

A background image showing a microscopic view of numerous water droplets of various sizes, some appearing as thin, curved membranes, others as more solid spheres, all set against a light blue, slightly textured background.

Grundvandsovervågning

Grundvandskvalitet i overvågningsområderne

DGU

Miljøministeriet

Danmarks Geologiske Undersøgelse

Grundvandsovervågning

Grundvandskvalitet i overvågningsområderne



Miljøministeriet

Danmarks Geologiske Undersøgelse

Grundvandsovervågning

Grundvandskvalitet i overvågningsområderne

Projektledelse: Jens Stockmarr.

Tekst: Walter Brusch, Ole Stig Jacobsen, Henning Kristiansen, Carsten Langtofte Larsen,
Finn Lykke Nielsen, Erik Nygaard, Per Rasmussen, Ingrid Salinas og Jens Stockmarr.

Datagrundlag: Poul Merkelsen og Allan Grambo-Rasmussen.

Omslag: Peter Moors, DGU.

Redaktør: Ole Stig Jacobsen.

Tryk indhold: DGU.

Tryk omslag: From og Co.

Oplag: 500 eks.

Dato: 1. december 1992.

ISBN 87-88640-88-4

Pris: Kr. 392,- eks. moms.

© Miljøministeriet

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

Forord	5
1 Konklusion	7
2 Indledning	9
2.1 Data	10
2.2 Tolkning af grundvandets stofindhold	12
2.3 Grundvandsovervågningsområdernes repræsentativitet	13
2.4 Dataoversigt	13
3 Grundvandets hovedbestanddele.	17
3.1 Grundvandsovervågningsområderne (GRUMO)	17
3.2 Grundvandets nitratindhold i de udvalgte reservoirtyper (1989-91)	72
3.3 Grundvandets kloridindhold	77
3.4 Sammenfatning vedrørende hovedbestanddele	84
4 Landovervågningsoplande (LOOP)	85
4.1 Grundvandsanalyser	85
4.2 Årsvariation i grundvandets nitratindhold	86
4.3 Årsvariation for udvalgte parametre	88
4.4 Sammenfatning	90
5 Grundvandets alder.	91
5.1 Isotopen tritium. Måling af tritium i vand.	91
5.2 Tritiumkilder.	91
5.3 Tritium i nedbøren.	92
5.4 Tritium i Grundvandet.	94
5.5 Tritiummåleprogrammet i grundvandsovervågningen.	95
5.6 Bobleplots.	95
5.7 Diskussion.	97
6 Uorganiske sporstoffer.	103
6.1 Databehandling og -vurdering	103
6.2 Gruppe 1: Cyanid, Kviksølv, Bly, Cadmium og Arsen.	107
6.3 Gruppe 2: Traditionelle tungmetaller, nikkel, zink, kobber og krom	117
6.4 Gruppe 3: Andre uorganiske sporstoffer	126
6.5 Sammenfatning. Uorganiske sporstoffer.	132

4		
7	Pesticider og detergenter	135
7.1	Årets rapporterede data.	135
7.2	Kommentarer til genanalyser og pesticidfund	141
7.3	Områder med pesticidfund	142
7.4	Pesticider, nitrat og klorid.	144
7.5	Anvendte pesticidmængder og omdannelsesfaktorer	147
7.6	Nedbrydning og transport i grundvand	148
7.7	Andre overvågningsresultater og sammenstillinger	149
7.8	Detergenter	151
8	Organiske mikroforureninger.	159
9	Diskussion	175
9.1	Nitrat	175
9.2	Klorid	177
9.3	Uorganiske sporstoffer	178
9.4	Pesticider	181
9.5	Organiske mikroforureninger	182
9.6	Sammenfatning	184
	Litteratur	187

Forord

Denne rapport om resultaterne af analysen af grundvandet i de 67 overvågningsområder for grundvand er baseret på data, der er indberettet fra amtskommunerne og Københavns og Frederiksberg Kommune til fagdatacentret for grundvands- og boringsdata ved Danmarks Geologiske Undersøgelse (DGU).

Det er tredje år der gøres status for tilstanden i det danske grundvand. Hovedvægten er i år lagt på data indsamlet i de "overvågningsområder", der er etableret i forbindelse med vandmiljøplanen. Fra disse områder er der nu data fra tre år for grundvandets kemiske hovedkomponenter, mens der som helhed kun er analyseret en enkelt gang for de "specielle" stoffer (uorganiske sporstoffer og organiske mikroforureninger, herunder pesticider).

Rapportens databearbejdende afsnit er forfattet af:

Henning Kristiansen	kap. 3.1, Klassifikation (af hovedbestanddele),
Ole Stig Jacobsen	kap. 3.2, Nitrat,
Ole Stig Jacobsen	kap. 3.3, Klorid,
Per Rasmussen	kap. 4, Landovervågningsoplande,
Finn Lykke Nielsen	kap. 5, Grundvandets alder,
Carsten Langtofte	kap. 6, Uorganiske sporstoffer,
Walther Brüsck & Ingrid Salinas	kap. 7, Pesticider, (og klorfenoler),
Walther Brüsck, Ingrid Salinas & Jens Stockmarr	kap. 8, Klorerede opløsningsmidler (og andre organiske mikroforureninger).

Rapporten er i sin helhed, ud over de ovenfor nævnte, udformet af en arbejdsgruppe bestående af Allan Grambo, Carsten Guvad, Bruno Haldbæk, Majbritt Larving Hvidkjær, Susanne Jensen, Torben Jensen, Gitte Madsen, Poul Merkelsen og Åge Nielsen, Erik Nygaard og projektlederen Jens Stockmarr.

Her ud over har andre medarbejdere ved DGU deltaget med løsning af afgrænsede opgaver.

En foreløbig version af rapporten er blevet kommenteret af amterne, Københavns og Frederiksberg Kommune og Miljøstyrelsen. Der er blevet taget stilling til disse kommentarer i forbindelse med den endelige udformning af rapporten.

1

Konklusion

Formål

Overvågningsprogrammet for grundvand er et varslingsystem til registrering af ændringer i grundvandets kvalitet med henblik på i god tid at muliggøre forebyggende og afværgende foranstaltninger.

Overvågningsprogrammet vurderes, på basis af erfaringerne fra dette års indberettede data, at kunne opfylde denne hensigt. Samtidig danner programmet grundlag for fastlæggelsen af kriterier og niveauer for sondringen mellem, hvad der er naturlige stofkoncentrationer i grundvandet, og hvad der er forhøjede indhold, svarende til en begyndende forureningssituation.

Nitrat

Der kan endnu ikke i grundvandet spores en effekt af den reduktion af kvælstofudvaskningen, der har været et af målene med vandmiljøplanens beskyttelsestiltag i landbrugsområder. Den hidtil kendte udbredelse af grundvand med højt nitratindhold i de øverste og relativt ubeskyttede grundvandsmagasiner er således uændret inden for overvågningsområdernes første tre års funktionsperiode. Derimod viser udviklingen i nitratindholdet i det drikkevand, der indvindes fra sårbare, højtliggende magasiner, at nitratproblemet som helhed er stigende.

Klorerede opløsningsmidler

Der er fundet mange organiske mikroforureninger i grundvandet, men det største problem vurderes at være de klorerede opløsningsmidler, der ikke alene er fundet i foruroligende mange tilfælde i overvågningsboringerne, men især er konstateret i drikkevandsboringer. Således er en stor del af drikkevandsboringerne i Hovedstadsregionen mere eller mindre påvirket af forurening med klorerede opløsningsmidler og flere vandværker har måttet lukkes.

Selv om de største problemer er på Sjælland, der i forvejen har begrænsede vandressourcer, er der også problemer andre steder i landet. For eksempel må Esbjerg Vandværk omlægge vandforsyningen på grund af forurening med klorerede opløsningsmidler.

Forureningerne stammer især fra gamle industrigrunde og lossepladser.

Af andre organiske mikroforureninger skal der, ud over pesticiderne, især peges på mange forekomster af benzen og et mindre antal fund af klorfenoler.

Benzen skønnes at stamme fra olieforureninger, mens klorfenoler muligvis kan være nedbrydningsprodukter fra pesticidforurening.

Pesticider

Der er konstateret pesticider i syv procent af de undersøgte grundvandsprøver, baseret på én enkelt analyse for hovedparten af de filtre, der er egnede til denne type undersøgelse. I mange af de tilfælde, hvor der sidste år blev påvist pesticider, men hvor der kunne være tvivl om analysens rigtighed, er der foretaget endnu en analyse af en nyudtaget grundvandsprøve. I en række tilfælde kan

der stadig påvises pesticider ved de gentagne analyser. Pesticider der ikke er "genfundet" er udeladt som fund i dette års rapport. Der er stadig usikkerhed vedrørende en del fund, baseret på en enkelt analyse, hvor fornyet analyse endnu ikke er foretaget.

Der er konstateret 8 forskellige pesticider i grundvandet i 20 overvågningsområder ud af 64 undersøgte. Hovedparten af de fundne pesticider forekommer i den øvre del af grundvandet og der er kun fundet enkelte stoffer under 40 meters dybde. Pesticiderne findes i sårbare sandlag med frit grundvandsspejl, men der er også fundet pesticider i sandlag, der er beskyttet af tykke lerlag, hvor nogle af fundene antagelig kan forklares ved nedsivning af pesticidholdigt overfladevand langs borerør.

De fleste fund af pesticider i grundvandet vurderes at stamme fra landbrug og skovbrug.

Den begrænsede mængde data gør, at resultaterne af pesticid-analyserne ikke direkte kan tages som udtryk for pesticid-problemets størrelse på landsplan, men det varsler, at pesticid-problemet er centralt i vurderingen af grundvandskvaliteten.

Fordelingen af såvel uorganiske sporstoffer som af organiske mikroforureninger viser, at disse nu er lokalt udbredt i såvel overfladenært som i dybereliggende grundvand. Geografisk er stofferne påvist i overvågningsområder såvel i by- som landbrugsområder.

Den geografiske og vertikale fordeling af de påviste forureningskomponenter er meget uensartet inden for overvågningsområderne. Med dette som baggrund vurderes der snarere at kunne foreslås lokalt tilpassede end generelle strategier til forebyggelse og afværgning. De tiltag, der tager sigte på at beskytte grundvandet og at afværge truende forureningssituationer, må tage højde for de varierede geologiske, hydrauliske og geokemiske forhold. Tiltagene må yderligere være fleksible så såvel aktuelle forureningssituationer som langsigtede følgepåvirkninger kan behandles hensigtsmæssigt.

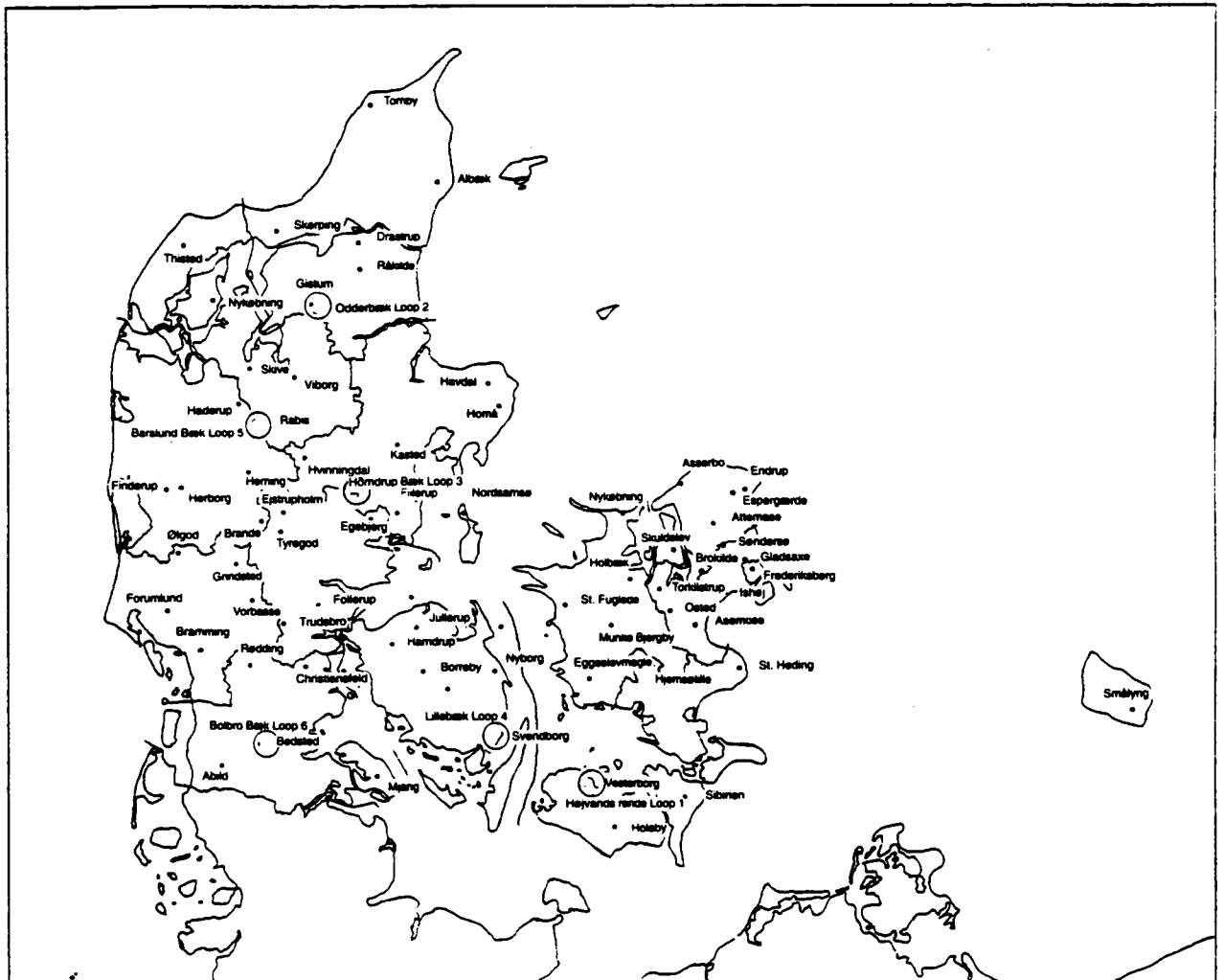
2

Indledning

Overvågningen af grundvandets kvalitet er et centralt element i den vandmiljøplan, der blev vedtaget af Folketinget i 1987, og hvis grundvandsdel hermed rapporteres for tredje gang.

