsagen vandværkernes indvindingsboringer, men der er også inkluderet analyser fra vandværkernes overvågningsboringer, markvandingsboringer og andre overvågningsboringer f.eks. nær lossepladser, tabel 5.8.

Der er fundet 56 pesticider og nedbrydningsprodukter ved vandværkernes boringskontrol. Der er også fundet ca. 15 andre stoffer, bl.a. phenolforbindelser, som kan stamme fra nedbrydning af bl.a. phenoxysyrerne, men som også kan stamme fra nedbrydning af naturligt organisk materiale.

Amt	Antal analyser	Filtre med analyser	Filtre med fund
Københavns / Fr:berg Komm.	48	25	10
Københavns Amt	596	351	159
Frederiksborg Amt	232	154	8
Roskilde Amt	729	406	100
Vestsjælland Amt	716	373	26
Storstrøms Amt	652	383	75
Bornholms Amt	50	34	8
Fyns Amt	1820	843	179
Sønderjyllands Amt	932	585	159
Ribe Amt	443	274	58
Vejle Amt	321	234	60
Ringkjøbing Amt	342	250	22
Århus Amt	1830	955	200
Viborg Amt	625	357	103
Nordjyllands Amt	734	419	115
I alt i Danmark	10.070	5.643	1.282

Tabel 5.8 Antal analyser og antal boringer undersøgt ved vandværkernes boringskontrol 1989-1998. Tabellen er baseret på oplysninger indsendt til GEUS's grundvandsdatabase.

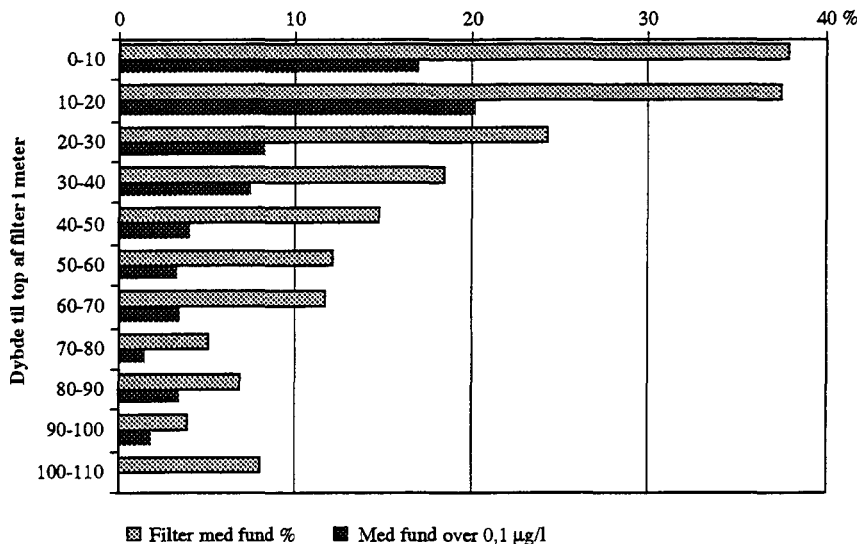
Ved vandværkernes boringskontrol er der en eller flere gange fundet et eller flere af de 8 pesticider i 517 boringer ud af 5.415 analyserede, svarende til 9,5% af de undersøgte boringer, mens grænseværdien for drikkevand på 0,1 µg/l var overskredet i 109 boringer svarende til 2,0% af de undersøgte boringer. Når alle analyserede stoffer medtages stiger fundhyppigheden til henholdsvis ca. 22,8% og ca. 8,9%, tabel 5.9.

Fordelingen af pesticidfund i forhold til dybde, figur 5.16, viser, at næsten 40% af de undersøgte boringer i intervallet 0-20 meter under terræn inderholder et eller flere pesticider og/eller nedbrydningsprodukter. Grænseværdien var overskredet i mindst en vandprøve i 20% af boringerne i intervallet 10-20 meter under terræn. Fundene falder mod dybden, men selv i boringer som indvinder grundvand i intervallet 60-70 meter under terræn er der fundet pesticider og/eller nedbrydningsprodukter i mere end 10% af de undersøgte boringer.

Pesticider og nedbrydningsprodukter	Analysér	Analyserede boringer	Boringer med fund		Boringer med fund $\geq 0,1 \mu\text{g/l}$	
	antal	antal	antal	%	antal	%
De 8 pesticider	8.678	5.415	517	9,5	109	2,0
Alle pesticider	10.070	5.643	1.282	22,7	504	8,9
1998, alle pesticider	2.751	2.139	688	32,2	257	12,0

Tabel 5.9 Samlet antal analyser, antal analyserede boringer, boringer med fund af pesticider og nedbrydningsprodukter, boringer med fund af pesticider og nedbrydningsprodukter over grænseværdien på 0,1 µg/l samt fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i boringskontrollen 1989-1998. "De 8 pesticider" er de 8 stoffer, som er analyseret fra grundvandsovervågningens start, mens "Alle pesticider" omfatter alle analyser af pesticider og nedbrydningsprodukter. "1998, alle pesticider" omfatter kun de analyser, som er gennemført i året 1998, og som GEUS modtog i 1999.

Boringer med fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i boringskontrollen



Figur 5.16 Fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i vandværkernes boringskontrol 1989-1998. Der er oplysninger om dybder fra 3.065 analyserede boringer, mens der er oplysninger om dybder fra 661 boringer med fund og fra 275 boringer med fund over grænseværdien for drikkevand på 0,1 µg/l.

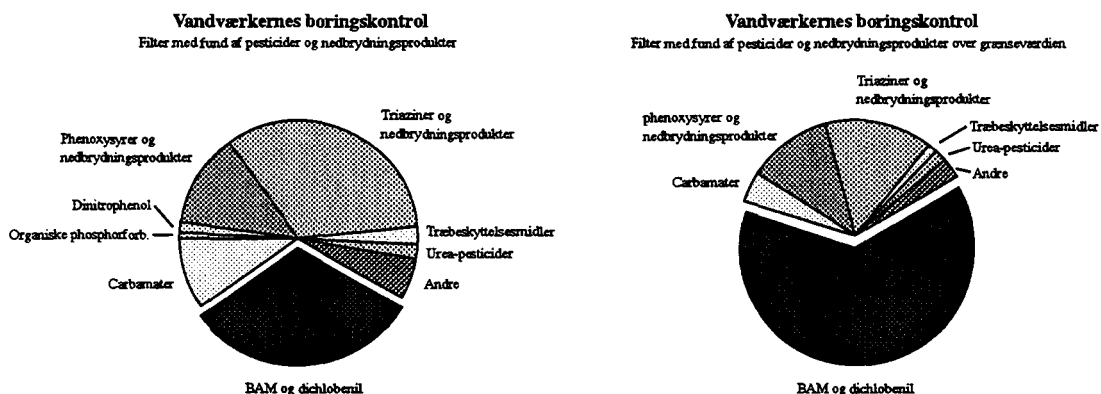
Blandt "de 8 pesticider" er det især atrazin (4,6%), som forekommer hyppigt, mens to af phenoxysyrerne dichlorprop og mechlorprop er fundet omtrent lige hyppigt (2,5 og 2,4%). Overskridelser af grænseværdien ligger for alle stoffer under en procent, bilag 5.3.

BAM er det stof, som er fundet hyppigst ved vandværkernes boringskontrol, hvor stoffet er fundet i 26% af de undersøgte boringer og i 11% af boringerne med mindst én overskridelse af grænseværdien for drikkevand. Det er en overraskende høj forekomst også i forhold til sidste år, hvor der var oplysninger om BAM analyser fra 1.656 boringer med fund på henholdsvis 27% og 11%. I dette års analysedata foreligger der oplysninger fra 3.191 boringer, men fundene er af samme størrelsesorden som året før.

Der foreligger nu analyser for fem nedbrydningsprodukter, som kan stamme fra nedbrydning af triaziner som f.eks. atrazin, terbuthylazin og simazin. Deethyldeisopropyl-, deethyl-, deisopropyl-, hydroxyatrazin og hydroxyterbuthylazin forekommer i op til 8% af de undersøgte boringer. Den høje forekomst af deethyldeisopropylatrazin er dog antagelig ikke repræsentativ, fordi det kun foreligger analyser fra 62 boringer.

Ethylthiourea, ETU, et nedbrydningsprodukt som kan stamme fra nedbrydning af en række svampemidler som maneb og mancozeb, der har været meget udbredte og blandt andet er fundet i markvandingsboringer.

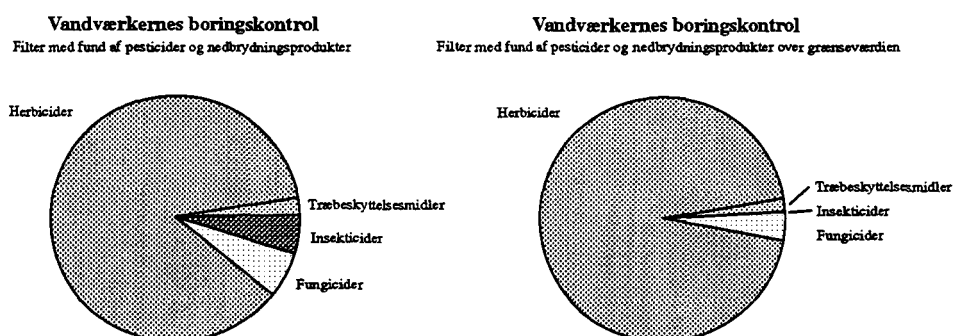
Glyphosat er fundet i en boring i Viborg Amt i lave koncentrationer i vandprøver. Stoffet er formodentlig transporteret ned til boringsfiltret ved en såkaldt "skorstenseffekt". Se afsnittet om Glyphosat og AMPA.



Figur 5.17 Filtre med fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i vandværkernes boringskontrol 1989-1998, beregnet på grundlag af bilag 5.3.

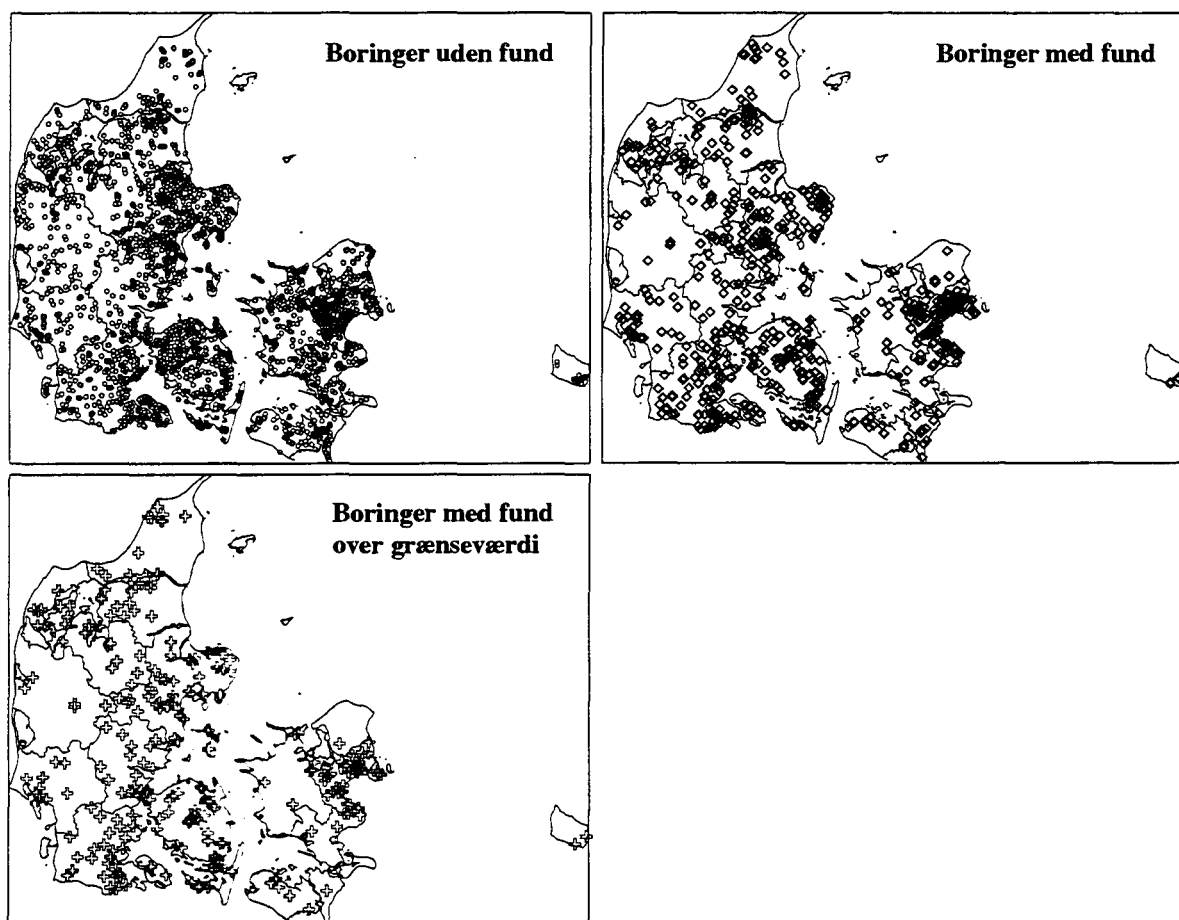
Den relative forekomst af forskellige pesticider og deres nedbrydningsprodukter viser, at "BAM og dichlobenil" og gruppen "triaziner og nedbrydningsprodukter" forekommer lige hyppigt, mens gruppen "phenoxysyrer og nedbrydningsprodukter" kun forekommer i en mindre del af borerne, figur 5.17. Vurderes på samme måde fund $\geq 0,1 \mu\text{g/l}$, ses at BAM og dichlobenil er den stofgruppe, som udgør langt de fleste fund. Gruppen "triaziner og nedbrydningsprodukter" og gruppen "phenoxysyrer og nedbrydningsprodukter" forekommer omtrent lige hyppigt. Det skal bemærkes, at nogle af nedbrydningsprodukterne fra phenoxysyrer kan stamme fra nedbrydning af andre stoffer end phenoxysyrer.

Vurderes pesticidernes anvendelsesmåde (figur 5.18) ses, at det i overvejende grad er herbicider som dominerer fundmønstret i boringskontrollen, men at der også findes både fungicider, insekticider samt stoffer som kan stamme fra træbeskyttelse. Medtages kun fund $\geq 0,1 \mu\text{g/l}$ indtager herbiciderne en dominerende rolle, men de andre typer er også repræsenterede.



Figur 5.18 Filtre med fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i vandværkernes boringskontrol, 1989-1998 organiseret efter anvendelsestype.

På kortene i figur 5.19 ses hvor de undersøgte boringer er placeret og hvor der er fund af pesticider og nedbrydningsprodukter. Der foreligger dog ikke oplysninger om koordinater for alle boringer. Af figuren fremgår, at der især er fundet mange pesticider og nedbrydningsprodukter ved de større byer, og at der tilsyneladende er en overrepræsentation af fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i lerede områder. F.eks. er der kun fundet få pesticider og nedbrydningsprodukter på de sandede jyske hedesletter. Dette stemmer godt overens med tidligere sammenstillinger af analysedata, som viser, 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 anternes analyser af vandløbsprøver også, at der netop i de lerede og drænede oplande, findes mange pesticider og nedbrydningsprodukter. I modsætning hertil er de sandede oplande, hvor der oftest kun findes triaziner og nedbrydningsprodukter heraf samt BAM i vandløbsvandet.

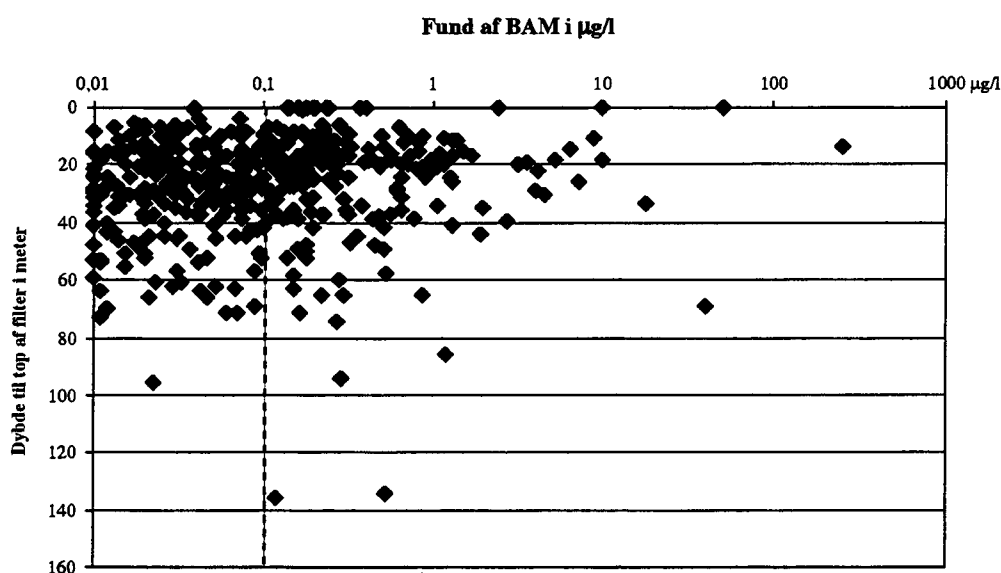


Figur 5.19 Fund af pesticider og nedbrydningsprodukter ved vandværkernes boringskontrol 1989-1998. Der er medtaget 4.760 koordinatsatte boringer, hvoraf der er fundet pesticider og nedbrydningsprodukter i 984. I 379 boringer er der én eller flere gange fundet koncentrationer over grænseværdien for drikkevand på 0,1 µg/l.

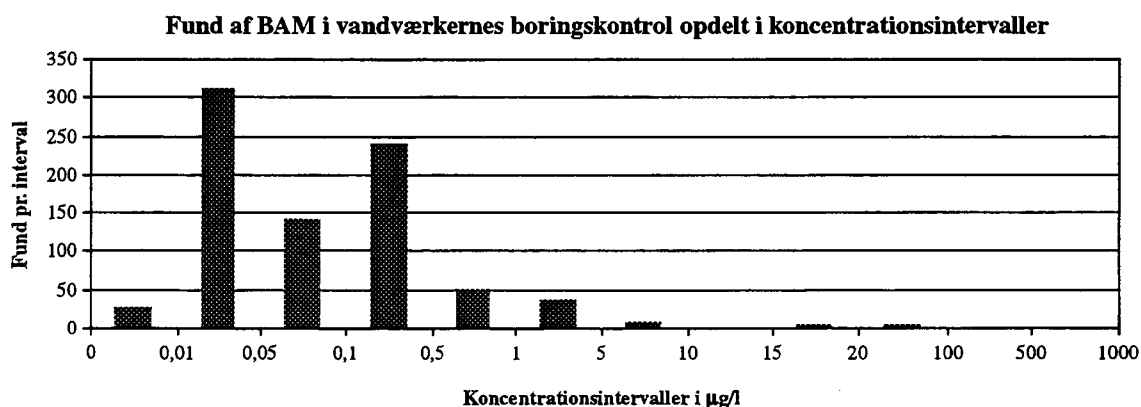
BAM – 2,6-dichlorbenzamid

Der er oplysninger i GEUS boringsdatabase om 3.191 boringer med BAM analyser. I disse boringer er der gennemført 4.713 analyser. Der er fundet BAM i 1.623 vandprøver, udtaget fra 819 boringer. Der er således konstateret fund af BAM i ca. 26% af de undersøgte 3.191 boringer. Grænseværdien for drikkevand var overskredet i 349 boringer svarende til ca. 11%.

Forekomsten af filtre med BAM fund i forskellig dybde er vist i figur 5.20, hvor det fremgår, at langt hovedparten af BAM fundene stammer fra grundvand i intervallet 0-60 meter under terræn, men at der også i meget dybtliggende grundvandsmagasiner kan findes høje koncentrationer af BAM. En række af de rapporterede fund skyldes med sikkerhed anvendelse af moderstoffet nær de påvirkede boringer.



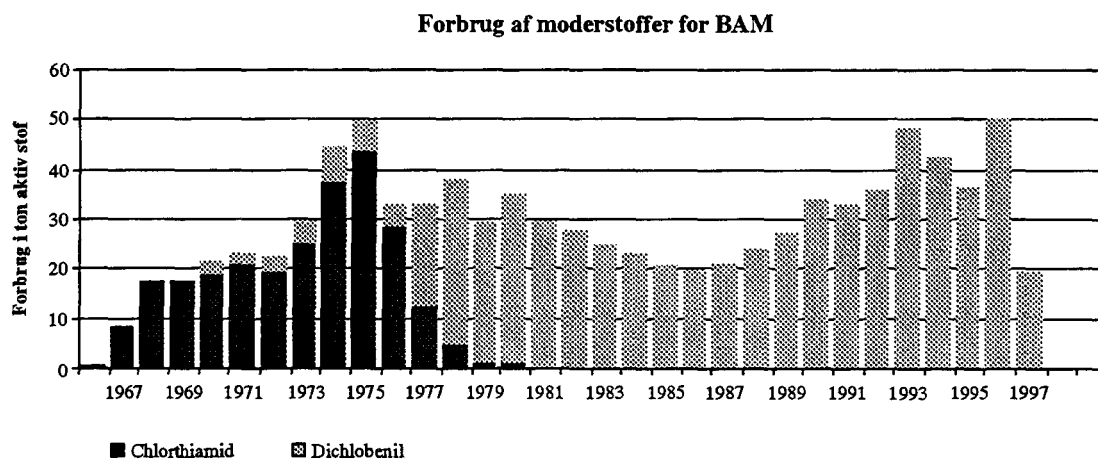
Figur 5.20 Boringer med fund af BAM i vandværkernes boringskontrol i 1989-1998. I opgørelsen er der medtaget de 455 boringer med BAM fund, hvor der er oplysninger om filterinterval.



