



# GRUNDVANDSOVERVÅGNING 1994

**DGU**

Miljø- og Energiministeriet  
Danmarks Geologiske Undersøgelse

# GRUNDTVANDSOVERVÅGNING 1994



**Miljø- og Energiministeriet  
Danmarks Geologiske Undersøgelse**

*Særudgivelse*

*Redaktør* : Ole Stig Jacobsen

*Tegning* : Annabeth Andersen

*Repro* : DGU og From & Co.

*Oplag* : 500 eks.

*Dato* : 1. december 1994

ISBN 87-89813-17-0

*Pris* : 118,- eks. moms.

© **Miljø- og Energiministeriet**

**Danmarks Geologiske Undersøgelse**

Thoravej 8, DK-2400 København NV

Telefon : 31 10 66 00

Telefax : 31 19 68 68

*I kommission hos :*

**Geografforlaget Aps**

Ekspedition : Fruerhøjvej 43, 5464 Brenderup

Telefon : 64 44 16 83

Telefax : 64 44 16 97

---

# Indhold

---

Indhold .....	3
Forord .....	5
Konklusion og sammenfatning .....	7
Conclusion .....	9
1 Indledning .....	11
2 Hovedkomponenter i grundvandsovervågningsområderne .....	13
Udviklingen i grundvandets nitratindhold .....	14
Udviklingen i grundvandets totale fosforindhold .....	15
Udviklingen i grundvandets sulfatindhold .....	18
Udviklingen i grundvandets kloridindhold .....	19
Arealanvendelsens indvirkning .....	19
3 Hovedkomponenter i boringskontrollen .....	23
4 Uorganiske sporstoffer. ....	25
Grundvandsovervågningsområderne. ....	25
Uorganiske sporstoffer i boringskontrollen. ....	27
Kritiske koncentrationer i overvågningsområderne. ....	28
Arsen og cadmium. ....	28
Arsen .....	28
Cadmium .....	28
Nikkel .....	29
Zink .....	30
Aluminium og barium. ....	31
Kritiske koncentrationer i vandværkernes boringskontrol. ....	31
5 Organiske mikroforureninger .....	33
Enkeltstof-analyserne. ....	33
AOX og VOX .....	34
Organiske mikroforureninger i boringskontrollen .....	36
6 Pesticider og klorfenoler .....	37
Pesticider i overvågningsområderne .....	37
Pesticider i vandværkernes råvand .....	38
Overvågnings- og råvandsdata. Koncentrationsfordelinger .....	42
Fenoxysyrer .....	43
Triaziner .....	44
Klorfenoler/metabolitter .....	44
Udenlandske erfaringer .....	45
7. Vandindvinding .....	47

4

8	Diskussion .....	49
	Nitrat .....	49
	Total fosfor .....	50
	Sulfat .....	50
	Klorid .....	50
	Uorganiske sporstoffer .....	51
	Organiske mikroforureninger .....	51
	Pesticider og klorfenoler .....	52
	Litteratur .....	57

**Bilag:**

1. Analyseprogram.
2. Karakteristik af grundvandets hovedklasser.
3. Dataindberetning, hovedkomponenter.

---

## Forord

---

I denne rapport præsenteres udvalgte resultater af overvågningen af grundvandet. De tilgrundliggende data er indberettet af Amtskommunerne samt Københavns og Frederiksberg Kommuner til Fagdatacentret for Borings- og Grundvandsdata på Danmarks Geologiske Undersøgelse (DGU). Data er tilvejebragt gennem Vandmiljøhandlingsplanens Overvågningsprogram i perioden 1989 til 1993. Herudover præsenterer og diskuterer rapporten de overvejelser, der er gjort i de årlige rapporter, som amterne udfærdiger. I de første fire år, af den periode vandmiljøplanens overvågningsprogram har fungeret, har der været rapporteret bredt om grundvandsrelaterede emner. Nærværende rapport er den første af de kommende års mindre omfattende og mere standardiserede rapporter. Hvert år udvælges et tema inden for vandmiljøplanens overvågningsprograms emner, som rapporteres fyldigere. Grundvand skal være tema i 1995.

Den faglige vurdering af data i denne rapport er baseret på oplæg fra medarbejdere, der har de enkelte stofgrupper som arbejdsområde:

Hovedkomponenter:	Per Nygaard, Per Rasmussen og Erik Nygaard
Uorganiske sporstoffer:	Carsten Langtofte
Organiske mikroforureninger:	Troels Laier
Pesticider og klorfenoler:	Walther Brusch og Ole Stig Jacobsen

Projektgruppen, der står bag rapporten, består herudover af Tibor Czako, Bruno Haldbæk, Ninette Hartwich, Poul Merkelsen, Jens Stockmarr og projektlederen Erik Nygaard.

En foreløbig version af rapporten har været udsendt til kommentering i Amtskommunerne, Københavns og Frederiksberg Kommuner og Miljøstyrelsen. Der er blevet taget stilling til disse kommentarer i forbindelse med den endelige udformning af rapporten.



---

## Konklusion og sammenfatning

---

Med denne rapport fastslås den forståelse, som er opbygget gennem de senere år, at der er sket en udbredt menneskelig påvirkning af det danske grundvand. Denne påvirkning, kommer fra landbrug, gartnerier, plantager og andre behandlede arealer, fra lossepladser og andet affald, fra gamle lossepladser og industrigrunde, og kan være forårsaget af oppumpningen og deraf følgende ændringer i trykforhold, strømningsforhold og grundvandskemi, og kan blandt andet medføre øget sulfat- og kloridindhold.

Der er både overordnede og lokale ændringer i grundvandets stofindhold, som knytter sig til jordbruget. Gennemsnitsberegninger af nitratindholdet i grundvandet viser ikke det fald, som skulle følge af vandmiljøplanens tiltag for opbevaring af gylle og udbringning på grønne marker. Tværtimod stiger nitratindholdet i udsat grundvand, antagelig delvist som følge af, at jordlagenes kapacitet for nedbrydning af nitrat. Også en del af grundvandets indhold af uorganiske sporstoffer er forurening, som stammer fra arealanvendelsen, idet de er tilført med slam, gødning eller gylle.

Arealanvendelsen af pesticider kan ligeledes spores i grundvandet en del steder, og dette gælder ikke alene de otte pesticider, som indgår i overvågningsprogrammet, men også en række andre pesticider samt nedbrydningsprodukter af pesticider (Sønderjyllands Amt, 1994). I et vist omfang sker der herudover en arealmæssig belastning af grundvandet med klorid, blandt andet gennem vejsaltning.

Blandt de punktformige eller mere lokale forureninger af grundvandet er pesticider og andre organiske mikroforureninger bedst beskrevet. Lokale forureninger med pesticider kendes fra intensivt behandlede arealer, så som jernbanearealer, plantager og sportsanlæg, men kan også skyldes spild på for eksempel vaskepladser og lækage fra nedgravet emballage. Blandt de øvrige organiske mikroforureninger er især de klorerede opløsningsmidler blevet fundet i grundvandet. Disse fund knytter sig til grundvandet under gamle industrigrunde og affaldsdepoter, hvorfra de kun langsomt udvaskes, og de er derfor bedst kendt fra byområder, især Københavnsområdet.

Samlet synes det snarere at være analyseprogrammet end grundvandets stofindhold, der sætter en grænse for, hvad der kan findes. Nogle af "fortidens synder" bliver registreret i grundvandet nu, mens en anden problemkreds er de kilder til potentiel påvirkning, som vi nu skaber. For historiske problemer er løsningen isolering, rensning, fortynding eller inddragelse af en ny grundvandsressource. Dette forudsætter overvågning og hensigtsmæssige teknologier for at sikre kvaliteten af det leverede drikkevand.

På baggrund af de mangeartede historiske påvirkninger af grundvandet er det væsentligt at uddrage den lære, som præsenterer sig, nemlig at de stoffer, der spildes på eller tilføres jorden også på sigt vil kunne påvises i grundvandet. Det er derfor vigtigt at friholde de arealer, hvor vi ønsker det grundvand dannet, som fremtidens drikkevandsforsyningen skal baseres på, for tilførsel af uønskede.





---

## Conclusion

---

This report maintains the understanding, established over recent years, of the widespread human impact on the quality of Danish groundwater. The impact on groundwater comes from e.g. landuse, waste, and industrialization and may be caused by abstraction-induced changes in potential, flowroutes, and chemistry, which have led to an increased content of sulphate and chloride.

Most of the changes in the content of dissolved matter in the groundwater are related to the landuse. Average calculations of the nitrate content in the groundwater do not demonstrate the expected reduction, related to the initiatives of the Action Plan for the Aquatic Environment to store liquid manure and spread it on green fields. On the contrary, the nitrate content in exposed groundwater is increasing, in part, probably due to the reduction in the capability of the aquifers to convert nitrate to nitrogen.

Also, some of the content of inorganic trace elements in groundwater is caused by pollution associated with landuse, as they are applied with tailings, sludge or manure. Furthermore, the conventional use of plant protection agents (pesticides) is in some places traced in the groundwater. This conclusion is not only true for the 8 pesticides included in the monitoring programme, as further agents and products of their decomposition are also documented (Sønderjyllands Amt, 1994).

Among local and point source pollution, pesticides and chlorinated hydrocarbons are best documented. Local pollutions with pesticides are known from intensively treated areas, such as railyards, plantation, and sports grounds. Further pollution may be caused by spillage and leakage from buried packaging.

Of other organic pollutants, chlorinated solvents in particular, have been detected in groundwater. This is the case in relation to groundwater below industrial sites and places of discharge, from where they may only be removed very slowly. Such examples are most well known from urban areas, particularly the Copenhagen region.

In general it is the analytical procedure rather than the constituents in the groundwater that determines what may be found. There may be distinguished between historical problems which we encounter in groundwater today, and the potential sources for future contamination liable to infiltrate, where we presently dispose. Historical problems may be isolated and, the water may be cleaned and diluted, or existing abstraction may be replaced. This requires monitoring and suitable technologies to ensure that the quality of the drinking water is maintained.

In the light of the multiple historical influences on groundwater, it is essential to identify the conclusions that present themselves, namely that chemical compounds applied to or disposed at the ground surface may with time be detected in the groundwater. Therefore it is necessary to restrict the areal use in those areas where we want the water to infiltrate, which will form the basis for future production of drinking water.



---

# 1 Indledning

---

I forbindelse med vedtagelsen af Vandmiljøplanen i efteråret 1987 blev der iværksat en løbende overvågningen af grundvandets kvalitet (Miljøstyrelsen 1989), idet der i hele landet blev etableret 67 grundvandsovervågningsområder og 6 landovervågningsoplande, figur 1. Inden for disse områder blev der installeret henholdsvis godt 1100 filtre (bilag 2) og 270 filtre, hvori grundvandets kvalitet overvåges. Det oprindelige analyseprogram er siden ændret, og de stoffer der analyseres for i perioden 1993-1997 fremgår af bilag 1.

Også analyseindsatsen for hovedkomponenter fremgår af bilag 3, mens analyseindsatsen vedrørende specialanalyser er vist i de afsnit, hvor resultaterne er omtalt.

Yderligere blev der med vedtagelsen af "Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg" (Miljøministeriet 1988), gældende fra 1. januar 1989, stillet krav om overvågning af vandet fra vandværkernes indvindingsboringer ved iværksættelsen af programmet for boringskontrol. Antallet af specialanalyser i boringskontrollen er opgjort og omtalt i de faglige afsnit. Samtidig, fra 1989, blev der iværksat forbedret indberetning af oplysninger om oppumpede vandmængder, drikkevandskvalitet, punktforureninger og pejlinger af grundvandsstanden. Der er således, gennem amtskommunernes indberetninger til Fagdatacentret for Borings- og Grundvandsdata ved DGU, et meget omfattende datamateriale til rådighed for denne årligt tilbagevendende rapportering.

Ifølge rapporteringsplanen for årene 1994-1997 udfærdiges der hvert år en mindre omfattende, standardiseret rapport. I 1995 vil grundvand herudover blive grundigere behandlet i en temarapport. Omfanget af rapporteringerne er fastlagt af "Aftaleudvalget for Vandmiljøplanens Overvågningsprogram", der består af repræsentanter for amter og kommuner, DGU, Danmark MiljøUndersøgelse (DMU) og Miljøstyrelsen.

Der er til denne rapport taget udgangspunkt i de samme angrebsvinkler, som var gældende i sidste års rapport (DGU 1993), således at sammenligneligheden lettes.



Figur 1. Grundvandsovervågningsområder og landovervågningsoplande i Danmark.

## 2 Hovedkomponenter i grundvandsovervågningsområderne

For at skabe overblik over de mange analyser, og dermed det grundvand de repræsenterer, er det nødvendigt at gruppere sammenlignelige analyser. Til dette formål er data illustreret som udviklingsserier efter geologiske, strømningsmæssige og hydrokemiske kriterier.

Bedømmelsen af grundvandet er en opfølgning af angrebsvinklen fra sidste år for: nitrat, total fosfor, sulfat og klorid.

Udviklingen i indholdet over et skønnet basisniveau er undersøgt for nitrat over 1 mg/l og sulfat og klorid over 25 mg/l for at samle beskrivelsen om de filtre, der yder grundvand med et eventuelt forhøjet indhold af stofferne. For fosfor er indholdet medregnet uanset dets størrelse.

Gennem fem år er ændringen i indholdet af de ovenfor udvalgte stoffer analyseret i forhold til tre forskellige "overvågningstyper". Ved overvågningstyperne forstås

- filtre, hvor der indsamles grundvand, som overvejende er dannet på stedet, og hvor strømningsretningen er nedadgående (kaldet *punktovervågende* filtre).
- Filtre, der repræsenterer grundvand, der typisk i mellemstor dybde strømmer tilnærmest horisontalt hen mod en indvindingsboring kaldes *linieovervågende* og
- filtre, der afspejler det tilstrømmende grundvand i hovedreservoiret (kaldet *volumenovervågende*), svarende til filtre i indvindingsboringer på et vandværk.

Geologisk er der sondret mellem udviklingen i indholdet af stofferne i grundvand fra sandede aflejringer fra kvartærtiden og prækvartære lag. For at fokusere på grundvand, hvor ændringer på grund af menneskelig indvirkning hurtigt vil kunne registreres, er der valgt grundvand fra relativt let gennemstrømmelige jordarter.

Den kemiske klassifikation af grundvandet er baseret på oplysninger om indholdet af seks væsentlige og veldokumenterede stoffer (DGU 1993), se tabel 1.

De valgte stoffer kan forekomme naturligt og afspejle naturlige forhold, men kan også til en vis grad afspejle menneskelig påvirkning.

Aggressiv kuldioxid, CO <sub>2</sub> Sulfat, SO <sub>4</sub> Klorid, Cl	Magnesium, Mg Bicarbonat, HCO <sub>3</sub> Calcium, Ca
---	--

Tabel 1. De 6 hovedkomponenter, som er grundlag for inddelingen af grundvandet i hovedklasser.

Analyser af indholdet af aggressiv kuldioxid afspejler om der er kalkover- eller underskud i jordlagene. Disse analyser er ikke til rådighed fra hele landet, idet det er besluttet, at analyse for aggressiv kuldioxid ikke udføres så hyppigt for grundvand fra filtre, hvor

forekomst af aggressiv kuldioxid er lidet sandsynlig. Det har derfor været nødvendigt at benytte en metodik, der tillader fortolkning også selv om der er "huller" i datasættet.

Bikarbonat er inddraget i klassifikationen, blandt andet fordi det er væsentligt for karakterisering af grundvandets alkalinitet. Calcium- og magnesiumindholdet er inddraget, dels for at kunne afspejle ionbytning, dels for, i sammenhæng med bikarbonatindholdet, at kunne angive grundvandets forvitningsgrad og hårdhed.

Sulfatindholdet er inddraget for på den ene side at belyse oxidation af svovlholdige forbindelser og på den anden side sulfatreduktion. Klorid er inddraget for at opfange tegn på bl.a. overfladebelastning, opstigende mineralvand og indtrængende havvand.

Resultatet af klassifikationen er, at grundvandet i overvågningsområderne er blevet inddelt i 6 store hovedklasser, bilag 2.

Inddelingen i hovedklasser er en forenkling, i forhold til HK-klassifikationen (DGU 1992), idet der ses bort fra gradvise overgange og usædvanlige forhold. Fordelingen af hovedklasserne kan give et overblik og vise, hvor der skal gås mere i dybden ved hjælp af for eksempel HK-klassifikationen. Hovedklasserne, der består af *blødt forvitningsvand* og *og mellemhårdt grundvand*, er særlig karakteristisk for de sandede områder i Midt- og Vestjylland, mens det *meget hårde forvitningsvand*, det *hårde forvitningsvand*, det *hårde grundvand* og det *ionbyttede grundvand* karakteriserer det østligste Jylland og øerne (DGU 1993).

Datagrundlaget for vurderingen af udviklingen i grundvandets stofindhold er blevet forbedret i forhold til sidste år, dels med data for året 1993, dels ved en del korrektioner til ældre data.

Udviklingsserierne er baseret på geometriske gennemsnitsværdier for at fremhæve, hvor tyngden i data ligger. Ved eventuel sammenligning med DGU (1993) må der tages højde for, at gennemsnittene var aritmetriske, og derfor fremhævede ekstreme værdier.

## Udviklingen i grundvandets nitratindhold

Udviklingen i grundvandets nitratindhold er her beskrevet for grundvand, der indeholder mere end et milligram nitrat pr. liter. De laveste indhold er fravalgt, for at kunne analysere det grundvand, som er påvirket af arealanvendelsen, idet selv grundvand under naturområder kan have et beskedent nitratindhold.

I gennemsnit er grundvandets nitratindhold inden for overvågningsområderne konstant i de volumenovervågende borer, figur 2. Disse ligger nedstrøms i overvågningsområderne, og her finder den væsentligste oppumpning sted. Det gennemsnitlige nitratindhold i prækvartære reservoirer er også konstant, men en del højere.

Endelig har de nitratpåvirkede dele af det *hårde-* og det *ionbyttede-*, oftest dybtliggende *grundvand* i den østlige del af landet, et ret konstant lavt nitratindhold. Dette afspejler tilsammen en langsom og vedholdende nitrattilførsel til dybereliggende reservoirer, hvor grundvandets opholdstid er lang.

Nitratindholdet i det *bløde forvitningsvand* og det *meget hårde forvitningsvand*, som repræsenterer overfladenært grundvand i henholdsvis det vestlige Jylland (højt nitratindhold) og den østlige del af landet (mellem til lavt nitratindhold), er gennemgående konstant.

Stigende gennemsnitligt nitratindhold er karakteristisk for både det øverste nydannede grundvand fra de punktovervågende filtre og det lateralt strømmende grundvand fra linieovervågende filtre i kvartære reservoirer. Nitratindholdet er også steget i henholdsvis det *middelhårde grundvand* og det *hårde forvitningsvand*, der repræsenterer grundvand, som findes lidt dybere nede i henholdsvis det vestlige Jylland og den østlige del af landet.

I udsat grundvand i den østlige del af landet er det gennemsnitlige nitratindhold i 1993 lige så højt som i det øverste grundvand i Vestjylland.

Det synes at være den overvejende bedømmelse i amterne, at der ikke spores nogen effekt af vandmiljøplanen i grundvandets nitratindhold. Dette kommer direkte til udtryk i rapportererne fra Viborg, Vejle, Fyns og Århus amter.

Ribe Amt finder, at et konstateret fald i grundvandets nitratindhold i enkelte punktovervågende filtre i overvågningsområdet Forumlund, skyldes vandmiljøplanens tiltag med hensyn til opbevaring af gylle og udbringning på grønne marker.

Nordjyllands Amt finder, at man i overvågningsområdet Albæk, hvor grundvandets nitratindhold er stigende, har en god varslingsmulighed for kommende nitratproblemer for drikkevandsforsyningen, idet stigningen endnu ikke er slået fuldt igennem her.

Lige som sidste år fremhæver en del amter (Viborg, Ringkjøbing, Fyn og Københavns amter) sammenhængen mellem et stigende eller højt sulfatindhold og reduktion af nitrat og/eller sænkning af grundvandsspejlet. Dette forekommer særligt i frie reservoirer og punktovervågende filtre, og skyldes oxidation af sulfider.

Ringkjøbing amt konstaterer i et lokalt område en påvirkning af dybereliggende grundvand gennem "vinduer" i lerdækket, og at frie reservoirer er tydeligt overfladepåvirkede.

Der er sket en svag stigning i både nitrat- og sulfatindholdet i kvartære filtre i Vejle amt, og tidsserierne tyder på, at oxidationen i reservoirerne har været stigende siden 1990.

Sønderjyllands Amt finder, i forbindelse med specialanalyser, at lerlag ikke kan betragtes som beskyttende.

I de fleste sjællandske amter og Københavns og Frederiksberg kommuner er der som helhed konstateret en stigning i grundvandets nitratindhold i de sekundære reservoirer, men der ligger ikke ret mange filtre og oplysninger til grund for vurderingen, undtagen i områderne Skuldelev og Asemose i henholdsvis Frederiksborg og Roskilde amter.