*GRUMO**LOOP**Analyseprogram*

Rapporten præsenterer data fra de 67 grundvandsovervågningsområder (ofte forkortet til GRUMO), der er etableret i alle landsdele og grundvandsdata fra de 6 landovervågningsoplande (ofte forkortet LOOP) (se figur 2.1) og vurderer grundvandskvaliteten med udgangspunkt heri. Data består dels af en række engangsoplysninger om for eksempel prøvetagningsdybder for de godt 1000 filtre og reservoirbjergarter, dels af kemiske analyser af grundvandsprøver. De kemiske analyser af grundvandets indhold af udvalgte stoffer foretages fra 1 gang hvert tredje år til 4 gange årligt, afhængig af stoftype. Analyserne fra den første treårs måleperiode i grundvandsovervågningsområderne nu er tilgængeligt fagdatacentret på Danmarks Geologiske Undersøgelse (DGU).



Figur 2.1.

Grundvandsovervågningsområder (GRUMO) og landovervågningsoplande (LOOP) i Danmark.

Centrale afsnit omhandler stofgrupperne uorganiske sporstoffer, organiske mikroforureninger og pesticider, for hvilke der sammenlagt i løbet af de tre år er blevet analyseret én enkelt gang på grundvandsprøver fra de fleste filtre.

2.1 Data

Amterne og Københavns og Frederiksberg Kommune, vedligeholder overvågningsområderne og sørger for indsamlingen af vandprøver til analyse.

Prøvetagning

Prøvetagningsprocedurerne følger retningslinier, der blandt andet indbefatter forskrifter om omhyggelig renpumpning af filtrene før vandprøven tages, umiddelbar filtrering forud for nogle analyser, samt for pesticidanalyseprøvernes vedkommende, at der dels ikke må være sprøjtet for nylig omkring indsamlingsstedet, og dels ikke under prøveudtagningen må være vinddrift fra steder, hvor der sprøjtes. En vandprøve indsamles, konserveres og transporteres i samarbejde med de forskellige laboratorier og opbevares køligt til umiddelbart før selve analysen.

Analyse

På laboratorierne analyseres vandet for en lang række stoffer, og jo lavere detektionsgrænse, der kræves, desto mere omfattende forbehandling. Der stille faste krav til prøvetagning, filtrering og analysemetoder (Miljøstyrelsen, 1990). Analyseresultaterne indberettes fra laboratorierne til amterne og Københavns og Frederiksberg Kommune, der kontrollerer oplysningerne og indlæser dem, eventuelt ved hjælp af en konsulent, i lokale databaser.

STANDAT

Datatransporten fra amterne til fagdatacentret for borings- og grundvandsdata på DGU sker ved anvendelse af STANDAT-koder, der er et fælles datatransportsystem, som er indført som en del af vandmiljøplanens overvågningsprogram for at smidiggøre dataoverførslen mellem amter, kommuner, laboratorier og fagdatacentre.

1989-1991

Den første komplette analyseperiode (over tre år) for samtlige stoffer er afsluttet i 1991. Miljøministeriet og amterne har vedtaget, at analyseprogrammet (tabel 2.1) skal videreføres i let revideret form i de kommende 5 år (1993-97).

For de stoffer, der principielt ikke må forekomme i det grundvand der udnyttes til drikkevand, er det særligt væsentligt, at analyseværdierne er korrekte og nøje afspejler indholdet i grundvandet i reservoiret omkring filteret. I et forsøg på at udelukke fejlagtige positive bestemmelser af disse stoffer er der i en del tvivlstilfælde blevet udført såkaldte genbestemmelser.

Genbestemmelse

I den praksis, der har udviklet sig, indebærer termen "genbestemmelse", at der udtages en ny grundvandsprøve, som analyseres med henblik på at verificere om den forudgående måling beskrev grundvandet korrekt (genbestemmelse indikerer altså ikke en gentaget analyse af selve den vandprøve, der har nødvendiggjort kontrollen). Prøvetagning til genbestemmelse foretages, når

<i>Grundvandets hovedbestanddele</i>	<i>Organiske mikroforureninger</i>
Lugt og udseende	1. <i>Organiske kulforbindelser</i>
Temperatur	NVOC
pH	2. <i>Organiske halogenforbindelser</i>
Ledningsevne	AOX
Permanganattal (KMnO ₄)	VOX
Inddampningsrest	3. <i>Aromatiske kulbrinter</i>
Calcium	Benzen
Magnesium	Toluen
Hårdhed, total	Xylener (3 isomerer)
Natrium	Naphtalen
Kalium	4. <i>Halogenerede alifatiske kulbrinter</i>
Ammonium	Trichlormethan
Jern	Tetrachlormethan
Mangan	Trichlorethen
Bicarbonat	Tetrachlorethen
Klorid	1,1,1-trichlorethan
Sulfat	5. <i>Fenoler</i>
Nitrat	Phenol
Nitrit	2-methylphenol
Total fosfor	3-methylphenol
Fluorid	4-methylphenol
Ilt	2,3-dimethylphenol
Aggressiv kuldioxid	2,4-dimethylphenol
Svovlbrinte	2,6-dimethylphenol
Metan	3,4-dimethylphenol
	3,6-dimethylphenol
	6. <i>Klorfenoler</i>
	4-chlor,2-methylphenol
	6-chlor,2-methylphenol
	4,6-dichlor,2-methylphenol
	2,4-dichlorphenol
	2,6-dichlorphenol
	2,4,6-trichlorophenol
	2,3,4,5-tetrachlorphenol
	2,3,4,6-tetrachlorphenol
	2,3,5,6-tetrachlorphenol
	Pentachlorophenol
	7. <i>Pesticider</i>
	Atrazin
	2,4-D
	Dichlorprop
	Dinoseb
	DNOC
	MCPA
	Mechlorprop
	Simazin
	8. <i>Anionaktive detergenter</i>
	9. <i>GC/MS screening analyser</i>
<i>Uorganiske sporstoffer</i>	
Aluminium	
Arsen	
Barium	
Bly	
Bor	
Bromid	
Cadmium	
Chrom	
Cyanid	
Jodid	
Kobber	
Kviksølv	
Molybdæn	
Nikkel	
Selen	
Strontium	
Tritium	
Zink	

Tabel 2.1

Analyseprogram i overvågningsområder 1989-1991.

resultatet af en analyserunde foreligger; ofte et kvartal efter sidste prøvetagning. Genbestemmelser i denne forstand forudsætter altså, at det er det samme grundvandsvolumen eller grundvand med det samme stofindhold, der findes omkring filteret ved begge prøvetagninger; en forudsætning der næppe altid holder stik. Det er derfor også rimeligt at opfatte "genbestemmelser" som et ekstra trin i en tidsserie.

Udvælgelse af laboratorier

For at øge troværdigheden og sammenligneligheden af overvågningsprogrammets kemiske data er det kun laboratorier, der under en interkalibrering har kunnet leve op til kravene om analysenøjagtighed ved de givne detektionsgrænser, der er godkendt til at levere ydelser til programmet. De krævede detektionsgrænser afspejler, at der skal kunne foretages reelle analyser i koncentrationsintervallet under lovgivningens krav om maksimalt tilladt indhold, således at der fremkommer så mange analyseresultater som muligt med faktisk målte koncentrationer.

2.2 Tolkning af grundvandets stofindhold

I sammenhæng med overvågningen af grundvandets kvalitet gør der sig det særlige forhold gældende, at der i lovgivningen udelukkende er stillet krav til stofindholdet i drikkevand. Den eneste faste rettesnor til at sondre mellem hvad der er acceptable og uacceptable stofindhold i grundvandet hidrører altså fra kravene til et forarbejdet produkt, drikkevandet. Hensigten med beskyttelsestiltag for grundvand er at sikre, at det har en så god kvalitet, at det uden urimeligt store omkostninger til rensning er anvendeligt som drikkevand.

Betydningen af grundvandets stofindhold beror således på en vurdering af, hvilken betydning det har eller synes at skulle få for såvel kvaliteten af drikkevandet som for det øvrige ydre miljø.

Grundvandskemi

Grundvandskemidata kan kun fuldt ud vurderes i sammenhæng med forståelse af tilførsel, omdannelse og tilbageholdelse, samt viden om strømningsforholdene i jordlagene. Langt de fleste og højeste koncentrationer af forurenende stoffer i overvågningsområderne er konstateret i det mest overfladenære grundvand. Problemet med vandkvaliteten i det overfladenære grundvand kan i en del tilfælde overkommes, idet vandindvindingen til drikkevandsforsyning fra disse reservoirer er meget beskeden og kan omlægges. Alvorligere er påvisninger af forurenende stoffer i prøver af grundvand fra de dybereliggende "hovedreservoirer", der udnyttes af centrale vandforsyninger. Sådanne påvisninger bekræfter, at der sker stoftilførsel fra det overfladenære grundvand til de dybere grundvandsreservoirer, og at spørgsmålet om tid er afgørende i den langsigtede vurdering af ændringerne af grundvandets kvalitet.

2.3 Grundvandsovervågningsområdernes repræsentativitet

0,5% - 1,5% areal

Grundtanken om, generelt at kunne klarlægge kvalitetsudviklingen af grundvandet gennem intensiv overvågning, baserer sig på repræsentativitet. Konceptet forudsætter at forholdene i et overvågningsområde også illustrerer forholdene i den umiddelbart omgivende del af landet og andre regioner med tilsvarende betingelser. Repræsentativiteten må dog til stadighed vurderes, idet overvågningen kun foregår inden for en meget lille del af hvert amt (0,5 - 1,5% af de enkelte amters areal, i Københavnsområdet dog ca. 30%).

I de dele af landet, hvor grundvandsressourcen karakteriseres som særlig følsom for forurening, vil det være den konkrete fordeling af de forurenende stoffer i jordoverfladen, der afgør, hvor påvirket grundvandet er, og der kan derfor ikke umiddelbart udledes nogen repræsentativitet på grundlag af de hydrogeologiske forhold.

Overvågningen beskæftiger sig især med det grundvand, der udnyttes. Derfor indgår der for eksempel færre oplysninger om det dybere grundvand i en del af kystegnene, idet vandindvindingen her sker fra relativt overfladenære grundvandsreservoirer for at mindske indtrængningen af saltvand.

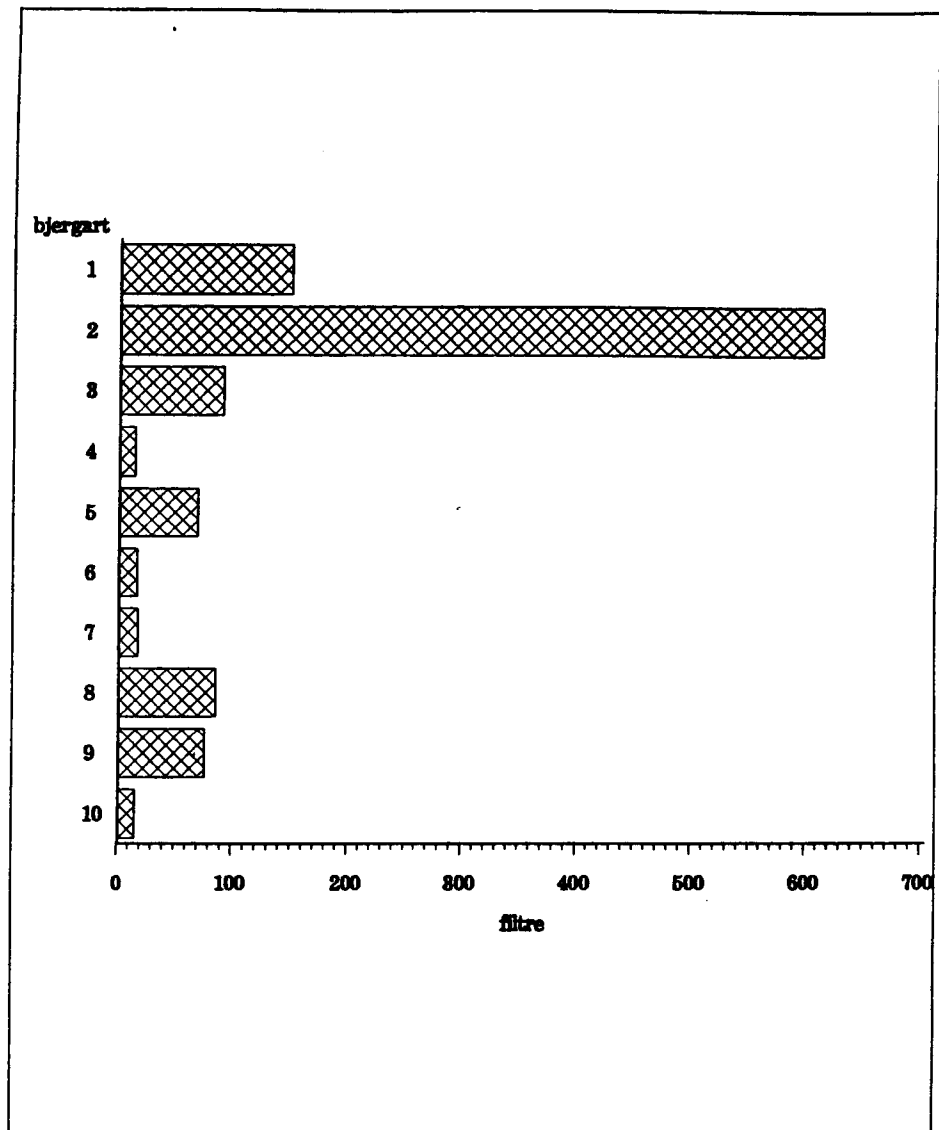
Fra Fyn (1992) vides det at overvågningen ikke omfatter de mest ubeskyttede hovedreservoirer.

2.4 Dataoversigt

De indrapporterede data fra prøvetagningerne i 1991, som indgår i denne rapport, stammer fra grundvandsprøver udtaget i de 67 overvågningsområder. De bjergarter, som de enkelte prøvetagningsfiltre i overvågningsområderne er placeret i, fremgår af landsoversigten i figur 2.2.