Figur 5.21 Fund af BAM i vandværkernes boringskontrol, opdelt i koncentrationsintervaller.

Fordelingen af BAM i koncentrationsintervaller, figur 5.21, viser at kun relativt få boringer har et BAM indhold på mere end 1 µg/l.

BAM er et nedbrydningsprodukt, som kan stamme fra to moderstoffer, chlorthiamid og dichlobenil. Chlorthiamid blev solgt under navnet Casoron i perioden 1965-1980, mens dichlobenil blev solgt under navnene Casoron G og Prefix i perioden 1969-1997, figur 5.22.



Figur 5.22 Salg af de to moderstoffer dichlobenil og chlorthiamid, som er moderstoffer for BAM. Dichlobenil blev sidst solgt lovligt i Danmark i 1997.

Chlorthiamid nedbrydes i jord til dichlobenil, som igen ved mikrobiel aktivitet nedbrydes til BAM (2,6-dichlorbenzamid) og til 2,6-dichlorbenzoesyre. Chlorthiamids opløselighed i vand er ca. 950 mg/l, mens dichlobenils opløselighed er 14,6 mg/l. Den langt større opløselighed og en halveringstid i jord på ca. 14-35 døgn betyder, at der formodentlig har været en risiko for udvaskning af høje koncentrationer af moderstoffet, som så er blevet nedbrudt til bl.a. dichlobenil og BAM. Dichlobenil har været anvendt som granulat ved bekæmpelse af ukrudt på udyrkede arealer, i plantager og under prydræer og prydbuske i doseringer op til 400 kg/ha med 6,75% aktivstof, svarende til 27 kg aktivstof/ha.

Der foreligger stadig kun relativt få oplysninger om CFC dateringer af filtre med fund af BAM, i GEUS's databaser, tabel 5.10. Ud af de 13 boringer med datering er de fem med en CFC-alder som er ældre end den første registrerede anvendelse af moderstofferne (1966).

DGU nr.	CFC-Årstal	Maks. Konc. i $\mu\text{g/l}$	Top af filter m.u.t.	Antal dateringer
198. 547	1988	0,07	3,95	1
137. 387	1986	0,25	16	1
199. 818	1983	0,02	20	1
212. 639	1976	0,07	10	1
136. 175	1974	0,04	14,3	1
212. 452	1974	0,05	35,5	4
212. 345	1971	0,02		1
212. 403	1969	0,02	28	2
207. 2832	1962	0,02	10,3	2
212. 680	1961	0,02		1
136. 902	1960	0,04	12,7	1
145. 718	1960	0,05	36,2	2
145. 36L	1960	0,06	29,9	3

Tabel 5.10 Boringer med fund af BAM og med CFC datering fra vandværkernes boringskontrol. Hvor der er foretaget flere dateringer, er vist den højeste alder og maksimale koncentration for BAM. Fede tal markerer CFC-dateringer fra før stofferne blev taget i anvendelse.

Sammendrag om pesticider og nedbrydningsprodukter

Der er i overvågningsprogrammet og ved vandværkernes boringskontrol fundet 65 forskellige pesticider og mulige nedbrydningsprodukter, hvoraf 44 stoffer er fundet over grænseværdien for drikkevand på 0,1 $\mu\text{g/l}$. Ud over disse 65 stoffer er der i andre analyseprogrammer, gennemført af bl.a. amterne og vandværkerne, fundet 9 stoffer, hvoraf de 4 over grænseværdien for drikkevand. Der blev i 1998 i alt solgt ca. 160 godkendte stoffer, heraf er de 26 fundet én eller flere gange i grundvandet. Mange af disse 26 stoffer er gennem de seneste år reguleret, f.eks. isoproturon, der nu udgår fra markedet, og phenoxy-syrerne som sælges i begrænsede mængder. Analyseresultaterne fra grundvandsovervågningen og vandværkernes boringskontrol adskiller sig stærkt fra hinanden. I landovervågningsoplandene, der overvåger højtliggende grundvand under marker, er der næsten kun fundet pesticider og nedbrydningsprodukter, som anvendes, eller har været anvendt, ved landbrugsdrift, mens der i grundvandsovervågningsområderne også er fundet nedbrydningsproduktet BAM, som stammer fra pesticider, der hovedsagelig er anvendt i byområder, langs veje og jernbaner og på gårdspladser. Fund af pesticider over grænseværdien i vandværkernes boringskontrol domineres af nedbrydningsproduktet BAM. Dette er forventeligt, fordi mange vandværkers boringer ligger tæt ved bebyggede områder, men også fordi nogle vandværker muligvis har anvendt pesticider på arealer omkring indvindingsboringerne.

Grundvandsovervågningen

I perioden 1989-1998 er der fundet ét eller flere pesticider i ca. 30 % af de analyserede 1.065 filtre. Grænseværdien for drikkevand på 0,1 $\mu\text{g/l}$ var overskredet én eller flere gange i 10 % af de undersøgte filtre. I 1998 blev der fundet pesticider i 211 filtre ud af 729 undersøgte svarende til ca. 29 %, og i ca. 8% af filtrene var grænseværdien for drikkevand overskredet. Antallet af filtre med fund af pesticider og nedbrydningsprodukter faldt gennem den første overvågningsperiode (1990-1992), hvor amterne udtog den første serie grundvandsprøver til analyse for 8 pesticider.

I 1990 udtog amterne især vandprøver fra højtliggende filtre og først senere fra de dybereliggende. I perioden 1993-95 er der fundet pesticider eller nedbrydningsprodukter i under

10% af de undersøgte filtre, men det steg til ca. 30% i 1998. Denne stigning skyldes, at amterne udvidede analyseprogrammet til 45 stoffer. Den dybdemæssige fordeling af pesticider viser, at der mindst én gang er fundet ét eller flere stoffer i ca. 47 % af filtrene i intervallet 0-10 meter under terræn. Der er indtil nu fundet 23 pesticider og 12 nedbrydningsprodukter i grundvandsovervågningen.

Landovervågningen

Der er i hele undersøgelsesperioden fundet pesticider eller nedbrydningsprodukter i 46% af de undersøgte filtre, der alle ligger i intervallet 0-10 meter under terræn, og i ca. 10% af filtrene er der fundet pesticider eller nedbrydningsprodukter over grænseværdien for drikkevand. Gennem perioden 1990 til 1999 har antallet af filtre med fund varieret som følge af forskellige analyseprogrammer, samt formodentligt af naturlige årsager betinget af klima og landbrugspraksis. I 1998 blev der fundet pesticider og nedbrydningsprodukter i 19 filtre ud af 48 undersøgte, svarende til 40%. Der er i landovervågningen fundet 18 pesticider og 9 nedbrydningsprodukter.

Sammenholdes analyseresultater fra drænvand og grundvand fra Lillebæk oplandet på Fyn findes generelt de samme pesticider og nedbrydningsprodukter i prøver udtaget fra drænvand og fra grundvand, hvilket er i udmærket overensstemmelse med at drænastrømningen repræsenterer det allerøverste grundvand. Når koncentrationen af pesticider og nedbrydningsprodukter falder i grundvandet, ses samme tendens til faldende koncentrationer i drænvandet. Det underbygger, at fund af pesticider i drænvand (og åvand) er et varsel om, hvilke stoffer der kan forventes nedvasket til grundvandet.

Vandværkernes boringskontrol

Ved vandværkernes boringskontrol er der én eller flere gange fundet ét eller flere pesticider i 1.282 boringer ud af 5.643 undersøgte, svarende til henholdsvis 22,8% af boringerne og i 8,9% af boringerne er grænseværdien for drikkevand overskredet. I 1998 analyserede vandværkerne 2.139 boringer og fandt ét eller flere pesticider i ca. hver tredje boring, mens grænseværdien for drikkevand var overskredet i 12% af boringerne.

Der er indtil nu fundet 56 pesticider og nedbrydningsprodukter ved vandværkernes boringskontrol, men der er også fundet omkring 15 andre stoffer, som kan stamme fra nedbrydning af bl.a. pesticider.

Fordelingen af pesticidfund i forhold til dybden viser, at næsten 40% af de undersøgte boringer i intervallet 0-20 meter under terræn inderholder, eller har indeholdt, ét eller flere pesticider eller nedbrydningsprodukter. Grænseværdien for drikkevand var overskredet i mindst én vandprøve i 20% af boringerne i intervallet 10-20 meter under terræn.

BAM er det stof, som er fundet hyppigst ved vandværkernes boringskontrol. Stoffet er fundet i 26% af de undersøgte boringer og i 11% med mindst én overskridelse af grænseværdien for drikkevand. Det er en overraskende høj forekomst. En række af de rapporterede fund skyldes med sikkerhed anvendelse af moderstoffet nær de påvirkede boringer. Langt hovedparten af BAM fundene stammer fra grundvand i intervallet 0-60 meter under terræn, men BAM er også fundet i meget dybtliggende grundvandsmagasiner.

Datering af grundvand

Iværksættelsen af overvågningsprogrammet havde til formål at dokumentere effekten af Vandmiljøplanen, der blev vedtaget af Folketinget i 1987. Derfor er det primært kvaliteten af det unge grundvand, man er interesseret i at undersøge. For at afgøre om det undersøgte grundvand var ungt eller gammelt, blev der foretaget tritiumdatering på vandprøver fra stort set alle boringer, der indgår i overvågningsprogrammet (DGU, 1991). Skillelinien mellem ungt og gammelt vand blev sat til 1950, da tritiumindholdet i grundvand dannet før dette tidspunkt lå under metodens detektionsgrænse, d.v.s. mindre end 1 TU (tritium unit). Grundvand dannet omkring midten af 1960'erne har forhøjede tritiumindhold på grund af brintbombsprængningerne se figur 6.1. En mere præcis bestemmelse af grundvandets alder forudsætter, at man kan bestemme 1963 maksimummet f.eks. ved at sammenligne tritiumindholdet i forskellige dybder i et givet grundvandsmagasin. Absolut datering ved hjælp af tritiummetoden er blevet vanskeligere fordi tritium med tiden forsvinder. Tritiums halveringstid er 12,43 år, og fordi signalet fra 1963 toppen bliver bredere og mindre markant på grund af dispersion under transporten i grundvandet år for år.

CFC-datering

Derfor blev den ny og relativt præcise CFC-metode til aldersbestemmelse afprøvet og anvendt under det Strategiske Miljøforskningsprogram, 1993-1996. Metoden, der blev introduceret i USA, kan under optimale forhold bestemme alderen på grundvand med en præcision på ± 2 år (Busenburg and Plummer, 1992). Danmarks Geologiske Undersøgelse afprøvede i samarbejde med USA's Geologiske Undersøgelse CFC-metoden på Rabis Bæk lokaliteten (Hinsby et al., 1997) og besluttede efter de positive resultater at opbygge et CFC daterings laboratorium.

CFC-datering af grundvand er gennemført i 1997-98 under overvågningsprogrammet for de boringer, der viste ungt vand ved tritiumdateringen, og hvor prøvetagningsforholdene skønnes egnede.

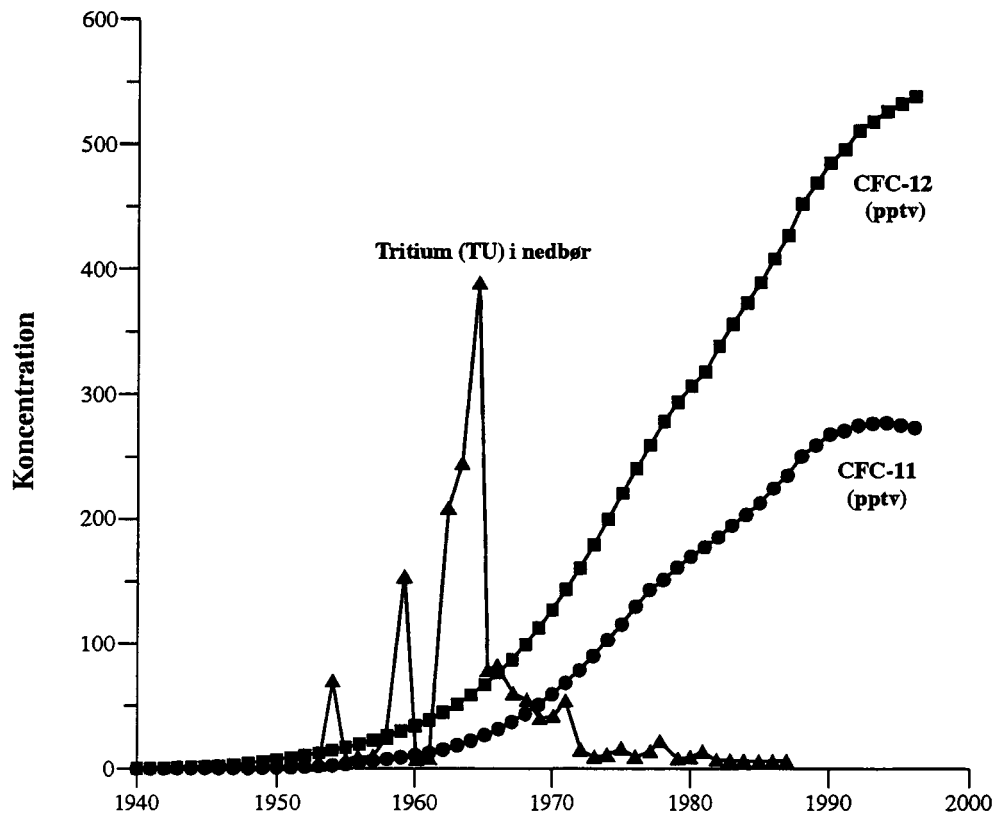
CFC-metoden

CFC-forbindelserne, også kaldet freoner, er blevet brugt som drivgas i spraydåser, kølemiddel i køleskabe og til opblæsning af skumgummi og isoleringsmateriale til fjernvarmerør. CFC-forbindelserne er kemisk set meget bestandige, og derfor er indholdet af disse steget i atmosfæren siden 1930, hvor CFC-forbindelserne (CFC-12) blev introduceret. En del af CFC-forbindelserne er tilført grundvandet via nedbøren, da der hurtigt indstiller sig en ligevægt mellem CFC i gasfase og vandfase. Dermed er også CFC-indholdet i grundvandet steget siden 30'erne, og det er denne stigning der udnyttes til aldersbestemmelse af grundvandet.

CFC-forbindelsernes bestandighed og ugiftighed medførte en markant stigning i forbruget, men det viste sig senere at netop stoffernes bestandighed var et alvorligt problem. CFC-forbindelserne ophobedes i stratosfæren, hvor de forårsagede nedbrydning af ozonlaget

CFC-forbindelser består af kulstof, klor og fluor. Omkring 77% af verdensproduktionen udgjordes af CFC-11 (CCl_3F) og CFC-12 (CCl_2F_2). Resten består blandt andet af CFC-113 ($\text{C}_2\text{Cl}_3\text{F}_3$), CFC-114 og CFC-115.

Under optimale betingelser kan CFC-11 og CFC-12 bruges til at aldersbestemme grundvand, der er yngre end henholdsvis 50 og 55 år. Siden midten af 1970'erne har man løbende målt indholdet af CFC i atmosfæren i et globalt netværk. Der er ikke foretaget målinger før 1970, men da der er tale om syntetiske stoffer, har man rekonstrueret stigningen af CFC koncentrationerne siden 1930'erne. Rekonstruktionen er baseret på produktionstal og stoffernes levetid i atmosfæren. Koncentrationskurver fra 1940 og frem til i dag er vist i figur 6.1.



Figur 6.1. CFC- og tritiumkoncentrationer i henholdsvis atmosfære og nedbør siden 1940. Koncentration i pptv henholdsvis TU (pptv = parts per trillion = 10^{-12} vol/vol; TU = tritium unit = 1 atom per 10^{18} atomer). CFC i atmosfæren er målt regelmæssigt siden 1977. Kurverne før 1977 er beregnet ud fra den årlige produktion af CFC-gasser. Effekten af den internationalt vedtagne udfasning af CFC-forbindelserne har kunnet registreres i atmosfæren i de seneste ca. fem år. Koncentrationen af den radioaktive tritium-isotop var højest i 1963 på grund af brintbombsprængninger i atmosfæren i begyndelsen af 60'erne.

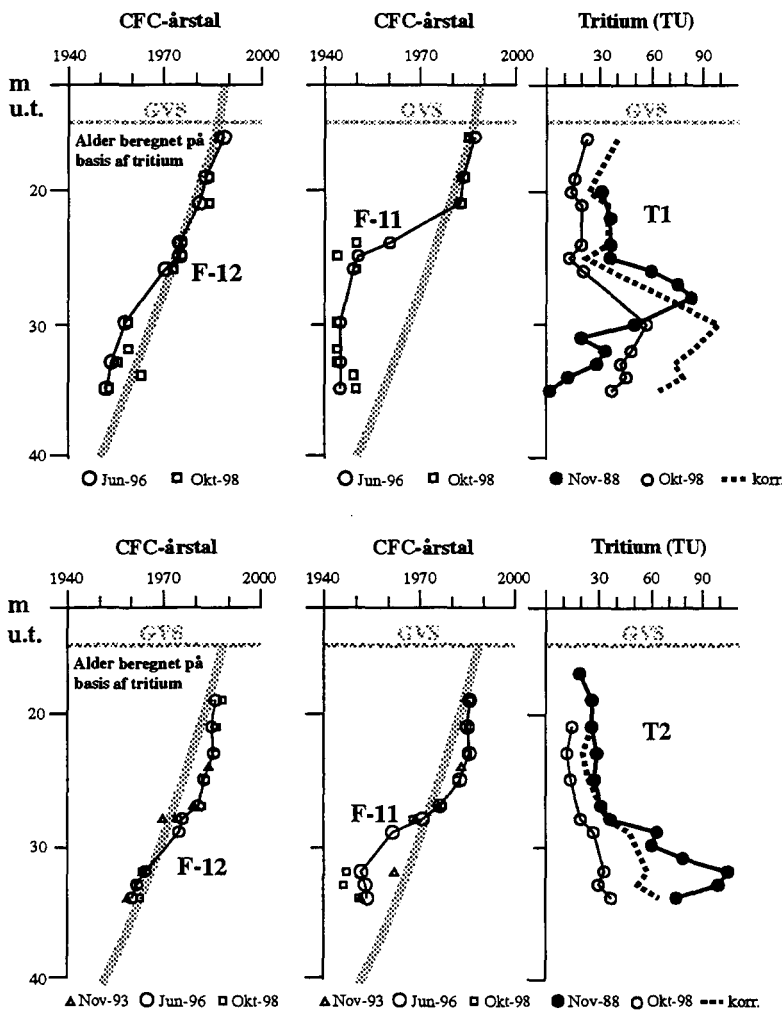
Når koncentrationen af CFC-gasser i atmosfæren stiger, forøges også mængden af opløst CFC i nedbøren, og dermed i grundvandet. Ligevægten er afhængig af tryk og temperatur og er blevet nøjagtigt bestemt for CFC-11 og -12 ved laboratorieforsøg (Warner and Weiss, 1985). Under nedsivningen i den umættede zone sker der udveksling af CFC mellem de luftfyldte porerum og vandet, så den endelige CFC-koncentrationen i grundvandet bestemmes af ligevægten ved grundvandsspejlet. CFC målinger i den 15 m tykke umættede zone ved Rabis Bæk viste at luften bevæger sig, ved diffusion, nogenlunde lige så hurtigt (ca. 3-4 år) som vandet gennem den umættede zone, det vil sige at man ikke behøver at korrigere for opholdstiden i den umættede zone (Nielsen og Ørbeck, 1995). Det vurderes at dette også gælder hvor den umættede zone er under 10 m.

Analyseteknik

Vandprøverne til CFC analyse udtages med en teknik, der hindrer kontakt mellem det oppumpede grundvand og atmosfæren. Prøverne forsegles i 60 ml glasampuller, der åbnes i laboratoriet uden kontakt til atmosfæren. Vandprøven overføres til en glasbeholder og CFC-gasserne drives ved hjælp af nitrogen over i en frysefælde. Frysefælden opvarmes, og CFC-gasserne føres med bæregas over i en gaskromatograf, hvor mængden af hver enkelt CFC-gasart bestemmes. På basis heraf beregnes CFC-indholdet i grundvandet, atmosfærens daværende CFC-indhold og dermed tidspunktet for grundvandsdannelsen.

Kontrol af CFC-metoden

For at afprøve CFC-metodens pålidelighed gennemførtes de første CFC-dateringer på et sandmagasin ved Rabis Bæk (Postma et al., 1990) hvor strømningsforholdene er beregnet på grundlag af et stort antal tritiumanalyser (Engesgaard et al., 1996).



Figur 6.2. CFC-aldre sammenlignet med beregnede "tritium" aldre (Engesgaard and Molson, 1998) i Rabis Bæk forsøgsområdet. Tritium måles i tritium units (TU) som ikke direkte kan omsættes til aldre. TU maksimum viser hvor vandet fra 1963 befandt sig og herudfra kan den "gennemsnitlige" alderskurve beregnes. Tritiumanalyserne fra 1998 er angivet som både målte værdier og værdier korrigerede for 10 års radioaktivt henfald. T1 og T2 er to borer i Rabis Bæk området.