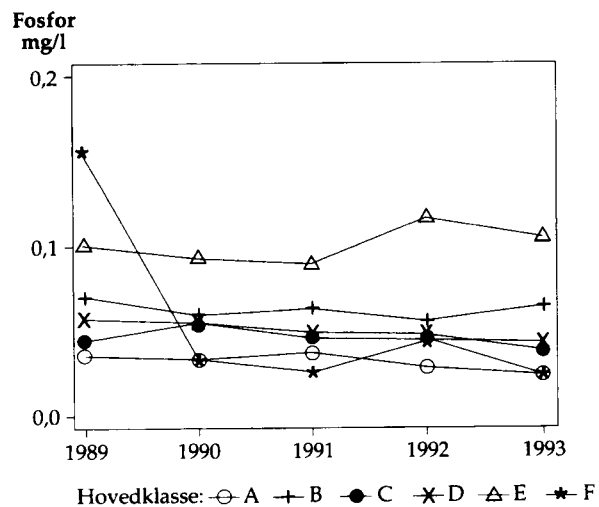
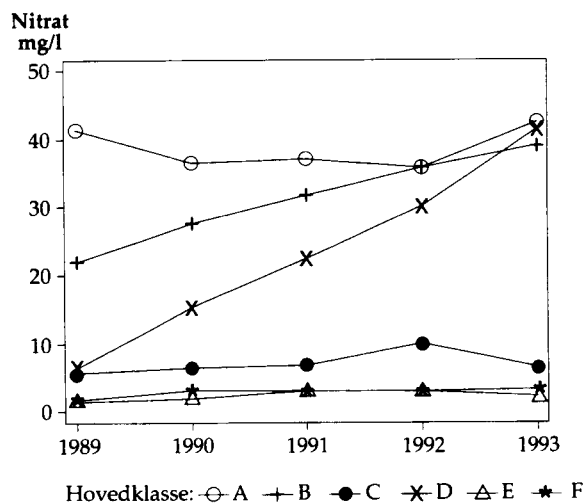
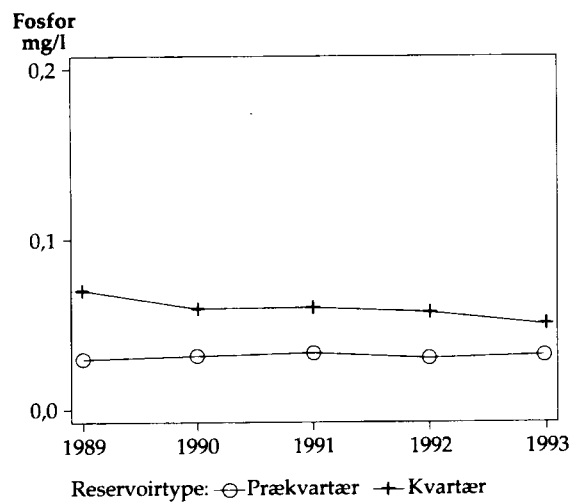
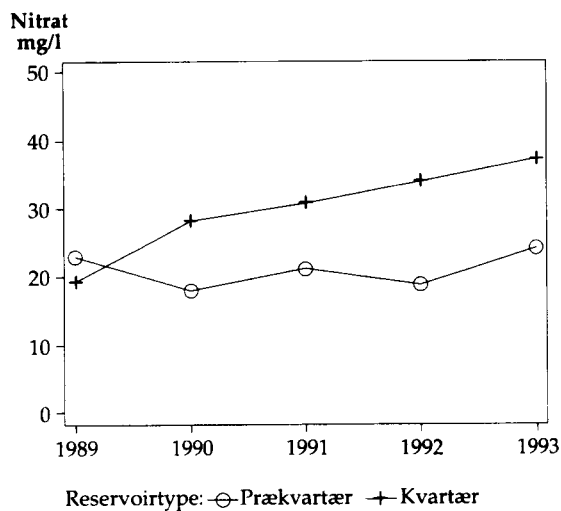
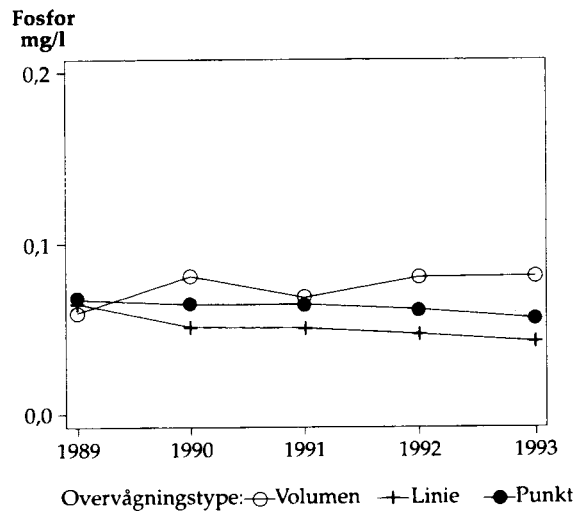
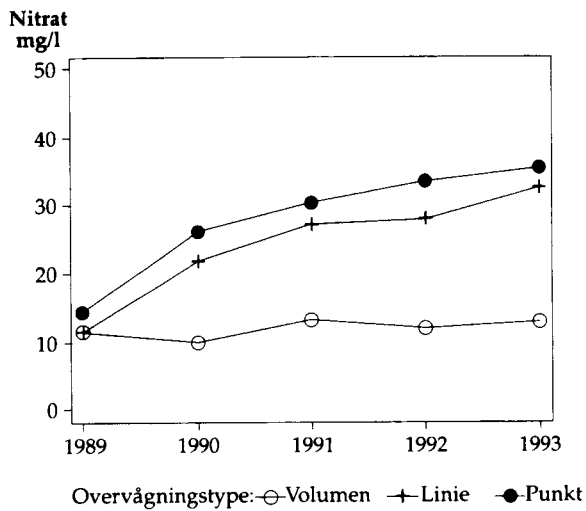
## Udviklingen i grundvandets totale fosforindhold

Det gennemsnitlige fosforindhold i det grundvand, som omfattes af overvågningsområderne, er konstant, uanset hvordan data er grupperet, figur 2. Kun filtre, der yder *hårdt grundvand* (relativt dybtliggende grundvand i det østlige Danmark), har et højere indhold. Dette afspejler, at fosforet stammer fra jordlagene, idet det kun i beskedent omfang nedvaskes fra dyrkningslaget. Grundvandets totale fosforindhold i hele landet kan dog ikke fuldgældigt beskrives gennem oplysninger fra grundvandsovervågningsområderne, idet ingen af områderne ligger, hvor de mest fosforrige jordlag findes. De mest fosforrige jordlag er Skærumhede serien i Vendsyssel og lag fra Holstein mellemistiden i Sydvestjylland.

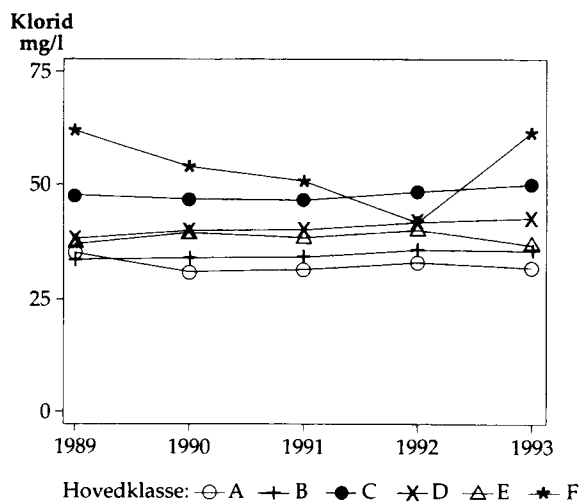
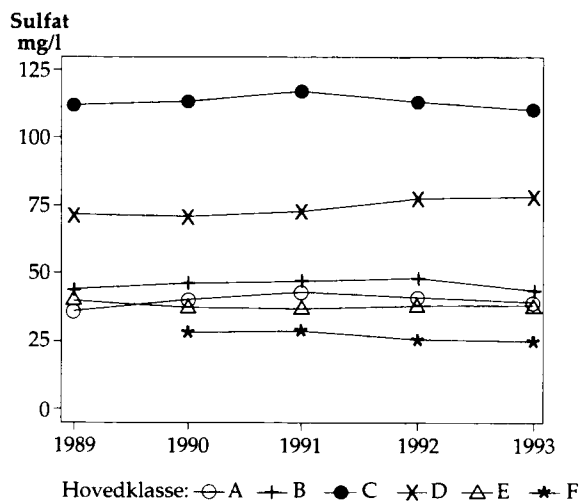
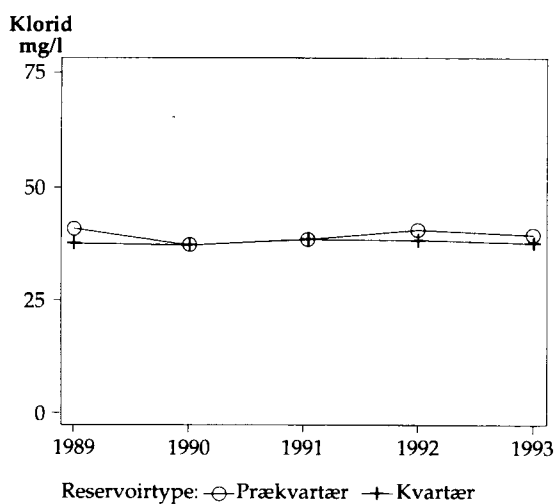
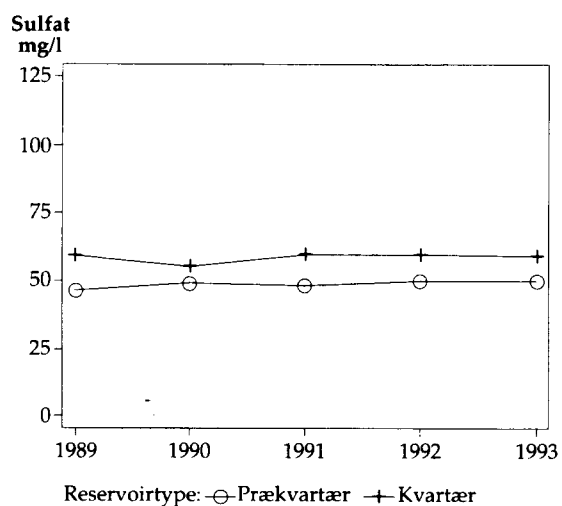
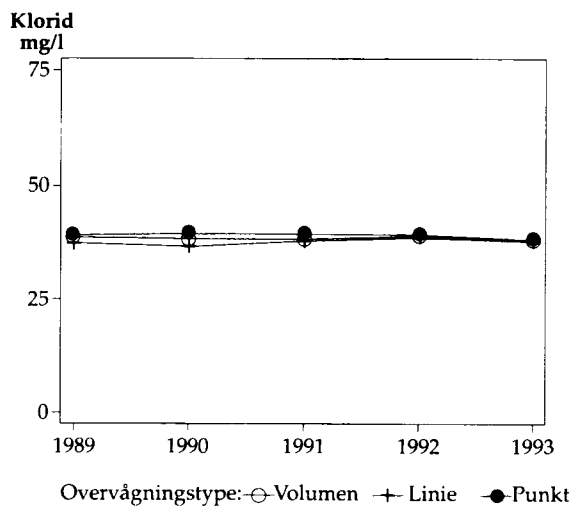
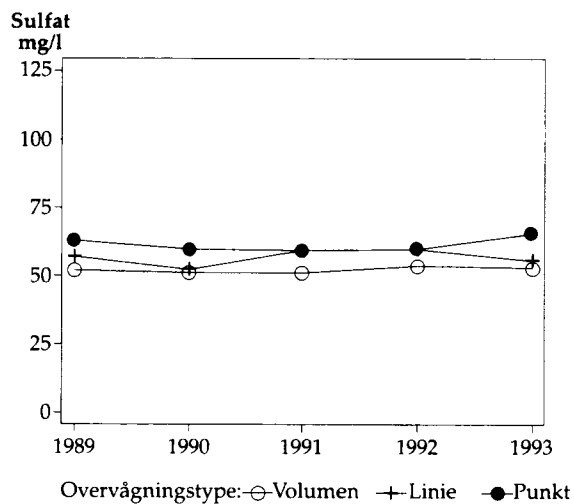
Drikkevandet fra nogle vandværker, især i Nordjyllands Amt, indeholder således stedvist over 0,2 mg/l total fosfor (DGU 1990), til trods for at en del fosfor bindes i filtrene under vandbehandlingen. Grænseværdien for drikkevand er 0,15 mg/l fosfor.

Amterne finder, at fosfatindholdet i grundvandet er af geologisk oprindelse, og at det som helhed er konstant. Det højeste indhold omkring 1 mg/l findes i grundvand fra de dybeste filtre i overvågningsområdet Albæk i Nordjyllands amt, og stammer fra kvartære marine aflejringer.





Figur 2. Indhold og ændring af indhold gennem tiden for nitrat (over 1 mg/l), total fosfor (over 0 mg/l), sulfat (over 25 mg/l) og klorid (over 25 mg/l). Vurderingen er sat i forhold til overvågningstyper, geologi og kemiske hovedklasser af grundvand. Se også side 11.



I Vejle amt er der sket en svag stigning i fosfatindholdet i det øverste grundvand (fra 0,020 til 0,025 mg/l) og et modsvarende fald i det dybereliggende grundvand gennem overvågningsperioden.

Da grundvandets fosfatindhold under alle omstændigheder er lavt, har Fyns og Københavns amter separat analyseret ændringen i indholdet gennem tiden af fosfor for grundvand, der er påvirket fra overfladen. Dette er bestemt ved, at indholdet af nitrat skal være over 1 mg/l. Herved er der fremkommet tydelige fluktuationer gennem tiden. Amterne har dog kun fire henholdsvis tre filtre i denne kategori.

I Vestsjællands amt er grundvandets fosfatindhold fundet at stige med dybden.

## Udviklingen i grundvandets sulfatindhold

Vurderingen af udviklingen i grundvandets sulfatindhold er baseret på filtre med grundvand, hvori der er mere end 25 mg/l sulfat. Hensigten er at kunne beskrive og opfange menneskeskabte udviklingstendenser, hvorfor grundvand hvori der kan forventes at foregå sulfatreduktion er søgt udeladt. Grundvandets sulfatindhold er i landsgennemsnittene for de udvalgte grupper af filtre overordentlig konstant.

I volumenovervågende og prækvartære filtre er det gennemsnitlige sulfatindhold lidt lavere end i punktovervågende filtre og kvartære sandreservoirer; linieovervågende filtre udskilles ikke tydeligt fra de øvrige. Som helhed er der ikke stor forskel i det gennemsnitlige sulfatindhold inden for disse grupperinger af filtre, og der er ikke sket nogen ændring gennem de fem års overvågning. Der er således på disse kriterier alene en tendens til faldende sulfatindhold med dybden, hvilket naturligvis ville blive langt tydeligere, dersom også filtre, der yder grundvand med under 25 mg/l sulfat var medregnet.

Med udgangspunkt i grundvandets hovedklasser fremgår det, at det *meget hårde forvittringsvand* har det højeste gennemsnitlige sulfatindhold, og at også det *hårde forvittringsvand* indeholder relativt meget sulfat. Dette viser, at der er et særligt højt sulfatindhold i overfladenært grundvand i den østlige del af landet. Årsagen er antagelig afsænkning af grundvandsspejlet og den deraf følgende oxidation af sulfider.

I Viborg Amt varierer grundvandets sulfatindhold af ukendte årsager mere end de øvrige parametre.

Århus Amt finder, at grundvand med et sulfatindhold under 30 mg/l i de fem af amtets seks overvågningsområder, hvor sedimenterne indeholder en vis mængde ler, har et tritiumindhold under 5 TU og således er gammelt grundvand.

Flere amter finder, som Storstrøms Amt, at grundvandets sulfatindhold falder med dybden. Amtet konstaterer et lavt sulfatindhold i de primære reservoirer undtagen overvågningsområderne St. Heddinge og Vesterborg. Den største ændring gennem tiden i grundvandets sulfatindhold i Storstrøms Amt er sket i det *hårde forvittringsvand*. Denne tendens kan måske anes i landsgennemsnittet i figur 2.

Bornholms Amt finder at sulfatindholdet i grundvandet er størst på mellemstor dybde. Vejle Amt dokumenterer de største sulfatindhold i det *middelhårde grundvand* og det *hårde forvittringsvand*, hvilket indikerer ned til mellemstor dybde, idet der ikke er påvist *meget hårdt forvittringsvand* i amtet. Vejle Amt vurderer, at de prækvartære reservoirer er kemisk stabile (vurderet på baggrund af grundvandets indhold af de fire diskuterede stoffer), mens grundvandet i de kvartære overfladenære reservoirer har et stigende nitrat- og sulfatindhold. Dette tyder på en stigende oxidation med nitrat og ilt af de beskyttende lag af moræneler. I Vejle Amt stiger sulfatindholdet svagt i de punktovervågende filtre og falder modsvarende i de volumenovervågende.

I Fyns Amt er sulfatindholdet i det øverste forvittringsprægede grundvand stigende.

Fyns Amt tolker, en binding af tungmetaller til sulfider i overvågningsområdet Svendborg. Gennemsnitsberegninger over nitrat- og sulfatindholdet i grundvandet i grundvandsovervågningsområderne og råvandet i Storstrøms Amt viser god overensstemmelse.

I overvågningsområdet Christiansfeld i Sønderjyllands Amt stiger grundvandets sulfatindhold kraftigt.

I Roskilde Amt er grundvandets sulfatindhold ca. dobbelt så stort i kvartært sand som i moræner.

I Skuldelev, Attemose og Endrup, Frederiksborg amt, er sulfatindholdet i grundvand fra kvartære filtre stigende, mens det er faldende i København og Frederiksberg kommune, hvor det iøvrigt er højest i det dybtliggende grundvand.

## Udviklingen i grundvandets kloridindhold

Vurderingen af udviklingen i grundvandets kloridindhold er her baseret på de data, som repræsenterer grundvand med et kloridindhold, der er større end 25 mg/l, figur 2. Baggrunden er, at regn indeholder en beskedent mængde klorid som opkoncentreres gennem de forskellige fordampningsprocesser på jordoverfladen. Grundvand indeholder derfor normalt op til 25 mg klorid pr. liter og medtages derfor ikke her, hvor der bliver fokuseret på det påvirkede grundvand.

Det således "påvirkede" grundvand udviser kun en beskedent variation i det gennemsnitlige kloridindhold. Kun for grundvandets hovedklasser fremtræder der en tendens til forhøjet indhold i grundvand, som findes i de mest overfladenære og lerede dele af det østlige Danmark, det *meget hårde forvittringsvand*. Det grundvand, der har den ringeste grad af menneskelig påvirkning af kloridindholdet i denne fremstilling, er det *bløde forvittringsvand* og det *middelhårde grundvand*, som er udbredt i Midt- og Vestjylland.

Det relativt høje og varierende kloridindhold i det *ionbyttede grundvand* er kun baseret på oplysninger fra enkelte filtre, og derfor antagelig ikke udtryk for en troværdig udvikling.

I Vejle Amt er kloridindholdet i grundvand fra punktovervågende filtre svagt stigende, mens det er svagt faldende fra de volumenovervågende filtre.

På Fyn er kloridindholdet stigende i forvittringspræget grundvand (*meget hårdt forvittringsvand*, *hårdt forvittringsvand* og *hårdt grundvand*).

I Storstrøms Amt er der sket et fald i grundvandets kloridindhold i de sekundære reservoirer, men alligevel overstiger kloridindholdet inden for amtet i reglen 50 mg/l. I to filtre i overvågningsområdet Sibirien er der optrængende saltvand.

I Frederiksborg Amt er grundvandets kloridindhold nogle steder højt på grund af vejsaltning.

Københavns Amt har et enkelt overvågningsfilter, der yder saltvand.

I København og Frederiksberg kommuner er kloridindholdet højest i grundvand fra linieovervågende filtre.

## Arealanvendelsens indvirkning

Det har lige siden overvågningsprogrammets start stået klart, at en vigtig parameter for forståelsen af stoffordelingen i grundvandet er arealanvendelsen. Det er geologisk indlysende, at de stoffer, der findes i eller spredes på de øverste jordlag, til en vis grad vil kunne føres med det nedsivende vand til grundvandet. Men en sådan sammenhæng kan være vanskelig at dokumentere i konkrete tilfælde. Inden for landovervågningsområderne er arealanvendelsen derfor blevet registreret gennem alle de fem år vandmiljøplanens over-

vågningsprogram har fungeret. I dette års rapporter har amterne indberettet arealanvendelsen inden for grundvandsovervågningsområderne i overordnede kategorier som forberedelse til grundvands temarapporten i 1995.

Ribe Amt har dog gennem alle årene kortlagt afgrøderne på markniveau indenfor grundvandsovervågningsområderne. Det fortolkningsmæssige potentiale i at inddrage arealanvendelsen i fortolkningen af grundvandets stofindhold eksemplificeres af Ribe Amts kommentarer til ændringerne i grundvandets nitratindhold i overvågningsområdet Forumlund.

Også i landovervågningsoplandene er der dokumenteret en sammenhæng mellem gødningspraksis og nitratindholdet i landovervågningsoplandenes grundvand (Rasmussen 1993 og 1994).