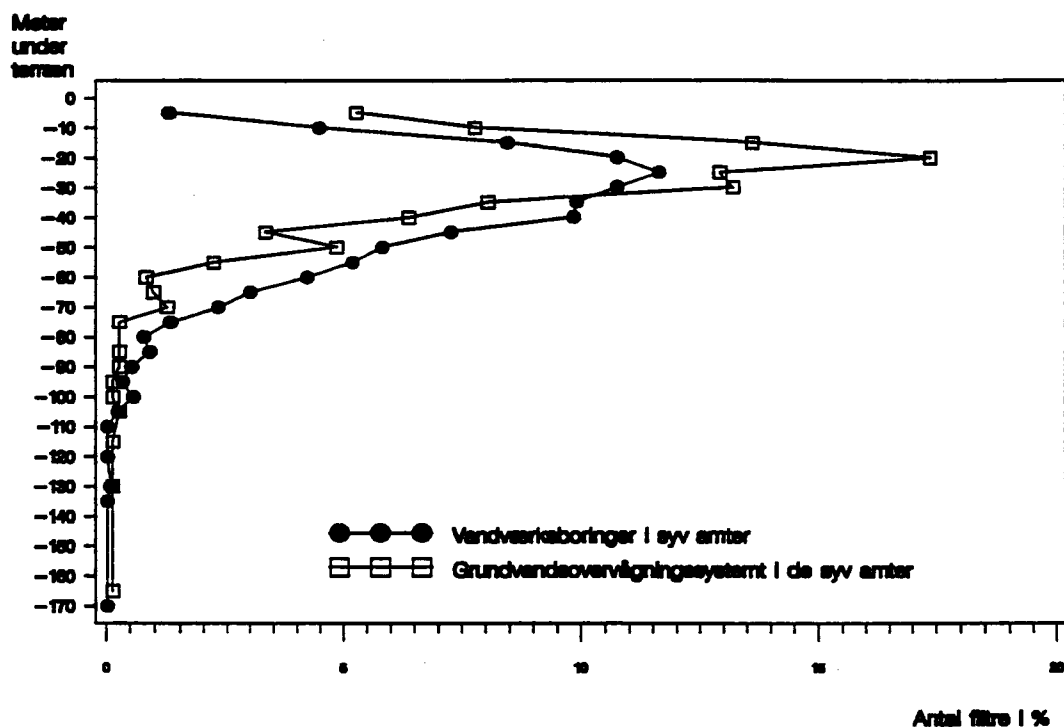
I 1991 er der analyseret ca. fire gange for indholdet af hovedkomponenter i grundvandsprøver fra disse filtre, mens der for de fleste filtre er gennemført specialanalyser én enkelt gang inden for perioden 1989-91 (tabel 2.1).

De filtre, hvorfra der udtages grundvandsprøver til overvågningsprogrammet, er hovedsagelig placeret i de mest overfladenære grundvandsforekomster. I hvert område er der dog også placeret mindst ét filter i et dybereliggende hovedreservoir. Som baggrund for at kunne bedømme i hvilken grad overvågningen beskriver grundvand fra de dybder, der udnyttes til drikkevandsproduktion, er forholdet mellem disse vist i figur 2.3.



Figur 2.2

Antal filtre fordelt på bjergart. 1 - bjergart ukendt, hyppigt filtersat fra overfladenære rammeboringer, 2 - smeltevandssilt, - sand og -grus, 3 - moræneaflejringer og smeltevandsler, 4 - marine kvartære aflejringer, 5 - miocænt kvartssand og -grus, 6 - miocæne glimmerholdige bjergarter, 7 - bjergarter af Selandien alder (Paleocæn), 8 - bjergarter af Danien alder, 9 - skrivekridt, 10 - palæozoiske og prækambriske bjergarter.



Figur 2.3

Fordeling af dybder til filtertop. Figuren illustrerer den vertikale fordeling af filtrene for henholdsvis overvågningsområderne og vandværksboringerne i syv udvalgte amter. Dybdefordelingen af filtrene i overvågningsområderne i disse amter svarer nøje til den tilsvarende fordeling i alle landets overvågningsområder.

3

Grundvandets hovedbestanddele.

Den kemiske sammensætning af grundvandet i Danmark varierer stærkt m.h.t. de opløste hovedbestanddele.

*Naturlige
variationer*

Årsagen til disse naturlige variationer er forskelle mellem de forskellige grundvandsmagasiner, som er bestemt af de regionale og lokale geologiske forhold (Ødum og Christensen, 1936).

De geologiske og hydrogeologiske forhold bestemmer reservoirbjergart, dybde, strømningsforhold m.v., og dertil kommer store regionale forskelle i nedbørsmængder og fordampning (Kristiansen og Stockmarr, 1991).

Resultatet er variationer i de geokemiske og hydrokemiske forhold såvel i den umættede zone som i grundvandszonen. Disse variationer omfatter bl.a. saltkoncentrationer, pH-værdier og redox-potentiale og betinger dermed store forskelle i den naturlige grundvandskvalitet mellem de forskellige reservoirtyper.

Nitrat

Forskellene kommer også til udtryk i karakteren af de ændringer i grundvandskvaliteten, der opstår som følge af menneskelig aktivitet. Således vil for eksempel grundvandets forurening med nitrat være fremherskende i overfladenære reservoirer i sandjordsområder, medens nitratforurening stort set ikke forekommer i de dybe artesiske grundvandsmagasiner, som ofte er grundlaget for vandindvinding til de store bysamfund (Miljøstyrelsen, 1991).

Bysamfund

Disse grundvandsmagasiner har til gengæld ofte problemer med ændring af vandkvaliteten som følge af for stor vandindvinding. Problemer, som kan forstærkes af, at mange af de store bysamfund er lokaliseret i områder med en relativt lav årlig nedbør og en samtidig relativt stor evapotranspiration.

Klorid og sulfat

I reservoirer af denne karakter kan problemerne være stigende kloridkoncentrationer, som følge af opstrømmende saltvand fra den dybere undergrund eller fra kystnære områder. Endvidere stigende sulfatkoncentrationer som følge af oxidation af reducerede svovlforbindelser (for eksempel pyrit, FeS_2) som følgevirkning af en grundvandssænkning (Kristiansen, 1986 og Sørensen og Søndergaard, 1991).

3.1 Grundvandsovervågningsområderne (GRUMO)

GRUMO

De 67 grundvandsovervågningsområder repræsenterer meget forskellige reservoirtyper fordelt over hele landet, og hvert område har desuden forskellige borer og filtre, som repræsenterer såvel sekundære overfladenære grundvandsmagasiner som dybere liggende hovedmagasiner.

Disse basale forskelle mellem de enkelte GRUMO og de enkelte borer og filtre indenfor hvert område, gør det uhensigtsmæssigt at beskrive og fortolke den naturlige grundvandskvalitet,

miljøproblemerne og udviklingstendenserne under ét for alle områderne, eller for alle filtre i det enkelte område under ét.

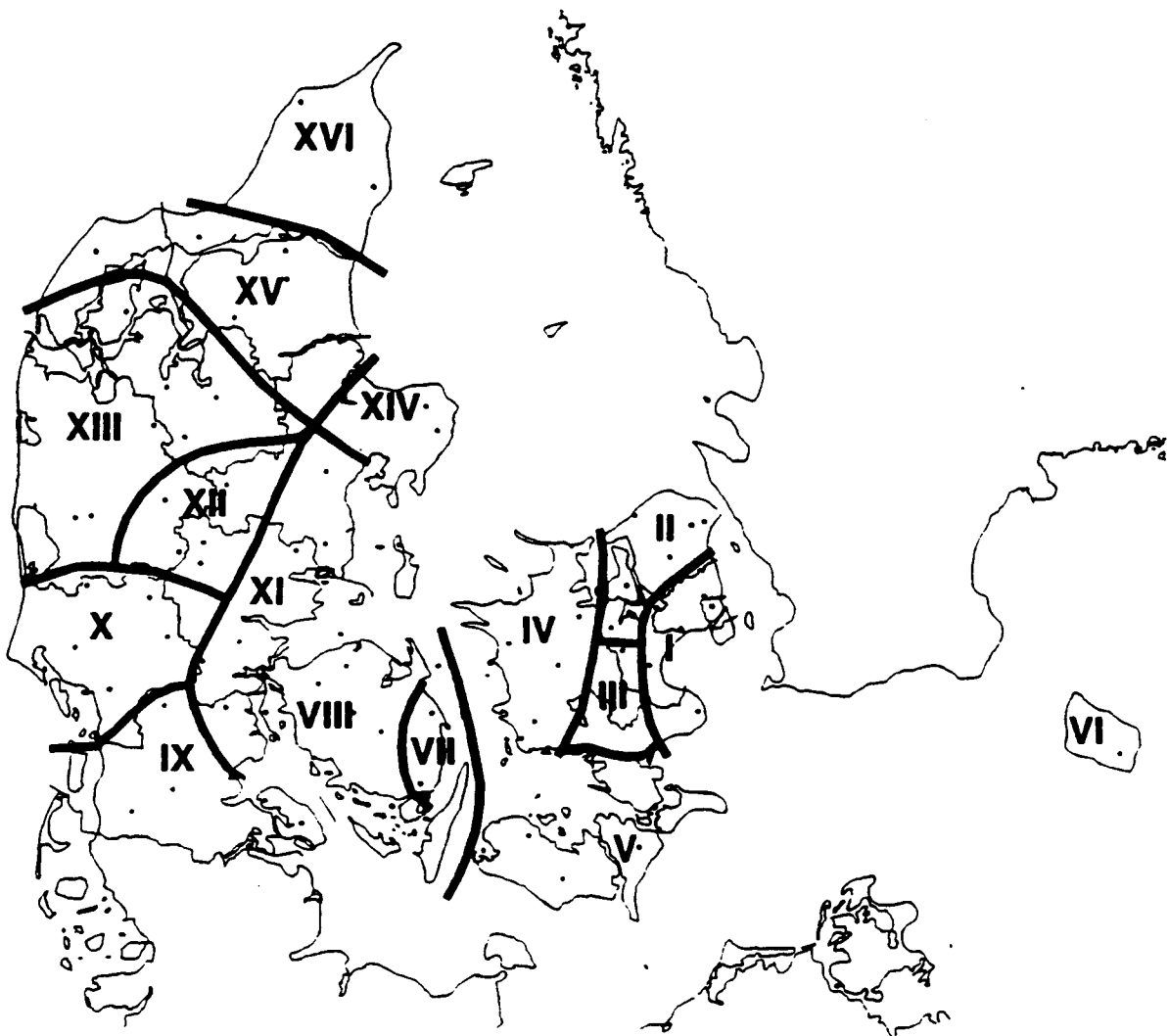
*Sammenlignelige
reservoirtyper*

Der er behov for at kunne beskrive grundvandet indhold af opløste hovedbestanddele i prøver fra grupper af filtre, som repræsenterer sammenlignelige reservoirtyper.

*16 regionale
områder*

3.1.1 Udvalgelse af reservoirtyper.

Med henblik på at kunne beskrive indholdet af opløste hovedbestanddele i forskellige grundvandstyper, er der udvalgt filtre fra ialt 16 regionale områder over hele landet. Disse 16 områder er vist på oversigtskortet figur 3.1 og på kortudsnit i beskrivelsen af de enkelte områder. De 16 områder repræsenterer karakteristiske regionale situationer m.h.t de hovedmagasiner, som fortrinsvis er basis for grundvandsindvinding i den enkelte region. Fra hver af de 16 områder er udvalgt filtre, som repræsenterer henholdsvis sekundære magasiner og hovedmagasiner i det enkelte område, eller eventuelt øvre og nedre vandlag i grundvandsmagasinerne.



Figur 3.1

Kort over de 16 områder med 32 grundvandstyper.

Reservoirtyper

På denne måde er der tilvejebragt 32 grupper af udvalgte filtre, som i det følgende kaldes "reservoirtyper", og som er nummereret med område nr. (I - XVI) og henholdsvis 1 for sekundære magasiner og 2 for hovedmagasiner.

Hvert af de 32 reservoirtyper vil som hovedregel have filtre i samme reservoirbjergart, men der vil være nogle reservoirtyper, som omfatter flere bjergarter, specielt hvor de forskellige reservoirbjergarter er hydrauliske forbundne.

204 udvalgte filtre

Opdelingen i 32 reservoirtyper er baseret på 204 udvalgte filtre, som er veldefinerede m.h.t. dybde og reservoirbjergart. Udover de 204 foreløbigt udvalgte filtre, er det hensigten at fordele de øvrige overvågningsfiltre på de 32 reservoirtyper i det omfang, det kan gøres nogenlunde entydigt. Det er endvidere hensigten at udbygge grundlaget for beskrivelsen af reservoirtyperne med boringskontrol-data, det vil sige vandværkernes analyser af råvand fra de enkelte boringer.

Udvælgelsen af de 32 reservoirtyper er foreløbig, idet bl.a. de grundvandskemiske forhold kan begrunde en senere revision af opdelingen. Endvidere kan den endelige afgrænsning mellem nogle af de 16 regionale områder først udføres efter supplerings med boringskontrollata.

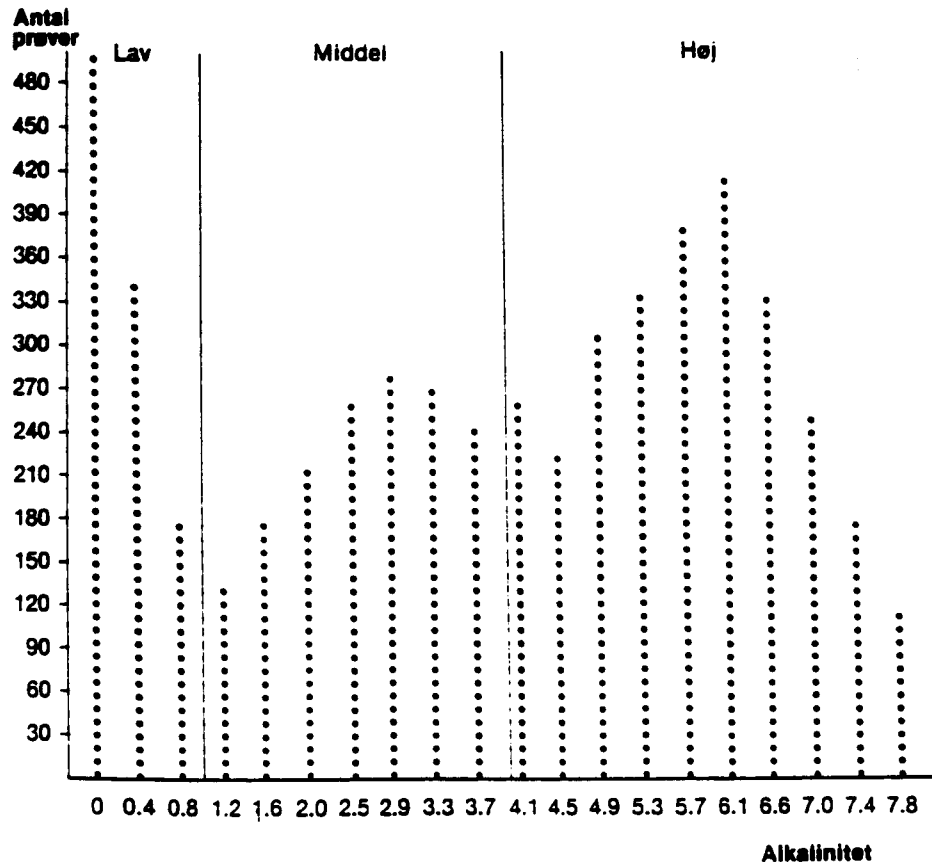
En senere revision af reservoiropdelingen vil ikke forhindre en udarbejdelse af hensigtsmæssige tidsserier, da det altid vil være muligt, at udarbejde tidsserier helt tilbage fra prøvetagningens start baseret på de samme grupper af filtre.