Som nævnt ovenfor passede CFC-dateringerne godt med kendskabet til grundvandsdannelsen og strømningforholdene bestemt ud fra de tidligere tritiumanalyser. Men da tritiumanalyserne var udført 8 år før CFC-analyserne, blev der i 1998 udtaget nye prøver fra 2 af borerne for at kunne foretage direkte sammenligning mellem CFC- og tritiumanalyser. Maksimum af tritiumkurven i den ene boring lå 2 m dybere end ved målingerne 10 år tidligere, se figur 6.2, mens tritiummaksimum ikke kunne påvises i den anden boring. Tritiumvariationen i sidstnævnte boring antyder imidlertid en parallelforskydning på ca. 3 m, således at maksimum ligger ca. en meter under det dybeste i filter i T2 boringen (figur 6.2).

CFC-dateringerne fra 1998 viser kun mindre forskydninger i forhold til målingerne i 1996. I de øverste ca. 8-9 m under grundvandspejlet er der god overensstemmelse mellem CFC-11 og CFC-12 dateringerne og mellem disse og alderen af grundvandet beregnet ud fra tritiumanalyserne. I større dybde ved overgangen til ilt- og nitratfrit grundvand viser CFC-11 markant højere aldre end CFC-12. Dette skyldes sandsynligvis nedbrydning af CFC-11 under reducerende forhold. Laboratorieforsøg har vist, at CFC-11, CFC-12 og CFC-113 kan nedbrydes under iltfrie forhold, CFC-11 kan nedbrydes både kemisk og mikrobiologisk, mens CFC-12 kun er nedbrydelig under de rette mikrobiologiske betingelser (Lovely and Woodward, 1992).

Andre mikrobiologiske laboratorieforsøg viser at CFC-11 nedbrydes ca. 10 gange så hurtigt som CFC-12 under reducerende forhold (Oster et al., 1996). Det er imidlertid vanskeligt at afgøre om afvigelsen mellem CFC-12 aldre, og den, på basis af tritiumanalyserne, beregnede alderskurve skyldes nedbrydning alene eller om strømningforholdene også har betydning. Tritium-alderskurven er beregnet ud fra den antagelse at sandmagasinet er fuldstændig homogent. Det er imidlertid ikke tilfældet, idet boreprøvebeskrivelsen viser et mere finkornet materiale i den dybere del af T1 (Hansen og Gravesen, 1990), hvor afvigelsen mellem de to daterings metoder er størst. Erfaringerne fra prøvetagningerne viser også at vandtilstrømning i nogle af de dybere filtre er langsommere hvilket kunne antyde en noget lavere permeabilitet i disse lag. Lavere permeabilitet i dybden betyder at man ikke umiddelbart kan tolke resultaterne for den dybe del af CFC-profilerne, uden også at tage hensyn til de horizontale strømningforhold. En langsommere vertikal strømning giver en højere alder i dybden, som tidligere CFC-dateringer i lagdelte magasiner, f.eks. Grundfør, har vist (Hinsby et al., 1997). På grund af denne usikkerhed er der ikke gjort noget forsøg på at korrigere CFC-dateringerne for eventuel nedbrydning i grundvandstyper, der er kendetegnet ved reducerende forhold.

USA's geologiske undersøgelse der formentlig råder over det største datamateriale vedrørende CFC-dateringsmetoden har ikke offentliggjort nogen vurdering af CFC-12s eventuelle nedbrydning under naturlige forhold, blot anført at CFC-12 "persist" (stadig kan findes) selv under forhold, hvor sulfatreduktion og methandannelse finder sted (Plummer et al., 1998).

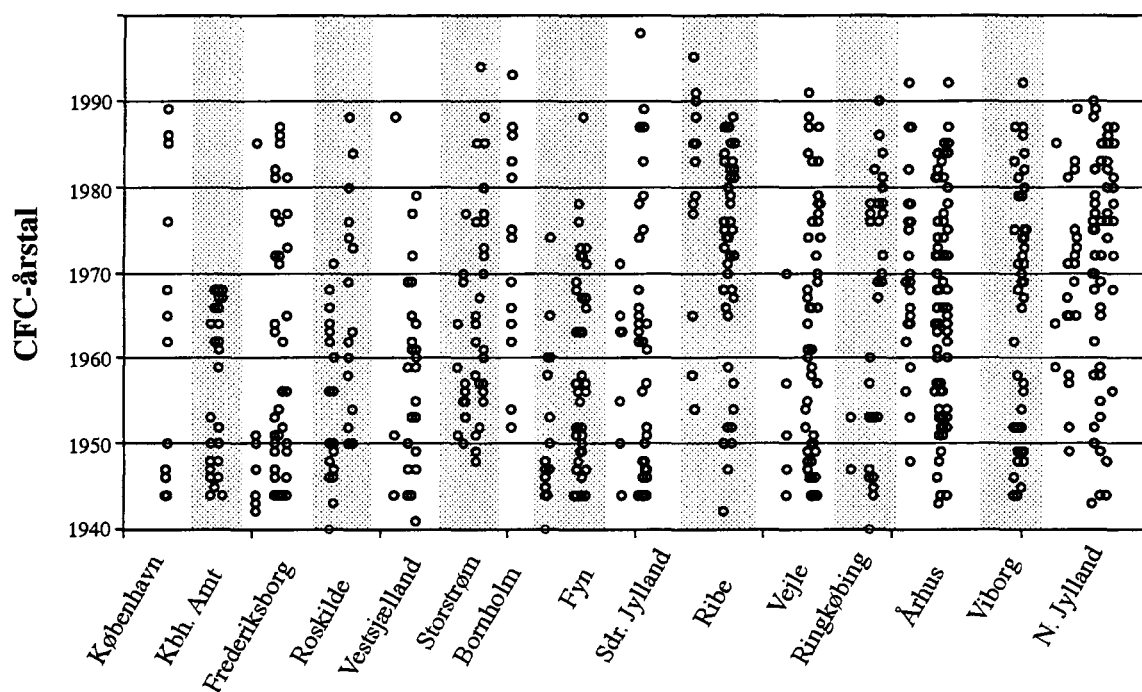
Datering af grundvand i overvågningsområderne ved hjælp af CFC-metoden

Udtagning af prøver til CFC-analyse blev foretaget af GEUS eller af amterne, der normalt selv står for prøvetagningen i forbindelse med overvågningsprogrammet. GEUS leverede prøvetagningsudstyr og gav instruktion til de 9 amter, der valgte selv at udtage de forseglede vandprøver til CFC-analyse. Til hver grundvandsdatering blev der udtaget 3-4 prøver, og mindst to af disse blev analyseret af GEUS. Dobbeltbestemmelser udføres altid på grund af den potentielle risiko for forurening af prøverne med atmosfærisk luft enten under prøvetagningen eller i laboratoriet.

Kun 10 procent af grundvandet er yngre end Vandmiljøplanen selv

Resultaterne af CFC-dateringerne viser, at højst 10 procent af det grundvand, der analyseres i forbindelse med overvågningsprogrammet er dannet efter Vandmiljøplanens vedtagelse i 1987. Mere præcist kan det siges at kun 72, ud af i alt 790 analyserede prøver, gav CFC-årstal på 1985 eller derover. 1985 er sat som grænse for at tage højde for usikkerheden på aldersbestemmelsen der er ca. ± 2 år under ideelle aerobe forhold. Sættes grænsen ved 1987 drejer det sig om kun 45 prøver eller knapt 6 procent af det undersøgte grundvand.

Aldersfordelingen af grundvandet for de enkelte amter fremgår af figur 6.3, der viser at det meste af det grundvand der "overvåges" må tolkes som dannet mellem 1940 og 1990.



Figur 6.3 Resultaterne af CFC-dateringerne af grundvand i overvågningsområderne.

Der er ikke markante forskelle i aldersfordelingen mellem amterne, men det er dog værd at bemærke at Københavns Amt, Vestsjællands Amt og Fyns Amt har en større vægt af ældre grundvand dannet før 1970 end de øvrige amter, og at Ribe Amt og Nordjyllands Amt har en større vægt af yngre vand dannet efter 1980. Forklaringen herpå skal nok søges i forskelle i de geologiske forhold i amternes overvågningsområder, idet overvågningsområder med tykt lerdække har en større vægt af ældre grundvand end sandede områder. De tre amter, der har en større vægt af ældre grundvand, er også kendetegnet ved større områder med lerdække end de øvrige amter.

Ingen CFC i 10 procent af de undersøgte grundvandsprøver

I 78 ud af de 790 prøver kunne der ikke påvises CFC, det vil sige at CFC-indholdet lå under detektionsgrænsen på $0,3 - 1,0 \cdot 10^{-12}$ g/l (picogram per liter) for henholdsvis CFC-11 og CFC-12. Derfor kunne der ikke angives nogen endelig alder af vandet på grundlag af disse prøver, og resultatet af dateringen er angivet som <1940, det vil sige vand dannet før 1940. De tidligere dateringer med tritiummetoden viste også gammelt vand, <1 TU, for 29 af de 78 borer, og relativt gammelt vand, $1TU < \text{tritium} < 5 TU$ for andre 22 borer. For de sidste 27 borer

var tritiumindholdet tidligere målt til over 5 TU, det vil sige ungt vand. For en del af borerer er tritium-dateringerne gentaget med 1-3 års mellemrum, og nogle af disse "dobbelbestemmelser" viser overraskende store forskelle. Derfor er der udtaget nye prøver til både CFC- og tritium-analyser fra ca. 40 borerer for at få bekræftet om de to dateringsmetoder giver modstridende resultater. Kriterierne for udvælgelse af disse borerer er omtalt nedenfor under afsnittet sammenligning af tritium- og CFC-dateringer.

Grundvand uden tritium

Det var oprindeligt meningen, at CFC-dateringen kun skulle gennemføres på de borerer, hvor man havde målt tritium, men amterne valgte af forskellige årsager at lade en del borerer med gammelt grundvand datere med den nye CFC-metode. For at give et samlet billede af alderen af det vand, der indgår i overvågningsprogrammet, bør det nævnes, at af de ca. 1100 borerer/filtre der blev analyseret for tritium, lå tritiumindholdet under grænseværdien på 1 TU i de 215 af borererne. Sammenligning af de to dateringsmetoder viser, at CFC-metoden synes at give højere aldre for det noget ældre grundvand, så en eventuel CFC datering af de omtalte 215 borerer ville sandsynligvis bekræfte, at der er tale om gammelt vand og dermed, at ca. 20 procent af det grundvand som overvåges kan karakteriseres som gammelt.

CFC-Alder af grundvand i forskellige miljøer og dybder

CFC-årstallet bestemmes ved at sammenligne grundvandets CFC-indhold med CFC-indholdet i atmosfæren gennem de sidste ca. 60 år (figur 6.1). Normalt kan man ikke ud fra CFC-analyserne alene afgøre om CFC-årstallet svarer til vandets sande alder, eller om grundvandet består af en blanding af vand af forskellig alder. Dette er vigtigt at gøre sig klart, hvis man vil sammenligne CFC-årstallet med f.eks. udviklingen i grundvandets indhold af nitrat, pesticider eller indhold af tritium. Derfor angives resultaterne af CFC-dateringen, som CFC-årstal i stedet for alder, selvom udtrykket er mindre mundret. Kun for ideelt stempel flow i et fuldstændigt homogent grundvandsmagasin vil CFC-årstallet entydigt udtrykke grundvandets alder.

I nogle få tilfælde, f.eks. ved præferentiell strømning i ler, har det været muligt at spore opblanding af ældre og yngre vand, fordi forholdet mellem CFC-11 og CFC-12 koncentrationerne i atmosfæren ikke har været konstant igennem de sidste 50 år. Blandingsvand giver derfor forskellige aldre for de to CFC gasarter. Men delvis nedbrydning af CFC-11 under reducerende forhold vanskeliggør oftest tydingen af mulig opblanding af gammelt og ungt vand.

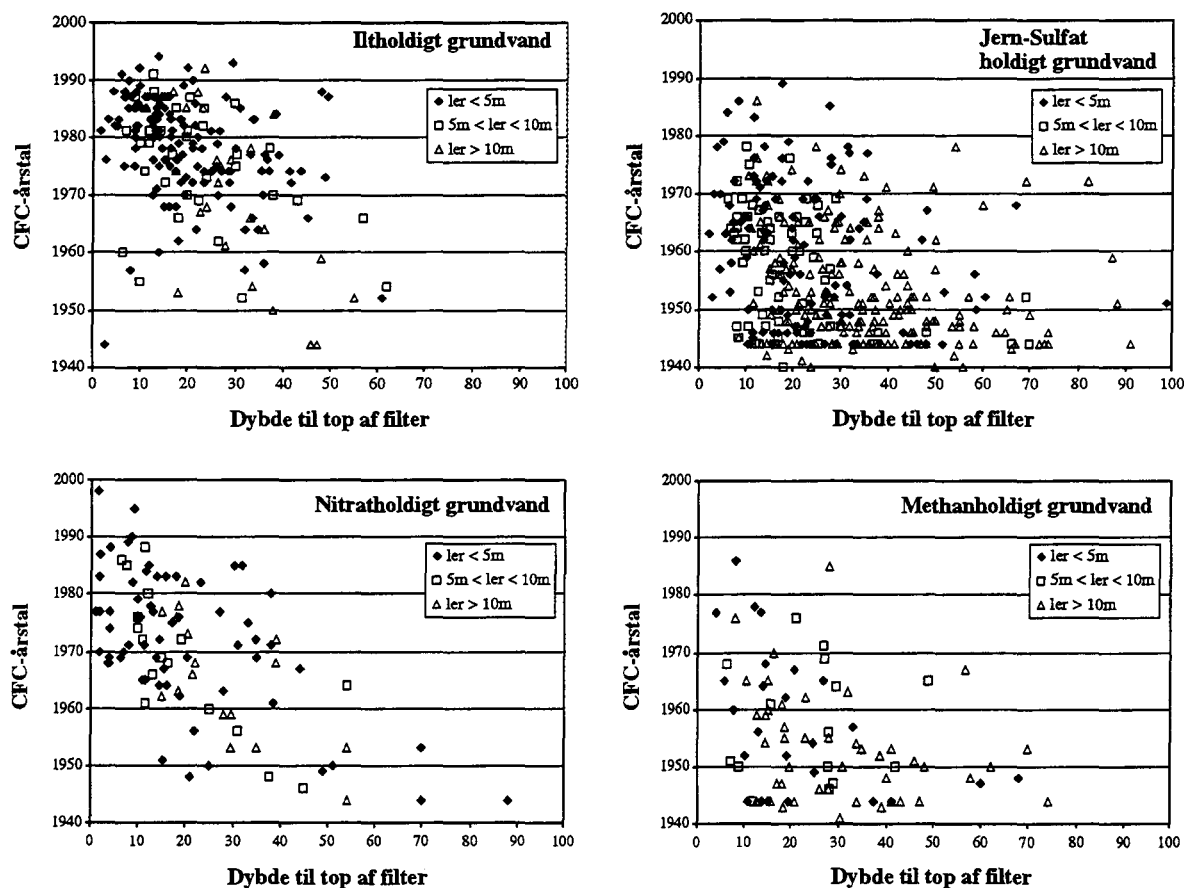
Variationen af grundvandets alder med dybden

På grund af mulig nedbrydning af CFC-forbindelserne under reducerende forhold er den statistiske bearbejdning af CFC-resultaterne foretaget for hver af de fire grundvandstyper der normalt opstilles på basis af redoxforholdene, se tabel 6.1.

Redox-type	O ₂ , mg/l	NO ₃ ⁻ , mg/l	CH ₄ , mg/l
Ilt zone	>3	>1	<0,05
Nitrat zone	<3	>1	<0,05
Jern-sulfat zone	<3	<1	<0,05
Methan zone	<3	<1	>0,05

Tabel 6.1 Kriterier for inddeling af grundvand efter forskellige redox-forhold.

Som ventet øges grundvandets alder generelt med dybden for både for iltholdigt og nitratholdigt grundvand, som det ses af figur 6.4. Derimod synes tykkelsen af lerdækket over grundvandsmagasinet ikke at have nogen markant indflydelse på aldersfordelingen for de to vandtyper. Tykkelsen af lerdækket over grundvandsmagasinet er hovedsagelig baseret på geologiske oplysninger lige omkring selve overvågningsboringen, men det betyder ikke at grundvandet nødvendigvis har passeret et lerdække af den angivne tykkelse for at nå ned i det pågældende grundvandsmagasin. Hvis ikke der er tale om et større sammenhængende lerdække, kan vandet have bevæget sig i mere permeable lag et stykke fra overvågningsboringen og nået grundvandsmagasinet omkring boring en hurtigere via delvis lateral strømning.

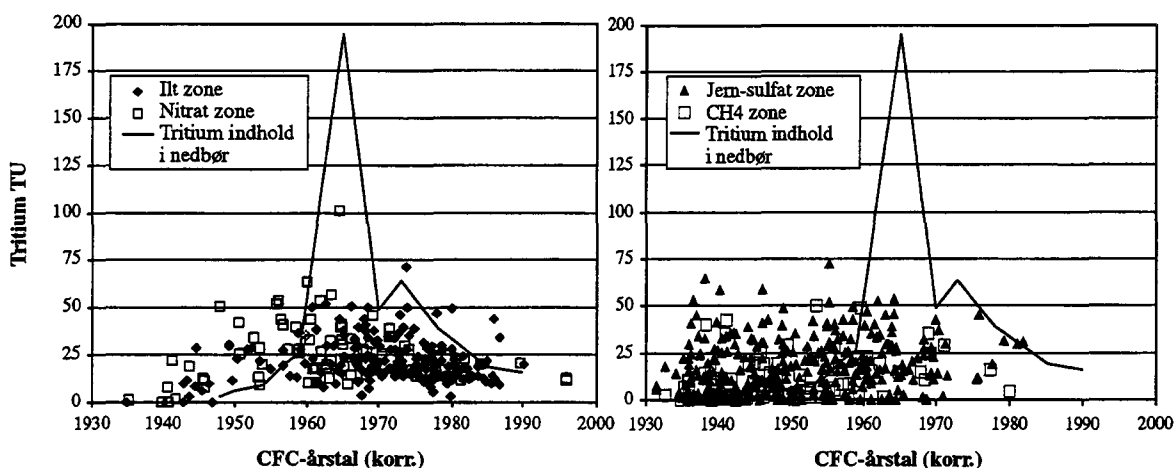


Figur 6.4. Variation af grundvandets alder med dybde. De tre signaturer viser tykkelsen af lerdækket over grundvandsmagasinet. De fire figurer repræsenterer henholdsvis ilt zonen, nitrat zonen, jern-sulfat zonen og methan zonen

Tendensen for det jern-sulfat- og methanholdige vand er, at det er klart ældre end det ilt- og nitratholdige grundvand i samme dybder. Antallet af borer med lerdække forekommer også hyppigere for jern-sulfat- og methanholdigt grundvand. De generelt højere aldre kan altså skyldes at vandet har bevæget sig langsommere mod grundvandsmagasinet fordi det skulle passere lerlag. Det kan dog ikke udelukkes, at de højere aldre skyldes at en del CFC er forsvundet ved mikrobiel nedbrydning under reducerende betingelser, eller er holdt tilbage i lermatrix som følge af diffusion eller sorption. Disse forhold vil blive undersøgt gennem måling af både CFC og tritium på udvalgte borer, som omtalt nedenfor.

Sammenligning af tritium- og CFC-dateringer

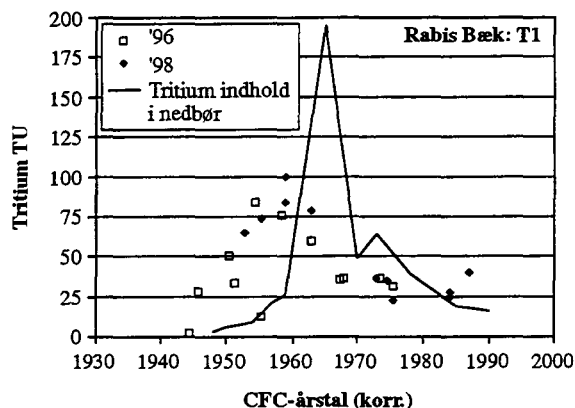
Grundvandets formodede tritiumindhold som funktion af vandets alder beregnet på baggrund af nedbørens tritiumindhold med korrektion for tritiums henfald ($t_{1/2} = 12,43$ år) er vist på figur 6.5. Tritium kurven er beregnet for 1990, hvor de fleste tritium analyser blev foretaget. Kurven er beregnet som et glidende 5 års middel for at tage højde for en vis dispersion af grundvandet.



Figur 6.5. Tritiumindhold i grundvand vist som funktion af CFC-årstal. CFC-årstallene er korrigerede for forskel i analysetidspunkter. Hvis CFC-årstallet er bestemt til f.eks. 1950 og tritiumanalysen er udført otte år før CFC-analysen afsættes tritiumværdien ved 1942.