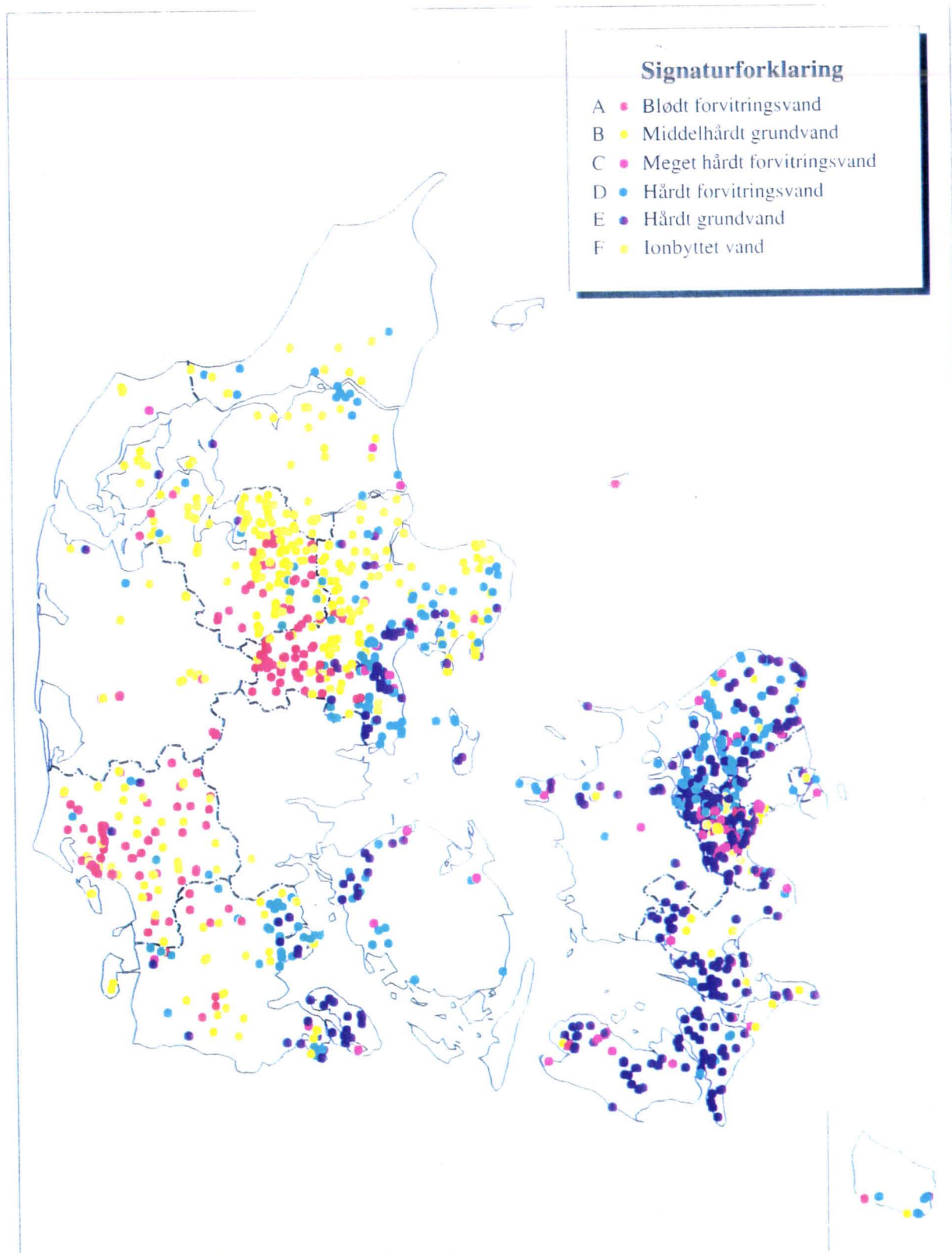
Rasmussen finder, for det sandede opland Barslund Bæk, at nitratindholdet i det øverste grundvand, 1,5 meter under terræn, er højest under husdyrgødede arealer. Nitratindholdet er knapt så højt under arealer, hvor der udelukkende er anvendt handelsgødning. Generelt falder grundvandets nitratindhold med dybden. I tre meters dybde er nitratindholdet under de naturgødede arealer blevet noget mindre, men dog stadig højere, end hvor der er gødet med handelsgødning. Nitratindholdet er omtrent ens i halvanden og tre meters dybde under handelsgødede arealer. Under naturarealer er der et meget lavt nitratindhold i begge dybder.

Også i det lerede opland Lillebæk er nitratindholdet i grundvandet generelt højere under husdyrgødede end under handelsgødede arealer. Under husdyrgødede arealer aftager nitratindholdet imidlertid med dybden, mens indholdet stort set er det samme i grundvand fra 3 og 5 meters dybde under handelsgødede arealer. Der er ingen naturarealer i Lillebæk.

I grundvand fra meget terrænnære filtre i landovervågningsoplandene er der dokumenteret årstidsvariation i nitratindholdet, som er sammenfaldende med variationer i grundvandsspejlet. Denne variation udviskes med dybden under terræn afhængig af strømningssforholdene, idet en del af nitraten omsættes.

Grundvand under husdyrgødede arealer har højere nitratindhold end under de handelsgødede, mens der under naturarealer er et konstant lavt indhold. Grundvandets nitratindhold under både husdyr- og handelsgødede arealer korrelerer positivt med ændringer i grundvandsstanden, og dermed tykkelsen af den umættede zone.

Som helhed er det øvre grundvands kvalitet i landovervågningsoplandene, bedømt på indholdet af nitrat, fosfor, sulfat, klorid og kalium, ret stabil inden for overvågningsperioden (5 år).



Figur 3. Grundvandskort over Danmark. Råvandsdata er her inddelt i de seks hovedklasser af grundvand, som er opstillet på grundlag af data fra overvågningsområderne. Hver klassificeret boring er angivet med farve, jævnfør signaturforklaringen.



---

## 3 Hovedkomponenter i boringskontrollen

---

Sideløbende med indsamlingen af data om grundvandets kemiske sammensætning i grundvandsovervågningsområderne er der fra 1989 iværksat et omfattende overvågningsprogram for oppumpet grundvand, den såkaldte boringskontrol, hvor vandværkernes råvand analyseres. Ved boringskontrol analyseres grundvand fra hver enkelt boring på vandværkerne. Analysefrekvenserne spænder fra en gang hvert tredje år pr. boring for vandværker med stor produktion (over 700.000 m<sup>3</sup> pr. år) til en gang hvert fjerde-femte år for de mindre vandværker. Dette analyseprogram omfatter de kemiske hovedkomponenter og enkelte specialstoffer, samt øvrige specialstoffer i det omfang disse skønnes at true eller påvirke grundvandet i lokalområdet (Miljøministeriet 1988 og Miljøstyrelsen 1990). Mens grundvandsovervågningsområderne er valgt med henblik på en detaljeret overvågning af repræsentative reservoirer i Danmark, vil boringskontrollen, ud over at udsige noget om den lokale grundvandskvalitet, skabe grundlaget for en landsdækkende beskrivelse af hovedparten af det ferske danske grundvand. Tilsammen vil de to datasæt kunne karakterisere grundvandet fra det dannes til det produceres.

Boringskontrolprogrammet skal gennemføres i hele landet. De sammenhængende oplysninger vedrørende råvandets indhold af sulfat, klorid, magnesium, bikarbonat og calcium fra perioden 1989-1993, som p.t. indgår i DGU's database, er sat i relation til de hovedklasser af grundvand, som blev beskrevet for overvågningsområderne. Ved denne sammenligning (diskriminantanalyse) er de boringer, hvorfra der er tilstrækkelige data i DGU's base, henført til hovedklasser af grundvand, bilag 2 (se også forklaring i bilag 2). Et relativt stort antal boringer (787 ud af ialt 2888) har ikke kunnet klassificeres og illustreres, fordi de kemiske oplysninger er for begrænsede, eller fordi boringerne er utilstrækkeligt identificerede. Alle amter har foretaget indberetning i kategorien "boringskontrol", omend datamængden i nogle tilfælde er begrænset.

Der er endnu åbenbare mangler i arealdækningen af de indberettede boringskontroldata. Alligevel er der en betydelig grad af overensstemmelse mellem de geografiske fordelinger af grundvandets hovedklasser inden for grundvandsovervågningsområderne og råvandet fra vandværkernes indvindingsboringer. I de områder, der er dækket af boringskontroldata, er der god overensstemmelse med grundvandskvaliteten i overvågningsområderne. Grundvandets indhold af især hovedkomponenter må, som det fremstår i grundvandsovervågningsområderne, antages i hovedtræk at være dækkende for det grundvand, der pumpes op fra indvindingsboringerne.

Det gennemsnitlige nitratindhold i nitratpåvirket råvand (med over 1 mg nitrat pr. liter) inden for de enkelte amter, som det fremstår på det nuværende datagrundlag, fremgår af tabel 2. Disse data er endnu for utilstrækkelige til en nøjere vurdering og sammenligning af nitratindholdet fra amt til amt, lige som kriteriet for om grundvandet er nitratpåvirket (over 1 mg/l nitrat) muligvis må ændres på grund af forskelle i detektionsgrænser ved boringskontrollen og analyser i overvågningsområderne (se kommentar fra Fyns Amt nedenfor).

Det gennemsnitlige nitratindhold for hele landet i boringskontrolanalyser, med over 1 mg/l nitrat, er større end 25 mg/l. Analyser med over 1 mg/l nitrat udgør dog kun 1/3 af samtlige boringskontrol analyser. Til sammenligning er det gennemsnitlige nitratindhold for hele landet i drikkevandet 7 mg/l (Miljøstyrelsen 1994).



I Ringkjøbing Amt, specielt i Egvad kommune, er grundvandet i de øvre reservoirer meget nitratbelastede, og dette problem kan ikke løses ved at bore dybere ned, idet de dybereliggende tertiære jordlag hovedsagelig består af glimmerler.

Fyns Amt fremhæver, at den typiske detektionsgrænse for nitratanalyser på råvand er 3 mg/l.

I Storstrøms Amt er der kun et vandværk, der har over 50 mg nitrat pr. liter vand.

Grundvandets sulfatindhold er højt på Lolland og Stevns, mens kloridindholdet i de fleste kommuner er over den vejledende værdi for drikkevand på 50 mg/l.

Vestsjællands Amt vurderer, at nitrat på sigt kan komme til at udgøre et problem i amtet på grund af en begrænset mulighed for at påvirke arealanvendelsen, og hermed nitratudvaskningen.

Roskilde Amt foreslår, lige som Danske Vandværkers Forening tidligere har gjort, at der fast anvendes et bestemt udvalg af boringer for at vurdere udviklingstendenser i grundvandskvaliteten.

Amt	Nitrat mg/l (kun for NO <sub>3</sub> >1)			
	Antal	Gn.snit	Min.	Max.
Kbh & Frb Kommuner	1	2,2	2,2	2,2
København	.	.	.	.
Frederiksborg	55	12,8	1,1	54,0
Roskilde	64	13,7	1,1	80,0
Vestsjælland	39	25,5	1,1	122,0
Storstrøm	42	11,0	1,0	84,0
Bornholm	9	24,3	1,9	56,0
Fyn	3	36,8	9,5	88,0
Sønderjylland	16	31,4	2,0	138,0
Ribe	105	19,0	1,1	70,5
Vejle	3	21,3	2,1	39,5
Ringkjøbing	33	32,8	2,4	75,1
Århus	120	19,2	1,1	215,0
Viborg	80	30,8	1,1	120,0
Nordjylland	53	27,1	1,3	56,0

Tabel 2. Boringskontrol. Antal boringer med nitratanalyser på over 1 mg/l nitrat, samt det gennemsnitlige og minimum- og maksimumindholdet for hvert amt/kommune.

## 4 Uorganiske sporstoffer.

### Grundvandsovervågningsområderne.

Grundvand fra alle filtre, hvorfra der kan udtages prøver egnede til sporstofanalyser, analyseres én gang inden for hver treårs periode.

Første periode strakte sig fra 1989 til og med 1991. Den igangværende anden periode medfører, at en del filtre nu er analyseret to (eller flere) gange for uorganiske sporstoffer.

Stof	Antal Analyser		Antal fund		Filtre med mere end	
	1993	1989-93	1993	1989-93	ét fund	én analyse
Arsen	217	1435	204	1144	366	430
Bly	214	1192	134	447	81	342
Cadmium	214	1254	111	482	117	361
Selen	189	189	58	58	-	-
Kviksølv	142	439	128	269	28	64
Cyanid	221	975	13	66	6	240
Nikkel	241	1557	209	1162	342	459
Zink	218	1251	184	955	272	369
Kobber	218	1290	157	885	252	398
Chrom	214	1290	157	885	252	398
Aluminium	92	967	85	795	211	243
Barium	217	979	217	979	217	
Lithium	214	958	213	923	193	203
Molybdæn	213	972	179	741	158	210
Bromid	218	960	217	947	214	218
Vanadium	189	189	97	97	-	-
Strontium	226	999	226	999	233	
Tritium	197	801	-	-	135	-

Tabel 3. Analyser for uorganiske sporstoffer og antallet af fund i perioden 1989 til 1993 i grundvandsovervågningsområderne.

Tabellen viser antallet af analyser udført i 1993, det samlede antal analyser udført inden for overvågningsprogrammets løbetid, antallet af analyser over detektionsgrænsen ("fund"), samt antallet af filtre analyseret mere end én gang med et resultat over detektionsgrænsen, samt antallet af filtre, som er analyseret mere end én gang

Analyseresultaterne fra 1993 føjer sig til det allerede eksisterende billede af de uorganiske sporstoffers koncentrationsmæssige, rumlige og geografiske fordelingsmønstre.

Stof µg/l	Gennemsnitsindhold		Maksimum indhold		Antal kritiske koncentra- tioner
	Alle	Fund	1989-92	1993	
Arsen	2,32	2,68	129	36	1
Bly	0,66	1,38	40	10,8	0
Cadminum	0,066	0,146	9,89	1,0	1
Selen	0,55	1,49	- 43	0,015	2
Kviksølv	0,0043	0,0052	0,114	7,5	0
Cyanid	2,73	6,10	31	140	0
Nikkel	3,72	4,67	110	910	69/36
Zink	12,0	21,9	250	3,8	42/35
Kobber	0,92	1,44	49	8,8	0
Chrom	0,36	0,43	8,94	390	0
Aluminium	174	212	17000	1050	106
Barium	101	101	770	560	356*
Lithium	9,03	9,32	530	18	-
Molybdæn	1,30	1,63	21	15000	-
Bromid	154	156	16000	4,90	-
Vanadium	0,73	0,95	-	30080	-
Strontium	972	972	29630		-

\* For barium gælder en vejledende grænseværdi i drikkevand på 100 µgram/liter.

Tabel 4. Koncentrationer af uorganiske sporstoffer i analyser fra grundvandsovervågningsområderne. Alle koncentrationer i µg/l. Tabellen viser gennemsnitskoncentrationer for de uorganiske sporstoffer. I kategorien "alle" er indregnet analyser under detektionsgrænsen med værdi svarende til detektionsgrænsen. Ved kritisk koncentration forstås, at indholdet er af en sådan størrelse, at det pågældende grundvand ikke umiddelbart ville kunne anvendes til drikkevandsforsyning. For nikkel og zink er de kritiske koncentrationer opgjort på såvel analyser som filtre (angivet som analyser/filtre). Selen og vanadium er kun analyseret i 1993.

### Uorganiske sporstoffer i boringskontrollen.

Analyser for uorganiske sporstoffer i vandværkernes boringskontrol er anført i tabel 5. I tabellen vises antallet af analyser, antal fund, gennemsnitskoncentrationen af alle fund og den maksimalt målte koncentration, samt antallet af kritiske koncentrationer.

Stof	Antal		Gennemsnit af fund, µg/l	Maksimum µg/l	Kritiske µg/l
	Analyser	Fund			
Arsen	210	160	1,57	11	1
Bly	227	74	1,39	34,6	0
Cadmium	218	81	0,16	1,39	1
Selen	19	2	0,13	0,20	0
Kviksølv	76	31	0,0044	0,009	0
Cyanid	102	5	9,80	17	0
Nikkel	3177	1255	9,26	200	140
Zink	340	192	39,2	768	13
Kobber	204	106	1,98	27	0
Chrom	234	142	0,27	1,64	0
Aluminium	115	73	46,1	800	5
Barium	136	136	93,6	510	32
Lithium	214	210	30,6	290	-
Molybdæn	127	67	1,57	8,30	-
Vanadium	12	1	1,20	1,20	-
Bromid	127	127	104	710	-
Strontium	139	139	1104	11330	-
Tritium	69	-	-	45	-

Tabel 5. Antal analyser for uorganiske sporstoffer og antallet af fund samt koncentrationer inden for boringskontrolprogrammet i perioden 1989 til 1993. Alle koncentrationer i µg/l.

Som det fremgår af tabel 4 og tabel 5 er de to måleprogrammer koncentrationsmæssigt sammenlignelige. Det fremgår også, at der er en tydelig tendens til at uorganiske sporstoffer, der optræder som kritiske i overvågningsområder, især nikkel og zink, også optræder i kritiske koncentrationer i boringskontrollen endog i forstærket form med hensyn til maksimumkoncentration og, for nikkels vedkommende, også med hensyn til antal af filtre, hvori der er målt kritiske koncentrationer.

De mest iøjnefaldende forskelle er det høje gennemsnitsindhold af nikkel, zink og lithium i vandforsyningsboringer i forhold til overvågningsboringer og lavere gennemsnitsindhold af krom og bromid.

Også med hensyn til den relative fordeling af størrelsen af det målte indhold af de enkelte sporstoffer er resultaterne af de to programmer næsten identiske, idet langt hovedparten af målingerne ligger i de laveste koncentrationsområder og har et hastigt aftagende antal målinger med stigende indhold (fordelingen er en såkaldt "chi-square" fordeling).

En række af sporstofferne i boringskontrollen viser tydelig pH-afhængighed. Cadmium, kobber og aluminium viser stigende koncentrationer med faldende pH. Arsen, bly, nikkel, barium, bromid og strontium viser stigende koncentration med stigende pH. Kviksølv, krom, zink og molybdæn udviser ingen pH-afhængighed.

### **Kritiske koncentrationer i overvågningsområderne.**

Med overvågningsprogrammets karakter af varslingsystem samler interessen sig naturligt om forekomsten af særligt høje indhold af uorganiske sporstoffer i grundvandet, idet sådanne peger på en mulig trussel mod grundvandskvaliteten.

#### **Arsen og cadmium.**

De kritiske koncentrationer af arsen og cadmium er målt i 1992 og kommenteret i sidste års rapport. De aktuelle filtre er ikke analyseret igen. De kritiske koncentrationer af selen stammer fra overvågningsområdet Store Heddinge.

#### **Arsen**

Arsen-overskridelser er konstateret i Københavns Kommune (Nørrebroparken). Overvågningsboringen 13.11.06 er filtersat i henholdsvis 19,50 og 10,50 meters dybde under terræn. Begge filtre er analyseret for arsen i november 1990, og havde da moderate til høje arsenindhold, henholdsvis 11,4 µg/l i det nederste filter og 6,6 µg/l i det øverste. Ved analyserne i slutningen af 1992 blev der målt 46,0 µg/l i det nederste filter og 129 µg/l i det øverste. Der er således sket en markant forøgelse af arsenindhold i grundvand fra de to filtre i løbet af en to-års periode.

#### **Cadmium**

Cadmium-overskridelser er konstateret i Ribe Amt i overvågningsområdet Grindsted. Overvågningsboringen 55.01.14 er filtersat fra 9,15 til 9,65 meter under terræn i smeltevandssand, som omfatter hele intervallet fra terræn til filter. Terrænoverfladen er jævn og flad og grundvandsspejlet stiger ganske svagt mod sydøst. Udover nikkel er der ikke tidligere foretaget analyser for uorganiske sporelementer i overvågningsområdet og der foreligger kun ialt fem analyser for cadmium. Analysen er foretaget på en filtreret prøve og det meget høje indhold af cadmium må antages at stamme fra nedsivning fra overfladen. Arealanvendelsen er næsten udelukkende landbrug.

**Nikkel**

Antallet af målte kritiske nikkelkoncentrationer er steget fra 49 til 69, og antallet af filtre, hvori der er målt kritiske koncentrationer er steget fra 28 til 36, tabel 6. For 7 filtre er der tale om stadigt stigende koncentrationer. Det drejer sig om filtre i overvågningsområderne Store Heddinge, Bedsted, Brande og Herborg. I området Asemose er indholdet i to filtre konstant højt. 5 filtre med kritiske koncentrationer har ikke været analyseret tidligere.

Filtrenr.	Område	Filter- top, m.u.t.	Nikkel, µg/l			
			1990	1991	1992	1993
13.11.05.01	Frederiksb.	22,5	-	38,5	-	0,64
13.11.13.01	d.	12,0	45,8	-	47,8	39,0
13.11.14.01	do.	23,5	-	-	-	27,4
25.11.01.01	Asemose	10,0	106,0	95,0	54,0	93,0
do.	do.	do.			110,0	99,0
do.	do.	do.			82,0	30,0
do.	do.	do.				140,0
25.11.03.01	do.	10,0	32,1	38,0	36,7	24,0
do.	do.	do.			23,0	31,0
do.	do.	do.				24,0
do.	do.	do.				33,0
30.13.01.03	Nykøbing SJ.	2,5	-	45,6	-	-
35.13.03.02	St.Heddinge	15,0	90,0	-	96,0	100,0
50.11.02.02	Bedsted	3,7	25,0	-	29,0	33,0
50.11.04.02	do.	1,8	27,0	-	34,0	-
50.11.05.03	do.	1,5	-	57,0	-	52,0
50.12.08.03	Rødding	26,0	-	-	21,0	7,1
55.11.03.01	Bramming	11,5	-	-	-	110,0
55.11.06.03	do.	7,0	-	-	36,0	-
55.11.07.02	do.	10,5	-	-	-	59,0
55.12.07.02	Ølgod	19,5	-	-	-	33,0
60.11.11.01	Thyregod	6,6	-	-	22,0	-
60.14.13.02	Ejstrup	17,6	-	-	30,0	-
65.11.03.02	Brande	12,2	-	28,9	50,0	-
65.13.01.02	Herborg	10,0	-	26,2	37,4	-
65.13.01.03	do.	6,5	-	18,6	23,8	-
65.13.02.01	do.	19,0	-	23,7	45,9	-
65.13.03.01	do.	13,5	-	56,4	30,9	-
65.13.03.02	do.	12,0	-	40,8	21,1	-
65.13.03.03	do.	7,6	-	24,6	29,6	-
65.13.04.01	do.	20,6	-	43,0	26,7	-
65.13.05.01	do.	31,5	-	15,3	21,9	-
70.13.03.01	Hvinningdal	35,4	22,0	21,0	-	-
76.13.01.04	Nykøb.Mors	6,5	-	57,5	-	-
80.01.04.01	Tornby	31,5	-	-	-	31,0
80.12.10.01	Skerping	23,0	-	-	20,3	-

Tabel 6. Oversigt over nikkel-indhold i filtre med mere end 20 µg Ni/l.