3.1.2 Hydrokemisk klassifikation

Den hydrokemiske klassifikation er baseret på det system, der er beskrevet i Grundvand, Overvågning og Problemer (Nygaard, E. (red.), 1991), idet der dog er sket mindre ændringer og justeringer under hensyn til senere vurderinger af datamaterialet i DGU's grundvandskemiske database.

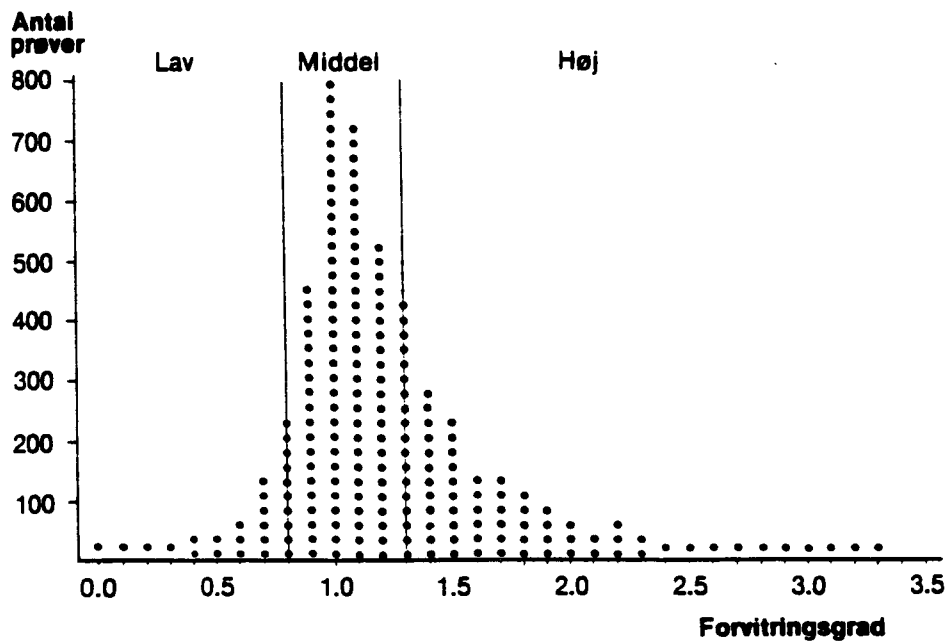
Ændringerne består af tilføjelsen af et 0 i den firecifrede klassifikation, når der ikke foreligger data, som kan definere det pågældende ciffer nærmere. Endvidere i tilføjelsen af en fjerde karakter under redoxforhold, når der er tale om blandingsvand.

Justeringerne af grænserne mellem niveauerne for alkalinitet og forvitningsgrad $\text{Ca} + \text{MG}/\text{HCO}_3$ er sket under hensyn til den faktiske fordeling af alle analyser i den grundvandskemiske database. På figur 3.2 og 3.3 er vist fordelingen af alkalinitet og forvitningsgrad baseret på alle registrerede data i den grundvandskemiske database med indtegning af grænserne mellem klassifikationerne lav, middel og høj.



Figur 3.2

Grundvandskemisk database total, fordeling af prøver efter alkalinitet.



Figur 3.3

Grundvandskemisk database total, fordeling af prøver efter forvitningsgrad.

Første ciffer	Alkalinitet, mækv./l	
0		Ikke oplyst
1	< 1,0	Lav
2	1 - 4,0	Middel
3	> 4,0	Høj
Andet ciffer	Forvittringsgrad, mækv. (Ca+Mg)/HCO ₃	
0		Kan ikke beregnes
1	> 1,3	Høj
2	0,8 - 1,3	Middel
3	< 0,8	Lav
Tredie ciffer	Kalkoverskud/kalkunderskud aggressiv CO ₂ mg/l	
0		Ikke oplyst
1	> 2	Kalkunderskud
2	0-2	Kalkligevægt/overskud
Fjerde ciffer	Redoxforhold, mg/l	
0		Ikke oplyst
1	NO ₃ > 1 og/eller O ₂ > 3	Oxisk og anoxisk nitratholdig
2	NO ₃ < 1 og/eller O ₂ < 3	Anoxisk jernholdig
3	CH ₄ < 0,05 og/eller H ₂ S < 0,01 NO ₃ < 1 og/eller O ₂ < 3	Anoxisk sulfid- og methanholdig
4	CH ₄ > 0,05 og/eller H ₂ S > 0,01 NO ₃ > 1 og/eller O ₂ > 3 CH ₄ > 0,05 og/eller H ₂ S > 0,01	Blandingsvand

Tabel 3.1

Hydrokemisk klassifikation baseret på alkalinitet, forvittringsgrad, kalkindhold og redoxforhold.

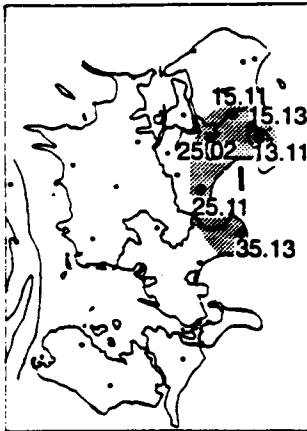
Det hydrokemiske klassifikationssystem (se tabel 3.1) er baseret på 4 cifre, som beskriver henholdsvis alkalinitet, forvittringspåvirkning, kalkoverskud eller - underskud og redoxforhold.

Har en vandprøve for eksempel nr. 1.1.1.1 i det hydrokemiske klassifikationssystem vil den have en lav alkalinitet, have overskud af Ca og Mg i forhold til HCO₃ og indeholde aggressiv CO₂ og NO₃. En vandprøve med denne klassifikation vil være karakteristisk for overfladenære grundvandsmagasiner i sandede og kalkfattige områder.

Det hydrokemiske klassifikationssystem er anvendt som grundlag for beskrivelse af status vedrørende de 32 reservoirtypers særlige grundvandskemiske forhold, idet der er anvendt gennemsnitsværdier af analyserne fra hele overvågningsperioden som grundlag for beregningen af den hydrokemiske klasse.

3.1.3 Beskrivelse af de 32 reservoirtyper.

I de følgende underafsnit er beskrevet de enkelte reservoirtyper. Beskrivelsen omfatter geografisk afgrænsning, GRUMO-områder, hoved og sekundære øvre reservoirbjergarter for hvert af de 16 regionale områder, og boringer, filterdybde (filtertop m.u.t.), reservoirbjergarter og grundvandskemiske forhold for hver af de 32 reservoirtyper.



Område I

Område I omfatter København og omegn samt egnene øst og syd for Roskilde ud til Køge Bugt. Boringer og filtre til reservoirtype I 1 og I 2 er udvalgt fra GRUMO-områderne 13.11 Frederiksberg, 15.11 Sønderød, 15.13 Gladsaxe, 25.02 Brokilde, 25.11 Asemose og 35.13 St. Heddinge.

De øvre grundvandsforekomster er repræsenteret ved filtre i smeltevandssand (DS), smeltevandsgur (DG) og moræneler (ML).

Hovedreservoirbjergarten i området er forskellige former for danienkalk (BK, KK og ZK) og glaciale sand- og gruslag i hydraulisk tilslutning til kalken.

Reservoirtype I 1.

Reservoirtype I 1 omfatter filtre i glaciale aflejringer. Magasinerne kan være artesiske eller med frit vandspejl. I tabel 3.2 er anført GRUMO-områder, boringer, filtertop, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation baseret på gennemsnit af vandprøver fra 1989 - 1991. I tabel 3.3 er vist gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele.

GRUMO	Boring	Filter top m.u.t.	Reservoir bjergart	Hydrokemisk klassifikation
13.11	201.3793	10,50	DS	-
13.11	201.3821	6,80	DS	3.1.0.2
15.11	193.1379	35,0	DS/DG	3.2.2.1
15.11	200.3437	31,0	DS/DG	3.2.2.3
15.13	201.3797	28,0	DS/DG	3.1.2.2
15.13	200.3562	24,0	DS/DG	3.2.2.2
25.02	200.3421	21,63	ML	3.1.0.3
25.02	200.3402	21,32	ML	2.1.0.1
25.11	212.1052	15,05	DG	3.2.0.3

Tabel 3.2

Reservoirtype I 1. Oversigt over GRUMO, boringer, filterintervaller, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation.

Parameter	N	Middel	Minimum	Maximum
Filtertop	43	22,36	6,80	35,00
Ca	40	127,00	80,00	211,00
Mg	38	14,16	7,30	30,00
Na	38	17,13	8,00	44,00
HCO ₃	39	287,95	223,00	383,00
Cl	40	38,78	21,00	170,00
SO ₄	41	122,02	42,00	210,00
NO ₃	18	1,70	0,00	17,00
Agg. CO ₂	20	0,00	0,00	0,00
H ₂ S	20	0,00	0,00	0,00
CH ₄	30	0,01	0,00	0,10
Hårdhed	38	20,78	13,27	36,44

Tabel 3.3

Reservoirtype I 1, gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele.

Grundvandskemisk status

Grundvandet har som hovedregel en høj alkalinitet og en total hårdhed på 13 - 37°. Forvittringsgraden er middel til høj, hvilket indebærer at der kan forekomme grundvand med høje sulfatkoncentrationer og en relativ høj andel af permanent hårdhed. Aggressiv kuldioxid vil ikke være almindeligt. Grundvandets redoxforhold er typisk anoxisk og nitratfrit, men med enkelte prøver med op til 5 - 6 mg NO₃/l.

Særlige problemer og tendenser

Forhøjede sulfatkoncentrationer og høje hårdhedsgrader med en relativ stor andel som permanent hårdhed kan forekomme. Problemerne kan forstærkes ved kraftig vandindvinding i reservoirer af denne type.

Der har ikke været tendenser til ændringer i koncentrationsniveauerne i prøvetagningsperioden.

Reservoirtype I 2

Reservoirtype I 2 omfatter filtre i danienkalk og sand- og grusaflejninger i tilslutning til kalken. Magasinerne er overvejende artesiske.

I tabel 3.4 er anført GRUMO-områder, boringer, filtertop, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation baseret på gennemsnit af vandprøver fra 1989 - 1991. I tabel 3.5 er vist gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele i prøver fra reservoirtype I 2.

GRUMO	Boring	Filter top m.u.t.	Reservoir Bjergart	Hydrokemisk klassifikation
13.11	201.3821	13,80	DS	3.1.0.2
13.11	201.3821	23,70	DS	3.1.0.1
15.11	193.1380	30,50	DS/DG	3.2.2.2
15.11	193.1380	55,00	KK	3.2.2.2
15.13	200.3562	38,00	KK	3.1.2.2
15.11	193.1371	76,50	KK	3.2.2.2
15.11	193.1371	65,50	KK	3.2.2.2
15.13	200.3428	45,00	KK	3.3.2.2
25.02	200.3128	28,10	ZK	3.2.1.3
25.02	199.943	32,81	ZK	3.2.0.3
25.11	212.1044	9,0	BK/KK	3.2.0.1
25.11	212.1058	23,50	BK/KK	3.2.0.3
35.13	218.991	7,00	BK	3.2.2.1
35.13	218.987	18,00	BK	3.2.2.3

Tabel 3.4

Reservoirtype I 2. Oversigt over GRUMO, boringer, filterintervaller, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation.

Parameter	N	Middel	Minimum	Maximum
Filtertop	74	33,58	7,00	76,50
Ca	74	118,05	46,00	283,00
Mg	70	15,18	3,00	44,00
Na	70	16,09	10,00	36,00
HCO ₃	70	330,36	265,00	467,00
Cl	74	33,76	14,00	165,00
SO ₄	74	64,67	8,00	272,00
NO ₃	39	12,04	0,03	65,60
Agg. CO ₂	39	0,55	0,00	12,80
H ₂ S	47	0,01	0,00	0,11
CH ₄	59	0,02	0,00	0,16
Hårdhed	70	19,22	12,88	40,47

Tabel 3.5

Reservoirtype I 2, gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele.

Grundvandskemisk status

Grundvandet har en høj alkalinitet og en total hårdhed på 12 - 41°. Forvittringsgraden er som hovedregel middel, men grundvand med høje sulfatkoncentrationer og en relativ høj andel af permanent hårdhed kan forekomme. Aggressiv kuldioxid vil kun sjældent forekomme og kun i lave koncentrationer (< 5 mg CO₂/l).

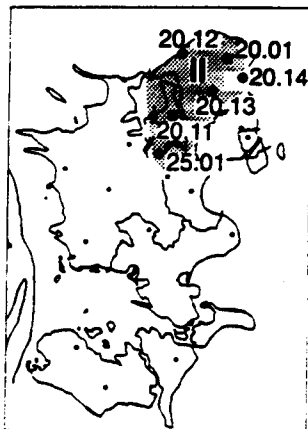
Grundvandets redoxforhold er typisk anoxisk med lave nitratkoncentrationer, men høje nitratkoncentrationer kan forekomme i grundvand fra den øverste del af danielkalken og i smeltevandssand.

Særlige problemer og tendenser

Nitratholdigt grundvand kan forekomme i de øvre dele af danielkalken.

Høje sulfatkoncentrationer kan findes stedvis med en samtidig høj relativ andel af permanent hårdhed. Problemerne kan forstærkes ved kraftig vandindvinding i reservoirer af denne type.