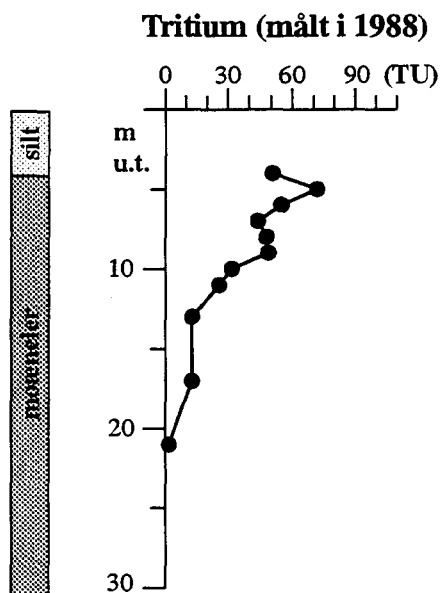
Ingen af de målte tritiumværdier når dog op til maksimum beregnet ud fra nedbørens tritiumindhold. Det kan skyldes at opblandingen, det vil sige spredningen af tritiumtoppen er endnu større end antaget ved beregningerne, eller at grundvandet ikke har fået tilført helt så stor mængde tritium som nedbørsmålingerne antyder. Det meget markante maksimum i 1963 lå i sommermånederne, hvor grundvandsdannelsen normalt er lav på grund af evapotranspirationen. Andersen og Sevel (1974) beregnede input-funktionen for tritium for en lokalitet ved Grønhøj. Denne viste en noget mindre tritiumtilførsel end den teoretiske. Andersen og Sevels beregninger kan dog ikke uden videre overføres til andre lokaliteter og derfor anvendes nedbørens tritiumindhold som input-funktion. CFC-dateringerne for ilt- og nitratholdigt grundvand viser nogenlunde god overensstemmelse med de tidligere foretagne tritiummålinger, som det ses af figur 6.5, men for jern-sulfat- og methanholdigt grundvand er der en betydelig afvigelse mellem resultaterne for de to dateringsmetoder. Det bør dog understreges, at sammenligningen gælder prøver, der er udtaget og analyseret med 8-9 års mellemrum. Der er korrigeret herfor ved at fratrække tidsforskellen mellem de to analyser fra CFC-årstallet. Med denne korrektion forudsættes det, at alderen af grundvandet i et givet punkt i et grundvandsmagasin bliver præcis et år ældre, hvert år. Det gælder naturligvis ikke altid, og derfor skal sammenligningen tages med et vist forbehold.

Sammenligningen mellem de i 1996 udførte CFC-dateringer for Rabis Bæk boringen T1 og de 8 år gamle tritiummålinger viste et maksimum omkring 1955, mens maksimum for de samtidigt udførte CFC- og tritiummålinger i 1998 lå ved 1959, figur 6.6. Det viser, at selv for et homogent sandmagasin, hvor strømningsforholdene er relativt simple at beskrive, kan man ikke uden videre sammenligne gamle tritiummålinger med nye CFC-dateringer. Det bør også nævnes, at de fem dybeste prøver i T1 boringen er udtaget i jern-sulfat zonen.

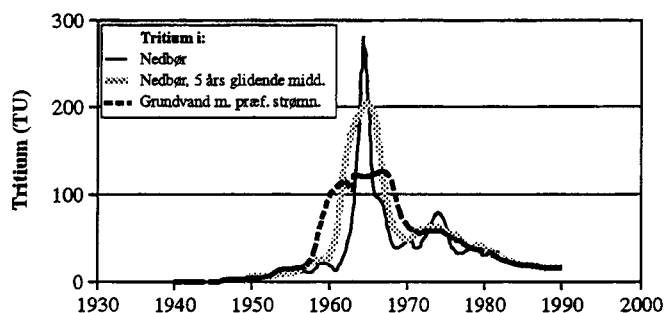


Figur 6.6 Tritiumindhold i grundvand fra Rabis Bæk T1 boring som funktion af korrigerede CFC-årstal. Tritium værdierne er de samme som vist i Figur 6.2.

Som antydnet i figur 6.4, stammer en større del af det jern-sulfat- og methanholdige grundvand fra områder med lerdække, og det kan gøre det endnu vanskeligere at sammenligne resultaterne af de to dateringsmetoder. Strømning af vand i ler sker i sprækker, hvor vandet ikke nødvendigvis bevæger sig lige hurtigt. Det betyder at vandet i grundvandsmagasinet under et lerdække sandsynligvis består af blandinger af vand af forskellige aldre. Da de meget høje tritiumkoncentrationer blev tilført grundvandet i pulser, mens CFC-forbindelserne blev tilført i gradvis større koncentrationer, vil opblanding af vand af forskellig alder ændre tritium-CFC forholdet i grundvandet sammenlignet med det forhold, der fremkommer ved stempel flow. Tritiumprofilerne for borerne gennem lerlagene i Langvad Å's opland (Ernstsen et al., 1990), er da også meget forskellige fra det simple profil der er vist i figur 6.2 for sandmagasinet ved Rabis Bæk. Et eksempel fra Langvad Å er vist i figur 6.7. Tritiumtoppen er nået ned i ca. 5 meters dybde, men profilet viser også, at noget af det tritiumrige vand fra 1963 er trængt dybere ned på grund af præferentiell strømning.



Figur 6.7. Tritiumprofil for boring ved Langvad Å. Modifieret efter Ernstsen et al. (1990).



Figur 6.8. Tritiumindhold i nedbør korrigeret for henfald frem til 1990 (DGU, 1992) samt eksempel på tritiumindhold i grundvand med præferentiel strømning. Det antages at halvdelen af vandet bevæger sig dobbelt så hurtigt som den anden halvdel.

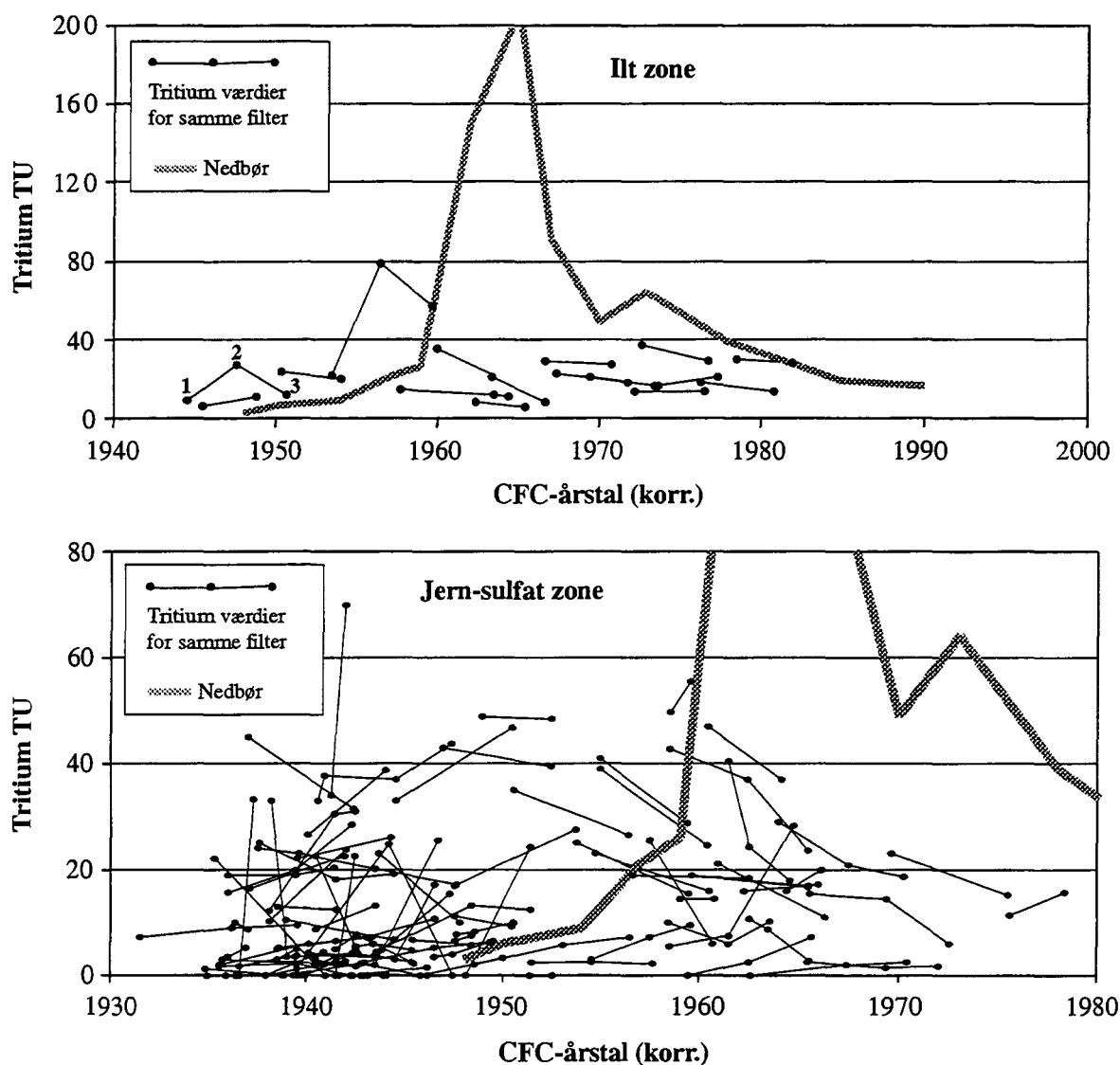
For at illustrere betydningen af præferentiel strømning på CFC-tritium forholdet vises i figur 6.8 et eksempel hvor det antages at halvdelen af det nedsivende vand bevæger sig dobbelt så hurtigt som den anden halvdel.

De mest markante forskelle på CFC- og tritiumresultaterne for de reducerede og methanholdige vandtyper kan ikke forklares ud fra antagelsen om blanding af vand af forskellige aldre. Derfor er der set nærmere på dobbelt og tredobbelt bestemmelserne af tritium, for at se, om udviklingen i tritiumværdierne gennem tiden for de enkelte borer, kunne hjælpe med at afklare årsagen til de markante forskelle mellem CFC og tritiumresultaterne. Resultaterne af tritium dobbelt bestemmelserne er vist i figur 6.9. Resultaterne af anden og tredje tritiumanalyse er korrigerede for henfald af tritium, så tendensen i tritiumanalyserne afspejler tendensen for nedbørens tritiumindhold, under antagelse om simpelt stempel flow. Det vil sige at vand fra før 1963 forventes at vise et stigende tritiumindhold med tiden, mens vand fra efter 1963 forventes at vise et fald i tritiumkoncentrationer med tiden. Variationen af de relativt få dobbeltbestemmelser udført på oxisk grundvand viser en svagt faldende tendens i vand både før og efter 1963 ifølge CFC-dateringen.

Dobbeltbestemmelserne for de reducerede vandtyper viser ikke noget klart mønster. De meget store forskelle i tritiumresultater for en del af prøverne udtaget mindre end et år efter hinanden afspejler næppe sande variationer i grundvandets tritiumindhold. Så resultaterne af sammenligningen af CFC-årstal med tritium dobbeltbestemmelserne giver heller ikke noget entydigt svar på hvorfor der er så store forskelle på CFC- og tritiumdateringerne for en del borerings vedkommende.

Uanset vandets strømningsmønster og mulig opblanding af vand af forskellige aldre skal der ikke kunne findes tritium i grundvand, der ikke indeholder CFC. Dog hvis grundvandet indeholder tritium, men ikke CFC, kan forklaringen være, at CFC er forsvundet enten som følge af nedbrydning, diffusion (f.eks. ud i lermatrix) eller tilbageholdt ved sorption i f.eks. organisk materiale i jorden.

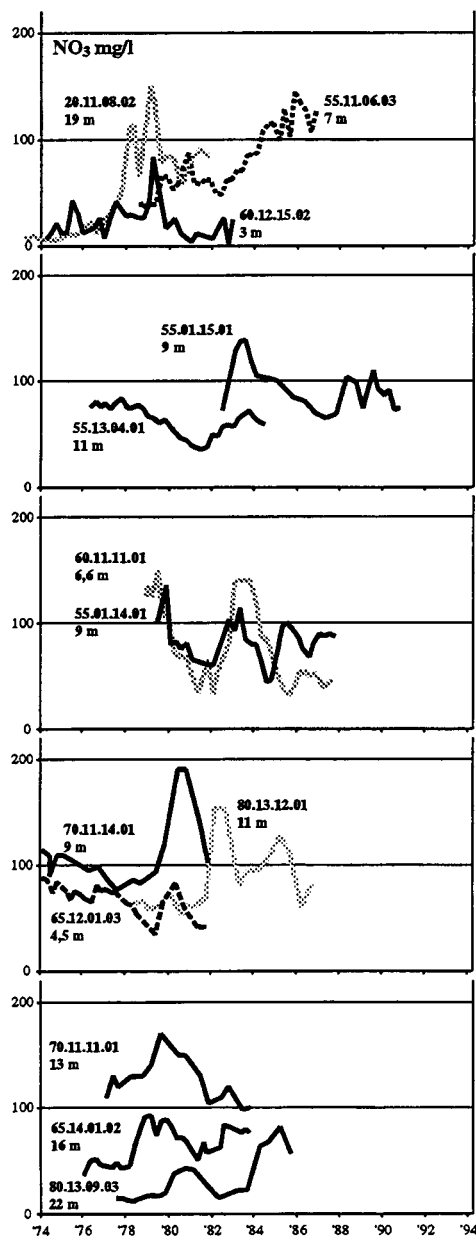
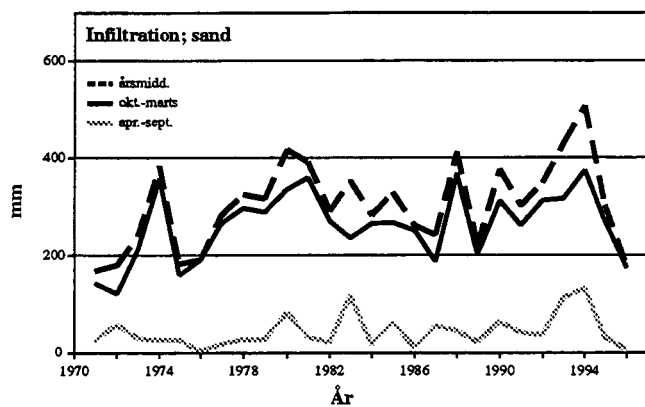
For at afklare dette blev der fra maj til august 1999 indsamlet prøver for både CFC- og tritiumanalyse fra de 40 overvågningsboringer, der viser den mest markante forskel mellem CFC- og tritiumdateringer. CFC-analyserne er gennemført, men tritium resultaterne foreligger endnu ikke.



Figur 6.9. Sammenligning af tritium dobbelt- og tredobbelt-bestemmelser med CFC-årstal. Tritiumværdierne af anden henholdsvis tredje analyse er korrigeret for tritiums henfald mellem første og anden henholdsvis tredje analyse. Hver linie forbinder tritiumværdierne af første og anden henholdsvis tredje analyse, for et givet boringsfilter. Eksempel: I 1998 giver CFC-datering af vand fra et givet filter et CFC-årstal på 1953. Tritiumanalyser er foretaget på samme filter i 1990, 1993 og 1996, derfor afsættes resultaterne af 1., 2. og 3. tritiumanalyse ved henholdsvis 1945, 1948 og 1951.

Variation af nitratindhold i ungt grundvand

Den ovenfor omtalte usikkerhed med hensyn til CFC-metodens pålidelighed gælder for det noget ældre grundvand i jern-sulfat- og methan zonerne. CFC-datering af relativt ungt iltholdigt vand giver efter alle hidtidige undersøgelser pålidelige resultater, se f.eks. figur 6.2. og Busenberg and Plummer (1992). Det unge grundvand har også den største interesse i overvågningssammenhæng, og derfor vil der blive givet et par eksempler på anvendelse af CFC-dateringerne til bedømmelse af udviklingen af nitratindholdet i ungt iltholdigt grundvand.



Figur 6.10 Nitrat i grundvand som funktion af vandets alder (CFC-årstal). Infiltration er beregnet på basis af nedbør og evapotranspiration, ved hjælp af DK-modellen for det sydlige Jylland.

De fleste overvågningsboringer har været anvendt siden starten af overvågningsprogrammet, og databasen rummer derfor tidsserier for nitratindholdet gennem de seneste ni år. Nitratudviklingen i relation til vandets alder er foretaget ved at afbilde nitratindholdet som funktion af analysetidspunkt minus vandets alder bestemt ved CFC. Der er ikke gjort forsøg på at korrigere for eventuelle variationer i vandets strømningsbaner, som ændringer i grundvandsspejlet gennem tiden måtte medføre. Så strengt taget er det kun den nitratanalyse der er udført samtidig med CFC-dateringen, der angiver nitratkoncentrationen for den viste alder.

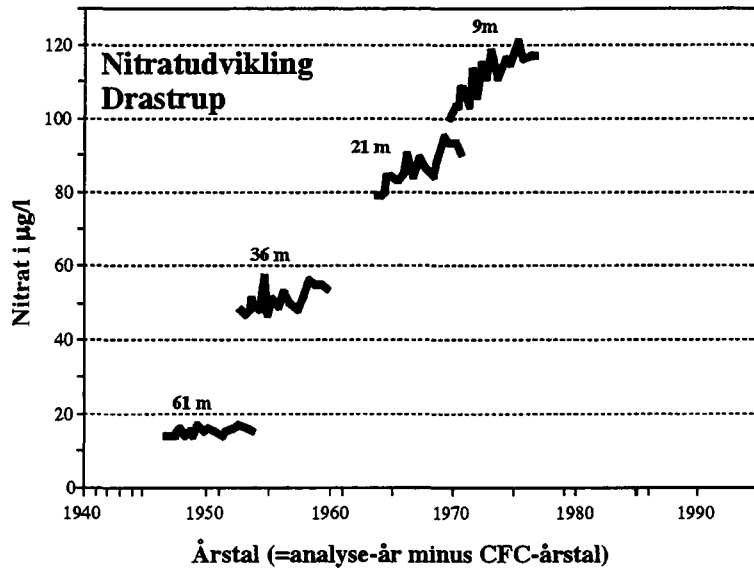
Ungt grundvand, dannet efter 1982 (på dateringstidspunktet), er sammenlignet med hensyn til nitratindhold for knap 50 boringer/filtres vedkommende. De 50 filtre viser meget store forskelle både hvad angår koncentration af nitrat og variation af nitratindholdet med tiden. Grundvandet fra nogle filtre indeholder kun 10 mg/l nitrat og viser ingen variation med tiden og grundvand fra andre filtre indeholder over 200 mg/l nitrat og viser store variationer med tiden. Atter andre filtre viser 60-80 mg/l nitrat og viser kun ubetydelig variation med tiden. Ingen af de filtre, der giver vand med betydeligt nitratindhold, viser et entydigt fald i nitrat efter 1987. Dette kan dog ikke udlægges som at Vandmiljøplanen ingen virkning har haft, da udvaskningen af nitrat til grundvandet ikke afhænger af landbrugets praksis alene. Mængden af nedbør spiller givet også en væsentlig rolle for nitratnedvaskningen som nogle nitrat-tids kurver antyder, figur 6.10. I stedet for nedbør viser figur 6.10 mængden af det vand, der føres ned til grundvandet (infiltrationen) til forskellige tider. Nitrat kurverne viser tydeligt maksimum omkring 1979, minimum omkring 1981 og så igen et maksimum omkring 1983-84. Variationen er stort set sammenfaldende når man tager CFC-metodens usikkerhed på et par år i betragtning.

De relativt brede maksima og minima viser, at variationen i grundvandets nitratindhold næppe skyldes simple årstidsvariationer afhængig af gødskningsstidspunkt og lokale betingelser med hensyn til nitratreduktion. Sidstnævnte årsager resulterer i markante udsving i nitratindhold over korte tidsrum (måneder) som det ses for de ikke iltholdige vandtyper fra flere boringer, hvor lokale reducerende betingelser i jorden påvirker grundvandets nitratindhold i betydelig grad.

Variation af nitrat over længere tidsrum

Overvågningsboringerne i et kalkmagasin syd for Aalborg viser, at grundvandet indeholder både ilt og nitrat fra det øverste filter 9 m under terræn til det dybeste filter i 61 m under terræn. Sammenligning af tritium og CFC-dateringerne viser god overensstemmelse mellem de to metoder, så det skulle være muligt at vise nitratudviklingen over et længere tidsrum for denne lokalitet. Som det ses af figur 6.11 er der sket en betydelig stigning i grundvandets nitratindhold gennem de sidste 35 år på Drastrup lokaliteten.

Det kan dog ikke udlukkes, at der kan være sket en vis reduktion af nitratindholdet i det ældste vand, selv om vi har at gøre med iltholdigt vand i alle 4 dybder. En anden vanskelighed med hensyn til tolkning af nitratindholdet til forskellige tider, er at vandet i kalken strømmer i sprækker og dermed giver mulighed for opblanding af vand af forskellige aldre. Der synes at kunne spores et parallelt forløb i for de seneste nitratanalyser i 21 m og 36 m. Det kunne tolkes som opblanding af vand af forskellige aldre, hvor den ene komponent, formodentlig den yngste, dominerer når det gælder variation i nitratindholdet.

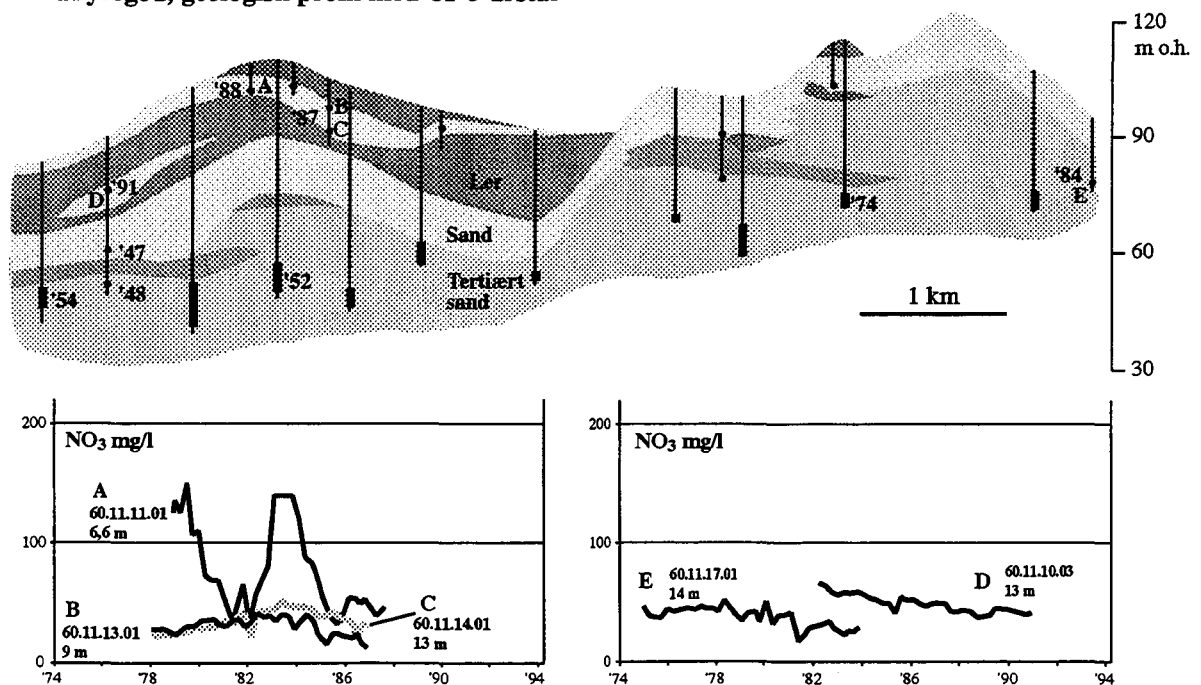


Figur 6.11. Nitratvariationen i grundvand fra de 4 filtre i kalkmagasinet ved Drastrup syd for Aalborg.