**Zink**

Antallet af målte kritiske zink-koncentrationer er steget fra 33 til 42, og antallet af filtre, hvori der er målt kritiske koncentrationer, er steget fra 27 til 35, tabel 7. 6 filtre, der tidligere har vist stigende koncentrationer er ikke genanalyseret i 1993. Det drejer sig om filtre i overvågningsområderne Smålyng, Thyregod, Ejstrupholm og Skive.

3 filtre med kritiske koncentrationer har ikke været analyseret tidligere.

Filtrenr.	Område	Filter- top m.u.t.	Zink, µg/l			
			1990	1991	1992	1993
13.11.03.01	Frederiksberg	12,0	-	-	-	102
13.11.05.01	do	22,5	132	105	-	94
20.01.05.01	Endrup	98,2	-	112	-	-
30.11.05.01	Mu.Bjergby	20,8	-	117	-	-
30.13.01.03	Nykøb.Sj	2,5	-	580	-	-
35.11.09.01	Vesterborg	11,0	3	440	-	-
35.13.03.02	St.Heddinge	15,0	120	170	-	100
40.01.03.02	Smålyng	8,4	-	157	430	-
40.01.08.02	do.	7,5	-	424	-	-
42.12.03.02	Nr.Søby	21,0	-	103	-	-
42.13.02.04	Harndrup	11,2	-	324	24	2
42.13.02.05	do.	6,2	-	176	-	3
50.01.02.01	Abild	18,0	-	133	-	-
50.11.05.03	Bedsted	1,5	-	128	72	88
55.01.13.01	Grindsted	18,0	-	-	110	-
55.11.07.02	Bramming	10,5	-	-	-	150
55.13.06.01	Forumlund	16,5	151	-	-	-
60.11.02.01	Thyregod	55,0	180	-	250	-
60.11.04.01	do.	4,7	128	-	7	-
60.14.01.01	Ejstrupholm	24,0	-	89	150	-
60.14.13.02	do.	17,6	-	199	220	-
65.01.02.01	Herning	95,0	128	-	<2	-
65.13.04.01	Herborg	20,6	-	239	210	-
65.13.05.01	do.	31,5	-	159	73	-
65.14.01.03	Finderup	8,0	-	319	-	-
76.12.01.01	Skive	51,0	-	407	910	-
76.12.10.01	do.	70,0	264	-	600	-
76.13.04.02	Nykøbing M.	13,5	146	-	-	14
80.01.04.01	Tornby	31,5	-	-	-	250
80.11.15.03	Drastrup	21,0	-	1	125	-

Tabel 7. Oversigt over zink-indhold i filtre med mere end 100 µg/l Zn.

### **Aluminium og barium.**

Antallet af grundvandsanalyser i overvågningsområderne med kritisk højt indhold af aluminium og barium er stort i forhold til de øvrige sporstoffer.

Der foreligger ikke for nærværende en tilfredsstillende forklaring på de koncentrationsmæssige og rumlige fordelinger af disse to sporstoffer i grundvandet. En medvirkende årsag er, at analyseresultaterne for de to sporstoffer er behæftet med såvel prøvetagningsproblemer som analysetekniske problemer. Sammenligning med analyseresultaterne fra boringskontrollen tyder dog på, at indholdet af de to sporstoffer er forholdsvis højt i det danske grundvand.

Stort gennemsnitsindhold af aluminium forekommer overvejende i terrænnære reservoirer med frit grundvandsspejl indeholdende blødt, forvittringspræget, surt grundvand og må ses som et udtryk for den intensiverede nedbrydning af silikatminerale, som fremkaldes af fremadskridende forsurening.

Stort indhold af barium kan skyldes en række forskellige forhold. Høje gennemsnitskoncentrationer forekommer overvejende i terrænnære filtre, med såvel høj som lav pH, hvilket kunne antyde at barium frigives ved forvitring fra såvel karbonatbjergarter som silikatbjergarter. Høje gennemsnitsindhold forekommer også i dybtliggende og dermed gammelt grundvand. Endelig kan barium tilføres grundvandet gennem forurening med flyveaske, slam og handelsgødning.

### **Kritiske koncentrationer i vandværkernes boringskontrol.**

Inden for vandværkernes boringskontrol er det især antallet af kritiske nikkel-koncentrationer, der er iøjnefaldende.

De værst ramte områder blandt de indberettede, som kun omfatter en mindre del af landets vandforsyningsboringer, er området langs Køge Bugt og områderne omkring Store Heddinge, Varde, og Grindsted.

Se også diskussionen i kapitel 8.





## 5 Organiske mikroforureninger

Analyseprogrammet for organiske mikroforureninger i grundvandet omfatter femten stoffer fordelt på følgende grupper: Aromatiske kulbrinter (aromater), klorerede alifatiske kulbrinter (klorerede opløsningsmidler) og phenol plus alkylfenoler. Da de 15 stoffer ikke omfatter samtlige organiske forbindelser, der kan tænkes at forurene grundvandet indgår også samleparametrene NVOC (ikke flygtige organiske stoffer), AOX (adsorberbare organiske halogener) og VOX (flygtige organiske halogenforbindelser) i analyseprogrammet. Bestemmelsen af samleparametrene skulle give et fingerpeg om eventuel tilstedeværelse af andre forurenende organiske stoffer. Desværre har det vist sig vanskeligt at opnå pålidelige resultater for samleparametrene med de anvendte analysemetoder (Miljøstyrelsen, 1993b). De største usikkerheder er forbundet med AOX bestemmelserne. Problemerne med analysemetoderne for de organiske samleparametre undersøges fortsat.

### Enkeltstof-analyserne.

I 1993 er antallet af prøver analyseret for hver af de 3 følgende grupper: Aromater 350 (25), klorerede kulbrinter 330 (32) og fenoler plus alkylfenoler 380 (1). Tallene i parentes angiver antallet af prøver med koncentrationer over 0,05 µg/l. En del fund drejer sig om vandprøver fra samme boring og filter til forskellige tidspunkter. Tabel 8 viser i hvor mange forskellige, af de godt 400 undersøgte overvågningsboringer/filterniveauer, der er påvist organiske mikroforureninger. Stofferne i opgørelsen regnes som "fundet" når stoffets koncentration er lig med eller over 0,05 µg/l. Da analysefrekvensen for de organiske mikroforureninger i grundvandet (fra overvågningsboringer med egnede filtre) var én gang hvert tredje år, er fundene for den første 3-års periode, 1989-91, samlet i en kolonne.

Stof	1989-1991 Fund	1992		1993		max konc. µg/l
		Genfundet	Nye fund	Genfundet	Nye fund	
Benzen	32	17	5	11	5	1,5
Toluen	18	2	4	0	5	6,6
p-Xylen	3	0		0	0	0,19
m-Xylen	3	0	0	0	0	0,50
o-Xylen	5	1	8	0	2	0,80
m+p-Xylen	5	4	8	0	3	0,40
Naphtalen	2	0	0	0	0	0,25
Trichlormethan	25	11	3	6	4	7,2
Tetrachlormethan	3	0	2	0	0	1,6
Trichloretylen	11	6	4	3	4	4,3
Tetrachloretylen	5	3	2	3	1	1,0
1,1,1 Trichlorethan	7	1	2	1	1	0,83
Phenol	14	0	2	0	1	0,34
Alkylfenoler	11	0	0	0	0	0,11

Tabel 8. Fund af organiske mikroforureninger i alle overvågningsboringer. Hvert filterniveau i en given overvågningsboring tælles for sig, dvs. en boring kan tælle med flere gange. "Fund" angiver at koncentrationen af stoffet er større eller lig med 0,05 µg/l (lavere værdier er udeladt).

Fra 1993 er analysefrekvensen øget til én gang hvert andet år. Der har tidligere været betydelige vanskeligheder med at sammenligne analyseresultaterne fra år til år og fra sted til sted pga. af meget store forskelle i forskellige laboratoriers analyse-detektionsgrænser. Fra 1993 er kravet til detektionsgrænse for enkeltstofferne sat til 0,05 µg/l, og det krav er opfyldt for de fleste af de indberettede analysedata for 1993. De foregående års indberetninger indeholdt et ikke ubetydeligt antal fund af organiske mikroforureninger i meget lave koncentrationer, helt ned til 0,002 µg/l. Det er usikkert om laboratorierne kan leve op til så lave detektionsgrænser, men der er dokumentation for detektionsgrænsen på 0,05 µg/l (Miljøstyrelsen, 1993b), og vi har derfor valgt at udelade analyseresultater under 0,05 µg/l af opgørelsen i tabel 8.

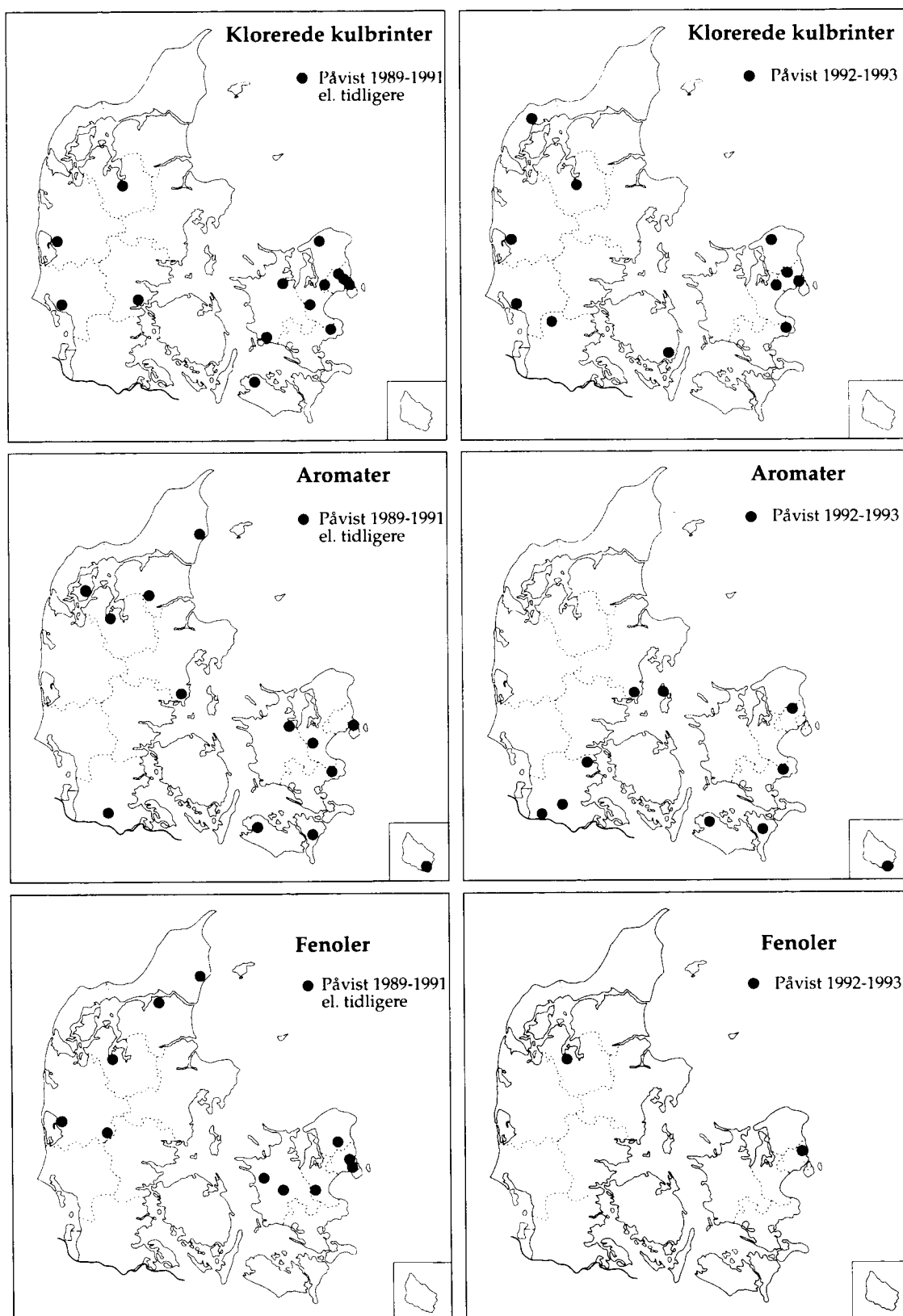
Med indberetningerne for 1992 og 1993 har vi endnu ikke et komplet sæt af data til sammenligning med udviklingen siden første periode, men opgørelsen i tabel 8 antyder at antallet af fund ikke vil ændres væsentlig for de klorerede kulbrinter og aromaternes vedkommende. Dermimod synes antallet af fenol-fund at være faldende.

Påvisningen af organiske mikroforureninger indenfor de tre forskellige stoftyper, klorerede kulbrinter, aromater og phenol plus alkylfenoler i de enkelte overvågningsområder er vist på figur 4. Som det ses, er det især i hovedstadsregionen, at forureningen med alle tre stoftyper findes. Hvert overvågningsområde tæller flere boringer og derfor er antallet af markeringer på figur 4 ofte mindre end antal fund vist i tabel 8.

### AOX og VOX

Der er indberettet 180 analyser af "adsorberbart organisk halogen" AOX for 1993 og heraf lå de 94 under detektionsgrænsen (1-3,8 µg/l). Analyseresultaterne for AOX over detektionsgrænsen fordelte sig som følger: 56 (3,8-7 µg/l), 22 (7-15 µg/l), 7 (15-30 µg/l) og 1 (over 30 µg/l). Analyserne for AOX i perioden 1989 - 91 og for 1992 viste nogenlunde samme mønster. Formålet med AOX analyserne er at give et fingerpeg om eventuel forurening med halogenholdige organiske stoffer i grundvandet. Ved AOX analyserne bestemmes også naturligt forekommende halogenholdige humusstoffer, og den naturlige koncentration af AOX kan være op til 40 µg/l (Grøn, 1990). Pga af usikkerheden ved AOX analyserne (Miljøstyrelsen, 1993b) og tilstedeværelsen af naturligt AOX har det ikke været muligt at fastslå eventuelle forureninger i overvågningsboringerne på baggrund af AOX analyserne.

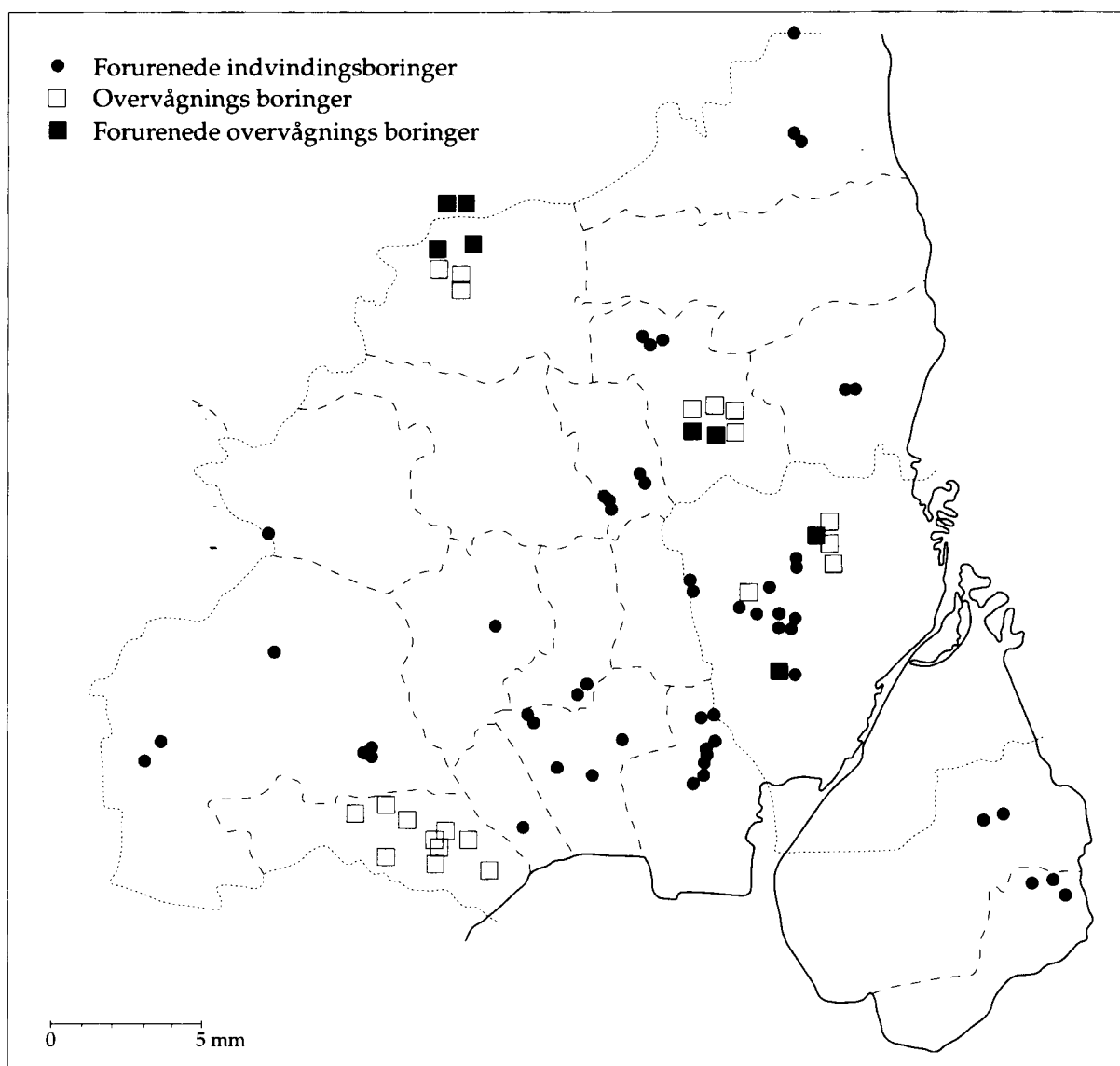
For 1993 er der indberettet 337 analyser af "flygtigt organisk halogen" VOX og heraf lå 32 over detektionsgrænsen på 0,3 µg/l. Af de 32 fund lå 6 mellem 0,5 og 1 µg/l, 4 på godt 1 µg/l og 1 på 2,8 µg/l. For 2 af de 6 prøver med VOX mellem 0,5 - 1 µg/l blev der også fundet klorerede kulbrinter i tilsvarende koncentration. For de 5 prøver med mere end 1 µg/l VOX blev der fundet klorerede kulbrinter i 2 tilfælde. De 5 klorerede kulbrinter, der er vist i tabel 8 udgør ikke samtlige organiske forbindelser inden for denne stofgruppe, og hensigten med VOX analyserne er at få en indikation af eventuelle andre klorerede kulbrinter i grundvandet. Som nævnt har der også været problemer med pålideligheden af VOX bestemmelserne og det kan derfor ikke med sikkerhed afgøres om den manglende overestemmelse mellem analyseresultaterne af VOX og de klorerede kulbrinter skyldes tilstedeværelse af andre klorerede kulbrinter i grundvandet.



Figur 4. Overvågningsområder, hvor der er fundet organiske mikroforureninger i grundvandet.

### Organiske mikroforureninger i boringskontrollen

De indberettede oplysninger om det oppumpede grundvands indhold af organiske mikroforureninger, omfatter langt fra den information, som findes i kommunerne. Københavns amt har gennemført en systematisk undersøgelse af grundvandet for organiske mikroforureninger (Københavns amt, 1992). Den hyppigste forurening skyldes klorerede kulbrinter, figur 5. Placeringen af overvågningsboringer, og i hvilke af disse der er fundet klorerede kulbrinter, fremgår også af figur 5. Forureningens omfang understreges af den kendsgerning, at ca en tiendedel af de 500 vandforsyningsboringer, der er i amtet har måtte lukkes pga forurening med klorerede opløsningsmidler. I København og Frederiksberg kommuner er der også fundet klorerede kulbrinter i et stort antal boringer i forbindelse med en række forureningsundersøgelser.



Figur 5. Oversigt over forureninger af grundvandet med klorerede kulbrinter i Københavns Amt. Modificeret efter Københavns Amt, 1991.

## 6 Pesticider og klorfenoler

### Pesticider i overvågningsområderne

Der er indberettet ca. 1.500 analyser for pesticider fra grundvandsovervågningen, hvor der p.t. er analyseret for pesticider i ca. 825 filtre ud af ca. 860, der er skønnet som egnede til udtagning af vandprøver til pesticidanalyser. Dog er der analyseret for atrazin i vandprøver fra 839 filtre.

Der foreligger op til 7 analyser fra enkeltfiltre i overvågningsprogrammet.

I grundvand fra 71 boringsfiltre er fundet 1-3 pesticider, svarende til et samlet antal påvisninger af enkeltstoffer på 93, tabel 9.

Der er fundet pesticider i 9% af de undersøgte boringer, hvilket er en stigning i forhold til sidste år (6%). Antallet af filtre, hvor der er fundet pesticider over grænseværdien for drikkevand på 0,1 µg/l, er 25, svarende til ca. 3% af de undersøgte filtre.

Gennemsnitsindholdet er 0,11 µg/l, når de 8 største koncentrationer, fra boringer, der formodentlig skyldes punktforureninger eller gårdspladsforurening, udelades.