I et enkelt filter boring 201.3821, 23,70 m.u.t. synes der at være sket en stigning i sulfat og hårdhed i prøvetagningsperioden. Iøvrigt er der ingen udvikling i niveauerne indenfor prøvetagningsperioden.



Område II

Område II omfatter Nordsjælland og Hornsherred. Boringer og filtre til reservoirtype nr. II 1 og II 2 er udvalgt fra GRUMO-områderne 20.01 Endrup, 20.11 Skuldelev, 20.12 Asserbo, 20.13 Attemose, 20.14 Espergærde og 25.01 Torkilstrup.

De øvre grundvandsforekomster er repræsenteret ved filtre i smeltevandssand (DS) og moræneler (ML).

Hovedreservoirbjergarten i området er overvejende smeltevandssand og grus, herunder Alnarpsandet. Enkelte filtre findes dog i danienkalk.

Reservoirtype II 1

Reservoirtype II 1 omfatter filtre i glaciære aflejringer, magasinerne kan være med frit vandspejl eller artesiske. I tabel er anført GRUMO-områder, boringer, filtertop, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation baseret på gennemsnit af vandprøverne fra 1989 - 1991. I tabel 3.7 er vist gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele i prøver fra reservoirtype II 1.

GRUMO	Boring	Filter top m.u.t	Reservoir bjergart	Hydrokemisk klassifikation
20.01	187.1233	14,50	ML	3.2.2.2
20.01	187.1230	18,30	DS	3.2.2.3
20.11	199.1007	19,15	DS	3.2.2.1
20.11	199.1010	14,65	DS	3.2.2.2
20.12	186.710	11,30	DS	3.2.2.2
20.13	193.1395	21,70	DS	3.1.2.1
20.13	193.1398	10,15	DS	3.2.2.3
20.14	187.1250	10,40	DS	3.2.2.0

Tabel 3.6

Reservoirtype II 1. Oversigt over GRUMO, boringer, filterintervaller, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation.

Parameter	N	Middel	Minimum	Maximum
Filtertop	66	15,69	10,15	21,70
Ca	66	110,24	79,00	160,00
Mg	66	8,61	2,00	17,00
Na	66	26,33	7,80	69,00
HCO ₃	66	347,41	215,00	537,00
Cl	66	33,06	8,00	106,00
SO ₄	66	32,97	1,00	88,00
NO ₃	29	12,27	0,00	52,00
Agg. CO ₂	66	0,00	0,00	0,00
H ₂ S	46	0,00	0,00	0,00
CH ₄	50	0,17	0,00	2,30
Hårdhed	66	17,41	11,94	24,45

Tabel 3.7

Reservoirtype II 1, gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele.

Grundvandskemisk status

Grundvandet har en høj alkalinitet og en total hårdhed på 11 - 25°. Forvittringsgraden er som hovedregel middel og med moderate sulfatkoncentrationer. Aggressiv kuldioxid vil sjældent forekomme i grundvandet. Grundvandets redoxforhold er som hovedregel anoxiske, men stedvis med nitrat i moderate koncentrationer. Grundvand med små mængder metan ($\ll 2$ mg CH₄/l) kan forekomme.

Særlige problemer og tendenser

Grundvandet er med hensyn til hovedbestanddelene af god kvalitet, og der synes ikke at være særlige problemer.

I filteret boring 199.1010, 14,65 m.u.t. synes niveauet for nitrat at være steget fra omkring 45 mg NO₃/l til omkring 52 mg NO₃/l. Dette er iøvrigt det eneste filter med relativt høje nitratkoncentrationer.

Iøvrigt kan der ikke ses udviklingstendenser indenfor prøvetagningsperioden 1989 - 1991.

Reservoirtype II 2

Reservoirtype II 2 omfatter filtre i dybere liggende glaciale sand- og grusaflejringer og i et enkelt tilfælde i danielkalk. Magasinerne er fortrinsvis artesiske, men frit vandspejl kan også forekomme.

I tabel 3.8 er anført GRUMO-områder, boringer, filtertop, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation baseret på gennemsnit af vandprøver fra 1989 - 1991. I tabel 3.9 er vist gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele i prøver fra reservoirtype II 2.

GRUMO	Boring	Filter top	Reservoir bjergart	Hydrokemisk klassifikation
20.01	187.1230	49,80	DS	3.2.2.3
20.11	199.1007	27,90	DS	2.1.2.2
20.11	199.1010	24,95	DS	3.1.2.2
20.12	186.710	23,10	DS	3.1.2.0
20.12	186.443	23,70	DS/DG	2.1.2.0
20.13	193.1383	37,00	DS	3.2.2.0
20.13	193.1383	45,00	KK	2.2.2.2
20.14	188.917	46,20	DS	3.2.2.3
20.14	188.917	69,50	DS(Alnarp)	3.2.2.2
25.01	205.377	26,60	DS	3.2.0.3
25.01	206.935	18,50	DS	3.2.0.0

Tabel 3.8

Reservoirtype II 2. Oversigt over GRUMO, boringer, filterintervaller, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation.

Parameter	N	Middel	Minimum	Maximum
Filtertop	75	37,84	18,50	69,50
Ca	74	110,59	52,00	162,00
Mg	74	9,47	2,00	17,00
Na	74	19,68	5,80	39,00
HCO ₃	74	293,58	149,00	478,00
Cl	74	49,30	11,00	188,00
SO ₄	74	40,96	5,00	100,00
NO ₃	21	22,74	0,50	56,00
Agg. CO ₂	65	0,00	0,00	0,00
H ₂ S	49	0,00	0,00	0,00
CH ₄	52	0,07	0,00	2,30
Hårdhed	74	17,66	10,26	25,21

Tabel 3.9

Reservoirtype II 2, gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele.

Grundvandskemisk status

Grundvandets alkalinitet er middel til høj med en total hårdhed på 10 - 26°. Forvittringsgraden er middel til høj, men sulfatkoncentrationerne er som hovedregel moderate. Aggressiv kuldioxid vil sjældent forekomme i grundvandet.

Grundvandets redoxforhold er normalt anoxisk uden nitrat, men stedvis kan der findes vand med relativt høje nitratkoncentrationer.

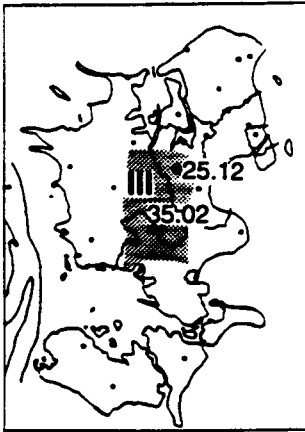
Særlige problemer og tendenser

Grundvandet er med hensyn til hovedbestanddelene af god kvalitet, og der synes ikke at være særlige problemer.

I et enkelt filter boring 199.1007, 27,90 m.u.t. synes nitratkoncentrationen at være steget fra omkring 30 mg NO₃/l til omkring 55 mg NO₃/l.

I samme filter er kloridkoncentrationerne faldet fra 180 - 190 mg Cl/l til 130 - 135 mg Cl/l.

I de øvrige filtre har grundvandskemien stort set været konstant i perioden 1989 - 1991.



Område III

Område III omfatter det centrale Sjælland. Boringer og filtre til reservoirtype nr. III 1 og III 2 er udvalgt fra GRUMO-områderne 25.12 Osted og 35.02 Hjelmsølle.

De øvre sekundære grundvandsforekomster er repræsenteret af filtre i smeltevandssand (DS) og smeltevandsgrus (DG).

Den primære reservoirbjergart i området er grønsandskalk (PK) og glaciale sand- og gruslag i hydraulisk tilslutning til grønsandskalken.

Reservoirtype III 1

Reservoirtype omfatter filtre i de øverste glaciale sand- og grusaflejringer. Magasinerne kan være med frit vandspejl eller artesiske.

I tabel 3.10 er anført GRUMO-områder, boringer, filtertop, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation baseret på gennemsnit af vandprøver fra 1989 - 1991. I tabel 3.11 er vist gennemsnitskoncentration og variationsintervaller for udvalgte hovedbestanddele i prøver fra reservoirtype III 1.

GRUMO	Boring	Filter top	Reservoir bjergart	Hydrokemisk klassifikation
25.12	206.1183	6,30	DS	3.2.0.3
25.12	206.1183	41,50	DG	3.1.0.3
35.02	216.624	14,52	DS	3.1.2.3

Tabel 3.10

Reservoirtype III 1. Oversigt over GRUMO, boringer, filterintervaller, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation.

Parameter	N	Middel	Minimum	Maximum
Filtertop	20	18,46	6,30	41,50
Ca	20	146,95	105,00	195,00
Mg	19	12,87	10,40	16,00
Na	20	19,86	12,00	37,00
HCO ₃	20	350,55	243,00	434,00
Cl	20	46,27	25,00	98,00
SO ₄	19	93,31	67,00	170,00
NO ₃	8	0,69	0,07	1,56
Agg. CO ₂	5	0,14	0,00	0,70
H ₂ S	13	0,03	0,00	0,14
CH ₄	18	0,02	0,01	0,03
Hårdhed	19	23,81	17,35	30,75

Tabel 3.11

Reservoirtype III 1, gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele.

Grundvandskemisk status

Grundvandets alkalinitet er høj med en total hårdhed på 17 - 31°. Forvittringsgraden er middel til høj, og der forekommer prøver med forhøjede sulfatkoncentrationer og dermed samtidig en relativ høj andel af permanent hårdhed. Aggressiv kuldioxid vil sjældent forekomme og kun i meget lave koncentrationer.

Grundvandets redoxforhold er anoxisk uden nitrat, bortset fra enkelte prøver med 1 - 2 mg NO₃/l.

Særlige problemer og tendenser

Grundvandet er med hensyn til hovedbestanddelene af god kvalitet, og der synes ikke at være særlige problemer bortset fra enkelte filtre med forhøjede sulfatkoncentrationer (op til 170 mg SO₄/l).

I et enkelt filter boring 206.1183, 6,30 m.u.t. synes der at have været en tendens til stigning i niveauerne for sulfat og hårdhed i perioden 1989 - 1991. I de øvrige filtre har grundvandskemien stort set været konstant.

Reservoirtype III 2

Reservoirtype III 2 omfatter filtre i grønsandskalk og i et enkelt tilfælde smeltevandssand i hydraulisk tilslutning til grønsand eller grønsandskalk. Magasinerne er som hovedregel artesiske.

I tabel 3.12 er anført GRUMO-områder, boringer, filtertop, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation baseret på gennemsnit af vandprøver fra 1989 - 1991. I tabel 3.13 er vist gennemsnitskoncentration og variationsintervaller for udvalgte hovedbestanddele i prøver fra reservoirtype III 2.

GRUMO	Boring	Filter top	Reservoir bjergart	Hydrokemisk klassifikation
25.12	206.1183	63,00	DS	3.2.0.3
25.12	206.64	51,00	PK	3.3.0.3
25.12	206.618	75,00	PK	3.3.0.0
35.02	216.631	63,80	PK	3.1.2.3
35.02	216.649	40,00	PK	3.2.2.3

Tabel 3.12

Reservoirtype III 2. Oversigt over GRUMO, boringer, filterintervaller, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation.

Parameter	N	Middel	Minimum	Maximum
Filtertop	31	56,10	40,00	75,00
Ca	31	82,59	37,00	134,00
Mg	31	21,58	15,00	28,80
Na	31	60,79	17,00	150,00
HCO ₃	31	411,77	336,00	496,00
Cl	31	58,42	27,00	108,00
SO ₄	27	8,92	2,00	41,00
NO ₃	15	0,52	0,06	1,46
Agg. CO ₂	9	2,46	0,00	8,20
H ₂ S	16	0,26	0,01	2,09
CH ₄	18	0,73	0,01	1,57
Hårdhed	31	16,53	9,56	23,36

Tabel 3.13

Reservoirtype III 2, gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele.

Grundvandskemisk status

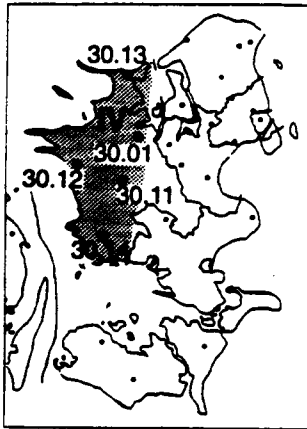
Grundvandets alkalinitet er høj med en total hårdhed på 9 - 24°. Forvittringsgraden er som helhed lav til middel, hvilket indebærer at den relative andel af permanent hårdhed er lav, og at der kan forekomme grundvand med natriumbikarbonat (NaHCO₃). I enkelte prøver kan der være aggressiv kuldioxid i relativt lave koncentrationer.

Grundvandets redoxforhold er anoxisk uden nitrat og stedvis med svovlbrinte (H₂S) og methan (CH₄).

Særlige problemer og tendenser

Grundvandet har i enkelte filtre let forhøjede kloridkoncentrationer (op til 108 mg Cl/l) og i andre filtre forhøjede natriumkoncentrationer (op til 150 mg Na/l) som følge af ionbytning.

Grundvandskemien har i perioden 1989 - 1991 stort set været konstant.



Område IV

Område IV omfatter den vestligste del af Sjælland. Boringer og filtre til reservoirtype nr. IV 1 og IV 2 er udvalgt fra GRUMO-områderne 30.01 Holbæk, 30.12 Store Fuglede, 30.13 Nykøbing S og 30.14 Eggerslevmagle.

De øvre sekundære grundvandsforekomster er repræsenteret af filtre i moræneler (ML) og smeltevandssand (S og DS). Den primære reservoirbjergart i området er glaciale sand- og grusaflejringer, dog med et enkelt filter i kalk (K).

Reservoirtype IV 1

Reservoirtype IV 1 omfatter filtre i de øverste glaciale aflejringer. Magasinerne kan være med frit vandspejl eller artesiske.

I tabel 3.14 er anført GRUMO-områder, boringer, filtertop, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation baseret på gennemsnit af vandprøver fra 1989 - 1991. I tabel 3.15 er vist gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele i prøver fra reservoirtype IV 1.

GRUMO	Boring	Filter top	Reservoir bjergart	Hydrokemisk klassifikation
30.01	198.544	7,50	ML	3.2.2.3
30.12	203.567	6,25	ML	3.2.2.1
30.13	191.185	7,50	S	3.1.2.3
30.14	215.748	9,75	DS	3.2.2.3

Tabel 3.14

Reservoirtype IV 1. Oversigt over GRUMO, boringer, filterintervaller, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation.