Variation af nitrat i det unge grundvand i Thyregod overvågningsområdet

De store variationer i nitratindholdet i det unge grundvand vist i figur 6.10 skyldes sandsynligvis variation i nedbørsmængde og størrelsen af infiltrationen. Et af eksemplerne i figur 6.10 er taget fra overvågningsområdet ved Thyregod, hvor 4 andre korte borer med ungt vand ikke viser nogen betydelig variationen i nitrat med tiden, se figur 6.12.

Thyregod, geologisk profil med CFC-årstal



Figur 6.12. Variation af nitrat i ungt iltholdigt grundvand i Thyregod området (Vejle Amt 1991).

De markante forskelle i nitratvariationen inden for de relative korte afstande i Thyregod området lader sig ikke umiddelbart forklare ved betydelige forskelle i nedbørsmængde, tykkelse af lerlagene eller areal anvendelsen omkring overvågningsboringerne, som det fremgår af figur 6.12 og tabel 6.2.

Filter Nr.	Filter, meter under terræn	Grundvandsmagasin	Lerdække meter	Arealanvendelse
60.11.10.03	12,6 - 13,4	Smeltevandssand	6	Landbrugsarealer i omdrift & bebyggede arealer
60.11.11.01	6,6 - 7,3	Smeltevandssand	1,6	Landbrugsarealer i omdrift
60.11.13.01	8,9 - 9,6	Smeltevandssand	8	Landbrugsarealer i omdrift
60.11.14.01	12,8 - 13,5	Smeltevandssand	3,4	Landbrugsarealer i omdrift
60.11.17.01	13,7 - 14,1	Tertiært sand	0	Landbrugsarealer i omdrift

Tabel 6.2. Geologi og arealanvendelse omkring boringer i Thyregod området.

Nitratreduktion i iltholdigt grundvand

Lattergas, N₂O, der er et mellemprodukt ved reduktion af nitrat blev fundet i en del prøver af iltholdigt grundvand. (N₂O måles med samme teknik som CFC og påvises kvalitativt, hvis det var tilstede i vandet). N₂O blev fundet i prøverne fra de 5 omtalte filtre i Thyregod og antyder dermed, at omsætning af nitrat kan finde sted også i iltholdigt vand. Muligvis foregår nitratreduktionen i "mikro-nicher", hvor ilt ikke er tilstede. Påvisningen af N₂O antyder, at forskellene i nitratudviklingen i de 5 filtre delvis kan skyldes forskellige grader af nitratreduktion. Det er ikke muligt ud fra de foreliggende data at afgøre om nitratreduktionen varierer til forskellige tider i de 5 filtre, men en delvis omsætning af nitrat i grundvandet vanskeliggør under alle omstændigheder vurderingen af Vandmiljøplanens effekt på nitratindholdet i grundvandet.

Pesticider og alder af grundvand

Fyns amt og Vejle amt rapporterer, at der er fundet pesticider i grundvand, der ifølge CFC-dateringen skulle være dannet før første anvendelse af de pågældende pesticider. Forklaringen herpå kan være, enten at CFC-dateringen viser for høj alder i disse tilfælde eller at der kan være tale om blanding af gammelt vand med ungt pesticidholdigt vand. En del fund er gjort i magasiner under lerdække, og det er derfor muligt, at der tale om blandingsvand på grund af præferentiel strømning. Niveau bestemte prøver fra indvindingsboringer med lækage har tidligere vist, at blandingsvand med relativ høj alder kan indeholde pesticider. Derfor kan høj alder af grundvand bestemt ved CFC-metoden ikke tages som bevis på at vandet ikke indeholder pesticider.

Sammenfatning om CFC-datering

Datering har vist at kun ca. 10 procent af grundvandet i overvågningsområderne er dannet efter Vandmiljøplanens vedtagelse. Nitratudviklingen i det unge grundvand viser imidlertid ingen klar tendens i tiden efter 1987. De store og næsten samtidige variationer i nitratindholdet som kan iagttages i en del boringer landet over, synes at kunne forklares ved ændringer i nedbørsmængden. Nye undersøgelser antyder, at reduktion af nitrat kan foregå også i

grundvandsmagasiner med iltholdigt vand. Da graden af nitratreduktion ikke kendes i disse magasiner vanskeliggøres en entydig tolkning af nitratudviklingen.

Der er betydelig forskel på mange resultater af tritiumdateringerne og CFC-dateringerne for gammelt vand kendetegnet ved reducerede redox-forhold, idet CFC giver højere alder end tritium. Der er udtaget prøver fra sådanne borer med henblik på samtidig bestemmelse af tritium og CFC for at klarlægge årsagerne til forskellene.

Et par amter rapporterer om fund af pesticider i grundvand, der ifølge CFC-dateringen skulle være dannet før første anvendelse af pågældende pesticider. Forklaringen er enten, at CFC viser for høj alder, eller at der tale om blanding af gammelt vand med ungt pesticidholdigt vand. CFC-metoden kan kun give en gennemsnitsalder, og det er muligt at denne alder svarer til et tidspunkt, der ligger før første anvendelse af pesticidet.

Grundvandsressourcer

Grundvandsindvinding i 1998

Vandindvindingen i Danmark er altovervejende baseret på grundvand, mere end 98% af vandet hentes fra grundvandsmagasiner. Enkelte steder anvendes også en beskeden mængde overfladevand i vandforsyningen. Drikkevandsforsyningen i Danmark er bygget op omkring en decentral struktur med ca. 3.100 almene vandværker, heraf er ca. 350 offentlige fællesanlæg, ca. 2.750 private fællesanlæg (Vandforsyningsstatistik, 1997). Derudover findes en række lokale enkeltvandforsyninger til bl.a. institutioner, industri, markvanding, sportspladser, gartneri, dambrug og enkelt-vandforsyninger til husholdning.

Amt	Offentlige Almene Vandværker	Private Almene Vandværker	Små ikke Almene anlæg	Institutioner	Erhverv og Industri m.v.	Markvanding, Gartneri, Dambrug	Anden Indvinding
	Mio. m ³ pr. år						
Københavns og Fr:berg Kommuner	1,812	0	0	0,002	0,059	0	2,809 ²⁾
København	39,458 (23,033 ¹⁾)	0,498	?	0,043	0,460	0,116	6,483 ²⁾
Frederiksborg	32,000 (19,400 ¹⁾)	11,049	?	0,022	0,336	0,802	0,484 ²⁾
Roskilde	37,059 (20,851 ¹⁾)			?	2,643	0,511	2,646
Vestsjælland	20,700 (7,000 ¹⁾)	13,000	0,200	?	1,400	0,800	0,200
Storstrøm	12,753	10,921	?	?	4,049	0,903	?
Bornholm	3,351	0,828	0,400	?	0,032	0,099	?
Fyn	38,444		0,038	0,017	1,521	3,447	0,123
Sønderjylland	9,570	12,030	0,090	0,096	11,444	23,710	0,314
Ribe	12,375	8,965	?	0,328	10,163	47,038	0,210
Vejle	18,500	11,700	4,000	0,200	2,600	24,300	0,700
Ringkøbing	17,219	11,214	0,012	0,047	10,422	70,461	?
Århus	31,573	18,320	0,402	0,071	4,741	3,771	0,375
Viborg	12,041	9,994	?	0,286	4,245	7,225	1,267
Nordjylland	24,828	19,893	0,242	?	9,066	24,703	0,419
Danmark	440,095		5,384	1,112	63,181	207,886	16,030

¹⁾ Incl. Københavns Vands kildepladser.

²⁾ Anlægs- og afværgeoppumpninger (nettooppumpning for anlæg).

Tabel 7.1 Opgørelse af grundvandsindvinding i 1998 fordelt på 7 hovedkategorier. baseret på amternes grundvandsrapporter for 1998 samt indberettede data til GEUS. Den samlede grundvandsindvinding i Danmark var i 1998 734 mio. m³.

Amterne opgør i årets grundvandsrapporter vandindvindingen i 7 forskellige forbrugskategorier (tabel 7.1). På grundlag af amtsrapporterne er der foretaget en opgørelse for hele landet på 3 hovedkategorier (tabel 7.2 og figur 7.1):

- 1) Almene vandværker: offentlige og private enkeltanlæg.
- 2) Erhvervsvanding: markvanding, gartneri, dambrug, sportspladser og parker.
- 3) Industri mv.: erhverv, industri, institutioner, afværgepumpninger og enkeltindvindinger til husholdninger.

Kategorierne er ikke helt entydige, f.eks. forsynes mange industrier gennem almene vandværker. En del amter gør desuden opmærksom på, at der for nogle kategoriers vedkommende er tale om skøn, det drejer sig især om 'Små ikke almene vandværker' og 'Markvanding mv.' (tabel 7.1).

Desuden er det i tabel 7.2 opgjort, hvor stor en del af den samlede vandindvinding i 1998, som var overfladevand. Dette er dog ikke oplyst af alle amter, hvorfor opgørelsen kun er et udtryk for anvendelsen af overflade vand i de respektive amter.

Amt	Almene vandværker	Erhvervs-vanding	Industri mv.	Grundvands-indvinding I alt pr. amt	Indvinding af overfladevand
Mio. m ³ pr. år					
Københavns og Fr:berg kommuner	1,812	0	2,870	4,682	0
	39,956	0,116	6,986	47,058	?
København	43,049	0,802	0,842	44,693	2,128
Frederiksborg	37,059 ¹⁾	0,511	5,289	42,859	?
Roskilde	33,900	0,800	1,600	36,300	5,000
Vestsjælland	23,674 ¹⁾	0,903	4,049	28,626	?
Storstrøm	4,579	0,099	0,032	4,710	0,050
Bornholm	38,444	3,447	1,690	43,590	1,962
Fyn	21,690	23,710	11,540	56,940	3,344
Sønderjylland	21,340	47,038	10,701	79,080	?
Ribe	34,200	24,300	3,500	62,000	?
Vejle	28,445	70,461	10,469	109,375	3,906
Ringkjøbing	50,295	3,771	5,187	59,253	3,217
Århus	22,035	7,225	5,798	35,058	0,437
Viborg	44,963	24,703	9,485	79,151	0,072
Nordjylland	445,441	207,886	80,047	733,375	20,116
I alt på landsplan					

¹⁾Se anvendt kategorisering i tabel 7.1

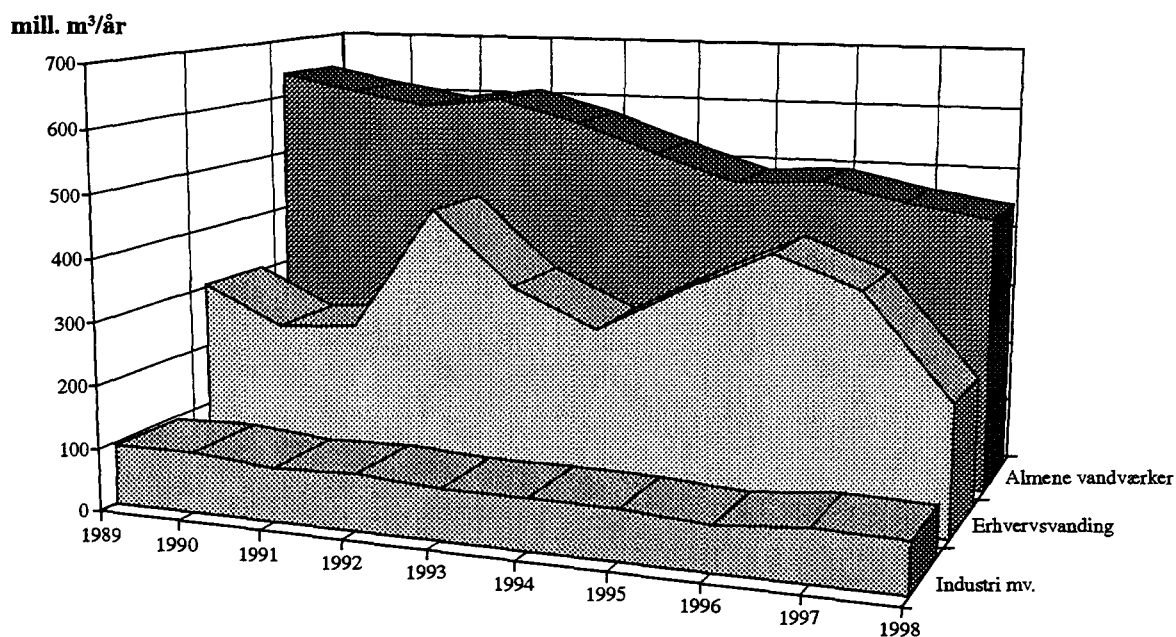
Tabel 7.2 Opgørelse af grundvandsindvinding i 1998 fordelt på 3 hovedkategorier og amtskommuner, baseret på tabel 7.1 og amternes grundvandsrapporter for 1998. Indvinding af overfladevand især til vanding.

Det er ikke alle amter som indberetter indvindingsdata for samtlige kategorier til GEUS. Tallene i ovenstående tabeller 7.1 og 7.2 er derfor primært baseret på amternes rapporter og repræsenterer således et skøn for den samlede indvinding. Eksempelvis indberetter Ringkjøbing amt kun ca. 34 % af indvindingsmængden, idet kategorien markvanding ikke indberettes og her vejer tungt i den samlede statistik. For Sønderjylland indberettes ca. 80 % af den samlede

indvinding, idet kun ca. 66 % af markvandingsindvindingerne er indberettet. For Storstrøms, Bornholms og Vejle amter er andelen som indberettes til GEUS hhv. 86 %, 92 % og 96 %. For de resterende amter indberettes stort set hele indvindingsmængden (100 %).

I figur 7.1 er vist vandindvindingen opgjort på hovedkategorier for perioden 1989-1998. Der er som hovedtendens og på landsplan tale om et fald fra 1989 til 1998 i indvindingen på de almene vandværker. Den samlede indvinding til almene vandværker udgjorde 445 mill. m³/år i 1998 mod 640 mill. m³/år i 1989 (altså et fald på ca. 30 % over 10-års perioden).

Den totale indvinding i 1998 var på 733 mill. m³. Det relativt lave samlede tal for 1998 skyldes dels den faldende indvindingsmængde til vandværkerne men især at indvindingen til erhvervsvanding (primært markvanding) var lille i 1998 på grund af en relativ våd sommer. Året 1998 havde således det laveste vandforbrug til markvanding i 10-års perioden.

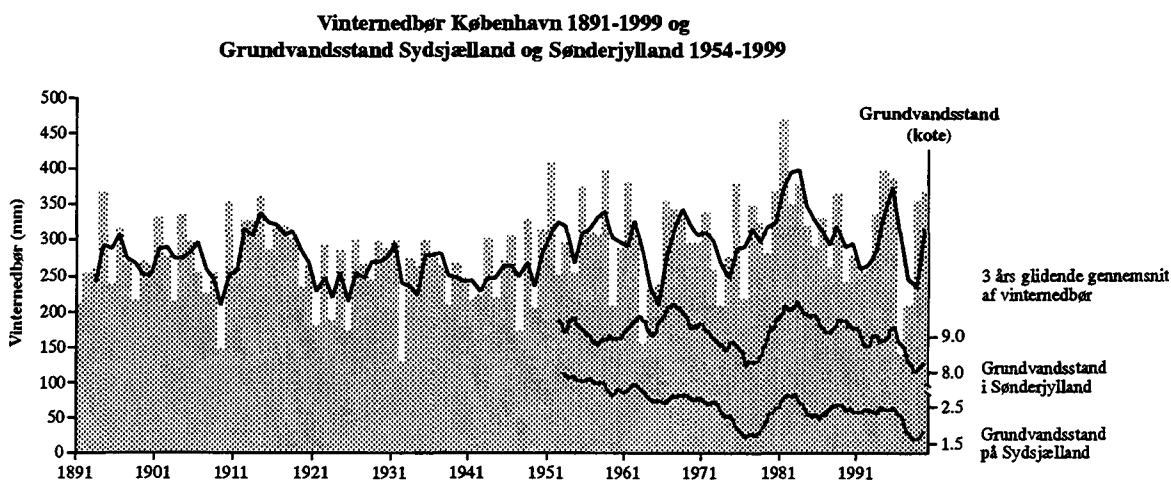


Figur 7.1 Vandindvinding i Danmark (mill. m³/år) fordelt på indvindingskategorier baseret på indberetninger til GEUS og oplysninger fra amternes overvågningsrapporter for perioden 1989-1998. Vandindvindingen i 1998, især til markvanding, var den laveste i mange år

Grundvandspejlinger

Regelmæssige pejlinger af grundvandsstanden giver et direkte billede af ændringer i mængden af grundvand. Grundvandsstanden 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 som følge af ændringer i nedbørsmængde og/eller grundvandsoppumpning.

Især vinternedbøren (oktober til marts) er af stor betydning for grundvandsdannelsen, da fordamning og planternes vandoptagelse er begrænset i denne periode. Figur 7.2 viser vinternedbøren i København siden 1891 samt variationen i grundvandsstanden i 2 pejleboringer i henholdsvis Sønderjylland og Sydsjælland fra starten af 1950'erne. Ændringer i vinternedbøren ses tydeligt afspejlet i grundvandsstanden.

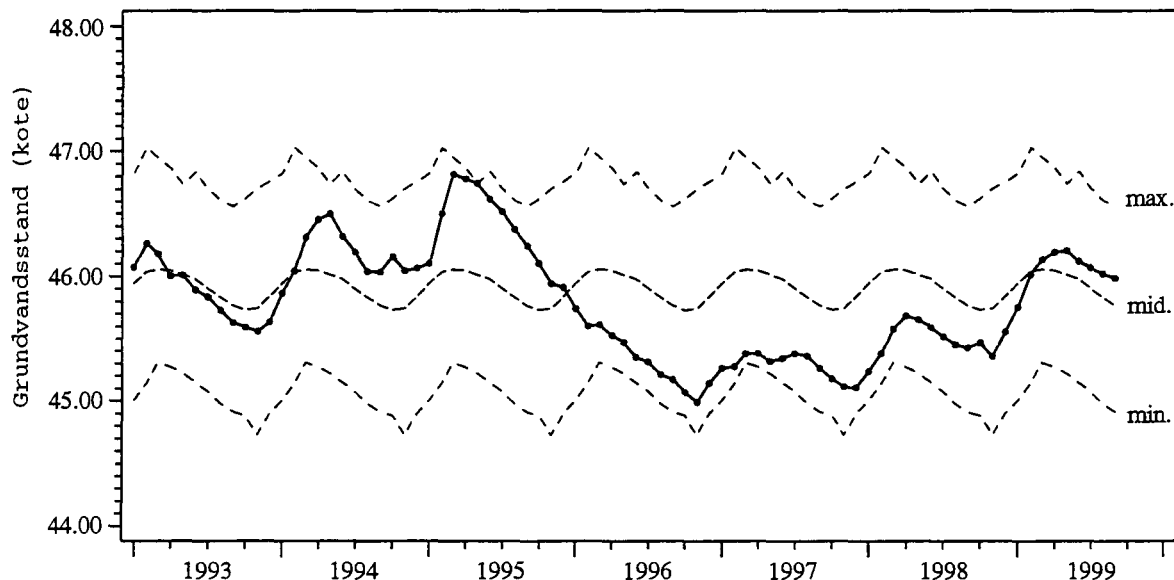


Figur 7.2 Vinternedbøren i København og grundvandsstanden i 2 pejleboringer i henholdsvis Sønderjylland og Sydsjælland 1891-97.

Figur 7.3 og figur 7.4 viser variationen i grundvandsstanden de seneste 7 år (1993 – september 1999) for udvalgte repræsentative pejlestationer. I perioden har der været målt store variationer i grundvandsstanden. I 1994 og 1995 var grundvandsstanden høj, på niveau med den højeste grundvandsstand registreret i den forudgående 20-årige periode. De meget nedbørsfattige vintre 1996/97 og 1997/98 betød at grundvandsstanden faldt til et niveau svarende til det laveste målte i den forudgående 20-årige periode. I foråret 1999 er den høje grundvandsstand genetableret igen efter de tørre vintre. Dette er mest udtalt for stationerne på Øerne, i Nordsjælland og på Sydøstfyn.