Stof	Påvisninger	Koncentration i µg/l
<b>Fenoxysyrer</b>	1989-1993	
Dichlorprop	26	0,010 - 25,000
Mechlorprop	21	0,010 - 0,430
MCPA	7	0,010 - 1,040
2.4-D	6	0,010 - 0,230
<b>Triaziner</b>		
Atrazin	20	0,005 - 21,500
simazin	7	0,040 - 0,870
<b>Fenolmidler</b>		
Dinoseb	3	0,020 - 0,038
DNOC	3	0,001 - 0,294

Tabel 9. Fund af pesticider i den danske grundvandsovervågning. De 8 analyserede pesticider er fundet i 93 tilfælde i 71 filtre.

Det stigende antal fund skyldes særlig, at der er fundet pesticider under byområder, og at fund der tidligere blev afskrevet på mistanke om analysefejl, nu kan tolkes som variationer i grundvandets pesticidindhold. Det sidste fremgår nye data fra analyser af nye vand-

prøver udtaget umiddelbart efter, der er påvist et eller flere pesticider. Resultatet af disse gentagne analyser viser, at pesticiderne ofte kan genfindes i vandprøver, udtaget med få måneders mellemrum, mens de ofte ikke kan genfindes i vandprøver, udtaget med 1-2 års interval.

Det er dichlorprop, mechlorprop og atrazin, der hyppigst er fundet i grundvandsovervågningen, og særlig dichlorprop og atrazin er fundet i høje koncentrationer. 2,4-D, MCPA og simazin er fundet lige hyppigt, MCPA dog i højere koncentrationer sammenholdt med 2,4-D. Fenolmidlerne dinoseb og DNOC er kun fundet i enkelte tilfælde, tabel 9.

### Pesticider i vandværkernes råvand

Der foreligger pesticidanalyser af vandprøver fra over 2.000 vandindvindingsboringer og enkelte andre boringer. En del af disse analysedata stammer fra 1994, og skal i princippet først afrapporteres i 1995, men er medtaget i denne rapport.

I tabel 10 er fordelingen af pesticider opgjort for 2.027 af disse boringer, idet grænseværdien for drikkevand er overskredet i 70 boringer, og gennemsnitsindholdet for samtlige boringer med fund er 0,21 µg/l.

De analyserede boringer er fordelt på amter i tabel 11. Der er ialt fundet pesticider i 303 vandindvindingsboringer og enkelte andre boringer, og i disse er der fundet et eller flere af de 8 analyserede pesticider i 424 tilfælde. Fundprocenten varierer fra 2-36.

Stof	Påvisninger	Koncentration i µg/l
<b>Fenoxysyrer</b>		
Dichlorprop	83	spor - 18,70
Mechlorprop	67	spor - 0,490
MCPA	13	spor - 2,300
2,4D	2	0,010 - 0,016
<b>Triaziner</b>		
Atrazin	146	spor - 5,400
Zimazin	91	spor - 0,190
<b>Fenolmidler</b>		
Dinoseb	2	0,110 - 0,370
DNOC	2	0,104 - 0,127

Tabel 10. Fund af pesticider i vandindvindingsboringer og enkelte andre boringer. Data fra 2027 vandværksboringer. De 8 analyserede pesticider er fundet som enkeltstoffer i 406 tilfælde i 284 boringer.

Amt/ vandforsyning	Boringer analyseret	Boringer med fund	Påvisninger, enkeltstoffer	Boringer med fund, %
Kommunale vandværker 1)	278	88	152	32
København og Frederiksberg 2)	29	5	10	17
Københavns Amt	26	3	7	12
Frederiksborg 3)	66	1	1	2
Roskilde	113	19	26	17
Vestsjælland	189	6	8	3
Storstrøm 4)	33	12	16	36
Bornholm	24	3	4	13
Fyn	272	21	27	8
Sønderjylland	300	77	94	26
Ribe	157	19	23	12
Vejle 5)	246	14	14	6
Ringkjøbing 6)	96	8	9	8
Århus	198	8	11	4
Viborg	64	4	4	6
Nordjylland	359	15	18	4
total	2450	303	424	12.4

Tabel 11. Oversigt over analyserede vandindvindingsboringer og enkelte andre boringer, samt fund af pesticider.

1) Analysedata fra Københavns Amt, Roskilde Amt, Frederiksborg Amt og Vestsjællands Amt.

2) Analyser fra generel overvågning i Københavns Kommune, ikke råvand.

3) Analyser af blandingsvand og rentvandsanalyser ikke medtaget.

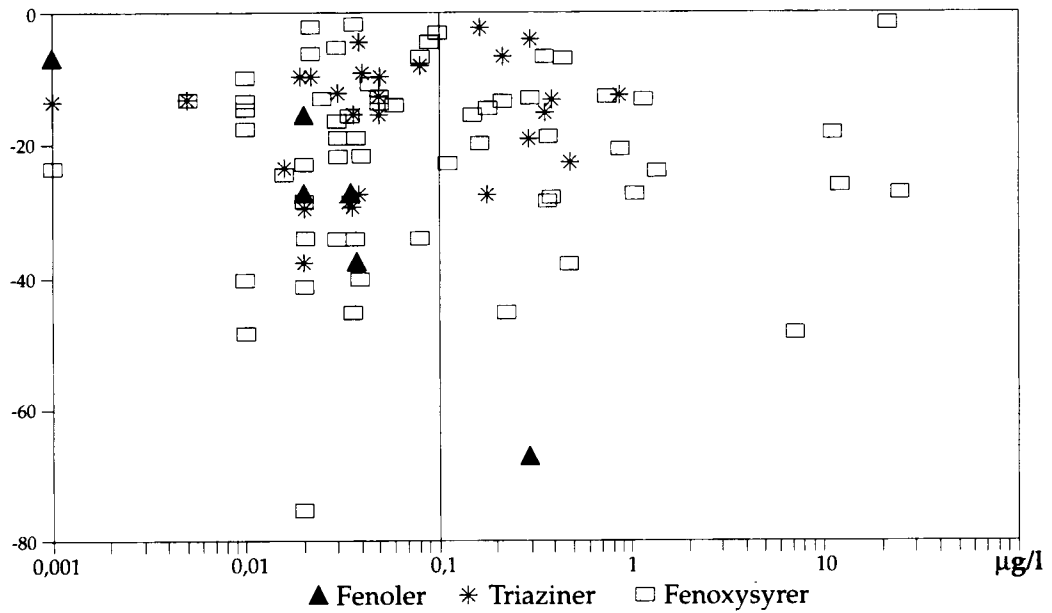
4) Undersøgelse fra 1993 af udvalgte boringer med nitratbelastet grundvand, tæt ved arealbelastede områder (samt data fra Faxe)

5) Data fra notat udarbejdet af amt. I notatet indgår blandingsvand fra flere boringer, samt et antal pesticider der ikke indgår i analyseprogrammet.

6) 3 fund af dichlorprop fra boringer (mærket råvand) ved kemikaliedepot medtaget.

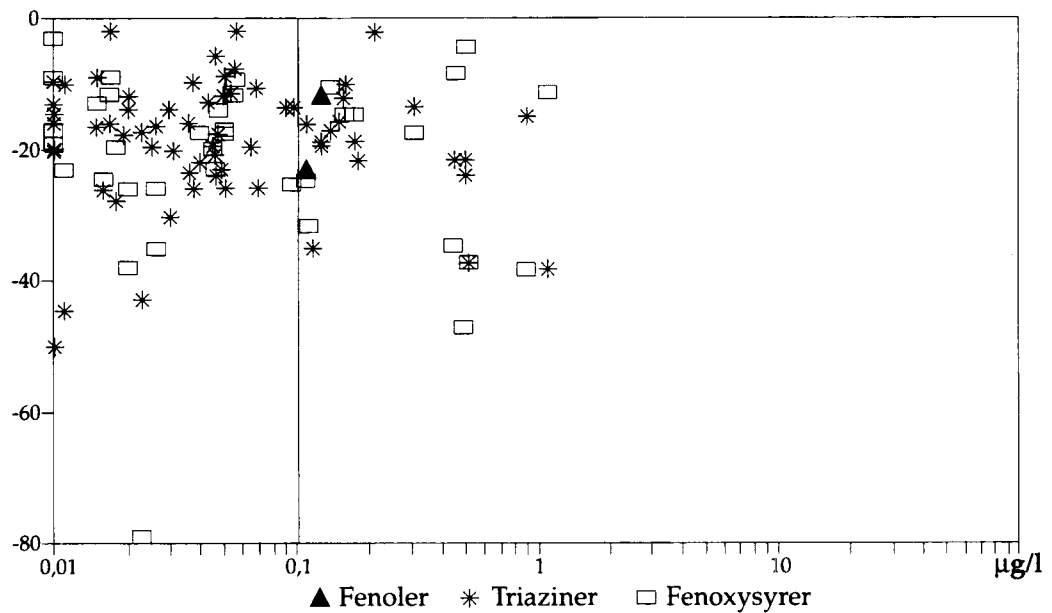


Dybde i meter under terræn

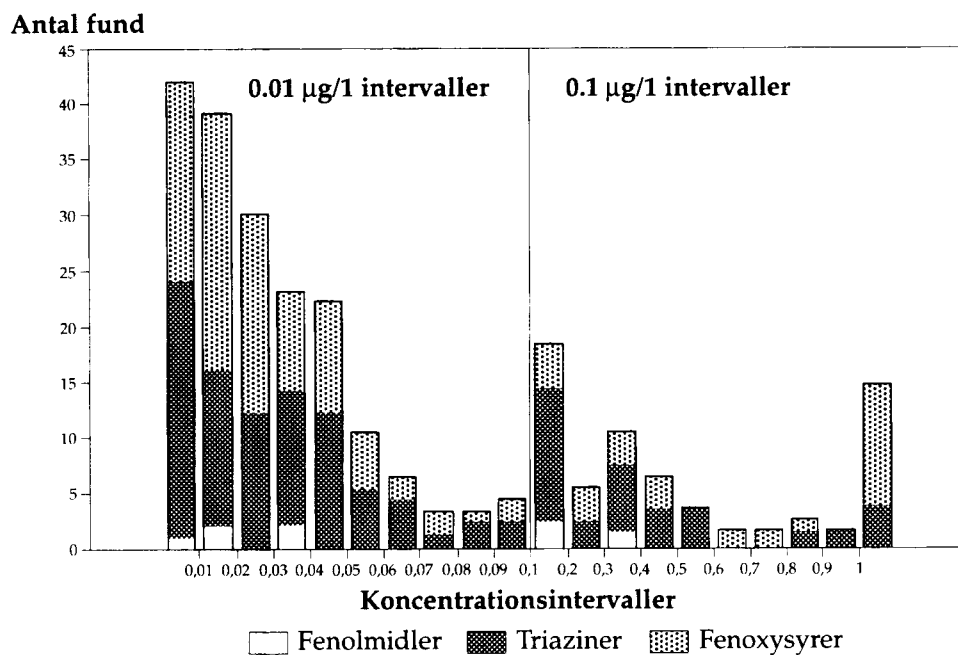


Figur 6. Pesticidindhold i overvågningsområderne mod dybde. Bemærk at fund på 0,001  $\mu\text{g/l}$  er under detektionsgrænsen (rapporteret som "spor").

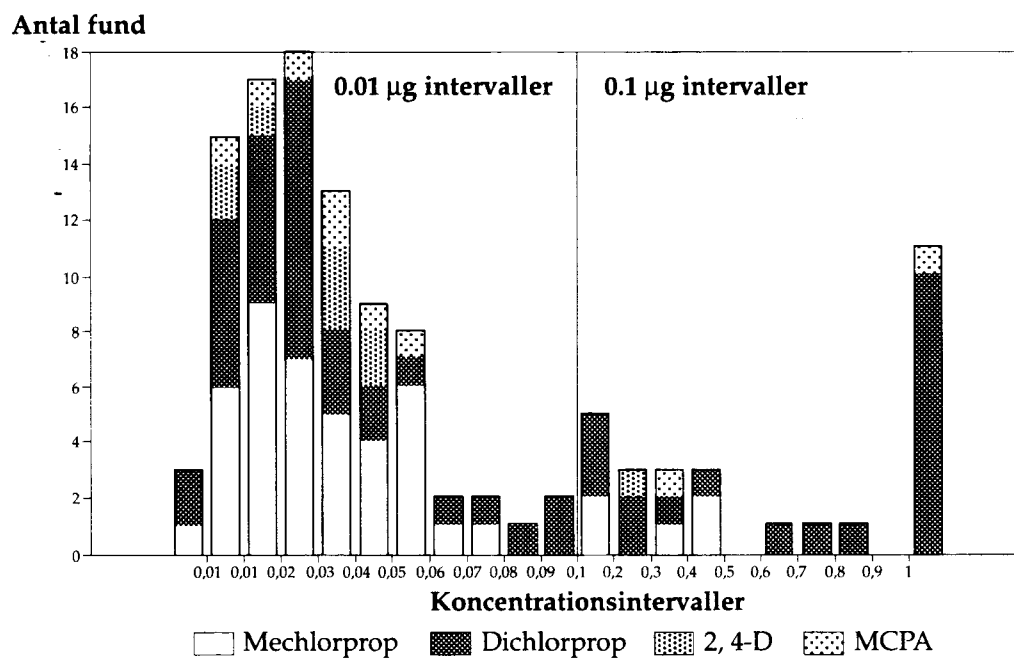
Dybde i meter under terræn



Figur 7. Pesticidindholdet i råvand mod dybde (Boringskontrol).



Figur 8. Indhold af fenolmidler, triaziner og fenoxysyrer i analyser fra boringskontrollen og overvågningsområderne. Bemærk skift i skalainddeling på x-aksen ved 0,1  $\mu\text{g/l}$ .



Figur 9. Boringskontrol og grundvandsovervågningsområder. Fund og indhold af fenoxysyrerne dichlorprop, mechlorprop, MCPA og 2,4-D. Bemærk at koncentrationsintervallet for en søjle ændrer sig midt i figuren.

Der er kun fundet få af de 8 analyserede pesticider i Frederiksborg Amt, Vestsjællands Amt, Viborg Amt, Århus Amt og Nordjyllands Amt.

Særlig er den lave fundprocent i Frederiksborg Amt og Nordjyllands Amt bemærkelsesværdig, da der i disse amter også kun er enkeltstående fund af pesticider i det oppumpede grundvand. De manglende pesticidfund i de to amter og i andre regioner i Danmark kan måske forklares af specielle geologiske og geokemiske forhold.

Der findes endnu kun få analyser af pesticidindholdet i drikkevand, men da der sandsynligvis ikke sker nedbrydning under simpel vandbehandling, kan resultaterne fra boringskontrollen antageligt overføres til drikkevand. Drikkevandet vil dog ofte være sammensat af råvand fra flere boringer, hvor måske kun en boring indeholder pesticider. Fortyndingseffekt i sammensat drikkevand kan derfor bewirke, at pesticiderne ikke kan findes i koncentrationer over detektionsgrænsen.

Ved boringskontrollen er fenoxysyren dichlorprop fundet hyppigst og i de største koncentrationer. Mechlorprop er dog fundet næsten lige så hyppigt, men i væsentligt lavere koncentrationer. MCPA og 2,4-D er kun fundet i enkelte tilfælde.

### **Overvågnings- og råvandsdata. Koncentrationsfordelinger**

Hovedparten af pesticider i grundvand er fundet i intervallet fra 10 meter til 40 meter under terræn, figur 6 og 7.

Gennemsnitsindholdet af pesticider falder med dybden i overvågningsboringer, i modsætning til gennemsnitsindholdet i råvand. Denne variation i råvandet kan skyldes, at der i råvandsboringer blandes vand fra et større opland, og at kun dele af dette er påvirket af arealbelastning eller punktkilder.

Grundvandsovervågningen registrerer i modsætning til boringskontrollen den aktuelle geokemi i de undersøgte reservoirer, og dermed også en eventuel påvirkning fra landbrug. Det sidste underbygges af, at pesticidindholdet generelt er varierende i overvågningsområderne, men relativt stabilt i vandværkernes råvand.

De fleste pesticidfund ligger i koncentrationsintervallet 0,01 til 0,07 µg/l, hvor 0,01 µg/l er den normalt anvendte detektionsgrænse, figur 8. I koncentrationsintervallet fra 0,07 µg/l og opad dominerer fund af fenoxysyrer og triaziner, mens fenolmidler kun forekommer sjældent. Koncentrationsfordeling kan afspejle, at påvirkning fra landbruget især registreres som fund med lave koncentrationer, mens større koncentrationer kan stamme fra for eksempel intensiv arealbelastning eller punktforurening.

Blandt fenoxysyrerne er det dichlorprop, der i flest tilfælde er påvist i koncentrationer over grænseværdien for drikkevand, figur 9. Anvendelsen af dichlorprop i landbruget er gennem de sidste 15 år faldet væsentligt med omlægningen fra vårafgrøder til vinterafgrøder, mens forbruget af mechlorprop til behandling af vinterafgrøder er steget. Da hovedparten af det analyserede grundvand er mellem 10 og 40 år gammelt, kan ændringen i forbrugsmønstret påvirke grundvandets pesticidindhold i de kommende år. Der må således forventes et stigende antal fund og større indhold af mechlorprop i grundvand, særligt fordi muligheden for udvaskning er væsentligt større i efterår, hvor stoffet hyppigst anvendes.

Simazin findes oftest i små koncentrationer, mens atrazin forekommer hyppigt i både lave og høje koncentrationer. Da hovedparten af triazinfundene stammer fra boringskontrollen, afspejler fordelingen antagelig, at grundvandet er påvirket både af arealbelastning, intensivt dyrkede arealer og punktforureninger som for eksempel befæstede arealer og nedgravede pesticidrester.

### Fenoxysyrer

Fenoxysyrer er næsten udelukkende fundet i nitratfrit grundvand. Af de relativt få fund af fenoxysyrer, (10 fund), hvor der også er fundet nitrat (op til 157 mg/l), kan 4 henføres til vandværksboringer, der indvinder blandingsvand, 1 til et filter, hvor der er målt nitrat, men ikke ilt, samt 2 til overfladenært grundvand. De 3 sidste fund er fra liniemoniterende filtre i overvågningsområderne.

Tilsvarende forekommer fenoxysyrerne næsten udelukkende i iltfrit eller reduceret grundvand, der også indeholder opløst ferrojern. Kun to vandprøver, hvor der foreligger pesticid- og jernanalyser, har et jernindhold på under den anvendte detektionsgrænse på 0.01 mg/l.

Fenoxysyrerne er ofte fundet i grundvandet under Københavns Kommune. Kommunen mener, at de mange fund dels skyldes anvendelse af fenoxysyrer i parker og andre områder, spild og antagelig sprøjtning af befæstede arealer.

To andre amter, Fyns Amt og Sønderjylland Amt, har ligeledes i mange tilfælde fundet fenoxysyrer i grundvandet. De to amter mener, at forekomsten i langt overvejende grad skyldes intensiv arealanvendelse.

Vestsjællands Amt vurderer, at forekomsten af fenoxysyrer skyldes forurening, men ikke om det skyldes punkt- eller arealbelastning. De øvrige amter henfører oftest fundene til arealbelastning, men nævner dog også andre forureningstyper, som forurening under borearbejde eller gårdspladsforurening.

Der er ikke fundet fenoxysyrer i grundvandet i de vestjyske amter, hvilket antagelig kan forklares ved at disse områder er præget af nitratholdigt (og iltet) grundvand, samt generelt af en tyk umættet og iltet zone bestående af sandede sedimenter.

Dette stemmer overens med nedbrydnings- og mobilitetsforsøg (Matthess & Isenbech 1987, Agertved et al. 1992, Klint et al. 1993), der viser, at fenoxysyrer tilsyneladende nedbrydes relativt hurtigt under iltrige forhold i grundvand. Ved en igangværende undersøgelse, (DGU/DMU/SP), ved Fladerne bæk er der dog fundet fenoxysyrer (MCPA) i grundvand under et sandet areal, hvilket forklares ved en hurtig stof- og vandtransport gennem et grundvandsmiljø med en sammentrængt redoxzoner. En undersøgelse af nedvaskning af pesticider gennem en tyk umættet zone bestående af sand under en majsmark gødsket med gylle viste, at de anvendte pesticider blev omsat i de øverste meter af den umættede zone (DGU/DMU, under rapportering). Tilførselen af husdyrgødning til den undersøgte mark skabte tilsyneladende et geokemisk og mikrobiologisk miljø, der var gunstigt for omsætning af pesticider.

Det kan antages, at fenoxysyrerne er særligt mobile i lerede sedimenter, der er dominerende for de øvre geologiske lag i Østdanmark, hvor stofferne er fundet under lerlag, der er op til ca. 40 meter tykke. Transport af pesticider gennem opsprækket moræneler er vist i morænelerssprækker af Jørgensen & Fredericia (1992), og i moræneler under en frugtplantage (bl.a. fenoxysyrer), GI/DGU/DMU/Vestsjællands Amt (igangværende undersøgelse).

Der kan på få timer transporteres vand gennem sprækker i den umættede zone til grundvandet (Jørgensen og Spliid, 1993). Da moræneleret under mættede forhold er præget af

iltfrie forhold, både i morænelersblokke og i sprækker, er det sandsynligt, at fenoxysyrer hurtigt kan transporteres fra rodzonen gennem sprækker og andre makroporer for eksempel vertikale ormegange (Stehouwer et al. 1994) til et reduceret grundvandsmiljø, hvor stofferne er stabile eller kun nedbrydes langsomt.

### Triaziner

Triaziner er dels fundet i iltfrie grundvandsmiljøer sammen med fenoxysyrerne, men også hyppigt i iltet grundvand under sandede jorde, hvor nitratindholdet kan være højt. Triaziner er således tilsyneladende relativt stabile i både iltfrit og iltet grundvand. Dog er der regioner i Danmark (Nordsjælland og Nordjylland), hvor der kun sjældent findes triaziner eller fenoxysyrer, hvilket måske kan forklares ved mikrobiel omsætning af stofferne i grundvandet.