Paraméter	N	Middel	Minimum	Maximum
Filtertop	49	7,94	6,20	9,75
Ca	46	125,07	107,00	180,00
Mg	45	15,41	6,30	48,00
Na	49	44,39	18,00	122,00
HCO ₃	46	389,07	244,00	732,00
Cl	45	73,47	17,00	139,00
SO ₄	45	77,84	18,00	126,00
NO ₃	23	3,95	1,00	30,00
Agg. CO ₂	39	3,59	2,00	40,00
H ₂ S	22	0,04	0,00	0,05
CH ₄	45	0,06	0,05	0,19
Hårdhed	45	21,09	16,85	31,20

Tabel 3.15

Reservoirtype IV 1, gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele.

Grundvandskemisk status

Grundvandets alkalinitet er høj med en total hårdhed på 16 - 31°. Forvittringsgraden er middel til høj, hvilket indebærer at der kan forekomme grundvand med en relativ høj andel af permanent hårdhed og let forhøjede sulfatkoncentrationer. Aggressiv kuldioxid kan forekomme stedvis.

Grundvandets redoxforhold er normalt anoxisk uden nitrat, men højere redoxpotentiale og moderate nitratkoncentrationer (op til 30 mg NO₃/l) forekommer i et enkelt filter.

Særlige problemer og tendenser

Grundvandskvaliteten er som hovedregel god med hensyn til hovedbestanddelene. I et enkelte filter boring 203.567, 6,25 m.u.t synes der, at være sket et gennembrud af nitrat i de seneste 2 prøver, idet niveauet er steget fra 1 - 4 mg NO₃/l til 17 - 30 mg NO₃/l. Dette filter har samtidigt forhøjede kloridkoncentrationer (op til 139 mg Cl/l). I de øvrige filtre har grundvandskvaliteten været konstant.

Reservoirtype IV 2

Reservoirtype IV 2 omfatter filtre i de dybere liggende glaciale sand- og grusaflejringer, samt i et enkelt tilfælde kalk (K). Magasinerne er fortrinsvis artesiske.

I tabel 3.16 er anført GRUMO-områder, boringer, filtertop, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation baseret på gennemsnit af vandprøver fra 1989 - 1991. I tabel 3.17 er vist gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele i vandprøver fra reservoirtype IV 2.

GRUMO	Boring	Filter top	Reservoir bjergart	Hydrokemisk klassifikation
30.01	198.544	28,50	DS/DG	3.2.2.3
30.01	198.503	11,90	DS	3.2.2.3
30.12	203.567	17,00	DS/DG	3.2.2.4
30.12	203.524	11,50	DS/DG	3.2.2.3
30.13	191.188	35,00	K	3.2.2.3
30.14	215.501	22,00	DS	3.2.2.3

Tabel 3.16

Reservoirtype IV 2. Oversigt over GRUMO, boringer, filterintervaller, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation.

Parameter	N	Middel	Minimum	Maximum
Filtertop	91	21,25	11,50	35,00
Ca	87	103,39	80,00	204,00
Mg	87	15,60	8,00	53,00
Na	90	45,27	10,00	162,00
HCO ₃	91	371,17	298,90	817,40
Cl	91	61,10	15,00	176,00
SO ₄	91	53,58	12,00	190,00
NO ₃	27	1,34	0,01	4,50
Agg. CO ₂	78	2,17	0,00	5,00
H ₂ S	82	0,05	0,01	0,08
CH ₄	84	0,11	0,05	0,60
Hårdhed	87	18,06	15,11	40,75

Tabel 3.17

Reservoirtype IV 2, gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele.

Grundvandskemisk status

Grundvandets alkalinitet er høj med en total hårdhed på normalt 15 - 19°. I en enkelt filter boring 203.567, 17,0 m.u.t har hårdheden været op til 41°, men dette filter har en afvigende vandkvalitet i forhold til reservoirtypen iøvrigt, bl.a. er der målt forhøjede koncentrationer (op til 190 mg SO₄/l), høje kloridkoncentrationer (op til 176 mg Cl/l) og høje natriumkoncentrationer (op til 162 mg Na/l). Vandkvaliteten i dette filter har iøvrigt nærmet sig det normale for reservoirtypen i 1991. Sandsynligvis er den midlertidige afvigende kemiske sammensætning forårsaget af påvirkning fra bentonit anvendt ved filtrets etablering.

Forvittringsgraden er middel med en lav relativ andel af permanent hårdhed. Aggressiv kuldioxid forekommer kun sjældent og i lave koncentrationer.

Grundvandets redoxforhold er anoxisk uden nitrat. I enkelte tilfælde kan der dog forekomme vand med lave nitratkoncentrationer (1 - 5 mg NO₃/l).

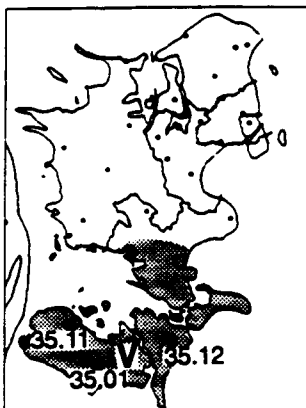
Særlige problemer og tendenser

Grundvandskvaliteten er som hovedregel ret god med hensyn til hovedbestanddelene. Der er dog i nogle tilfælde let forhøjede natriumkoncentrationer (25 - 32 mg Na/l), sandsynligvis forårsaget af ionbytning.

Grundvandskvaliteten har som hovedregel været stabil i perioden 1989 - 1991, bortset fra filteret 203.567, 17,0 m.u.t., hvor en midlertidig afvigende vandkvalitet er blevet normal i prøverne fra 1991.

Område V

Område V omfatter Lolland-Falster og det sydligste Sjælland.



Boringer og filtre til reservoirtype nr. V 1 og V 2 er udvalgt fra GRUMO-områderne 35.01 Holeby, 35.11 Vesterborg og 35.12 Sibirien.

De øvre sekundære grundvandsforekomster er repræsenteret af filtre i smeltevandssand (DS).

Den primære reservoirbjergart er skrivekridt (SK) eller dybere liggende aflejringer af smeltevandssand (DS) eventuelt i hydraulisk tilslutning til skrivekridtet.

Reservoirtype V 1

Reservoirtype V 1 omfatter filtre i de øverste glaciale aflejringer. Magasinerne kan være med frit vandspejl eller artesiske.

I tabel 3.18 er anført GRUMO-områder, boringer, filtertop, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation baseret på gennemsnit af vandprøver fra 1989 - 1991. I tabel 3.19 er vist gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddel i vandprøver fra reservoirtype V 1.

GRUMO	Boring	Filter top	Reservoir bjergart	Hydrokemisk klassifikation
35.01	236.363	11,77	DS	3.2.2.3
35.11	230.235	11,40	DS	3.2.2.1
35.12	238.626	13,60	DS	3.1.2.1

Tabel 3.18

Reservoirtype V 1. Oversigt over GRUMO, boringer, filterintervaller, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation.

Parameter	N	Middel	Minimum	Maximum
Filtertop	22	12,15	11,00	14,00
Ca	21	169,95	132,00	235,00
Mg	21	15,30	4,00	25,00
Na	22	31,67	11,00	70,00
HCO ₃	21	435,23	359,90	605,00
Cl	21	52,95	28,00	115,00
SO ₄	22	98,95	81,00	125,00
NO ₃	19	38,20	1,00	82,00
Agg. CO ₂	21	1,29	0,00	8,00
H ₂ S	22	0,05	0,05	0,06
CH ₄	22	0,28	0,01	1,55
Hårdhed	21	27,31	21,01	38,42

Tabel 3.19

Reservoirtype V 1, gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele.

Grundvandskemisk status

Grundvandets alkalinitet er høj med en total hårdhed på 21 - 39°. Forvittringsgraden er middel til høj, hvilket indebærer at der kan forekomme grundvand med en relativ høj andel af permanent hårdhed og forhøjede sulfatkoncentrationer. Aggressiv kuldioxid forekommer sjældent, og kun i små mængder.

Grundvandets redoxforhold er typisk oxisk med relativt høje nitratkoncentrationer (35 - 82 mg NO₃/l). I filteret boring 236.363, 11,77 m.u.t. er forholdene dog anoxiske uden eller med ganske lave nitratkoncentrationer (< 1 mg NO₃/l).

Særlige problemer og tendenser

Grundvandets oxiske redoxforhold medfører, at for høje nitratkoncentrationer er et almindeligt problem, og i en del tilfælde kan der også forekomme forhøjede sulfatværdier (op til 125 mg SO₄/l) og forhøjede natriumværdier (op til 55 mg Na/l). Nitratkoncentrationerne synes at have været stigende i nogle filtre i perioden 1989 - 1991.

Reservoirtype V 2

Reservoirtype V 2 omfatter filtre i dybere liggende glaciale aflejringer og skrivekridt. Magasinerne er overvejende artesiske.

I tabel 3.20 er anført GRUMO-områder, boringer, filtertop, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation baseret på gennemsnit af vandprøver fra 1989 - 1991. I tabel 3.21 er vist gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele i vandprøver fra reservoirtype V 2.

GRUMO	Boring	Filter top	Reservoir bjergart	Hydrokemisk klassifikation
35.01	240.297	44,00	DS	3.2.2.3
35.11	230.111	38,00	SK	3.2.2.3
35.12	238.622	38,00	DS	3.2.2.3
35.12	238.439	43,50	SK	3.2.2.3

Tabel 3.20

Reservoirtype V 2. Oversigt over GRUMO, boringer, filterintervaller, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation.

Parameter	N	Middel	Minimum	Maximum
Filtertop	24	40,44	38,00	44,00
Ca	24	112,79	95,00	170,00
Mg	24	17,35	10,00	27,00
Na	24	25,24	14,50	58,00
HCO ₃	24	402,88	375,00	423,00
Cl	24	39,58	22,00	84,00
SO ₄	21	24,19	0,49	85,00
NO ₃	15	1,00	1,00	1,00
Agg. CO ₂	24	2,61	0,00	24,00
H ₂ S	24	0,05	0,05	0,06
CH ₄	24	0,89	0,01	2,50
Hårdhed	24	19,78	17,08	26,86

Tabel 3.21

Reservoirtype V 2, gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele.

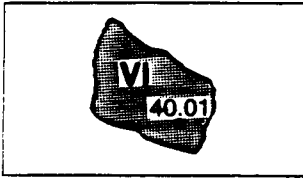
Grundvandskemisk status

Grundvandets alkalinitet er høj med total hårdhed på 17 - 27°. Forvitningsgraden er middel, hvilket indebærer at den relative andel af permanent hårdhed er lav, og at sulfatkoncentrationerne normalt er lave eller moderate. Aggressiv kuldioxid forekommer kun stedvis.

Grundvandets redoxforhold er anoxisk og nitratfrit. Svovlbrinte (H₂S) og methan (CH₄) findes stedvis i lave koncentrationer.

Særlige problemer og tendenser

Grundvandskvaliteten med hensyn til hovedbestanddelene er god og har været stabil i perioden 1989 - 1991.



Område VI

Område VI er lokaliseret på Bornholm. Boringer og filtre er udvalgt fra GRUMO-området 40.01 Smålyng.

De øvre sekundære grundvandsforekomster er repræsenteret af filtre i en enkelt boring til sprækkezoner i opstrømsliggende prækambriske bjergarter (PA).

Den primære reservoirbjergart er Balka Sandsten (KQ).

Reservoirtype VI 1

Reservoirtype VI 1 omfatter filtre i en enkelt boring til prækambriske bjergarter. Magasinet er sandsynligvis med overvejende frit vandspejl.

I tabel 3.22 er anført GRUMO-område, boring, filtertop, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation baseret på gennemsnit af vandprøver fra 1989 - 1991. I tabel 3.23 er vist gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele i vandprøver fra reservoirtype VI 1.

GRUMO	Boring	Filter top	Reservoir bjergart	Hydrokemisk klassifikation
40.01	247.329	7,50	PA	3.2.2.1
40.01	247.329	25,00	PA	3.1.2.1

Tabel 3.22

Reservoirtype VI 1. Oversigt over GRUMO, boringer, filterintervaller, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation.

Parameter	N	Middel	Minimum	Maximum
Filtertop	18	16,25	7,50	25,00
Ca	18	114,94	93,00	142,00
Mg	18	10,91	3,40	16,00
Na	16	42,25	34,00	56,00
HCO ₃	10	299,90	264,00	333,00
Cl	16	98,09	44,00	135,00
SO ₄	16	40,75	33,00	79,00
NO ₃	17	7,29	0,67	17,00
Agg. CO ₂	13	7,15	0,00	19,00
H ₂ S	10	0,00	0,00	0,00
CH ₄	10	0,00	0,00	0,00
Hårdhed	18	18,60	14,36	23,56

Tabel 3.23

Reservoirtype VI 1, gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele.

Grundvandskemisk status

Grundvandets alkalinitet er høj med en total hårdhed på 14 - 23°. Forvittringsgraden er middel til høj, hvilket indebærer, at der kan forekomme vand med en relativt høj andel af permanent hårdhed. Sulfatkoncentrationerne er dog typisk moderate. Aggressiv kuldioxid forekommer almindeligt.

Redoxforholdene er oxiske med nitrat, som dog kun findes i relativt lave koncentrationer (1-20 mg NO₃/l).

Særlige problemer og tendenser

Noget forhøjede kloridkoncentrationer (op til 135 mg Cl/l) er hyppige.

Grundvandet er sårbart overfor nitratforurening, men de aktuelle koncentrationer er lave.

Grundvandskvaliteten har været stabil i prøvetagningsperioden.

Reservoirtype VI 2

Reservoirtype VI 2 omfatter filtre i en boring i Balka Sandsten. Magasinet kan være artesisk eller med frit vandspejl.

I tabel 3.24 er anført GRUMO-område, boring, filtertop, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation baseret på gennemsnit af vandprøver fra 1989 - 1991. I tabel 3.25 er vist gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele i vandprøver fra reservoirtype VI 2.

GRUMO	Boring	Filter top	Reservoir bjergart	Hydrokemisk klassifikation
40.01	247.380	15,00	KQ	3.2.2.1
40.01	247.380	30,00	KQ	3.1.2.1

Tabel 3.24

Reservoirtype VI 2. Oversigt over GRUMO, boringer, filterintervaller, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation.