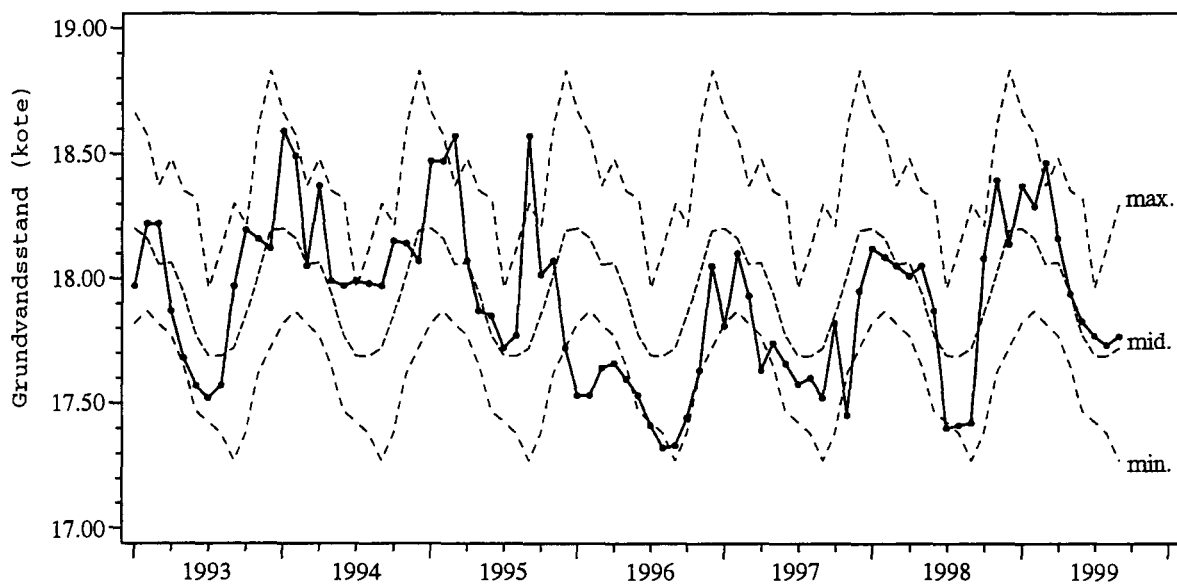
Karup - Midtjylland

Maximum, minimum og middel grundvandsstand for perioden 1971-1992
Aktuel grundvandsstand 1/1 1993 - 1/9 1999



Bjerndrup - Sønderjylland

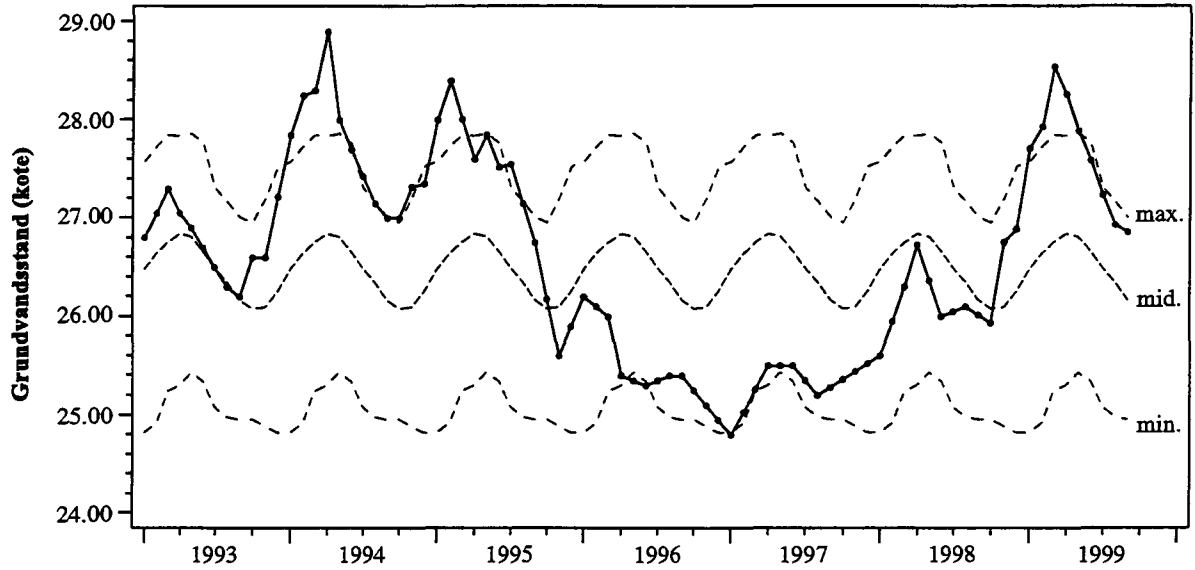
Maximum, minimum og middel grundvandsstand for perioden 1971-1992
Aktuel grundvandsstand 1/1 1993 - 1/9 1999



Figur 7.3 Grundvandsstand for 1993-99 for to jyske pejlestationer (Karup i Midtjylland og Bjerndrup i Sønderjylland) fra det nationale pejlestationsnet samt minimum, maksimum og middelværdier for perioden 1971-92 for de enkelte måneder (kilde: National Vandressource Model, <http://www.vandmodel.dk>).

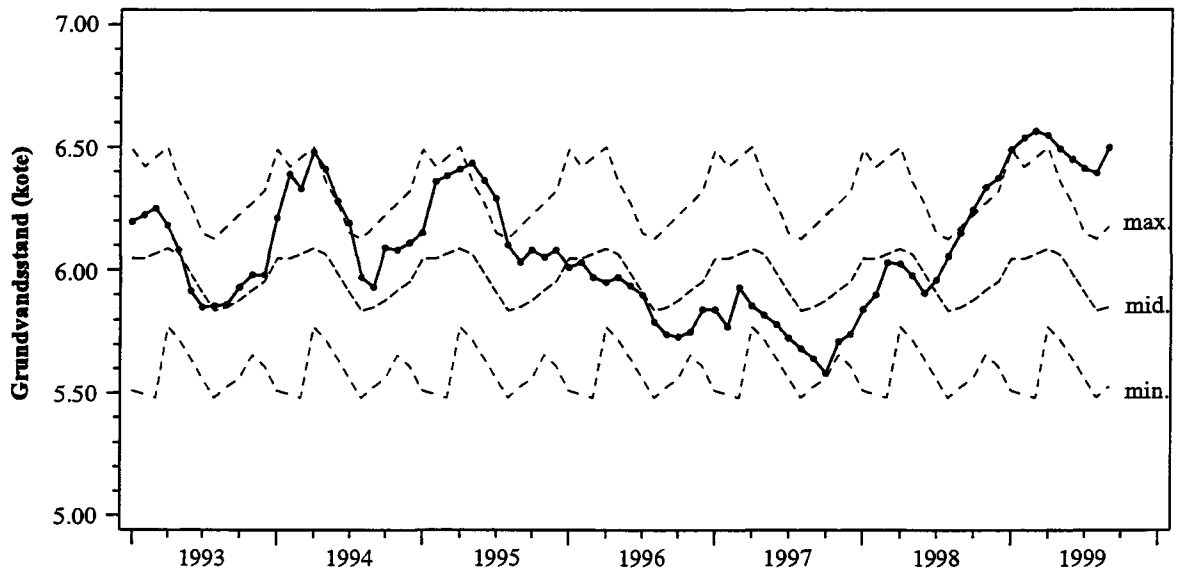
Vejstrup - Sydøstfyn

Maximum, minimum og middel grundvandsstand for perioden 1971-1992
Aktuel grundvandsstand 1/1 1993 - 1/9 1999



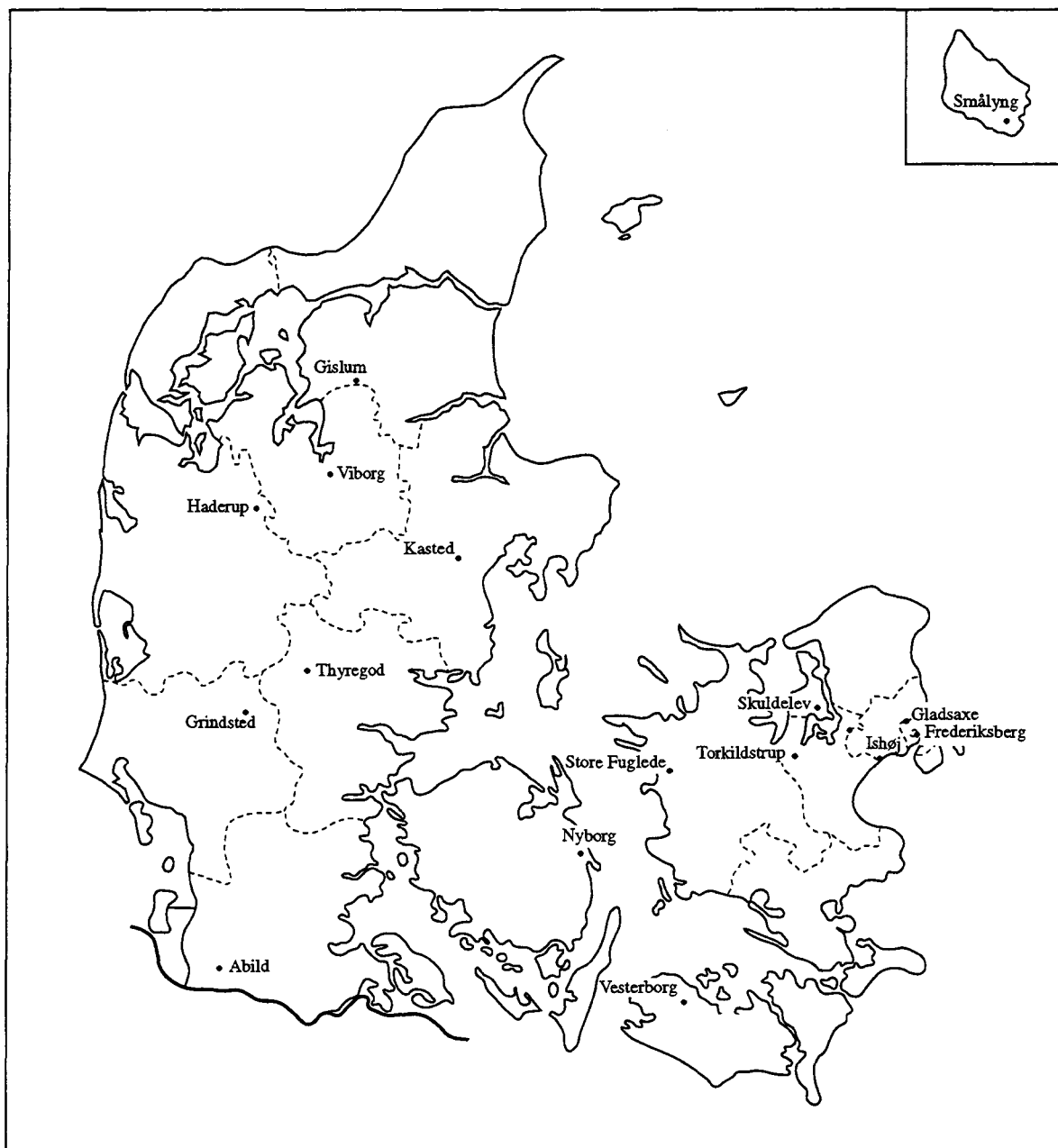
Villingerød - Nordsjælland

Maximum, minimum og middel grundvandsstand for perioden 1971-1992
Aktuel grundvandsstand 1/1 1993 - 1/9 1999



Figur 7.4 Grundvandsstand for 1993-99 for to pejlestationer på øerne fra det nationale pejlestationsnet (Vejstrup på Sydøstfyn og Villingerød i Nordsjælland) samt minimum, maksimum og middelværdier for perioden 1971-92 for de enkelte måneder (kilde: National Vandressource Model, <http://www.vandmodel.dk>).

Geologisk modellering



Figur 8.1 Placeringen af de GRUMO-områder der er udvalgt til geologisk modellering.

Det er nu andet år at der er lavet og beskrevet geologiske / hydrologiske modeller i amternes grundvandsovervågningsrapporter. Nogle amter har valgt nye områder, hvor de har opbygget en geologisk model, mens andre har udbygget modelerne fra sidste år. Københavns- og Frederiksberg kommuner havde allerede sidste år beskrevet en modelopbygning, der dækker begge kommunerne, og de har således allerede opfyldt målene med opbygning af rumlige geologiske og hydrologiske modeller. Viborg Amt har i år ikke udført noget modelarbejde, men

Amtet afventer tiltag i Viborg, Skive og Morsø kommuner, der er ved at opbygge hydrogeologiske modeller ved hjælp af brugersystemet ModFlow.

Der er i dette års rapport lagt vægt på en beskrivelse af model fremstilling og visualisering af modellerne, i stedet for en beskrivelse af de enkelte modeller der er lavet i amterne. De modelområder der er beskrevet til dette års rapporter er vist i figur 8.1 og beskrevet i tabel 8.1.

Udviklingen i amternes modelarbejde fra 1998 til 1999 er vist i tabel 8.2.

Amt	Modelområde	Model data	Model lag	
Københavns & Frederiksberg Komm.				ModFlow model dækkende begge kommuner allerede beskrevet i sidste års rapport
Københavns Amt	Søndersø	Profiler	3	Modellen er opstillet og amtet er ved at opbygge en hydrologisk model i GMS (Groundwater Modelling System).
Frederiksborg Amt	Asserbo	Profiler og jordartskort	6	Profiler er tolket. Tolkninger er lagret digitalt.
Roskilde Amt	Osted	Profiler Pejlinger fra Kbh.'s vandforsyning	5	Model opstillet, grænsebetingelser fastlagt
Vestsjællands Amt	St. Fuglede	Profiler	5	MIKE She model opstillet, men endnu ikke kalibreret
Storstrøms Amt				Intet afsnit om modeller i dette år rapport.
Bornholms Amt	Smålyngen	Profil	1	Der arbejdes på at få afgrænset området hydrologisk.
Fyns Amt	Skovmølleværket N-Ø for Svendborg	Profiler	7	Model opbygget. Randbetingelser fås fra Fyns-modellen.
Sønderjyllands Amt	Abild			Opbygningen af en grundvandsmodel starter senere i 1999.
Ribe Amt	Forumlund	Profiler	9	Den geologiske model er opbygget. Fastsættelse af randbetingelse overvejes.
Vejele Amt	Ejstrupholm	Profiler	4	24 Profiler er tolket og modellen er opstillet ved at tage luginformationer fra profilernes skæringslinier. Arbejdet er vanskeliggjort af få data inden for området.
Ringkøbing Amt	Herning - Ikast	Boringer, geofysik, pejlinger foretaget af amtet og vandløbskoter	8	ModFlow model er opsat og kalibreret mod vandspejl for de forskellige magasiner.
Århus Amt	Kasted + Homå & Havdal	Boringer og geofysik	4	Modeller er opstillet og de tolkede laggrænser er lagret digitalt.
Viborg Amt	Viborg			Der er i amtet ved at blive opbygget modeller for tre områder af Viborg, Skive og Morsø kommuner i samarbejde med amtet. Modellerne er endnu ikke færdige, og derfor ikke præsenteret i dette års rapport-
Nordjyllands Amt	Tornby	Profiler og TEM data	6	Model er opbygget og lagdata er digitalt lagret. Der er ikke taget skridt til en hydrologisk modellering.

Tabel 8.1 Oversigt over de modellerede områder og hvilken modellerings type der er anvendt.

Amt	1998	1999
Københavns & Frederiksberg Komm.	Fuld geologisk / hydrologisk model over begge kommuner.	Kommunerne havde allerede i 1998 en hydrologisk model der dækker begge kommuner. Der er derfor ikke lavet yderligere modellering i 1999.
Københavns Amt	To geologiske modeller over Ishøj & Gladsaxe	Geologisk model over Sønderøområdet. Start på opbygning af hydrologisk model.
Frederiksborg Amt	Geologisk model over Skuldelev	Geologisk model over Asserbo
Roskilde Amt	Geologisk model over Torkildstrup	Geologisk model over Osted
Vestsjællands Amt	Geologisk model over St. Fuglede	Samme område som i '98 men væsentligt udbygget
Storstrøms Amt	Geologisk model over Vesterborg	Ingen afsnit om modeller
Bornholms Amt	Geologisk model over Smålyng	Samme område som '98 men udbygget
Fyns Amt	Geologisk model over Nyborg	Model NØ for Svendborg
Sønderjyllands Amt	Geologisk model over Abild	Samme område som i '98.
Ribe Amt	Geologisk model over Grindsted	Geologisk model over Forumlund
Vejle Amt	Geologisk model over Thyregod	Geologisk model over Ejstrupholm
Ringkøbing Amt	Geologisk model over Haderup	Herning - Ikast regional model
Århus Amt	Geologisk model over Kasted	Samme område som '98 samt en ny geologisk model over Hornå & Havdal området
Viborg Amt	Geologisk model over Viborg	Afventer hydrologiske modelopbygninger i Viborg, Skive og Morsø kommuner
Nordjyllands Amt	Geologisk model over Gislum	Geologisk model over Tornby

Tabel 8.2 Oversigt over amternes modeller i 1998 og 1999.

Modelbeskrivelse

At opbygge en geologisk model til hydrologisk modellering er ikke det samme som at lave en geologisk model til en rapport. De matematiske strømningsmodeller, der skal bruges til en efterfølgende hydrologisk modellering, vil også ofte stille krav til modellen. Modeller der skal kunne regnes på skal også have en begrænset antal geologiske lag, og disse skal alle gå gennem hele modellen og have en vis minimumstykkelser eller defineres som linser for at modelleringsprogrammet kan regne rigtigt. Det er altså en af "modellørens" vigtigste opgaver at lave en forsvarlig hydrologisk / geologisk forsimpning af modellen. Der skal ofte "hugges en hæl og klippes en tå", før den geologiske model er egnet til hydrologisk modellering. Der er sjældent plads til sprækker, flager og foldede kvartære lag i de hydrologiske modeller. Disse oplysninger må så søges inddraget i den hydrologiske modellering ved fx at ændre størrelsen af eller forholdet imellem den vertikale og horisontale hydrauliske ledningsevne i lagene. Ideelt set er den geologiske modellering heller ikke første skridt i den hydrologiske modellering. Ofte vil de første modelkørsler kunne give oplysninger om, hvordan geologien ser ud i forhold til modellen. Er der f.eks. områder, hvor det modellerede vandspejl er for højt eller hvor gradienten er for lille, kan det skyldes at den geologiske model ikke passer, og at en ændring er nødvendig. De bedste modeller fås altså, når der er et samspil mellem den der modellerer og den der laver den geologiske model.

At opbygge en model ud fra en række x, y, z-koordinater fra f.eks. boringsprofiler og elektromagnetiske sonderinger er en ting, at kvalitetssikre modellen er noget helt andet. De fleste modeller fremstilles ved en konturering af x, y, z-koordinater. Disse koordinater kan stamme direkte fra boringer, fra en digitalisering af et tolket profil eller fra forskellige geofysiske undersøgelsesmetoder. Når en geologisk model laves ved konturering (både manuel og maskinel) af en række koordinater vil der ofte være behov for at rette op på konturkortene.

Dette skyldes, at kontureringsprogrammer sjældent tager højde for f.eks. dale, men i stedet vil lave en række usammenhængende huller når lagene kontureres vil det også ske en lagflade ad gangen. Dette medfører at lagene ofte vil krydse hinanden, især i de områder hvor lagene er tynde. Det er altså nødvendigt at checke om den model der er lavet hænger ordentligt sammen og rette op på de mangler der måtte være.

Når modellen er færdig er der ofte også et behov for at vise resultatet af modelleringen, f.eks. i en rapport. Modellen kan vises på en række forskellige måder der hver især har deres fortrin og ulemper:

Konturkort, flader	Fladekort er meget model nære, kan vise de præcise værdier, og er gode til at vise hvordan den viste parameter varierer.
Konturkort, lagtykkelser	Lagtykkelseskort er en god måde at vise modellagens tykkelse og giver et umiddelbart indtryk af hvor stort et magasin er.
Konturkort, generelt	Konturkortenes svaghed er at det er svært at sammenholde flere kort. Det er fx svært at få et overblik over lagenes tykkelse hvis man kun har lagtykkelseskort, og det er omvendt svært at få en idé af de enkelte lags rummelige placering hvis man kun har tykkelseskort. på den måde vil det kræve en del kort at vise opbygningen af en model selv om den har få lag.
Tværfiler	Modellerne laves ofte ud fra tværfiler hvor en række borer projekteres ind på en ret line. Herefter tolkes lagene ved at tegne laggrænserne ind på profilerne. Disse tværfiler giver et godt indtryk af hvilke data der har ligget til grund for tolkningen, og samtidigt i hvor høj grad disse baggrundsdata honoreres af modellen. Ulempen er at det er svært at overskue de horisontale ændringer ud fra en række profiler.
Kulisseprofiler	Kulisseprofiler er en række profiler der er sat sammen så de tilsammen giver et rummeligt billede af modellen. De enkelte profiler kan indeholde laggrænser, men og også oplysninger om de borer som ligger til grund for tolkningen. Kulisseprofilet kombinerer overblikket med muligheden for at tilføje oplysninger om de data der ligger til grund for modellen.