Der er tilsyneladende et sammenfald mellem arealanvendelsen og fund af triaziner i grundvand, især atrazin. Atrazin findes således ofte i grundvand under eller tæt ved nåletræsplantager, juletræskulturer og intensivt dyrkede arealer som for eksempel gartnerier, frugt plantager og planteskoler. Atrazin forekommer også under befæstede arealer som for eksempel jernbaner og vejanlæg.

### Klorfenoler/metabolitter

Ved grundvandsovervågningen er der fundet klormetylfenoler og klorfenoler i grundvandsprøver fra 18 filtre, tabel 12, mens der er fundet en til to fenoxysyrer i 6 af disse filtre. Dichlorpropindholdet i grundvandet fra disse 6 filtre i koncentrationer er særdeles højt (0,74 -13,9 µg/l). Sammen med dichlorprop er der fundet MCPA i 2 filtre (0,045 og 0,24 µg/l) og mechlorprop i 2 filtre (0,137 og 0,207 µg/l).

Stof	Antal filtre	koncentration i µg/l
4-chlor-2-methylphenol*	5	0,040 - 8,79
6-chlor-2-methylphenol*	1	0,750
2,4-dichlorphenol*	9	0,010 - 0,448
2,6-dichlorphenol*	6	0,010 - 2,007
2,4,6-trichlorphenol*	2	0,005 - 0,018
2,3,4,6-tetrachlorphenol	3	0,013 - 0,25
2,3,5,6-tetrachlorphenol	1	0,019
2,3,4,5-tetrachlorphenol	1	0,015
pentachlorphenol	5	0,024 - 0,347
<b>filtre med et/flere stoffer</b>	<b>18</b>	

Tabel 12. Fund af klorfenoler- og klormetylfenoler ved grundvandsovervågning.  
\* Mulige metabolitter (nedbrydningsprodukter) fra fenoxysyrer.

Ved boringskontrollen er der som regel ikke analyseret for klorfenoler. Dog har for eksempel Københavns amt fundet 4-chlor-2-methylphenol i en boring under en gårdsplads ved en frugt/bærplantage, hvor også de 4 analyserede fenoxysyrer samt dinoseb blev fundet.

Nedbrydning af fenoxysyrer anses normalt for at ske mikrobielt via aerobe jordbakterier (Loos, 1990), der dog også nævner at for eksempel 2,4-D tilsyneladende kan nedbrydes af svampe ved pH-værdier på ca. 5.3. Det er dog normalt de aerobe mikrobielle processer,

der tilskrives et nedbrydningspotentiale via cometabolsk enzymnedbrydning af pesticider. Det fremgår ikke af den tilgængelige internationale litteratur, om jordbakterier kan adaptere fenoxysyrer som primært substrat, men danske undersøgelser (Zeuthen et al. 1988) tyder på at nedbrydningen af fenoxysyrer i dyrkningslaget er mere effektiv ved gentagne sprøjtninger af samme mark.

Loos (1990) og Matthes (1987) beskriver en række nedbrydningsprodukter fra fenoxysyrer, særlig 2,4-D og MCPA, hvor metabolitter af chlorphenol og chlormethylphenol-typen nævnes. Særlig 2,4-dichlorphenol, (2,4-D), 2,6-dichlorphenol, (2,4-D) og 4-chlor-2-methyl-phenol, (MCPA), nævnes som metabolitter ved cometabolsk nedbrydning i aerobe miljøer.

Der er tilsyneladende en sammenhæng mellem fenoxysyrefund i grundvand fra overvågningsområderne og fund af de 3 metabolitter 2,4-dichlorphenol, 2,6-dichlorphenol og 4-chlor-2-methyl-phenol. Særlig når indholdet af dichlorprop er stort, forekommer der tilsyneladende klorfenoler.

Det er sandsynligt, at fund af 4-chlor-2-methylphenol i grundvand fra 5 filtre skyldes nedbrydning af især MCPA. I disse 5 filtre er der ikke fundet fenoxysyrer. Det er ikke sandsynligt, at de øvrige fund af klorfenoler, (2,4,6- til pentachlorphenol), er nedbrydningsprodukter fra de 4 analyserede fenoxysyrer. Triklorforbindelserne kan måske være metabolitter fra fenoxysyren 2,4,5-T, der tidligere har været anvendt i Danmark.

Fund af metabolitter i overvågningsfiltre, hvor der også forekommer fenoxysyrer stammer fra Københavns kommune, (4 fund), og fra Vestsjælland Amt, (2 fund).

## Udenlandske erfaringer

Der analyseres for atrazin i næsten alle udenlandske overvågningsprogrammer. Resultater fra Tyskland, England og USA viser, at atrazin er fundet i 5-14% af de undersøgte boringer, mens der til sammenligning er fundet atrazin i ca. 3% af de danske grundvandsovervågningsfiltre.

Disse data er dog ikke direkte sammenlignelige, da der i udlandet analyseres grundvand fra vandindvindingsboringer, mens der i de danske grundvandsovervågningsområder analyseres vandprøver fra specielle boringer, hvor der kun udtages små vandmængder. I den igangværende boringskontrol er der p.t. fundet atrazin i ca. 7% af de undersøgte boringer, hvilket er af samme størrelsesorden som i udlandet.

Med hensyn til fenoxysyrer er der i udenlandske overvågningsprogrammer fra 8 lande foretaget analyser af ialt 4.886 vandprøver udtaget fra råvand og drikkevand (Rekolainen 1987., Steichen et al. 1988, Spalding et al. 1989, Cavalier et al. 1989, DFG 1990, Felding et al. 1991, RIVM/RIZA 1991, Sievers et al. 1992, Koterba et al. 1993).

I disse vandprøver er der fundet fenoxysyrer i 663 prøver, svarende til en total fundprocent på 12.9%.

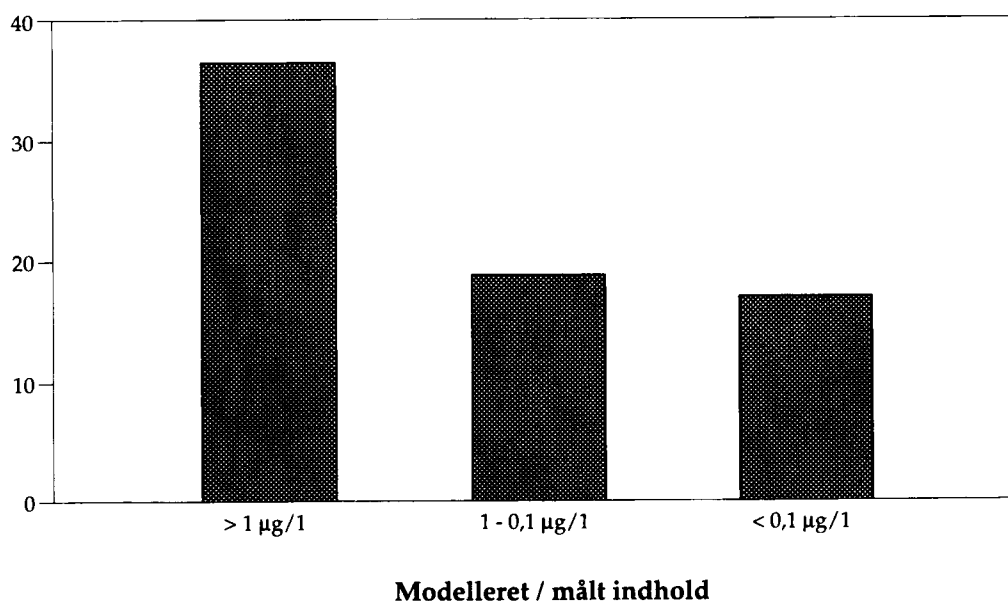
Fundprocenten kan dog være større, fordi der i nogle undersøgelser kun rapporteres fund over for eksempel 1 µg/l, eller fordi detektionsgrænsen er højere end den, der er anvendt i Danmark.

I udlandet er Dichlorprop og MCPA de pesticider, der hyppigst er fundet i koncentrationer, der overstiger EU grænseværdien for drikkevand, mens mechlorprop er fundet hyppigst i de analyserede boringer, men i lavere koncentrationer. 2,4-D er det stof, der er fundet i færrest tilfælde (5.3%) og i de laveste koncentrationer. Et tilsvarende mønster

findes i Danmark. Datagrundlaget for MCPA og 2,4-D er lille, men tilsyneladende forekommer MCPA i grundvand fra overvågningsområderne i relativt høje koncentrationer.

Ved en opgørelse af pesticider i udenlandsk grundvand er det fundet, at mere end 70 pesticider, der anvendes eller har været anvendt i Danmark, kan udvaskes fra rodzonen til grundvandet. Pesticiderne er fundet i amerikansk og europæisk grundvand i stærkt varierende koncentrationer og hyppighed. Modelleringsresultater (Canton et al. 1991) og udenlandske undersøgelser viser, at ca. 36 pesticider kan udvaskes fra rodzonen i koncentrationer over 1 µg/l, 18 i koncentrationer mellem 1 og 0,1 µg/l, mens 16 kan udvaskes i koncentrationer under 0,1 µg/l, figur 10.

#### Antal udvaskelige pesticider

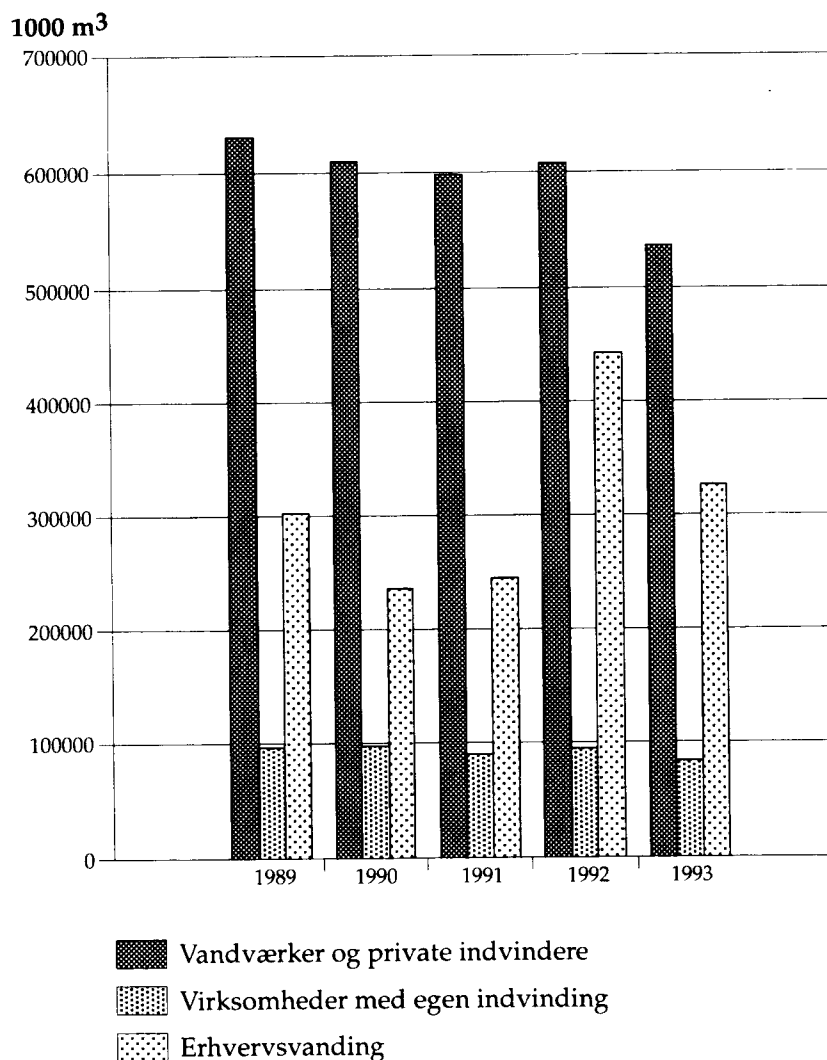


Figur 10. Udvaskelelige pesticider. Antal stoffer i forhold til deres udvaskelelighed. Data fra overvågning af europæisk og amerikansk grundvand.

Pesticider nedbrydes til en række nedbrydningsprodukter, metabolitter. For eksempel kan atrazin nedbrydes til mindst 3 atrazinlignende stoffer, mens fenoxysyrerne nedbrydes til klorfenoler. Antallet af nedbrydningsprodukter kan derfor være væsentligt større end antallet af udvaskelelige pesticider. Der analyseres kun for et fåtal af disse metabolitter både i den danske grundvandsovervågning og i udenlandske undersøgelser, og der er derfor ingen sikker viden om, hverken i hvor store mængder disse stoffer er tilstede i grundvand, eller om hvor stabile metabolitterne er i forskellige grundvandsmiljøer.

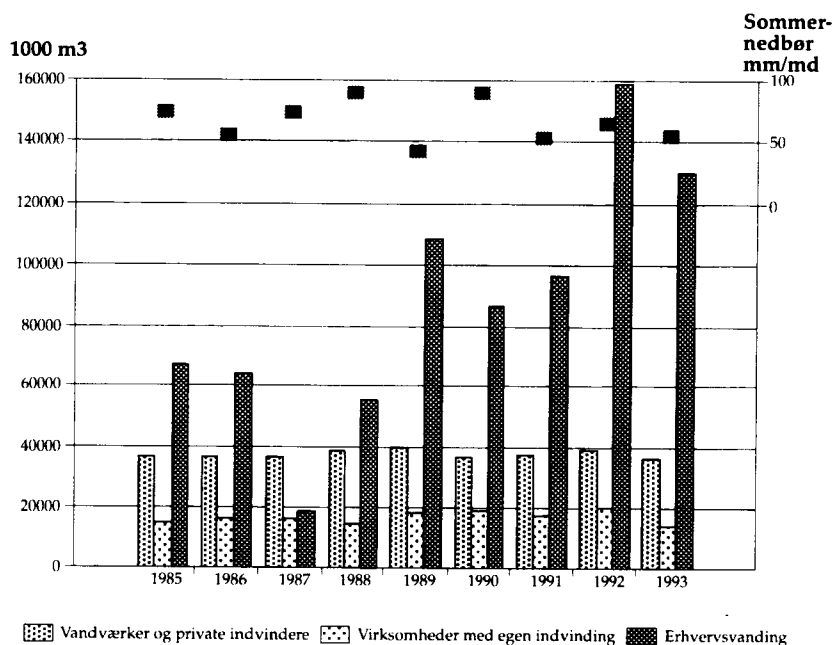
## 7. Vandindvinding

Amterne har opgjort vandindvindingen i brede forbrugskategorier. Kategorierne er ikke helt entydige, idet f.eks. mange industrier forsynes gennem den almene vandforsyning. Der er som hovedtendens og på landsplan sket et fald gennem de sidste fem år i indvindingen til almene vandforsyninger og enkeltvandforsyninger, figur 11 og tabel 13. Den største variation i oppumpningen er forårsaget af vandingsbehovet, der varierer i forhold til nedbøren og vandingsanlæggenes udbredelse. Dette er illustreret for Ringkjøbing amt, hvor de sandede jorde medfører stort vandingsbehov, figur 12.



Figur 11. Vandindvindingen i Danmark i indvindingskategorier baseret på oplysningerne i tabel 13 og Miljøministeriet, 1994.





Figur 12. Vandindvindingen og sommernedbøren i Ringkjøbing Amt.

	13	15	20	25	30	35	40	42	50	55	60	65	70	76	80
--	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

## Vandværker og private indvindere.

1989	2523	50288	61912	53860	46100	24324	7213	60778	35800	32543	50156	38515	72581	40181	63405
1990	2342	47336	59687	53166	44300	23024	6772	58586	36700	30656	47860	35596	68578	39476	60518
1991	2128	47745	56546	49842	42400	21911	4165	57106	33600	31355	46884	35712	65051	38840	60021
1992	1962	44237	57197	51249	43600	22004	6110	55917	37400	32707	47257	37450	65774	40057	66427
1993	2299	41791	51661	49854	42300		5923	52093	34800	30138	43573	35101	61468	37171	59882

## Virksomheder med egen indvinding

1989	89	700	1000	4270	1600	6465	1851	2791	5800	2097	25148	17003	7287	6177	12588
1990	78	766	492	3830	1900	5832	1851	2681	6600	4027	24629	17945	7164	6278	12863
1991	65	673	369	3690	4400	5239	1851	2257	4900	3736	24510	15888	7358	5390	6036
1992	63	503	350	3540	3100	4946	1851	2050	4200	4050	26137	19205	7088	5866	6690
1993	69	409	1542	3500	2700		1851	1935	3200	3903	24818	11069	6722	7331	8857

## Erhvervsvandning

1989	0	724	1228	740	1700	3250	200	5460	45000	71826	29108	107874	10668	14417	12836
1990	0	437	1164	700	1300	2826	200	4384	38000	54794	23815	85227	9106	11432	12072
1991	0	699	910	620	1100	2595	261	4593	25200	63717	27002	95712	8766	11877	12445
1992	0	320	1788	950	2200	3462	200	7116	74700	109930	39231	158084	13071	22395	19232
1993	0	184	1542	820	1800		200	5007	34100	83902	30325	130099	10756	17773	16335

Tabel 13. Tabel over indvindingen i alle amter fordelt på kategorier. Tallene for erhvervsindvinding i Vestsjællands Amt (30) inkluderer kategorien "andet" med 1,2 mill. m<sup>3</sup>. Tilsvarende forbehold og forklaringer kan knyttes til en del af de øvrige oplysninger i tabellen.

Amts og kommuneidentifikation:

13 Frederiksberg K.	25 Roskilde A.	42 Fyns A.	65 Ringkjøbing A.
14 København K.	30 Vestsjællands A.	50 Sønderjyllands A.	70 Århus A.
15 Københavns A.	35 Storstrøms A.	55 Ribe A.	76 Viborg A.
20 Frederiksborg A.	40 Bornholms A.	60 Vejle A.	80 Nordjyllands A.

---

## 8 Diskussion

---

Amterne og Københavns-Frederiksberg Kommuner har nu gennem fem år indsamlet oplysninger om grundvandets kvalitet inden for grundvandsovervågningsområderne. Dette datamateriale er meget omfattende, idet der med varierende tidsinterval analyseres for 80 stoffer i grundvand fra ca. 1100 filtre.

På baggrund af data kan der nu identificeres lokale udviklingstendenser for nitrat, total fosfor (alt fosfor uanset hvilken form det findes på i grundvandet), sulfat og klorid. Udviklingstendenserne er i regelen små og opvejer i betydelig grad hinanden i gennemsnitsberegninger.

### Nitrat

Grundvandets nitratindhold er vurderet på grundlag af analyser fra de ca. 600 filtre i overvågningsområderne (ud af ialt ca. 1100), hvor indholdet overstiger 1 mg/l nitrat. Hermed er det tilstræbt at fokusere på den del af grundvandet, der er påvirket fra jordoverfladen, og hvor ændringer i arealanvendelsen bør kunne registreres. Gennem naturlig nedbrydning reduceres grundvandets nitratindhold generelt med dybden, afhængig af lokale geokemiske forhold. Stigende nitratindhold i grundvandet kan derfor både skyldes en øget tilførsel til jordoverfladen og mangel på stoffer, især sulfider, der kan omsætte nitraten. En positiv effekt af ændret arealanvendelse vil derfor afspejles i et fald i grundvandets nitratindhold.

Vurderet på landsplan er det gennemsnitlige nitratindhold i det overfladepåvirkede grundvand stigende i en del tilfælde. Denne tendens forekommer i kvartære aflejringer, især de sandede, hvor det gennemsnitlige nitratindhold er øget med 5-10 mg/l i løbet af de fem års overvågning. Udviklingen er mest tydelig i Midtjylland i det *middelhårde grundvand*, mens det gennemsnitlige indholdet i det *bløde* vestjyske *forvittringsvand* synes at variere omkring et konstant niveau.

I det østlige Jylland og på øerne er nitratindholdet steget i den påvirkede del af grundvandet, fortrinsvis i de kvartære aflejringer, som er *hårdt og forvitret*. I den samme del af landet er en del af det øverste grundvand *meget hårdt og forvitret*, de indeholder kun meget lidt nitrat i gennemsnit, idet nitraten her er omsat ved iltring af sulfider, blandt andet som følge af sænkning af grundvandsstanden.

De gennemsnitlige beregninger over udviklingen i grundvandets nitratindhold gennem tiden dækker over lokale opadgående såvel som nedadgående tendenser. Selv om der således ikke på landsplan kan spores nogen effekt, af vandmiljøplanens tiltag for at få nedbragt nitratudvaskningen til blandt andet grundvandet, kan det ikke udelukkes, at tiltagene lokalt kan have været medvirkende til fald i grundvandets nitratindhold. Der kan imidlertid ikke spores en effekt af vandmiljøplanens tiltag i landovervågningsoplandene, som er indrettet til at eftervise sammenhængen mellem arealanvendelse og nitratindhold i nydannet grundvand.

## Total fosfor

Fosfor nedvaskes kun i beskedent omfang fra dyrkningslaget, hvorfor grundvandeets fosforindhold hovedsagelig stammer fra dybereliggende jordlag. Fosforindholdet i grundvandet indenfor overvågningsområderne er meget stabilt gennem de fem år, hvor overvågningen er foregået. Det højeste gennemsnitlige indhold, på 0,1 mg/l fosfor, er i denne sammenhæng fundet i det *hårde grundvand*, som er relativt dybtliggende og findes i den østlige del af landet. Det er imidlertid især de dele af landet, hvor der findes aflejringer af Skærumhedeserien, Nordjylland, eller fra Holstein mellemistiden, Sydvestjylland, at grundvandet i forvejen er kendt for at have et højt fosforindhold. Det højeste registrerede fosforindhold på 1 mg/l i grundvand indenfor et overvågningsområde findes i dybtliggende grundvand i Alstrup, Nordjyllands Amt. Netop i Nordjylland er der mange fosforholdige aflejringer, hvilket nogle steder afstedkommer et relativt stort indhold i drikkevandet på over 0,2 mg/l total fosfor (DGU 1990).