Parameter	N	Middel	Minimum	Maximum
Filtertop	19	22,89	15,00	30,00
Ca	19	116,47	88,00	125,00
Mg	19	19,79	14,00	24,00
Na	18	20,78	15,00	28,00
HCO ₃	11	329,91	289,00	368,00
Cl	18	37,61	32,50	49,00
SO ₄	17	79,29	54,00	93,00
NO ₃	19	7,69	1,70	19,00
Agg. CO ₂	8	0,75	0,00	4,00
H ₂ S	11	0,00	0,00	0,00
CH ₄	11	0,00	0,00	0,00
Hårdhed	19	20,86	15,54	22,79

Tabel 3.25

Reservoirtype VI 2, gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele.

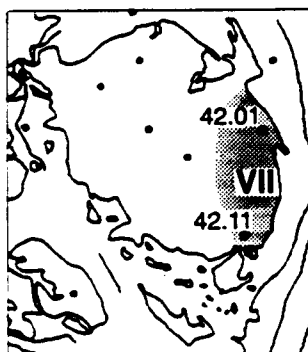
Grundvandskemisk status

Grundvandets alkalinitet er høj med en total hårdhed på 15 - 23°. Forvittringsgraden er middel til høj, hvilket indebærer, at der kan forekomme vand med en relativ høj andel af permanent hårdhed. Sulfatkoncentrationerne er relativt høje (54 - 93 mg SO₄/l). Aggressiv kuldioxid forekommer stedvis i ret lave koncentrationer.

Grundvandets redoxforhold er oxiske med nitrat, men de aktuelle nitratkoncentrationer er relativt lave (17 - 19 mg NO₃/l).

Særlige problemer og tendenser

Grundvandskvaliteten med hensyn til hovedbestanddele er god. Grundvandet er sårbart overfor nitratforurening, men de aktuelle koncentrationer er lave, og kvaliteten har været stabil i prøvetagningsperioden.



Område VII

Område VII omfatter den østligste del af Fyn. Boringer og filtre til reservoirtype nr. VII 1 og VII 2 er udvalgt fra GRUMO-områderne 42.01 Nyborg og 42.11 Svendborg.

De øvre sekundære reservoirer er repræsenteret med filtre i smeltevandssand (DS) og moræneler (ML)

De primære reservoirbjergarter er ved Nyborg danienskalk (BK) og ved Svendborg interglacialt kvartssand (KS).

Reservoirtype VII 1

Reservoirtype VII 1 omfatter filtre i de øverste glaciale aflejringer. Magasinerne kan være med frit vandspejl eller artesiske.

I tabel 3.26 er anført GRUMO-område, boring, filtertop, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation baseret på gennemsnit af vandprøver fra 1989 - 1991. I tabel 3.27 er vist gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele i vandprøver fra reservoirtype VII 1.

GRUMO	Boring	Filter top	Reservoir bjergart	Hydrokemisk klassifikation
42.01	147.848	11,86	DS	3.1.2.0
42.01	147.855	15,50	DS	3.1.2.0
42.11	164.935	18,50	ML	3.2.2.3

Tabel 3.26

Reservoirtype VII 1. Oversigt over GRUMO, boringer, filterintervaller, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation.

Parameter	N	Middel	Minimum	Maximum
Filtertop	15	16,37	11,86	18,50
Ca	15	150,13	132,00	165,00
Mg	15	10,43	2,90	18,00
Na	15	23,00	18,00	28,00
HCO ₃	15	348,13	318,00	373,00
Cl	15	68,27	39,00	98,00
SO ₄	15	93,27	52,00	149,00
NO ₃	2	0,09	0,01	0,17
Agg. CO ₂	14	0,29	0,00	2,70
H ₂ S	0			
CH ₄	12	0,03	0,01	0,10
Hårdhed	15	23,42	19,85	25,29

Tabel 3.27

Reservoirtype VII 1, gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele.

Grundvandskemisk status

Grundvandets alkalinitet er høj med en total hårdhed på 19 - 26°. Forvittringsgraden er typisk høj, hvilket indebærer at der kan forekomme vand med en relativt høj andel af permanent hårdhed. Forhøjede sulfatkoncentrationer findes i boring 147.848 på op til 149 mg SO₄/l. Redoxforholdene er normalt anoxiske uden nitrat.

Særlige problemer og tendenser

Forhøjede sulfatkoncentrationer er almindelige, men grundvandskvaliteten har været stabil i prøvetagningsperioden.

Reservoirtype VII 2

Reservoirtype VII 2 omfatter et filter i danienkalk ved Nyborg og et filter i interglacialt kvartssand ved Svendborg. Magasinerne kan være artesiske eller med frit vandspejl.

I tabel 3.28 er anført GRUMO-område, boring filtertop, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation baseret på gennemsnit af vandprøver fra 1989 - 1991. I tabel 3.29 er vist gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele i vandprøver fra reservoirtype VII 2.

GRUMO	Boring	Filter top	Reservoir bjergart	Hydrokemisk klassifikation
42.01	147.226	36,20	BK	3.2.2.0
42.11	165.170	38,60	KS	3.2.2.3

Tabel 3.28

Reservoirtype VII 2. Oversigt over GRUMO, boringer, filterintervaller, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation.

Parameter	N	Middel	Minimum	Maximum
Filtertop	12	37,59	36,20	38,58
Ca	12	81,50	55,00	104,00
Mg	12	16,49	5,00	32,00
Na	12	51,00	15,00	103,00
HCO ₃	12	325,00	279,00	376,00
Cl	12	64,75	17,00	139,00
SO ₄	12	31,42	16,00	46,00
NO ₃	0			
Agg. CO ₂	12	2,84	0,00	8,00
H ₂ S	0			
CH ₄	11	0,06	0,01	0,20
Hårdhed	12	15,20	14,38	15,91

Tabel 3.29

Reservoirtype VII 2, gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele.

Grundvandskemisk status

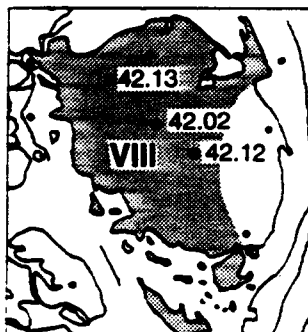
Grundvandets alkalinitet er høj med en total hårdhed på 14 - 16°. Forvittringsgraden er middel, hvilket indebærer, at den permanente hårdhed kun udgør en relativt lav andel af den totale. Sulfatkoncentrationerne er lave til moderate (16 - 46 mg SO₄/l).

Grundvandets redoxforhold er anoxiske uden nitrat, og med små mængder methan (0,01 - 0,11 mg CH₄/l).

Særlige problemer og tendenser

Grundvandskvaliteten er rimelig god med hensyn til hovedbestanddelene. I boring 147.226, 36,20 m.u.t. er der dog grundvand med let forhøjede kloridkoncentrationer (112 - 139 mg Cl/l) og forhøjede natriumkoncentrationer (95 - 103 mg Na/l).

Grundvandskvaliteten har været stabil i prøvetagningsperioden.



Område VIII

Område VIII omfatter Midt- og Vestfyn. Boringer og filtre til reservoirtype nr. VIII 1 og VIII 2 er udvalgt fra GRUMO-områderne 42.02 Borreby, 42.12 Nr. Søby og 42.13 Horndrup.

De øvre sekundære grundvandsforekomster er repræsenteret ved filtre i smeltevandssand (DS og S) og moræneler (ML). De primære reservoirbjergarter er dybere liggende aflejringer af smeltevandssand og -grus (DS og DG).

Reservoirtype VIII 1

Reservoirtype VIII 1 omfatter filtre i de øverste glaciale aflejringer. Magasinerne kan være med frit vandspejl eller artesiske.

I tabel 3.30 er anført GRUMO-område, boring, filtertop, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation baseret på gennemsnit af vandprøver fra 1989 - 1991. I tabel 3.31 er vist gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele i vandprøver fra reservoirtype VIII 1.

GRUMO	Boring	Filter top	Reservoir bjergart	Hydrokemisk klassifikation
42.02	145.2085	18,12	DS	3.1.2.0
42.02	145.848	18,80	DS	-
42.02	145.2087	14,00	DS	3.1.1.0
42.12	146.2066	20,50	S	3.1.2.1
42.13	135.1109	34,00	S	3.2.2.0
42.13	135.1108	22,60	S	3.2.2.3

Tabel 3.30

Reservoirtype VIII 1. Oversigt over GRUMO, boringer, filterintervaller, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation.

Parameter	N	Middel	Minimum	Maximum
Filtertop	15	27,92	22,60	34,00
Ca	15	128,47	104,00	188,00
Mg	15	10,04	5,80	12,00
Na	15	23,40	16,00	63,00
HCO ₃	15	368,33	333,00	423,00
Cl	15	32,67	23,00	60,00
SO ₄	15	66,80	17,00	171,00
NO ₃	1	0,03	0,03	0,03
Agg. CO ₂	14	0,69	0,00	3,00
H ₂ S	0			
CH ₄	14	0,02	0,01	0,10
Hårdhed	15	20,29	16,86	27,86

Tabel 3.31

Reservoirtype VIII 1, gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele.

Grundvandskemisk status

Grundvandets alkalinitet er høj med en total hårdhed på 16 - 27°. Forvittringsgraden er høj til middel, hvilket indebærer, at der kan forekomme vand med en relativt høj andel af permanent hårdhed. I vandprøver fra boring 135.1108, 22.6 m.u.t er sulfatkoncentrationerne forhøjede med op til 171 mg SO₄/l. Aggressiv kuldioxid forekommer stedvis i små koncentrationer.

Grundvandets redoxforhold er normalt anoxiske uden nitrat.

Særlige problemer og tendenser

I reservoirtype VIII 1 kan forekomme grundvand med forhøjede sulfatkoncentrationer, sandsynligvis forårsaget af pyritforvitring.

I boring 135.1108, 22,6 m.u.t. er der tendens til stigning i sulfatkoncentrationer og i hårdheden i prøvetagningsperioden.

Reservoirtype VIII 2

Reservoirtype VIII 2 omfatter filtre i dybere liggende aflejringer af smeltevandssand og -grus. Magasinerne er overvejende artesiske.

I tabel 3.32 er anført GRUMO-område, boring, filtertop, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation baseret på gennemsnit af vandprøver fra 1989 - 1991. I tabel 3.33 er vist gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele i vandprøver fra reservoirtype VIII 2.

GRUMO	Boring	Filter top	Reservoir bjergart	Hydrokemisk klassifikation
42.02	145.812	68,00	DS	3.2.2.0
42.12	146.521	42,00	DS	3.1.2.0
42.13	135.1104	62,20	DS/DG	3.2.2.2
42.13	135.925	70,00	DS/DG	3.2.2.3

Tabel 3.32

Reservoirtype VIII 2. Oversigt over GRUMO, boringer, filterintervaller, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation.

Parameter	N	Middel	Minimum	Maximum
Filtertop	20	59,26	42,00	70,00
Ca	20	93,90	72,00	110,00
Mg	20	10,92	5,20	19,00
Na	20	21,50	11,00	35,00
HCO ₃	20	317,60	256,00	352,00
Cl	20	26,70	17,00	39,00
SO ₄	20	34,50	15,00	76,00
NO ₃	1	0,07	0,07	0,07
Agg. CO ₂	20	1,71	0,00	8,60
H ₂ S	0			
CH ₄	20	0,02	0,00	0,10
Hårdhed	20	15,66	12,66	16,87

Tabel 3.33

Reservoirtype VIII 2, gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele.

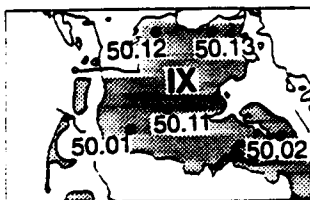
Grundvandskemisk status

Grundvandets alkalinitet er høj med en total hårdhed på 12 - 16°. Forvittringsgraden er som hovedregel middel, hvilket indebærer at en relativt ringe andel af den totale hårdhed er permanent. Sulfatkoncentrationerne er lave, men i boring 146.521, 42 m.u.t. forekommer dog sulfatkoncentrationer på 71 - 76 mg SO₄/l. Aggressiv kuldioxid findes stedvis i små koncentrationer.

Grundvandets redoxforhold er anoxiske og uden nitrat.

Særlige problemer og tendenser

Grundvandskvaliteten er god med hensyn til hovedbestanddelene, og der er ingen specielle problemer. Vandkvaliteten har været stabil i prøvetagningsperioden.



Område IX

Området omfatter Sønderjylland. Boringer og filtre til reservoirtype nr. IX 1 og IX 2 er udvalgt fra GRUMO-områderne 50.01 Abild, 50.02 Mjang Dam, 50.11 Bedsted og 50.12 Rødding nord.

De øvre sekundære grundvandsforeskomster er repræsenteret med filtre i morænesand (MS), moræneler (ML), og smeltevandssand og -grus (DS og DG). De primære reservoirbjergarter er dybere liggende smeltevandssand (DS) og i et enkelt tilfælde miocænt kvartssand (KS).

Reservoirtype IX 1

Reservoirtype IX 1 omfatter filtre i de øverste glacielle aflejringer. Magasinerne kan være med frit vandspejl eller artesiske.

I tabel 3.34 er anført GRUMO-område, boring, filtertop, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation baseret på gennemsnit af vandprøver fra 1989 - 1991. I tabel 3.35 er vist gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele i vandprøver fra reservoirtype IX 1.

GRUMO	Boring	Filter top	Reservoir bjergart	Hydrokemisk klassifikation
50.01	166.659	14,10	MS	2.2.1.3
50.01	158.688	7,10	ML	3.2.1.0
50.02	170.527	18,00	ML	3.1.2.2
50.02	170.528	28,50	DS	3.2.2.3
50.11	159.981	4,00	DS/DG	2.1.1.1
50.11	159.979	6,50	DS/DG	3.1.1.2

Tabel 3.34

Reservoirtype IX 1. Oversigt over GRUMO, borer, filterintervaller, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation.

Parameter	N	Middel	Minimum	Maximum
Filtertop	50	12,81	4,00	28,50
Ca	50	105,66	34,00	182,00
Mg	50	7,21	1,40	12,00
Na	28	16,25	12,00	22,00
HCO ₃	50	245,70	90,00	368,00
Cl	50	32,12	20,00	67,00
SO ₄	50	84,64	44,00	160,00
NO ₃	27	8,99	1,00	40,00
Agg. CO ₂	28	11,14	0,00	34,00
H ₂ S	25	0,02	0,00	0,04
CH ₄	25	0,01	0,00	0,13
Hårdhed	50	16,45	5,77	28,01

Tabel 3.35

Reservoirtype IX 1, gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele.