Litteratur

- Aktor, H., 1990: Okkerslam: Et naturprodukt eller kemisk affald? - Vandteknik, 1, 1990.*
- Andersen, L.J. and Sevel, T., 1974: Six years' environmental tritium profiles in the unsaturated and saturated zones, Grønhøj, Denmark. - In: Proceedings on Isotope Techniques in Groundwater Hydrology, Wien 11.-15. Marts 1997.*
- Appelo, C.A.J. & Postma, D., 1993: Geochemistry, groundwater and pollution. - A.A. Balkema, Rotterdam.*
- Bornholms Amt, 1999: Vandmiljøovervågning. Grundvand 1998.*
- Busenberg, E. and Plummer L.N., 1992: Use of chlorofluorocarbons (CCl₃F and CCl₂F₂) as hydrologic tracers and age-dating tools: The alluvium and terrace system of central Oklahoma. - Water Resources Research 28, 2257-2283.*
- Danmarks Miljøundersøgelser, 1999: Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1998. landovervågningsoplande. - Faglig rapport fra DMU nr... 1998.*
- Danske Vandværkers Forening, Miljøstyrelsen & GEUS, 1997: Vandforsyningsstatistik 1997.*
- DGU, 1992: Grundvandsovervågning - Grundvandskvalitet i overvågningsområderne. - Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse. Særudgivelse.*
- Engesgaard, P., Jensen, K.H., Molson, J., Frind, E.O. and Olsen, H., 1996: Large-scale dispersion in a sandy aquifer: Simulation of subsurface transport of environmental tritium. - Water Resources Research 32, 3253-3266.*
- Engesgaard, P. and Molson, J., 1998: Direct simulation of groundwater age in the Rabis Creek aquifer, Denmark. - Groundwater 36, 577-582.*
- Ernstsen, V., Gravesen, P., Nilsson, B., Brusch, W. og Fredericia, J., 1990: Transport og omstning i af N og P i Langvad Å opland. I. - NPO-forskning fra Miljøstyrelsen, Nr. B6. 61 pp.*
- Frederiksborg Amt, 1999: Grundvand 1998. Med bilag.*
- Fyns Amt, 1999. Landovervågning 1998. - Vandmiljøovervågning.*
- Fyns Amt, 1999: Grundvand 1998. - Vandmiljøovervågning.*
- GEUS, 1995. Grundvandsovervågning 1995. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse. Særudgivelse.*
- GEUS, 1998. Grundvandsovervågning 1998. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse. Særudgivelse.*
- Gravesen, P., 1993: Fagdatacenter for borings- og grundvandsdata. Vandressourcedatabasen - Indvinding og forbrug af ferskvand. DGU-Information, november 1993, side 12.*
- Hansen, M. og Gravesen, P., 1990: Geologiske forhold i oplande til Karup Å og Rabis Bæk, Jylland. NPO-projekt 2.1. - Danmarks Geologiske Undersøgelse, Intern Rapport Nr. 35.*
- Hinsby, K., Laier, T. og Dahlgaard, J., 1997: Datering af grundvand ved hjælp af CFC. - GeologiskNyt 2/1997, 6-9.*
- Lovely, D.L. and Woodward, J.C., 1992: Consumption of Freon CFC-11 and CFC-12 by anaerobic sediments and soils. - Environmental Science and Technology 26, 925-929.*
- Københavns Amt, 1999: Vandmiljøplan Københavns Amt. Grundvandsovervågning 1998. - Miljøserie nr. 89.*
- Frederiksberg kommune, Københavns kommune, 1999: Grundvandsovervågning 1998. - Vandmiljøovervågning, NOVA 2003.*

- Miljøministeriet, 1988: Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. - Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 515 af 29. august 1988.*
- Miljøstyrelsen, 1989: Vandmiljøplanens overvågningsprogram. – Miljøprojekt nr. 115.*
- Miljøstyrelsen, 1993: Vandmiljøplanens overvågningsprogram 1993-97. - Redegørelse fra Miljøstyrelsen nr. 2, 1993.*
- Miljøstyrelsen, 1995: Toksikologiske kvalitetskriterier for jord og vand - Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen, nr. 12, 1995. Udarbejdet af Elsa Nielsen m.fl.*
- Miljøstyrelsen, 1995b: Vandmiljø-95. – Redegørelse fra Miljøstyrelsen Nr. 3, 1995.*
- Miljøstyrelsen, 1998: Vandmiljø-98. - Redegørelse fra Miljøstyrelsen, Nr. 2, 1998*
- Miljøstyrelsen, i tryk: Nationalt program for overvågning af vandmiljøet 1998 - 2003. ”NOVA 2003” – Version af 2. december 1998 til Redegørelse fra Miljøstyrelsen, nr. ..., 1999*
- Nielsen, K.G. og Ørbeck, B.D., 1995: Anvendelse af sporstoffer til grundvandsdatering. Case study: Anvendelse af CFC til aldersdatering ved Rabis Bæk. - Specialrapport ved Institut for Geologi og Geoteknik og Institut for Strømningsmekanik og Vandbygning, Danmarks Tekniske Universitet, Eksamensprojekt 570163, DTU, 1995.*
- Nordjyllands Amt, 1999: Vandmiljøovervågning. Landovervågning 1998.*
- Nordjyllands Amt, 1999: Vandmiljøovervågning. Grundvandsovervågning 1998.*
- Oster, H., Sonntag, C. and Münnich, K.O., 1996: Groundwater age dating with chlorofluorocarbons - Water Resources Research 32, 2989-3001.*
- Plummer L.N., Busenberg, E., McDonald, J.B., Drenkard, S., Schlosser, P. and Michel, R.L., 1998: Flow of river water into a Karstic limestone aquifer.1. Tracing the young fraction in groundwater mixtures in the Upper Floridan Aquifer near Valdosta, Georgia. - Applied Geochemistry 13, 999-1015*
- Postma, D., Boesen, C., Kristiansen, H. and Larsen, F., 1991: Nitrate reduction in an unconfined sandy aquifer: Water chemistry, reduction processes, and geochemical modeling. - Water Resources Research 27, 2027-2045.*
- Ribe Amt, 1999: Grundvand, Vandmiljøovervågning.*
- Ringkjøbing Amt, 1999: Vandmiljø overvågning. Grundvand 1998.*
- Roskilde Amt, 1999: Grundvandsovervågning. Status for fund af pesticider i lokale vandværksboringer i Roskilde Amt pr. 31.12.98. Med bilag.*
- Storstrøms Amt, 1999: Vandmiljøplanen. Grundvandsovervågning 1998.*
- Storstrøms Amt, 1999: Vandmiljøplanen. Landovervågning 1998.*
- Sønderjyllands Amt, 1999: Vandmiljøovervågning. Teknisk rapport. Grundvandsovervågning.*
- Sønderjyllands Amt, 1999: Vandmiljøovervågning. Teknisk rapport. Landovervågning.*
- Vejle Amt, 1999: Grundvandsovervågning Vejle Amt 1998.*
- Vejle Amt, 1991: Grundvandsovervågning i Vejle Amt 1990.*
- Vestsjællands Amt, 1999: Vandmiljøovervågning. Grundvand 1998.*
- Viborg Amt, 1999: Vandmiljøovervågning. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram. Grundvand 1998.*
- Warner, M.J. and Weis, R.F., 1985: Solubilities of chlorofluorocarbons 11 and 12 in water and seawater. - Deep-Sea Research 32, 1485-1497.*
- Århus Amt, 1999: Statusrapport 1998. Grundvandsovervågning i Århus Amt. Teknisk Rapport.*

Bilag

Bilag 3.1. Nikkel.

Oversigt over aktive overvågningsfiltre med mere end 20 µg/l nikkel.

Filtre med stigende koncentration eller konstant over kvalitetskravene for drikkevand er fremhævede (raster).

Filter nr.	Amt	Filter- dybde m	1993	1994	1995	1996	1997	1998	
13.11.14.01	Kbh. Kommune	23,50	27,4	-	4,1	-	-	27,4	
13.11.14.03	- "-	7,70	7,6	-	3,0	-	-	26,0	
13.11.18.01		12,00	39,0	-	-	50	-	95	
13.11.18.02	- "-	8,20	-	-	38	48	-	44	
15.13.06.02	København	15,50	-	-	-	12	-	31	
15.14.04.01		13,70	21,5	-	8,8	-	-	21,5	
25.11.01.01	Roskilde	10,00	93,0	100,0	75,0	61	51	0,04	
- "-	- "-	- "-	99,0	90,0	4,2	34	58	-	
- "-	- "-	- "-	30,0	78,0	34,0	61	35	-	
- "-	- "-	- "-	140,0	-	-	29	38	-	
25.11.02.01	- "-	9,80	-	-	71	-	-	< 0,03	
25.11.03.01	- "-	10,00	24,0	29,0	14,0	35	23	< 0,03	
- "-	- "-	- "-	31,0	30,0	28,0	30	21	-	
- "-	- "-	- "-	24,0	-	34,0	35	28	-	
- "-	- "-	- "-	33,0	-	27,0	-	21	-	
30.01.06.02	Vestsjælland	25,5	-	-	22	-	-	-	
35.13.03.02	- "-	15,00	100,0	-	-	130	-	150	
50.11.02.02	Sønderjylland	3,70	33,0	-	29,0	-	-	48,0	
50.11.04.02	- "-	1,80	-	-	-	30	-	44,0	
50.11.05.03	- "-	1,50	52,0	-	-	-	-	42,0	
50.12.03.01	- "-	16,00	-	-	-	10	-	28,5	
55.11.03.01	Ribe	11,50	110,0	-	53,0	-	-	130	
55.11.04.01	- "-	11,50	-	-	390	-	-	370	
55.11.06.03	- "-	7,00	-	-	46,0	-	-	38	
55.11.07.02	- "-	10,50	59,0	-	-	77	-	56	
55.11.10.01	- "-	14,50	-	-	21,6	-	-	31	
55.12.07.02	- "-	19,50	33,0	-	-	64	-	29	
55.13.12.06	- "-	22,00	-	-	-	32	-	23	
60.11.10.03	Vejle	12,70	-	-	20,0	-	-	21	
60.11.11.01	- "-	6,60	-	-	16,0	-	-	23	
60.14.13.02	- "-	17,60	-	-	36,0	-	-	29	
65.11.02.02	Ringkjøbing	4,60	-	7,4	-	-	34	33	
65.13.01.02	- "-	10,00	-	-	53,0	-	-	55	
65.13.01.03	- "-	6,50	-	-	20,0	-	-	43	
65.13.02.01	- "-	19,00	-	-	39,0	-	-	59	
65.13.03.01	- "-	13,50	-	-	44,0	-	-	3,2	
65.13.03.03	- "-	7,60	-	-	37,0	-	-	44	
65.13.04.01	- "-	20,60	-	-	54,0	-	-	68	
65.13.05.01	- "-	31,50	-	-	21,0	-	-	23	
76.13.01.04	Viborg	6,50	-	56,0	-	-	21	-	
80.02.05.02	- "-	23,40	-	-	-	-	-	29	
80.13.07.03	- "-		-	-	0,10	-	29		

Bilag 3.2. Zink.

Oversigt over aktive overvågningsfiltre med mere end 100 µg/l zink.

Filtre med stigende koncentration eller konstant over kvalitetskravene for drikkevand er fremhævede (raster). Desuden er data fra Fyns Amt fra 1995 påfaldende høje.

Filter nr.	Amt	Filterdybde	1993	1994	1995	1996	1997	1998
13.11.16.01	Kbh/Frb. K.	27,70	-	-	120	-	-	43
13.11.16.02	-"	23,70	-	-	860	-	-	392
13.11.16.03	-"	13,80	-	-	140	-	-	66
13.11.18.01	-"	12,00	102	-	-	74	-	60
20.12.06.01	-"	23,10	-	-	200	-	-	< 0,5
35.11.07.01	Storstrøm	11,40	-	260	-	-	9,2	4,5
35.11.09.01	-"	11,00	-	110	-	-	5,1	610
35.13.03.02	-"	15,00	100	-	-	160	-	150
40.01.03.03	Bornholm	23,00	-	-	-	-	-	280
40.01.06.01	-"	33,00	-	-	-	-	-	110
40.01.13.02	-"	18,00	-	-	-	-	-	140
42.02.10.03	Fyn	11,50	-	-	170	-	-	4,3
42.11.09.02	-"	45,30	-	-	220	-	-	30
42.11.09.03	-"	11,40	-	-	160	-	-	149
42.12.08.01	-"	20,50	-	-	180	-	-	3,8
42.13.07.04	-"	25,00	-	-	740	-	-	87
42.13.07.05	-"	12,50	-	-	120	-	-	4,4
42.14.09.01	-"	54,00	-	-	150	-	6,4	-
42.14.09.02	-"	41,00	-	-	250	-	60	-
50.11.01.03	Sønderjylland	37,00	-	0,4	0,2	-	390	0,7
50.11.05.03	-"	1,50	88	-	-	-	-	161
50.13.10.01	-"	17,00	-	82	-	-	140	-
55.01.05.01	Ribe	18,00	64	-	-	87	-	170
55.01.09.01	-"	5,12	1100	630	-	-	660	2,1
55.01.11.01	-"	8,50	-	-	1,4	-	-	670
55.11.03.01	-"	11,50	86	-	78	-	-	120
55.11.04.01	-"	11,50	-	-	280	-	-	320
55.11.07.02	-"	10,50	150	-	-	132	-	90
55.12.12.01	-"	27,00	-	-	-	-	-	220
55.13.10.01	-"	64,00	-	510	-	-	-	67
60.11.02.01	Vejle	55,00	-	-	240	-	-	36
60.14.13.02	-"	17,60	-	-	190	-	-	140
65.13.04.01	-"	20,60	-	-	190	-	-	78
65.14.01.01	-"	26,30	-	-	110	-	-	17
80.02.11.01	Nordjylland	18,00	-	-	-	-	-	215

Bilag 4.1 Organiske mikroforureninger i grundvandsovervågningen 1989-1998

Gennemførte analyse for organiske mikroforureninger

Grundvandsovervågning (GRUMO) Organiske mikroforureninger	Analyser	Analyser med fund	Filtre med analyse	Filtre med fund		Median af fund µg/l	Maksimum af fund µg/l
				antal	%		
Alifatiske aminer							
trimethylenamin	32	0	32	0			
Aromatiske kulbrinter							
benzen	2.976	230	1.015	118	11,6	0,09	25,1
naphthalen	2.964	36	1.014	31	3,1	0,01	0,25
ethylbenzen	289	11	271	11	4,1	0,11	0,25
toluen	2.980	206	1.014	152	15	0,1	6,59
M+P-xylen	2.240	112	932	82	8,8	0,07	0,96
M-xylen	654	15	532	15	2,8	0,04	0,50
O-xylen	2.886	59	1.014	40	3,9	0,08	0,80
P-xylen	707	18	555	18	3,2	0,03	0,19
xylen (ikke specificeret)	19	1	19	1	5,3	0,03	0,03
Alkylphenolforbindelser							
cresoler	14	4	13	4	30,8	0,06	22
2,6-dimethylphenol	3.390	4	991	4	0,4	0,04	0,13
2,3-dimethylphenol	444	1	406	1	0,2	0,06	0,06
2,4-dimethylphenol	3.335	9	986	8	0,8	0,08	0,72
2,5-dimethylphenol	227	0	216	0			
3,4-dimethylphenol	762	2	701	2	0,3	0,09	0,11
3,5-dimethylphenol	730	0	676	0			
phenol	4.160	139	1.044	117	11,2	0,07	5,1
2-methylphenol	911	2	725	2	0,3	0,08	0,08
3-methylphenol	298	1	263	1	0,4	0,04	0,04
4-methylphenol	3.277	26	981	22	2,2	0,11	4,5
nonylphenol (NP1EO)	53	0	53	0			
nonylphenol (NP2EO)	53	0	53	0			
4-nonylphenol	28	0	28	0			
nonylphenoler	88	32	56	32	57,1	3,65	15,0
nonylphenoethoxylat	26	0	26	0			
Halogenerede alifatiske kulbrinter							
dibromethan	1	0	1	0			
dichlorethan	48	3	45	3	6,7	0,19	0,32
dichlormetan	1	0	1	0			
1,1-dichlorethylen	49	1	46	1	2,2	0,58	0,58
Cis-dichlorethylen	49	1	46	1	2,2	15,0	15,0
Trans-1,2-dichlorethylen	49	1	46	1	2,2	0,62	0,62
tetrachlorethylen	3.073	48	1.020	16	1,6	0,08	2,80
tetrachlormethan	3.041	20	1.015	20	2,0	0,09	2,19
trichlormethan	3.083	190	1.013	65	6,4	0,11	11,0
trihalomethaner	20	3	20	3	15	0,06	0,10
1,1,1-trichlorethan	3.068	55	1.020	43	4,2	0,03	0,39
trichlorethylen	3.073	93	1.020	38	3,7	0,08	5,70

Grundvandsovervågning (GRUMO) Organiske mikroforureninger		Analyser	Analyser med fund	Filtre med analyse	Filtre med fund		Median af fund µg/l	Maksimum af fund µg/l
					antal	%		
	vinylchlorid	153	1	149	1	0,7	0,35	0,35
Chlorphenoler								
	4,6-dichlor-2-methylphenol	774	0	713	0			
	4-clor 2-methylphenol	3.515	14	1.007	9	0,9	0,07	1,88
	6-clor 2-methylphenol	753	2	708	1	0,1	0,98	1,2
	chlorphenol (uspecificeret)	12	0	4	0			
	chlormethylphenoler (uspec.)	12	0	12	0			
	2,4-dichlorphenol	4.194	34	1.044	20	1,9	0,06	0,45
	2,6-dichlorphenol	4.112	6	1.043	5	0,5	0,02	2,01
	pentachlorphenol	4.120	9	1.038	9	0,9	0,06	0,35
	tetrachlorphenol	133	0	132	0			
	2,3,4,5-tetraclorphenol	575	1	532	1	0,2	0,01	0,01
	2,3,4,6-tetraclorphenol	3.329	5	981	5	0,5	0,02	0,38
	2,3,5,6-tetraclorphenol	578	1	532	1	0,2	0,02	0,02
	2,4,6-trichlorphenol	3.446	3	995	3	0,3	0,02	0,05
Blødgører								
	Dibuthylphthalat	141	52	133	52	39,1	5,6	47
Anioniske detergenter								
	Detergenter (anion sum)	2.934	1.792	1.015	881	86,8	6	120
	LAS	13	0	13	0			
Kationiske detergenter								
	Detergenter (kation sum)	61	0	61	0			
Ætere								
	MTBE	17	0	17	0			
Sum parametre								
	AOX	903	715	667	572	85,8	3,8	1.555
	AOX, filtreret	60	49	60	49	81,7	2	57
	VOX	2.693	285	984	150	15,2	1,13	43,8
Kulbrinter, diverse								
	Olie	2	0	2	0			

Bilag 4.2 Organiske mikroforureninger i landovervågningen 1995-1998

Gennemførte analyse for organiske mikroforureninger i landovervågningsoplande

Landovervågning (LOOP) organiske mikroforureninger	Analyser	Analyser med fund	Filtre med analyse	Filtre med fund		Median af fund µg/l	Maksimum af fund µg/l
				antal	%		
Aromatiske kulbrinter							
Naphtalen	7	0	7	0			
Toluen	7	1	7	1	14,3	0,63	0,63
O-xylen	7	1	7	1	14,3	0,31	0,31
M+P-xylen	7	1	7	1	14,3	0,89	0,89
Alkylphenolforbindelser							
2,4-dimethylphenol	51	1	16	1	6,3	0,01	0,01
nonylphenoler	2	2	2	2	100,0	5,65	7,5
phenol	25	0	20	0			
Chlorphenoler							
chlormethylphenoler	6	0	3	0			
2,4-dichlorphenol	48	0	29	0			
2,6-dichlorphenol	25	0	20	0			
pentachlorphenol	24	0	20	0			
Blødgørere							
dibutylphthalat	2	2	2	2	100,0	2,85	3,0
Kationiske detergenter							
detergenter (kation sum)	2	0	2	0			

Bilag 4.3 Organiske mikroforureninger i vandværkernes boringskontrol 1989-1998

Gennemførte analyse for organiske mikroforureninger.