Data fra grundvandsovervågningsområderne afspejler ikke disse forhold i landsdækkende gennemsnitsberegninger og er muligvis ikke placeret optimalt med henblik vurderinger af grundvandets naturlige fosforindhold.

## Sulfat

Grundvandets sulfatindhold indenfor overvågningsområderne er bedømt på basis af analyser fra filtre, hvor der er mere end 25 mg/l sulfat. Indholdet er ret konstant i det således udvalgte grundvand med relativt højt sulfatindhold. På denne måde udskiller kun det *meget hårde forvittringsvand* og det *hårde forvittringsvand* sig med forholdsvis stort indhold på henholdsvis 110 mg/l sulfat og 75 mg/l sulfat i gennemsnit.

Disse høje indhold er knyttet til det øverste grundvand i den østlige del af landet og bedømmes at stamme fra iltning af sulfider i jorden. Processen kan foregå med både opløst ilt og nitrat som iltningsemidler og skyldes delvist at grundvandsspejlet er blevet sænket. Hvor der er det højeste gennemsnitlige sulfatindhold, i det *meget hårde forvittringsvand*, er der derfor samtidig et lavt nitratindhold. Det stigende nitratindhold i det gennemgående lidt dybereliggende *hårde forvittringsvand*, hvor sulfatindholdet som nævnt også er ret højt, skyldes muligvis, at der er for få sulfider til at omdanne nitraten i de lag, hvor dette grundvand findes.

## Klorid

En del af kloridindholdet i grundvandet, op til 25 mg/l, stammer fra nedbøren. Derfor er der her taget udgangspunkt i analyser fra filtre, hvor grundvandets kloridindhold er større og kan skyldes menneskelig påvirkning. I det således definerede påvirkede grundvand har det gennemsnitlige kloridindhold i overvågningsområderne altovervejende været konstant indenfor de fem år, hvor overvågningen er foregået. Det højeste gennemsnitlige indhold på ca. 50 mg/l klorid findes i det *meget hårde forvittringsvand* i den østlige del af landet. Det laveste gennemsnitlige indhold på godt 30 mg/l klorid, og dermed antagelig det forholds-mæssigt laveste bidrag gennem menneskelige aktiviteter, knytter sig til det *bløde forvittringsvand* og det *middelhårde grundvand* i Midt- og Vestjylland. Dette må formodes at afspejle en fortyndingseffekt indenfor denne mest nedbørsrige del af landet, med gode betingelser for grundvanddannelse i den sandede jord, snarere end en relativt mindre tilførsel til jordoverfladen.

## Uorganiske sporstoffer

Med den nuværende analysefrekvens vil der først om mange år foreligge egentlige tidsserier for grundvandets indhold af uorganiske sporstoffer indenfor overvågningsområderne. Det stigende antal filtre, hvorfra der er mere end én måling, muliggør dog en begyndende vurdering af variationen, forstået som forskellen mellem enkeltmålinger fra samme filter, i grundvandets indhold af uorganiske sporstoffer. I de fleste tilfælde overstiger forskellen mellem det mindst og størst målte indhold ikke en faktor 2-3. For de fleste sporstoffer er variationerne størst i grundvand, som er indsamlet på ringe dybde og nær grundvandsspejlet. Dette antyder at de uorganiske sporstoffer i en vis udstrækning nedvaskes fra overfladen, og at det øvre grundvand derfor ikke er i ligevægt med sporstofindholdet i de omgivende jordarter.

Variationen afhænger også af det absolutte indhold af det pågældende sporstof. Især for nikkel og cadmium øges variationen brat, når indholdet er under en vis grænse. Denne grænse er for nikkel ca. 5 µg/l og for cadmium ca. 0,15 µg/l. Ved indhold under disse grænser er den statistiske pålidelighed af analyserne lav, idet summen af usikkerheden i alle led fra den naturlige variation i grundvandet, boringsetableringen, prøvetagningen og den kemiske analyse bliver udslagsgivende.

Boringskontrollata for grundvandets indhold af uorganiske sporstoffer viser, at de problemer, som er blevet erkendt indenfor overvågningsområderne, har større omfang. Langs Køge Bugt, omkring Varde og Grindsted, og ved Randers er nikkellindholdet således højt, antagelig som følge af sænkning af grundvandsspejlet.

## Organiske mikroforureninger

De fleste organiske mikroforureninger i grundvand stammer fra klorerede opløsningsmidler. Forureningen af grundvand med disse stoffer skyldes primært spild fra virksomheder og udsivning fra affaldsdepoter. Dette problem er bedst kendt og antagelig størst i hovedstadsområdet, hvor der er og har været megen industri. Det er vanskeligt, på det foreliggende grundlag, at bedømme betydningen af området geologi for forureningens udbredelse. I forbindelse med en systematisk undersøgelse af grundvandets indhold af organiske mikroforureninger i Københavns Amt er hyppigheden af forureninger med klorerede kulbrinter sammenstillet med oplysninger om udbredelsen og tykkelsen af lerlag. Det kunne ikke vises, at lerlagene yder beskyttelse mod nedsivning til grundvandet. Undersøgelser i Canada og USA viser derimod, at klorerede kulbrinter kan trænge hurtigt ned gennem sprækker i lerlag.

Kortlægning af og vurdering af udviklingen gennem tiden af grundvandsforureninger med klorerede kulbrinter er vanskelig på grund af disse stoffers forholdsvis ringe opløselighed i vand og deres større vægtfylde og lille viskositet. Klorerede kulbrinter omkring en punktkilde følger ikke nødvendigvis grundvandets bevægelse, men kan synke ned til bunden af grundvandsreservoiret, hvor de gradvis opløses af det forbistrømmende grundvand.

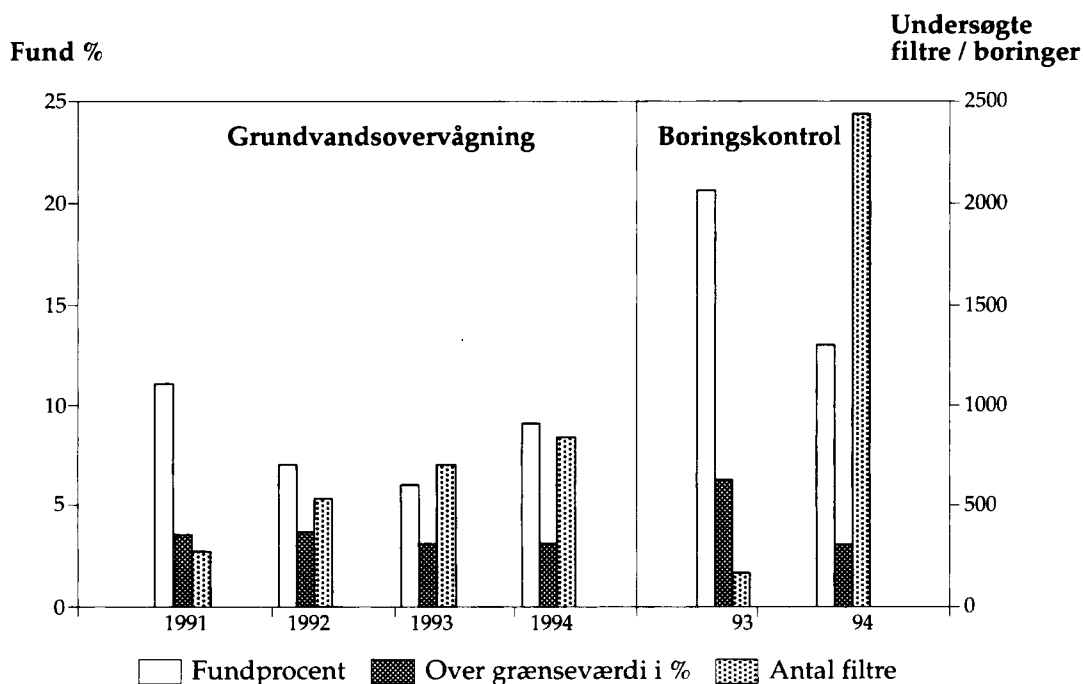
Klorerede kulbrinter nedbrydes under iltfrie forhold, ved succesiv fraspaltning af klor. Nedbrydningsprodukter af klorerede opløsningsmidler er i nogle tilfælde fundet i grundvand (Københavns Amt, 1992). De data om udbredelsen af klorerede kulbrinter, som er fremskaffet fra grundvandsovervågningsområderne, tillader endnu ikke en vurdering af betydningen af den naturlige omsætning af disse stoffer i grundvandet.

Nye undersøgelser af indholdet af klorerede kulbrinter i poreluft og i det allerøverste grundvand tyder på, at trichlormethan (kloroform) dannes af bestemte mikroorganismer under nåleskove. Der er således fundet op til 2,7 µg/l trichlormethan i grundvandet under Klosterhede Plantage (Grøn et al. 1994). Forureningsundersøgelserne i hovedstadsområdet viser, at det er trichlorethylen, som er fundet hyppigst og i de største koncentrationer. Inden for grundvandsovervågningsområderne er trichlormethan derimod det hyppigst forekommende klorerede kulbrinte. Denne forskel kunne tyde på, at en del fund af trichlormethan i overvågningsboringerne kan stamme fra naturlige kilder.

## Pesticider og klorfenoler

I løbet af den årrække analyseprogrammet for pesticider i grundvandsovervågningsområderne har fungeret er antallet af grundvandsprøver, som er undersøgt, steget fra 200 i 1991 til over 825 i 1994.

Fra 1991 til 1993 faldt antallet af fund fra 10% til 6% af det totale antal analyser, mens antallet af fund i 1994 igen er steget til ca. 9%. Dette skyldes dels, at amterne nu analyserer grundvand fra filtre som tidligere blev betegnet som velbeskyttede, og at der forekommer pesticider i disse, dels at en række fund, der tidligere var afskrevet som fejlanalyser, nu kan medtages som sikre fund. I 3% af analyserne er pesticidindholdet større end grænseværdien for drikkevand.



Figur 13. Pesticider i grundvand. Fundprocent, påvisninger over grænseværdi for drikkevand i procent, og antal undersøgte filtre og boringer i grundvandsovervågningsområderne og i vandværkernes boringskontrol. Data fra 1994 er medtaget i den udstrækning de er modtaget fra amterne.

I vandværkernes boringskontrol har der været en stor stigning i antallet af analyser for pesticider, fra ca. 130 i 1993 til ca. 2450 i 1994., figur 13. Denne stigning er en effekt af

amternes og vandværkernes øgede analyseindsats efter et fund af atrazin ved Ejstrupholm. I 1993 blev der fundet pesticider i oppumpet grundvand i ca. 20% af de gennemførte analyser, og i 1994 i ca. 12. Da antallet af produktionsboringer, hvorfra grundvandet er analyseret er stort, er der ingen grund til at formode, at fundprocenten for de 8 stoffer, som indgår i det nuværende analyseprogram, vil ændre sig nævneværdigt fremover, selv om et stigende antal boringer undersøges. Derimod må det formodes, at antallet af vandværker med pesticider i det oppumpede grundvand vil stige, hvis antallet af pesticider i analyseprogrammet udvides.

Oplysningerne om det producerede grundvands pesticidindhold stammer hovedsagelig fra private og kommunale vandværker. Imidlertid indvindes der også grundvand fra et meget stort antal private boringer og brønde, der forsyner enkelte eller få husstande. Der er kun få oplysninger om pesticidindholdet fra disse boringer og brønde. På Møn er der som eksempel fundet atrazin og simazin i 5 brønde ud af 10 analyserede (Storstrøms Amt 1994). I 4 af disse tilfælde var grænseværdien for pesticider i drikkevand overskredet. Da de private brønde og boringer ofte er placeret uhensigtsmæssigt, for eksempel på gårdspladser, er der grund til at formode, at antallet af pesticidpåvirkede private enkeltboringer og brønde er større end antallet af vandværksboringer med pesticider.

I overvågningsområderne og ved boringskontrollen er der gjort fund af alle de 8 pesticider, som grundvandet analyseres for. Fra årsskiftet 1994-95 anvendes de 4 fenoxysyrer og simazin stadig, mens de øvrige er udgået af handlen. De udgåede stoffer vil dog kunne findes i grundvandet mange år endnu.

Ved vandværkernes indvinding vil der ofte ske en blanding af yngre og ældre grundvand. Indeholder det unge grundvand pesticider, vil det ofte, på grund af fortyndingseffekten, ikke være muligt at genfinde pesticiderne i råvandet. Det er derimod muligt at måle meget lave indhold i grundvand fra overvågningsboringer, hvor der udtages små vandmængder, og hvor der derfor ikke sker sammenblanding af forskellige grundvand.

Boringskontrollen har imidlertid vist, at der forekommer pesticider i råvand fra indvindingsboringer. Dette kan skyldes, at det undersøgte reservoir er påvirket af pesticider gennem arealbelastning, eller at pesticiderne stammer fra punktkilder. Punktkilder kan for eksempel være vaskepladser for sprøjteudstyr, eller steder hvor der er sket spild, hvor der er nedgravet affald, eller det kan være befæstede arealer og andre områder med særlig intensiv pesticidbelastning. Desuden kan uheldig placering af kildepladser tæt ved vandløb forårsage, at grundvandet bliver forurennet med pesticider via indtrængende forurennet vandløbsvand.

Gentagne analyser af grundvandsprøver fra overvågningsboringer viser, at pesticidindholdet ofte varierer, og at stofferne kan genfindes med få måneders interval, men ikke nødvendigvis efter for eksempel et år. Dette varierende indhold repræsenterer antagelig en årstids- og klimabestemt nedvaskning, eller variationer på markniveau i anvendelsen af de enkelte stoffer. Pesticider nedvaskes antagelig fra rodzonen mod grundvandet efter intense nedbørshændelser, der muliggør transport af opløste pesticider.

De 8 analyserede pesticider er fundet i grundvand fra få til 80 meter under terræn. I overvågningsområderne falder pesticidindholdet generelt med dybden, mens middelindholdet i boringskontrollen varierer med dybden.

Hovedparten af fenoxysyrefundene ligger i koncentrationsintervallet 0,01-0,06 µg/l, dog kan indholdet af dichlorprop være større. Dette synes at afspejle, at hovedkilden til fund med lavt pesticidindhold er arealbelastning, mens høje pesticidindhold kan stamme fra intensive pesticidbelastning og egentlige punktkilder og gårdspladsforureninger.

Fenoxysyrerne er næsten udelukkende fundet i iltfrie grundvandsmiljøer, ofte under moræneler, og med artesiske forhold. Dette kan skyldes, at fenoxysyrerne kan transporteres med grundvand gennem selv tykke lerlag, hvis der er sprækker eller andre makroporer.

Dette afspejles i den regionale fordeling af fundsteder, hvor fenoxysyrerne oftest er fundet under østdanske lerede forhold.

Fenoxysyrerne er tilsyneladende stabile under iltfrie forhold i grundvand, hvilke netop er fremherskende i og under moræneler. Derimod nedbrydes stofferne under iltrige forhold i sandede jordarter, enten i den umættede zone eller i det yngre ilt- og nitratholdige grundvand.

Der foreligger en del tritiumanalyser af pesticidholdigt grundvand. Disse analyser viser, at det pesticidholdige grundvand oftest er mellem 10 og 40 år gammelt. Det betyder, at pesticidfund i grundvand ofte repræsenterer den tidligere anvendelse. De er risiko for at denne påvirkning af grundvandet vil kunne fortsætte, blandt andet fordi afgrødevalget gennem de senere år er skiftet fra vårsæd til vintersæd. Vintersæd behandles blandt andet med fenoxysyrer, også i efterårsmånederne, hvor der er en væsentlig større transport af vand fra rodzonen til grundvandet, omend med mindre docering. Grundvandets indhold af pesticider, der stammer fra arealbelastning, vil derfor muligvis stige, også selv om der indføres restriktioner for anvendelsen.

Den forståelse, som er opbygget gennem de senere år, af at der er sket en udbredt menneskelig påvirkning af det danske grundvand, cementeres således med denne rapport. Denne påvirkning kan være forårsaget af oppumpningen og deraf følgende ændringer i trykforhold, strømningsforhold og grundvandskemi.

Der er flere ændringer i grundvandets stofindhold, som knytter sig til arealanvendelsen. Gennemsnitsberegninger af nitratinholdet i grundvandet viser ikke det fald, som skulle følge af vandmiljøplanens tiltag for opbevaring af gylle og udbringning på grønne marker. Tvært imod stiger nitratinholdet i udsat grundvand, antagelig delvist som følge af at jordlagenes formindskede kapacitet for nedbrydning af nitrat.

Også en del af grundvandets indhold af uorganiske sporstoffer er forurening, som stammer fra arealanvendelsen, idet de er tilført med slam og i gødning eller gylle.

Arealanvendelsen af pesticider kan ligeledes spores i grundvandet en del steder, og det gælder ikke alene de otte pesticider, som indgår i overvågningsprogrammet, men også en række andre pesticider samt nedbrydningsprodukter (Sønderjyllands Amt, 1994).

I et vist omfang sker der herudover en påvirkning af grundvandet med klorid, blandt andet gennem vejsaltning.

Blandt de punktformige eller mere lokale forureninger af grundvandet er pesticider og andre organiske mikroforureninger beskrevet. Punktkilder for pesticider kendes fra intensivt behandlede arealer, så som jernbanearealer, plantager og sportsanlæg, men kan også skyldes spild på for eksempel vaskepladser og lækage fra nedgravet emballage.

Blandt de øvrige organiske mikroforureninger er især de klorerede opløsningsmidler blevet fundet i grundvandet. Disse fund knytter sig især til grundvandet under gamle industrigrunde og affaldsdepoter, hvorfra de kun langsomt udvaskes, og de er derfor bedst kendt fra byområder.

Samlet synes det snarere at være analyseprogrammet end grundvandets stofindhold, der sætter en grænse for, hvad der kan findes. Der må skelnes mellem de historiske kvalitetsproblemer, der kan registreres i grundvandet, og de kilder til potentielle fremtidige påvirkninger, som vi nu skaber. For historiske problemer er løsningen inddæmning, rensning, fortynding eller inddragelse af en ny grundvandsressource. Dette forudsætter overvågning og hensigtsmæssige teknologier for at sikre kvaliteten af det leverede drikkevand.

På baggrund af de mangeartede historiske påvirkninger af grundvandet er det væsentligt at uddrage den lære, som præsenterer sig, nemlig at de stoffer, der spildes på eller tilføres jorden også på sigt vil kunne påvises i grundvandet. Det er derfor vigtigt at friholde de arealer, hvor det grundvand dannes, som skal være grundlag for fremtidens drikkevandsforsyningen, beskyttes.





---

## Litteratur

---

Agertved J., K. Rügge, J. F. Barker, 1992: Transformation of the herbicides MCPP and Atrazine under natural Aquifer Conditions. *Ground Water* vol. 30 no 4. p. 500-506.

Bornholms Amt, 1994: Grundvandsovervågning.

Canton J. H., J. B. H. J. Linders, R. Luttik, B. J. W. G. Mensink, E. Paman, E. J. van de Plassche, P. M. Sparenburg, J. Tuinstra, 1991: Catch-up operation on old pesticides: an integration. Report no 678801001, EUC BWS/2267401.

Cavalier T.C., T.L. Lavy, J.D. Mattice, 1989: Assessing Arkansas Ground Water for Pesticides. Methodology and findings. *GWMR* fall p. 159-166.

Danmarks Geologiske Undersøgelse, 1990: Status for grundvand og drikkevand i Danmark 1990. Intern rapport Nr: 45.

Danmarks Geologiske Undersøgelse, 1992: Grundvandsovervågning, Grundvandskvalitet i overvågningsområderne. Særudgivelse.

Danmarks Geologiske Undersøgelse, 1993: Grundvandsovervågning 1994. Særudgivelse.

Det Kongelige Danske Geografiske Selskab, 1986: Landbrugsatlas over Danmark.

DFG Deutsche Forschungsgemeinschaft, 1990: Pflanzenschutzmittel im Trinkwasser. Mitteilung XVI, der Kommission für Pflanzenschutz-, Pflanzenbehandlungs- und Vorratsschutzmittel.

DGU/DMU. in press: Kortlægning af udvalgte pesticider i jord og jordvand under umættede og mættede forhold.

DGU/DMU/SP. Igangværende undersøgelse: Undersøgelse af risiko for grundvandsforurening på let sandet jord med udvalgte pesticider.

Ernstsen E., P. Gravesen, B. Nilsson, W. Brusch, J. Fredericia, S. Genders, 1990: Transport og omsætning af N og P i Langvad Å opland. I. NPo-forskning fra Miljøstyrelsen. Nr B6.

Fielding M., D. Barcelo, A. Helweg, S. Galassi, L. Torstensson, P. Van Zoonen, R. Wolter, G. Angeletti, 1991: Pesticides in ground and drinking water. *Water Pollution Research Report 27*, Commission of The European Communities.

Frederiksborg Amt, 1994: Grundvandsovervågning.

Fyns Amt, 1994: Grundvandsovervågning.

GI/DGU/DMU/Vestsjælland Amt, igangværende undersøgelse: Flade og punktkilde udvaskning af pesticider i et morænelersområde.

Grøn, C., 1990: Organic hologens in Danish groundwaters. Lecture Notes in Earth Sciences (Eds. B. Allard, H. Borén and A. Grimvall) Springer Verlag, p 495-506.