Vandværkernes boringskontrol	Analyser	Analyser med fund	Filtre med analyse	Filtre med fund		Median af fund µg/l	Maksimum af fund µg/l
				antal	%		
Aromatiske kulbrinter							
aromatiske kulbrinter sum	46	18	38	8	21,05	0,3	1,80
benzen	2.847	188	1.623	105	6,47	0,15	15.000
ethylbenzen	1.181	42	940	37	3,94	0,13	140
2-methylnaphtalen	133	3	119	0			
1-methylnaphtalen	133	3	119	0			
Naphtalen	2.532	47	1.489	40	2,69	0,19	610
naphthalen	10	4	10	0			
styren	12	1	12	1	8,33	0,06	0,06
toluen	2.827	195	1.618	153	9,46	0,13	88.000
M-xylen	342	2	264	1	0,38	0,09	0,09
O-xylen	2.197	57	1.341	48	3,58	0,07	120
P-xylen	358	5	269	3	1,12	0,01	0,02
M+P-xylen	1.865	98	1.202	85	7,07	0,12	220
xylen (uspecificeret)	392	31	298	29	9,73	0,12	1.500
Alkylphenolforbindelser							
BHT (butylhydr. toluen)	2	0	1	0			
M-cresol,	35	0	30	0			
O-cresol,	26	1	21	1	4,76	0,12	0,12
P-cresol,	25	0	20	0			
cresoler (uspecificeret)	54	2	49	2	4,08	13	22,00
2,3-dimethylphenol	418	12	319	8	2,51	0,09	340
2,4-dimethylphenol	1.830	30	1.117	16	1,43	0,1	460
2,5-dimethylphenol	290	12	214	8	3,74	0,06	630
2,6-dimethylphenol	1.855	56	1.101	11	1,00	0,15	430
3,4-dimethylphenol	464	8	342	4	1,17	25,05	250
3,5-dimethylphenol	434	10	331	6	1,81	8,56	290
phenol	2.213	157	1.222	99	8,10	0,1	70,0
2-methylphenol	523	10	373	8	2,14	0,21	180
3-methylphenol	380	9	290	7	2,41	0,05	330
4-methylphenol	1.799	18	1.094	14	1,28	0,07	22,00
nonylphenol (NP1EO)	23	0	22	0			
nonylphenol (NP2EO)	23	0	22	0			
nonylphenoler (uspec.)	29	2	26	2	7,7	2,4	2,60
nonylphenoletoxylat	7	0	7	0			
xylenoler	61	4	52	3	5,77	0,27	0,30
Halogenerede alifatiske kulbrinter							
bromdichlormethan	1	1	1	1	100,00	0,28	0,28
bromoform	31	1	26	1	3,85	0,08	0,08
chloroform	3.226	223	1.688	121	7,17	0,13	260
dibrommonochlormetan	30	0	25	0			
dichlorethan	36	0	30	0			

Vandværkernes boringskontrol		Analyser	Analyser med fund	Filtre med analyse	Filtre med fund		Median af fund µg/l	Maksimum af fund µg/l
					antal	%		
	trans-1,2-dichlorethan	298	40	248	34	13,71	7,05	1.500
	dichlorethylen	65	1	55	1	1,82	0,17	0,17
	1,1-dichlorethylen	194	20	173	19	10,98	0,7	130
	Cis-dichlorethylen	307	65	249	53	21,29	15	120.000
	dichlormetan	31	2	29	2	6,90	8,45	9,40
	dichlormonobrommetan	30	0	25	0			
	1,1,2,2-tetrachlorethan	58	0	55	0			
	tetrachlorethylen	3.416	472	1.736	139	8,01	0,18	82.000
	tetrachlormethan	3.229	65	1.696	39	2,3	0,08	17,9
	trichlorethan (uspec.)	21	1	20	1	5,00	0,01	0,01
	1,1,1-trichlorethan	3.259	261	1.674	88	5,26	0,09	810
	trichlorethylen	3.563	924	1.749	231	13,21	0,38	66.500
	trichlormethan	3.226	223	1.688	121	7,2	0,13	260
	vinylchlorid	319	46	268	40	14,93	0,6	2.200
Halogenerede aromatiske kulbrinter								
	2-chloranilin	1	0	1	0			
	chlorbenzen	1	0	1	0			
	1,2-dichlorbenzen	1	0	1	0			
	1,3-dichlorbenzen	1	0	1	0			
	1,4-dichlorbenzen	1	0	1	0			
	2-(2,6-dichlorphenoxy)- propionsyre	71	2	68	1	1,47	13,8	18,0
	1,2,3-trichlorbenzen	1	0	1	0			
	1,2,4-trichlorbenzen	2	0	2	0			
Chlorphenoler								
	chlorphenol (uspecificeret)	39	0	25	0			
	(M+P)-chlorphenol	57	0	48	0			
	2-chlorphenol	27	4	20	4	20,00	0,1	0,67
	4-chlorphenol	20	1	19	1	5,26	6,4	6,40
	chlormethylphenoler(uspec.)	21	0	20	0			
	2,4-dichlorphenol	3.181	13	2.128	9	0,42	0,15	1,20
	2,6-dichlorphenol	2.546	6	1.668	5	0,30	0,06	0,15
	4-clor,2-methylphenol	3.086	13	2.122	12	0,57	0,1	2,10
	4-chlor,3-methylphenol	2	1	2	1	50,00	0,04	0,04
	4,6-diclor,2-methylphenol	973	3	821	2	0,24	0,08	0,12
	6-clor,2-methylphenol	710	8	579	7	1,21	0,1	1,20
	pentachlorphenol	2.648	14	1.773	11	0,62	0,07	0,35
	tetrachlorphenol	71	1	57	0			
	2,3,4,5-tetraclorphenol	180	0	158	0			
	2,3,4,6-tetraclorphenol	1.903	1	1.288	1	0,08	0,03	0,03
	2,3,5,6-tetraclorphenol	236	2	211	2	0,95	0,05	0,08
	2,4,6-trichlorphenol	1.723	4	1.106	3	0,27	0,06	0,29
Chlorphenoxysyrer								
	2C6MPP	174	2	164	2	1,22	0,03	0,04
	2CCP	60	1	58	1	1,72	0,01	0,01
	2CPA	150	0	147	0			
	4CCP	94	17	91	15	16,48	0,03	34,00
PAH								
	acenaphthen	31	2	30	2	6,67	1,37	2,20

Vandværkernes boringskontrol		Analyser	Analyser med fund	Filtre med analyse	Filtre med fund		Median af fund µg/l	Maksimum af fund µg/l
					antal	%		
	acenaphthylene	33	2	32	2	6,25	1,26	2,50
	antracen	73	4	70	1	1,43	0,3	0,30
	benz(a)anthracen	30	1	29	1	3,45	0,04	0,04
	1,2-benz(a)anthrazen	36	3	34	0			
	benz(b)fluoranthren	50	0	47	0			
	benz(ghi)perylene	60	0	54	0			
	benz(k)fluoranthren	49	1	46	1	2,17	<0,01	<0,01
	benz[a]pyren	106	0	98	0			
	benzo(b)fluoren	1	0	1	0			
	benzo(e)pyren	2	0	2	0			
	benzo(j)fluoranthren	13	0	13	0			
	biphenyl	2	0	2	0			
	chrysen	67	4	64	1	1,56	0,03	0,03
	dibenz(ah)anthracen	25	0	24	0			
	fluoranthren	106	5	98	2	2,04	0,22	0,43
	fluoren	37	2	36	2	5,56	0,25	0,49
	indone(1,2,3cd)pyren	55	0	50	0			
	PAH (uspecificeret)	3	2	3	1	33,33	0,2	0,20
	phenanthren	127	6	124	3	2,42	1,9	18,00
	pyren	71	4	68	1	1,47	0,37	0,37
	Blødgørere							
	di(2-ethyhexy)phthalat	4	0	4	0			
	dibuthylphthalat	33	3	32	3	9,38	10	30,0
	Anioniske detergenter							
	C3-alkylbenzener	2	0	2	0			
	C9-aromater	1	0	1	0			
	detergenter (anion sum)	1.486	786	880	546	61,82	6	16.000.000
	LAS	7	0	7	0			
	Kationiske detergenter							
	detergenter (kation sum)	8	0	8	0			
	Non-ioniske detergenter							
	detergenter (nonion sum)	1	1	1	1	100,00	14	14,0
	Ætere							
	diethylether	8	0	8	0			
	MTBE	191	22	186	19	10,22	0,33	33,0
	Dioxiner og furaner							
	tetrahydrofuran	8	0	8	0			
	Samleparametre, div							
	AOX	290	179	212	140	66,04	3,55	26,6
	AOX, filtreret	11	4	11	4	36,36	1,5	2,00
	VOC	1	1	1	1	100,00	60	60,0
	VOX	531	56	183	29	15,85	1,25	3.360
	Oxygenerede kulbrinter, diverse							
	acetone	30	4	27	3	11,11	2.600	26.000
	1-butanol	5	0	5	0			
	ethanol	30	2	27	1	3,70	5.900	5.900
	ethylacetat	16	0	16	0			
	ethylmethylketon	12	0	12	0			
	iso-propylacetat	3	0	2	0			

Vandværkernes boringskontrol		Analyser	Analyser med fund	Filtre med analyse	Filtre med fund		Median af fund µg/l	Maksimum af fund µg/l
					antal	%		
	methanol	29	3	26	2	7,69	120.650	240.000
	2-propanol	26	3	23	2	8,70	28.835	57.000
Kulbrinter, diverse								
	alifatiske kulbrinter	2	0	2	0			
	benzin	71	0	63	0			
	dieselolie	73	0	65	0			
	fedt	2	1	2	1	50,00	3.000	3.000
	hydrocarbon., C8-C15	7	0	5	0			
	kulbrinter, opløst/emulgeret	99	45	56	1	1,79	32	32,0
	olie	506	151	376	115	30,59	5	27.000
	olie og fedt	19	10	11	9	81,82	7	30,0
	olie-benzin	9	0	9	0			
	olieprodukter	63	12	56	12	21,43	4,5	24.000
	petroleum	1	0	1	0			
	terpentin	1	0	1	0			
	tjære	7	1	5	1	20,00	150	150
Aromatiske aminer								
	anilin	8	5	8	5	62,50	1.700	12.000.000
	diphenylamin	19	0	19	0			
Heterocykliske forbindelser								
	pyridin	8	3	8	3	37,50	1.700	4.700

Bilag 5.1 Pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandsovervågningen 1989-1998

h - herbicid, i - insekticid, f - fungicid, n - nedbrydningsprodukt. Der er kun medtaget data fra GEUS's databaser. "De 8 pesticider" er markeret med **fed** skrift. Glyphosat og AMPA er ikke fundet i GRUMO. Det gælder også stofferne cyanazin, deethylterbutylazin, ethofumesat, 3-hydroxycarbofuran, ioxynil, lenacil, maleinhydrazid, metsulfuron methyl, pirimicarb og propiconazol, der ligeledes alle har indgået i analyseprogrammet i 1998.

Grundvandsovervågning			Analyser	Analyser med fund	Analyser med fund $\geq 0,1 \mu\text{g/l}$	Filtre med analyse	Filtre med fund		Filtre med fund $\geq 0,1 \mu\text{g/l}$	
			antal	antal	antal	antal	antal	%	antal	%
AMPA	h	n	200	0	0	194	0	-	0	-
Atrazin	h		4.923	156	27	1.044	53	5,1	15	1,4
Bentazon	h		1.652	61	17	835	28	3,4	7	0,8
Carbofuran	i		974	1	0	516	1	0,2	0	-
Chloridazon	h		495	2	1	380	2	0,5	1	0,3
Cis-1,2-dichlorethan	i	n	48	1	1	45	1	2,2	1	2,2
Clopyralid	h		89	1	1	57	1	1,8	1	1,8
2,4-D	h		3.762	18	1	973	18	1,8	1	0,1
Dalapon	h		99	2	0	95	2	2,1	0	-
Deethylatrazin	h	n	1.649	120	28	835	42	5,0	7	0,8
Deethyldeisopropylatrazin	h	n	121	9	3	117	7	6,0	2	1,7
Deisopropylatrazin	h	n	1.645	75	13	834	37	4,4	7	0,8
Dichlobenil	h		1.219	11	0	765	7	0,9	0	-
2,6-dichlorbenzamid (BAM)	h	n	1.797	290	119	846	136	16,1	51	6,0
2,6-dichlorebenzozyre	h	n	89	1	0	57	1	1,8	0	-
2,4-dichlorphenol	h	n	4.194	34	9	1.044	20	1,9	8	0,8
Dichlorprop	h		4.939	136	71	1.043	41	3,9	12	1,2
Dimethoat	i		1.283	2	0	777	2	0,3	0	-
Dinoseb	h		4.927	20	2	1.043	17	1,6	2	0,2
Diuron	h		1.058	6	0	678	6	0,9	0	-
DNOC	h		4.930	10	2	1.040	10	1,0	2	0,2
Ethylentiurea (ETU)	f	n	419	4	0	375	4	1,1	0	-
Fenpropimorph	f		483	2	0	375	2	0,5	0	-
Glyphosat	h		200	0	0	194	0	-	0	-
Hexazinon	h		1.608	22	11	828	13	1,6	4	0,5
Hydroxyatrazin	h	n	972	14	2	696	14	2,0	2	0,3
Hydroxyterbutylazin	h	n	43	1	0	43	1	2,3	0	-
Isoproturon	h		1.623	3	0	829	3	0,4	0	-
MCPA	h		4.927	47	16	1.043	26	2,5	4	0,4
Mechlorprop	h		4.932	75	31	1.043	28	2,7	4	0,4
Metamitron	h		1.269	1	0	770	1	0,1	0	-
Metribuzin	h		545	10	0	385	5	1,3	0	-
4-nitrophenol	i	n	185	9	0	181	9	5,0	0	-
Pendimethalin	h		1.213	11	1	773	11	1,4	1	0,1
Simazin	h		4.913	54	15	1.043	21	2,0	6	0,6
Terbutylazin	h		1.575	14	0	828	14	1,7	0	-
Trans-1,2-dichlorethan	i	n	49	1	1	46	1	2,2	1	2,2

Bilag 5.2 Pesticider og nedbrydningsprodukter fundet i landovervågningen 1989-1998

h - herbicid, i - insekticid, n – nedbrydningsprodukt, u - mulig urenhed. ”De 8 pesticider” er markeret med **fed skrift**

Landovervågning			Analyser	Analyser med fund	Analyser $\geq 0,1 \mu\text{g/l}$	Filtre m. analyse	Filtre med fund		Filtre med fund $\geq 0,1 \mu\text{g/l}$	
			antal	antal	antal	antal	antal	%	antal	%
AMPA	h	n	77	5	4	28	3	10,7	2	7,1
Atrazin	h		652	38	1	123	8	6,5	1	0,8
Bentazon	h		391	50	0	90	17	18,9	0	-
Bromoxynil	h		121	1	0	50	1	2,0	0	-
Carbofuran	i		315	1	0	86	1	1,2	0	-
2-(4-chlorphenoxy)propionsyre	h	u	20	1	0	13	1	7,7	0	-
Cyanazin	h		337	2	0	85	2	2,4	0	-
2,4-D	h		611	5	1	117	5	4,3	1	0,9
Deethylatrazin	h	n	343	43	6	87	15	17,2	2	2,3
Deethyldeisopropylatrazin	h	n	39	10	3	8	3	37,5	1	12,5
Deethylterbuthylazin	h	n	70	1	0	36	1	2,8	0	-
Deisopropylatrazin	h	n	320	41	11	81	17	21,0	6	7,4
2,6-dichlorbenzamid (BAM)	h	n	252	7	1	73	2	2,7	1	1,4
Dichlorprop	h		646	8	0	123	7	5,7	0	-
2,4-dimethylphenol	h	n	51	1	0	16	1	6,3	0	-
Dinoseb	h		644	4	4	122	4	3,3	1	0,8
DNOC	h		644	6	1	122	5	4,1	1	0,8
Glyphosat	h		80	5	3	30	3	10,0	2	6,7
Hexazinon	h		267	3	0	63	3	4,8	0	-
Hydroxyatrazin	h	n	194	7	0	62	4	6,5	0	-
Isoproturon	h		406	12	2	90	8	8,9	2	2,2
MCPA	h		646	15	0	123	10	8,1	0	-
Mechlorprop	h		642	15	0	123	12	9,8	0	-
Metamitron	h		302	16	0	81	10	12,3	0	-
4-nitrophenol	i	n	38	7	0	17	7	41,2	0	-
Pirimicarb	i		123	2	0	50	2	4,0	0	-
Propyzamid	h		60	1	1	22	1	4,5	1	4,5
Simazin	h		639	19	0	123	3	2,4	0	-

Bilag 5.3 Pesticider og nedbrydningsprodukter fundet ved Vandværkernes boringskontrol 1989-1998

h - herbicid, f – fungicid, i - insekticid, n – nedbrydningsprodukt, u - mulig urenhed, træ – træbeskyttelsesmiddel og nedbrydningsprodukter heraf. ”De 8 pesticider” er markeret med fed skrift.

Vandværkernes boringskontrol			Analysér	Analysér	Analysér	Bor. m. analyse	Boringer med fund		Boringer med fund	
			med fund	≥ 0,1 µg/l	antal		%	antal	%	
			antal	antal	antal	antal	antal	%	antal	%
Alachlor	h		668	1	0	594	1	0,2	0	-
Aldicarb	i		63	2	0	59	2	3,4	0	-
AMPA	h	n	143	0	0	139	0	0,0	0	-
Atrazin	h		8.415	421	81	5.391	246	4,6	49	0,9
Bentazon	h		3.194	101	25	2.650	58	2,2	11	0,4
Carbofuran	i		2.395	1	0	1.964	1	0,1	0	-
2-C-6-MPP,2-(2-chlor-6-methylphenoxy) propionsyre	h	u	170	2	0	162	2	1,2	0	-
4-chlor-2-methylphenol	h	n	3.086	13	8	2.122	12	0,6	7	0,3
2-chlorphenol	h/i	n	27	4	2	20	4	20,0	2	10,0
4-chlorphenol	i	n	20	1	1	19	1	5,3	1	5,3
2-CPP, 2-(2-chlorphenoxy) propionsyre	h	u	58	1	0	57	1	1,8	0	-
4-CPP = 4-CCP *)	h	u	778	34	1	656	11	1,7	1	0,2
4-CPP, 2-(4-chlorphenoxy) propionsyre *)	h	u	91	15	4	89	13	14,6	3	3,4
Chlorpyrifos-methyl	i		43	1	0	34	1	2,9	0	-
Cis-1,2-dichlorethan	i		235	46	43	167	23	13,8	21	12,6
Cyanazin	h		3.016	10	1	2.566	10	0,4	1	0,0
2,4-D	h		7.688	21	1	5.155	17	0,3	1	0,0
2,6-DCPP	h	n	679	3	0	620	2	0,3	0	-
Deethylatrazin	h	n	3.173	164	20	2.640	116	4,4	16	0,6
Deethyldeisopropylatrazin	h	n	64	5	0	62	5	8,1	0	-
Deisopropylatrazin	h	n	3.094	102	11	2.589	83	3,2	10	0,4
Diazinon	i		197	1	0	165	1	0,6	0	-
Dichlobenil	h		3.315	39	2	2.821	35	1,2	2	0,1
2,6-dichlorbenzamid (BAM)	H	n	4.713	1.623	651	3.191	819	25,7	349	10,9
2,4-dichlorphenol	h/i	n	3.181	13	8	2.128	9	0,4	7	0,3
2,6-dichlorphenol	h/i	n	2.546	6	2	1.668	5	0,3	2	0,1
Dichlorprop	h		8.398	319	72	5.373	136	2,5	33	0,6
Dimethoat	i		2.835	3	0	2.452	3	0,1	0	-
Dinoseb	h		8.213	17	0	5.354	17	0,3	0	-
Dinoterb	h		140	1	0	134	1	0,7	0	-
Diuron	h		1.436	13	4	1.265	10	0,8	2	0,2
DNOC	h		8.216	8	0	5.352	8	0,1	0	-
Ethylthiourea (ETU)	f	n	140	6	1	134	6	4,5	1	0,7
Fenpropimorph	f		610	2	0	557	2	0,4	0	-
Glyphosat	h		156	1	0	150	1	0,7	0	-
Hexazinon	h		3.304	76	19	2.768	49	1,8	9	0,3
Hydroxyatrazin	h	n	1.959	13	2	1.779	12	0,7	2	0,1

Vandværkernes boringskontrol			Analyser	Analyser med fund	Analyser $\geq 0,1 \mu\text{g/l}$	Bor. m. analyse	Boringer med fund		Boringer med fund $\geq 0,1 \mu\text{g/l}$	
			antal	antal	antal	antal	antal	%	antal	%
Hydroxyterbutylazin	h	n	64	1	0	61	1	1,6	0	-
Ioxynil	h		771	2	0	680	2	0,3	0	-
Isoproturon	h		2.963	28	3	2.510	20	0,8	1	0,0
Linuron	h		1.621	2	1	1.400	2	0,1	1	0,1
MCPA	h		8.268	51	9	5.369	42	0,8	6	0,1
Mechlorprop	h		8.348	274	35	5.366	128	2,4	21	0,4
Metamitron	h		2.715	3	1	2.371	3	0,1	1	0,0
Metribuzin	h		650	1	0	573	1	0,2	0	-
Pendimethalin	h		2.739	20	1	2.384	20	0,8	1	0,0
Pentachlorphenol	Træ		2.648	14	2	1.773	11	0,6	2	0,1
Pirimicarb	i		757	1	0	655	1	0,2	0	-
Propiconazol	f		815	1	0	707	1	0,1	0	-
Simazin	h		8.337	191	13	5.379	135	2,5	10	0,2
TCA	h		28	1	0	28	1	3,6	0	-
Terbutylazin	h		3.018	12	0	2.672	12	0,4	0	-
2,3,4,6-tetraclorphenol	Træ/i	n	1.903	1	1	1.288	1	0,1	1	0,1
2,3,5,6-tetraclorphenol	Træ/i	n	236	2	0	211	2	0,9	0	-
Trans-1,2-dichlorethan	i		309	48	48	247	34	13,8	34	13,8
2,4,6-trichlorphenol	Træ/i	n	1.723	4	1	1.106	3	0,3	1	0,1

*) 4-CPP er indberettet under to forskellige koder

Formålet med grundvandsovervågningen er, at tilvejebringe viden om grundvandets tilstand og udvikling, især for at sikre godt drikkevand i fremtiden.

Hovedparten af det grundvand der indvindes til drikkevandsfremstilling i Danmark er kun i mindre grad påvirket af menneskelig aktivitet.

Betydelige dele af det øvre grundvand er dog i udpræget grad belastet med nitrat og pesticider, der især hidrører fra landbrugsdrift. Pesticiderne stammer dog også fra anvendelse i bymæssig bebyggelse og langs veje og jernbaner. I de senere år er mange boringer med højt nitrat- eller pesticidindhold blevet lukket.

I grundvandsovervågningen analyseres der nu for 45 pesticider eller nedbrydningsprodukter af pesticider og heraf er der fundet rester af i alt 37. I vandværksboringer er der fundet endnu flere stoffer, men i overvejende grad under grænseværdien for drikkevand på 0,1 µg/l.

Indenfor de sidste otte år er der således fundet pesticider og nedbrydningsprodukter i 23% af vandværkernes boringer, og i 9% er grænseværdien for drikkevand overskredet.

Også i drænvand er der fundet pesticider i stor mængde. Her er blandt andet fundet aktivstoffet glyphosat fra sprøjtemidlet Round-up, og nedbrydningsproduktet AMPA. Disse to stoffer er også fundet i enkelte højtliggende grundvandsboringer.

Efter et par meget tørre vintre er grundvandsstanden nu igen normal. Samtidig har en meget våd sommer i 1998 medført at vandindvindingen var den mindste i mange år.