Grøn, C., Lauritzen M. og Poulsen, M.S., 1994: Baggrundsværdier for klorerede opløsningsmidler i udeluft og poreluft. ATV møde 26. oktober, p 5-16.

Jørgensen P. R., J. Fredericia, 1992: Migration of pesticides and heavy metals in fractured clayey till. Geotechnique 42 p 67-77.

Klint M., E. Arvin, B. J. Jensen, 1993: Degradation of the Pesticides Mecoprop and atrazine in unpolluted sandy Aquifers. J. Environ. 22 p. 262-266.

Koterba M. T., W. S. L. Banks, R. J. Shedlock, 1993: Pesticides in Shallow Groundwater in the Delmarva Peninsula. J. Environ. Qual. 22 p 500-518.

Københavns amt, 1992: Råvandskontrol. Teknisk Forvaltning - Miljøserie nr. 40.

Københavns Amt, 1994: Grundvandsovervågning.

Københavns og Frederiksberg Kommuner, 1994: Grundvandsovervågning.

Loos M. A., 1990: Phenoxyalkanoic acids. In Kearney P. C. & D. D. Kaufman(ed): Herbicides, Chemistry, degradation and mode of action. Volume 1, second edition.

Matthess G., M. Isenbeck, 1987: Pesticide behavior in Quaternary sediments. Boreas, vol. 16. p. 411-318.

Miljøministeriet, 1988: Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. Bekendtgørelse Nr. 515.

Miljøministeriet, 1994: Hvordan står det til med miljøet? Miljøindikatorer 1994.

Miljøstyrelsen, 1989: Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Miljøprojekt Nr. 115.

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

Miljøstyrelsen, 1993a: Vandmiljøplanens overvågningsprogram 1993-1997. Redegørelse fra Miljøstyrelsen, Nr: 2, 1993.

Miljøstyrelsen, 1993b: Vurdering af laboretudier til grundvandsovervågningsprogrammet. Arbejdsrapport nr. 48.

Nordjyllands Amt, 1994: Grundvandsovervågning.

Rekolainen S., 1987: Occurrence and leaching of pesticides in waters draining from agricultural land. In: G. Angeletti and A. Bjørseth (ed): Organic Micropollutants in the aquatic environment. Proceeding of the fifth European Symposium, Rome, Italy, 20-22 october.

Ribe Amt, 1994: Grundvandsovervågning.

Ringkjøbing Amtskommune, 1994: Grundvandsovervågning.

RIVM/RIZA, 1991: Sustainable Use of Groundwater. Problems and Threats in the European Communities. Report no. 600025001, Ministersseminar Den Haag, 26-27 november 1991.

Roskilde Amt, 1994: Grundvandsovervågning.

Sievers D. M., C. D. Fulhage, 1992: Survey of rural Wells in Missouri for pesticides and nitrate. GWMR fall p. 142-150.

Spalding R.F., M.E. Burbach, M.E.Exner, 1989: Pesticides in Nebraska's Ground Water. GWMR fall p. 126-133

Stehouwer R. C., W.A. Dick S. J. Traina, 1994: Sorption and retention of herbicides in Vertically Oriented Earthworm and Artificial Burrows. J. Environ. Qual. 23 p 286-292.

Steichen J., J. Koelliker, D. Grosh, A. Heiman, R. Yearout, V. Robbins, 1988: Contamination of Farmstead Wells by Pesticides, Volatile Organics, and Inorganic Chemichals in Kansas. GWMR summer p. 153-160.

Storstrøms Amt, 1994: Grundvandsovervågning.

Sønderjyllands Amt, 1994: Grundvandsovervågning.

Viborg Amt, 1994: Grundvandsovervågning.

Vejle Amt, 1994: Grundvandsovervågning.

Vestsjællands Amt, 1994: Grundvandsovervågning.

Zeuthen S. B., T. Madsen, A. Helweg, 1988: MCPA- nedbrydning i jord udtaget under rodzonen på tidligere behandlede og ubehandlede lokaliteter. 5. Danske Planteværnskonference/pesticider og miljø, p. 23-32.

Århus Amtskommune, 1994: Grundvandsovervågning.



## Bilag 1: Oversigt over analyseprogrammet for 1993-1997 (Miljøstyrelsen, 1993).

### I Analyseprogram for grundvandets hovedbestanddele:

Analysepakke A :	pH, Kalium, Ammonium, klorid, Sulfat, Bicarbonat, Nitrat, Total Fosfor.
Analysepakke B :	Ledningsevne, Inddampningsrest, Calcium, Magnesium, Natrium, Jern, Mangan, Nitrit, Aggressivkuldioxid.
Analysepakke C :	Permanganattal ( $\text{KMnO}_4$ ), Fluorid, Silicium, NVOC.
Analysepakke D :	Ilt, Svovlbrinte, Methan.
Analysefrekvens:	Analysepakke    A - 2-4 pr. år B - 2 pr. år C - 1 pr. år D - 1 pr. år

### II Analyseprogram for grundvandets uorganiske sporstoffer:

Aluminium, Arsen, Barium, Bly, Bromid, Cadmium, Chrom, Cyanid, Kobber, Kviksølv, Lithium, Molybdæn, Nikkel, Selen, Strontium, Tritium, Vanadium, Zink.

Analysefrekvens:            1 pr. 3 år

### III Analyseprogram for grundvandets organiske mikroforureninger:

1. Organisk halogen: VOX
2. Anionaktive detergenter
3. Aromatiske kulbrinter: Benzen, Toluen, Xylener (3 isomerer), Naphtalen
4. Halogenerede alifatiske kulbrinter: Trichlormethan, Tetrachlormethan, Trichlorethen, Tetrachlorethen, 1,1,1-trichlorethan
5. Fenoler: Phenol, 4-methylphenol, 2,4-dimethylphenol, 2,6-dimethylphenol
6. Klorfenoler: 4-chlor,2-methylphenol, 2,4-dichlorphenol, 2,6-dichlorphenol, 2,4,6-trichlorophenol, 2,3,4,6-tetrachlorphenol, Pentachloro-phenol
7. Pesticider: Atrazin, 2,4-D, Dichlorprop, Dinoseb, DNOC, MCPA, Mechlorprop, Simazin
8. GC/MS screeninganalyser

Analysefrekvens: Varierende fra 1 pr. 3 måneder til 1 pr. 3 år afhængig af stoftype og lokalitet (Miljøstyrelsen, 1989).

Hoved-klasse	Beskrivelse af hovedkarakteren i dette grundvand	Grundvandet er..	Grundvandets hovedklasser kaldes
A	Grundvandet er blødt er blødt og surt, og har som regel højt indhold af aggressiv kuldioxid. Nitratindholdet er ofte højt, i mange tilfælde over 50 mg/l. Dette grundvand er meget sårbart overfor forurening fra overfladen, og kan være problematisk som grundlag for drikkevandsproduktion.	Blødt med lav alkalinitet og høj forvitningsgrad	<i>Blødt forvitningsvand</i>
B	Grundvandet er middelhårdt, oftest svagt surt og har et varierende men lavt indhold af både aggressiv kuldioxid og nitrat. Dette grundvand er sårbart overfor fremtidig nedsivning af nitratholdigt vand, men er som hovedregel bedre egnet som grundlag for drikkevandsforsyning end hovedklasse A.	Middelhårdt med middel alkalinitet og middel forvitningsgrad	<i>Middelhårdt grundvand</i>
C	Stærkt forvitningspræget grundvand med meget stor hårdhedsgrad og ledsagende høj sulfatkoncentration, sandsynligvis overvejende forårsaget af pyritoxidation. Aggressiv kuldioxid forekommer normalt ikke eller kun i lave koncentrationer. Også nitratindholdet vil normalt være forholdsvist lavt. Dette grundvand er præget af afsækning ved vandindvinding, der medfører, at hårdheden og sulfatindholdet stiger. Kloridindholdet kan være relativt højt som følge af forurening.	Meget hårdt med høj alkalinitet og høj forvitningsgrad	<i>Meget hårdt forvitningsvand</i>
D	Vandet er hårdt, oftest med en del blivende hårdhed, sandsynligvis som følge af forvitring. Udover den naturlige kalkudvaskning med kuldioxidholdigt vand, skyldes hårdheden påvirkning fra nineralsyrer (svovlsyre og salpetersyre) fra nedbøren eller fra oxidationsprocesser i de øvre jordlag. Nitratindholdet er varierende, afhængig af oxidationsgraden i de øverste jordlag, og af de overliggende jordlags reduktionskapacitet.	Hårdt med høj alkalinitet og høj forvitningsgrad	<i>Hårdt forvitningsvand</i>
E	Vandet er hårdt, men kun en mindre del af hårdheden er blivende. Grundvandet vil normalt være reduceret og svagt ionbyttet, og er i almindelighed gammelt og ikke sårbart overfor nitratforurening.	Hårdt med høj alkalinitet og middel forvitningsgrad	<i>Hårdt grundvand</i>
F	Dette middelhårde grundvand er oftest ionbyttet og derfor uden blivende hårdhed. Grundvandet er reduceret og ikke sårbart overfor nitratforurening fra overfladen. Som et resultat af ionbytningen, kan natriumindholdet være relativt højt med risiko for stigning ved for kraftig indvinding. Grundvandet er typisk gammelt og marint præget.	Middelhårdt med høj alkalinitet og lav forvitningsgrad	<i>Ionbyttet vand</i>

Bilag 2. Karakteristik af det ferske grundvands hovedklasser. Hovedklassernes *kaldenavne* er skrevet med *kursiv*.

Grumo	Analyserede filtre i DGU's database pr. år					Fungerende filtre	Analysepakker 1993 ifølge amterne				Antal analyser 1993 - DGU's base				Bemærkninger
	1989	1990	1991	1992	1993		A	B	C	D	A	B	C	D	
13.11 Frederiksberg	13	12	12	17	15	18	4	4 *1	1	1	58	58	17	17	Fe - ingen data
15.11 Sønderlø	20	19	19	24	16	25	2	2	1	1	29	29	16	16	Fe - ingen data
15.12 Ishøj	13	16	15	12	2	13	2	2	1	1	4	4	2	2	Fe - ingen data
15.13 Gladsaxe	18	18	18	18	11	18	2	2	1	1	22	22	11	11	Fe - ingen data
20.01 Endrup	7	10	10	9	7	11	2	2	1	1	12	9	8	8	CO2,Fe - ingen data
20.11 Skuldelev	15	15	15	15	10	18	2	2	1	1	7	7	7	7	CO2,Fe - ingen data
20.12 Asserbo	10	10	10	10	11	11	2	2	1	1	13	13	12	12	Fe - ingen data CO2 - en analyse
20.13 Attemose	12	13	13	12	8	13	2	2	1	1	12	10	9	9	CO2,Fe - ingen data
20.14 Espergærde	12	16	16	15	9	15	2	2	1	1	15	9	9	9	CO2,Fe - ingen data
25.01 Torkildstrup	15	15	16	16	15	16	2	2	1	1	30	28	14	13	CO2,permng - ingen data
25.02 Brokilde	11	11	10	12	10	10	2	2	1	1	23	20	10	10	CO2,permng - 2 analyser
25.11 Asemose	10	13	13	13	12	14	2 *2	2	1	1	34	24	12	11	CO2,permng - ingen data
25.12 Østed	13	15	14	13	13	13	2/4 *3	2	1	1	39	26	13	13	CO2,permng - ingen data
30.01 Holbæk	14	10	12	10	11	12	2	2	1	1	19	19	11	11	
30.11 Munke Bjergby	14	14	14	13	13	12	2	2	1	1	24	23	13	13	
30.12 Store Fuglede	9	10	10	10	10	10	2	2	1	1	20	20	10	10	
30.13 Nykøbing Sj.	12	13	15	15	13	15	2	2	1	1	23	23	12	12	
30.14 Eggerslevmagle	11	15	14	15	15	16	2	2	1	1	25	25	11	11	
35.01 Holeby	12	16	16	17	3	18	2	2	1	1	6	6	3	3	
35.02 Hjelmsøllille	14	19	14	7	3	20	2	2	1	1	6	6	3	3	
35.11 Vesterborg	11	12	12	17	12	17	2	2	1	1	32	14	6	6	
35.12 Sibirien	.	14	14	13	8	14	2	2	1	1	16	14	6	6	
35.13 Store Heddinge	.	19	20	20	19	20	2	2	1	1	52	38	19	19	

\*1 : En del ikke analyseret for Nitrat    \*2 : En del dog 3 og 4    \*3 : Halvt af hver

Bilag 3. Antallet af filtre i overvågningsområderne og det gennemførte analyseprogram i 1993. Yderligere er det angivet, hvad der er modtaget på DGU. Side 1 af 3.



Grumo	Analyserede filtre i DGU's database pr. år					Fungerende filtre	Analysepakker 1993 ifølge amterne				Antal analyser 1993 - DGU's base				Bemærkninger
	1989	1990	1991	1992	1993		A	B	C	D	A	B	C	D	
40.01 Smålyng	15	15	16	19	14	15	2	2	1-2	1-2	30	30	23	23	
42.01 Nyborg	16	17	17	15	15	18	2	2	1	1	33	23	8	8	CH4 - 3 analyser
42.02 Borreby	11	14	7	8	6	15	2	2	1	1	12	10	4	4	CH4 - en analyse
42.11 Svendborg	14	14	13	13	12	14	2	2	1	1	28	24	12	12	CH4 - 3 analyser
42.12 Nørre Søby	14	13	13	13	13	15	2	2	1	1	33	25	12	11	CH4 - 3 analyser
42.13 Hamdrup	16	16	16	16	15	16	2	2	1	1	40	29	15	15	
42.14 Jullerup	12	12	11	12	11	12	2	2	1	1	25	21	10	10	
50.01 Abild	7	16	16	16	15	16	2-3	2	1	1	33	30	15	13	
50.02 Mjang Dam	3	9	9	9	7	12	2	2	1	1	14	14	7	7	
50.11 Bedsted	19	21	21	21	21	21	1-4	2	1	1	55	40	19	19	
50.12 Rødding Nord	6	9	7	10	15	15	2-3	2	1	1	33	28	15	15	
50.13 Christiansfeld	10	16	16	17	19	20	2	2	1	1	36	36	17	17	
55.01 Grindsted	20	21	20	20	2	21	2/4*3	2/4*3	1	1	4	4	4	2	Fe - ingen data
55.11 Bramming	10	12	12	12	12	12	2	2	1	1	31	31	12	12	
55.12 Ølgod	12	12	12	12	12	12	2	2	1	1	29	29	14	13	
55.13 Forumlund	9	11	12	13	13	14	4	4	1	1	43	43	13	13	
55.14 Vorbasse	9	6	17	17	.	17	2	2	1	1	.	.	.	.	Ingen data i basen
60.01 Egebjerg	9	13	14	12	3	6	2	2	1	1	6	6	3	3	H2S,CH4 - ingen data
60.11 Thyregod	17	16	16	16	9	16	4	2	1	0	29	16	7	7	H2S,CH4 - ingen data
60.12 Trudsbro	19	18	18	19	4	19	2	2	1	1*4	8	8	4	4	H2S,CH4 - ingen data
60.13 Follerup	10	8	7	8	6	7	2	2	1	0*5	12	10	5	5	H2S,CH4 - ingen data
60.14 Ejstrupholm	12	21	22	21	3	22	4	1	1/0*3	0*5	12	6	3	3	H2S,CH4 - ingen data

\*3 : Halvt af hver    \*4 : En del ikke analyseret    \*5 : Enkelte analyseret

Bilag 3. Antallet af filtre i overvågningsområderne og det gennemførte analyseprogram i 1993. Yderligere er det angivet, hvad der er modtaget på DGU. Side 2 af 3.

Grumo	Antal filtre i DGU's database pr. år					Fungerende filtre	Analysepakker 1993 ifølge amterne				Antal analyser 1993 - DGU's base				Bemærkninger
	1989	1990	1991	1992	1993		A	B	C	D	A	B	C	D	
65.01 Herning	5	1	5	5	7	9	4	4	3	2	28	28	21	14	Fe,H2S - ingen data
65.11 Brande	.	13	13	13	13	13	4 - 3	3	2	1	46	38	25	13	Fe,H2S - ingen data
65.12 Haderup	.	8	8	8	8	8	3	3	2	1	26	24	16	8	Fe,H2S - ingen data
65.13 Herborg	1	10	11	11	11	11	4	3	2	1	44	33	22	11	Fe,H2S - ingen data
65.14 Finderup	2	13	14	14	13	14	4 - 3	3	2	1	47	39	26	13	Fe,H2S - ingen data
70.01 Kastbjerg	.	10	13	16	11	14	2	2	1	1	26	26	11	27	CO2 - 3 analyser H2S,CH4 - ingen data
70.02 Kasted	3	13	15	12	14	15	2	2	1	1	26	26	12	11	CO2,permng - ingen data H2S - en analyse
70.11 Nordsamsø	.	23	24	36	39	36	2	2	1	1	61	61	25	66	CO2 - ingen data H2S,CH4 - ingen data
70.12 Fillerup	.	18	20	18	21	22	2	2	1	1	43	43	24	19	CO2,H2S - ingen data
70.13 Hvinningdal	.	15	18	19	24	26	2	2	1	1	38	38	19		H2S,CH4 - ingen data
70.14 Homå	.	25	26	25	24	27	2	2	1	1	47	47	24		CO2,H2S,CH4 - ingen data
76.01 Rabis Bæk	.	105	16	17	115	140	1-2	1	0	0	133	129	0	0	O2,H2S,CH4 - ingen data
76.11 Viborg Nord	.	14	13	12	11	13	2-4	2	1	0/1 *3	27	22	11	11	H2S,CH4 - 4 analyser
76.12 Skive	.	15	15	14	14	14	2-3	2	1	1	28	22	15	12	
76.13 Nykøbing Mors	.	14	14	14	14	14	2-3	2	1	0 *5	29	27	14	14	H2S,CH4 - 3 analyser
76.14 Thisted - Baum	.	16	16	16	16	16	1/2*3	1/2*3	1	0 *5	24	24	15	14	CO2 - ingen data H2S,CH4 - 4 analyser
80.01 Tornby	11	11	9	9	11	14	2/4*3	2	1	1	29	22	11	11	Fe - ingen data
80.02 Råkilde-Støvring	13	13	12	12	14	14	2	2	1	1	34	28	14	14	Fe - ingen data
80.11 Drastrup	22	22	22	22	22	22	2	2	1	1	47	44	22	22	Fe - ingen data
80.12 Skerping	20	19	19	18	22	19	2	2	1	1	53	43	21	21	Fe - ingen data
80.13 Albæk	15	14	14	13	15	15	2	2	1	1	36	30	15	15	Fe - ingen data
80.14 Gislum	11	10	10	10	11	11	2	2	1	1	24	20	10	10	Fe - ingen data

\*3 : Halvt af hver \*5 : Enkelte analyseret

Bilag 3. Antallet af filtre i overvågningsområderne og det gennemførte analyseprogram i 1993. Yderligere er det angivet, hvad der er modtaget på DGU. Side 3 af 3.

Grundvandsovervågningen i Danmark er baseret på oplysninger fra grundvandsovervågningsområder og landovervågningsoplande, samt analyser udført i forbindelse med vandværkernes boringskontrol. Samlet illustrerer disse oplysninger vandets kemi i den underjordiske og mættede del af vandets kredsløb.

Ud fra en landsdækkende gennemsnitsbetragtning for grundvand, der er påvirket fra overfladen, er nitratindholdet overvejende uændret, men med stigende tendens i det mest udsatte grundvand. Det udsatte grundvand er hovedsagelig overfladenært og knyttet til de lag, hvori den største del af grundvandets strømning foregår. Det gennemsnitlige nitratindhold i det mest udsatte grundvand i det vestlige Jylland er dog uændret gennem den fem år lange overvågningsperiode. Udviklingen i grundvandets nitratindhold viser endnu ikke på landsplan nogen effekt af vandmiljøplanens tiltag til reduktion af nitratudvaskningen.

Det totale fosforindhold i grundvandet er konstant og meget ensartet. Kun en del af det relativt dybtliggende grundvand, som analyseres i overvågningsområderne, udskiller sig med et højere indhold. Fosforindholdet stammer mest nærliggende fra jordlagene, og således antagelig i mindre grad fra fosfatgødede jorde.

Der er gennemført et betydeligt antal pesticidanalyser på grundvand fra overvågningsområder og på oppumpet grundvand fra vandværkesboringer. Som helhed er der påvist pesticider i omkring en tiendedel af tilfældene, heraf indeholder en mindre del mere end grænseværdien for drikkevand. Alle overvågningsprogrammets pesticider er blevet påvist. Ved særlige undersøgelser i Sønderjylland er der også fundet andre pesticider, samt omdannelsesprodukter af pesticider. Indholdet af omdannelsesprodukter kan være op til ti gange højere end indholdet af udgangsstoffet.

Groundwater quality monitoring in Denmark is based on information from groundwater monitoring areas, agricultural impact monitoring areas, and untreated water from production wells. Together this largely covers the variability of groundwater quality in Denmark.

On average the nitrate content in the groundwater, affected from the ground surface, is unchanged or increasing in vulnerable aquifers. These locations are mainly near to the surface, and where the main flow takes place. In the sandy western Jylland the average nitrate content in the uppermost groundwater is high and constant.

On an average basis no effect of the National Action Plan for the Aquatic Environment has been registered in the groundwater.

During the last year a substantial number of analyses of the content of eight selected pesticides in groundwater, have been carried out. Pesticides were indicated in about one tenth of the samples, and a minor fraction of these contained more than permitted in drinking water. Special investigations in southern Jylland have documented the presence in groundwater of other pesticides as well as decomposition products of pesticides, sometimes in relatively higher content.