Grundvandskemisk status

Grundvandets alkalinitet er middel til høj med en total hårdhed på 5 - 28°.

Forvittringsgraden er middel til høj, hvilket indebærer, at der kan forekomme vand med en relativ høj andel af permanent hårdhed. Forhøjede sulfatkoncentrationer på op til 160 mg SO₄/l kan endvidere findes i nogle filtre. Aggressiv kuldioxid er almindeligt og til tider i ret høje koncentrationer (op til 34 mg CO₂/l).

Grundvandets redoxforhold kan være oxiske med nitrat og anoxiske uden. De aktuelle nitratkoncentrationer er dog som hovedregel lave til moderate (1 - 40 mg NO₃/l).

Særlige problemer og tendenser

Forhøjede sulfatkoncentrationer og vand med aggressiv kuldioxid er almindeligt. Reservoirtype IX 1 er sårbar overfor nitratforurening, men de aktuelle koncentrationer er ikke over 40 mg NO₃/l.

Grundvandskvaliteten har været stabil i perioden 1989 - 1991.

Reservoirtype IX 2

Reservoirtype IX 2 omfatter filtre i dybere liggende glaciale aflejringer og i et enkelt tilfælde miocænt kvartssand. Magasinerne kan være artesiske eller med frit vandspejl.

I tabel 3.36 er anført GRUMO-område, boring, filtertop, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation baseret på gennemsnit af vandprøver fra 1989 - 1991. I tabel 3.37 er vist gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele i vandprøver fra reservoirtype IX 2.

GRUMO	Boring	Filter top	Reservoir bjergart	Hydrokemisk klassifikation
50.01	158.679	29,30	KS	2.2.1.3
50.01	166.460	18,30	DS	2.1.1.3
50.02	170.525	46,65	DS	3.3.1.3
50.02	170.375	47,50	DS	3.3.1.3
50.11	159.980	48,00	DS	2.2.1.2
50.11	159.978	54,00	DS	2.2.1.2
50.12	141.879	39,00	DS	3.2.1.3
50.12	141.882	31,00	DS	3.2.2.2

Tabel 3.36

Reservoirtype IX 2. Oversigt over GRUMO, boringer, filterintervaller, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation.

Parameter	N	Middel	Minimum	Maximum
Filtertop	65	40,25	18,00	54,00
Ca	65	81,72	52,00	149,00
Mg	65	6,72	1,30	20,00
Na	35	41,86	11,00	170,00
HCO ₃	65	279,23	153,00	761,00
Cl	65	46,98	14,00	160,00
SO ₄	65	28,60	0,00	85,00
NO ₃	29	1,54	1,00	6,80
Agg. CO ₂	42	15,83	0,00	146,00
H ₂ S	33	0,01	0,00	0,05
CH ₄	33	1,11	0,00	10,50
Hårdhed	65	12,99	7,97	25,23

Tabel 3.37

Reservoirtype IX 2, gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele.

Grundvandskemisk status

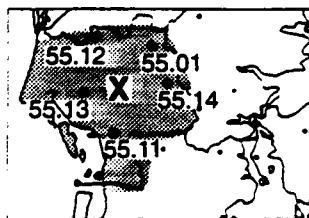
Grundvandets alkalinitet er middel til høj med en total hårdhed på normalt 8 - 18°. Forvittringsgraden er normalt middel til lav, hvilket indebærer af den permanente hårdhed kun udgør en relativ ringe andel af den totale, og at der kan være vandprøver med natriumbikarbonat (NaHCO₃). Aggressiv kuldioxid er hyppigt forekommende og stedvis i høje koncentrationer.

Grundvandets redoxforhold er anoxiske uden nitrat og stedvis med små mængder af methan (CH₄) eller svovlbrinte (H₂S).

Særlige problemer og tendenser

Der forekommer stedvis forhøjede kloridkoncentrationer (op til 160 mg Cl/l) og moderat forhøjede sulfatkoncentrationer (op til 85 mg SO₄/l). Endvidere kan der stedvis forekomme forhøjede natriumkoncentrationer (op til 170 mg Na/l).

Grundvandskvaliteten har været stabil i prøvetagningsperioden.



Område X

Område X omfatter det sydvestlige Jylland (Ribe Amtskommune). Boringer og filtre til reservoirtype nr. X 1 og X 2 er udvalgt fra GRUMO-områderne 55.01 Grindsted, 55.11 Bramming, 55.12 Ølgod, 55.13 Forumlund og 55.14 Vorbasse.

De øvre sekundære grundvandsforekomster er repræsenteret med filtre i smeltevandssand (DS).

Den primære reservoirbjergart er miocænt kvartssand (KS) eller dybere liggende smeltevandssand (DS).

Reservoirtype X 1

Reservoirtype X 1 omfatter filtre i de øverste glaciale aflejringer. Magasinerne er overvejende med frit vandspejl.

I tabel 3.38 er anført GRUMO-område, boring, filtertop, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation baseret på gennemsnit af vandprøver fra 1989 - 1991. I tabel 3.39 er vist gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele i vandprøver fra reservoirtype X 1.

GRUMO	Boring	Filter top	Reservoir bjergart	Hydrokemisk klassifikation
55.01	114.1457	9,97	DS	1.1.1.1
55.01	114.1440	8,50	DS	1.1.1.1
55.11	131.1060	10,50	DS	2.1.1.0
55.11	131.1052	11,50	DS	1.1.1.1
55.12	103.1409	12,50	DS	2.1.1.1
55.13	121.958	16,50	DS	1.1.1.1
55.14	123.874	23,00	DS	2.2.1.1
55.14	123.875	23,00	DS	1.1.1.1

Tabel 3.38

Reservoirtype X 1. Oversigt over GRUMO, boringer, filterintervaller, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation.

Parameter	N	Middel	Minimum	Maximum
Filtertop	80	14,55	8,50	23,00
Ca	80	28,93	1,50	64,00
Mg	80	8,60	0,60	21,00
Na	80	25,84	7,90	104,00
HCO ₃	80	35,96	2,60	186,00
Cl	80	47,61	11,00	210,00
SO ₄	80	49,77	7,40	129,00
NO ₃	64	38,99	0,56	182,00
Agg. CO ₂	75	49,96	0,00	122,00
H ₂ S	51	0,02	0,01	0,20
CH ₄	46	0,17	0,02	3,50
Hårdhed	80	6,03	0,76	11,95

Tabel 3.39

Reservoirtype X 1, gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele.

Grundvandskemisk status

Grundvandets alkalinitet er lav til middel med en total hårdhed på < 1 - 12°.

Forvittringsgraden er som hovedregel høj, hvilket indebærer at den permanente hårdhed ofte vil udgøre en relativ høj andel af den totale hårdhed. Sulfatkoncentrationerne er normalt lave til moderate, men i et enkelt filter boring 131.1060, 10,50 m.u.t. er sulfatkoncentrationerne højere (107 - 129 mg SO₄/l). Aggressiv kuldioxid er udbredt og ofte i høje koncentrationer (op til 122 mg CO₂/l). Grundvandets redoxforhold er overvejende oxiske med nitrat, stedvis med høje koncentrationer (100 - 150 mg NO₃/l).

Særlige problemer og tendenser

Høje nitratkoncentrationer vil være det dominerende problem med hensyn til hovedbestanddelene. Aggressiv kuldioxid og lave pH-værdier stiller ekstra krav til vandbehandling. Vandkvaliteten har været nogenlunde stabil i perioden 1989 - 1991. I filteret boring 114.440, 8,50 m.u.t. har der dog været tendens til stigende nitratkoncentrationer.

Reservoirtype X 2

Reservoirtype X 2 omfatter filtre i miocænt kvartssand og dybere liggende glaciale aflejringer. Magasinerne kan være artesiske eller med frit vandspejl.

I tabel 3.40 er anført GRUMO-område, boring, filtertop, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation baseret på gennemsnit af vandprøver fra 1989 - 1991. I tabel 3.41 er vist gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele i vandprøver fra reservoirtype X 2.

GRUMO	Boring	Filter top	Reservoir bjergart	Hydrokemisk klassifikation
55.01	114.1421	34,90	KS	1.1.1.1
55.01	114.1326	98,00	KS	2.2.1.0
55.11	131.1060	42,00	DS	2.2.2.3
55.11	131.1051	102,00	DS	2.2.2.3
55.12	102.728	39,50	DS	2.2.2.4
55.13	121.691	64,00	DS	-
55.14	123.874	50,00	KS	2.2.1.0
55.14	123.875	101,00	KS	2.2.1.1

Tabel 3.40

Reservoirtype X 2. Oversigt over GRUMO, boringer, filterintervaller, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation.

Parameter	N	Middel	Minimum	Maximum
Filtertop	65	67,15	34,90	102,00
Ca	65	39,93	4,20	70,00
Mg	65	5,38	0,60	12,00
Na	65	18,57	8,30	51,00
HCO ₃	64	144,27	11,00	235,00
Cl	65	22,43	13,00	56,00
SO ₄	65	20,68	2,00	66,00
NO ₃	6	6,93	0,50	24,00
Agg. CO ₂	54	24,47	0,00	249,00
H ₂ S	44	0,02	0,01	0,20
CH ₄	35	0,16	0,10	0,45
Hårdhed	65	6,83	1,05	10,54

Tabel 3.41

Reservoirtype X 2, gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele.

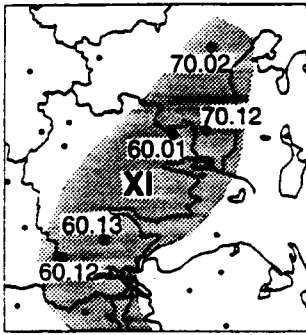
Grundvandskemisk status

Grundvandets alkalinitet er som hovedregel middel med en total hårdhed på normalt 5 - 10°. Blødere vandforekomster med en total hårdhed på under 5° findes dog stedvis. Forvittringsgraden er overvejende middel, hvilket inderbærer at en relativ lav andel af den totale hårdhed er permanent. Sulfatkoncentrationerne varierer fra meget lave (under 5 mg SO₄/l) til moderate (30 - 60 mg SO₄/l). Aggressiv kuldioxid er almindeligt og stedvis med høje koncentrationer (> 100 mg CO₂/l).

Redoxforholdene er normalt anoxiske uden nitrat, men højere redoxpotentiale med lave til moderate nitratkoncentrationer (5 - 25 mg NO₃/l) i grundvandet forekommer stedvis.

Særlige problemer og tendenser

Grundvandet er med hensyn til hovedbestanddelene af god kvalitet, bortset fra et behov for neutralisation af aggressiv kuldioxid. Enkelte grundvandsforekomster er relativt sårbare overfor nitratforurening, men de aktuelle koncentrationer er tilfredsstillende lave. Grundvandskvaliteten har været stabil i perioden 1989 - 1991.



Område XI

Område XI omfatter morænelersområderne i det sydøstlige Jylland. Boringer og filtre til reservoirtype nr. XI 1 og XI 2 er udvalgt fra GRUMO-områderne 60.01 Egebjerg, 60.12 Trudsbro, 60.13 Follerup, 70.02 Kasted og 70.12 Fillerup.

De øvre sekundære grundvandsforekomster er repræsenteret med filtre i smeltevandssand og -grus (DS og DG).

Den primære reservoirbjergart er dybere liggende smeltevandssand og -grus (DS og DG) samt i nogle tilfælde miocænt kvartssand (KS).

Reservoirtype XI 1

Reservoirtype XI 1 omfatter filtre i de øverste glaciale aflejringer. Magasinerne kan være med frit vandspejl eller artesiske.

I tabel 3.42 er anført GRUMO-område, boring, filtertop, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation baseret på gennemsnit af vandprøver fra 1989 - 1991. I tabel 3.43 er vist gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele i vandprøver fra reservoirtype XI 1.

GRUMO	Boring	Filter top	Reservoir bjergart	Hydrokemisk klassifikation
60.01	98.630	41,00	DS	2.2.2.1
60.01	107.632	8,00	DS	3.1.2.0
60.12	124.1022	17,20	DS/DG	3.2.1.1
60.12	133.951	9,40	DS	3.2.1.2
60.13	125.1762	11,40	DS	1.1.1.1

Tabel 3.42

Reservoirtype XI 1. Oversigt over GRUMO, boringer, filterintervaller, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation.

Parameter	N	Middel	Minimum	Maximum
Filtertop	27	17,38	8,00	41,00
Ca	27	95,19	23,00	128,00
Mg	27	7,09	2,40	11,00
Na	27	12,84	7,80	16,00
HCO ₃	27	261,78	20,00	350,00
Cl	27	22,11	15,00	30,00
SO ₄	27	46,70	5,00	85,00
NO ₃	11	9,82	1,00	40,00
Agg. CO ₂	27	8,74	2,00	60,00
H ₂ S	11	0,05	0,00	0,30
CH ₄	23	0,04	0,00	0,10
Hårdhed	27	14,96	3,77	19,75

Tabel 3.43

Reservoirtype XI 1, gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele.

Grundvandskemisk status

Grundvandets alkalinitet varierer en del, men er dog som hovedregel høj med en total hårdhed på 15 - 20°. Stedvis findes dog mere blødt vand med en total hårdhed på 3 - 15°. Forvittringsgraden er middel til høj, hvilket indebærer, at der kan forekomme grundvand med en relativ høj andel af permanent hårdhed. Sulfatkoncentrationerne er typiske moderate (25 - 85 mg SO₄/l), stedvis findes dog vand med lavere koncentrationer (< 10 mg SO₄/l). Aggressiv kuldioxid forekommer stedvis, men typisk i lavere koncentrationer (< 5 mg CO₂/l).

Grundvandets redoxforhold er hovedsageligt oxiske med nitrat, men normalt i koncentrationer på under 25 mg NO₃/l.

Særlige problemer og tendenser

Grundvandets kvalitet er god med hensyn til hovedbestanddelene. Kvaliteten har været stabil i prøvetagningsperioden.

Reservoirtype XI 2

Reservoirtype XI 2 omfatter filtre i de dybere liggende glaciale sand- og grusaflejringer eller i miocæne aflejringer af kvartssand og glimmersand. Magasinerne er fortrinsvis med artesiske forhold.

I tabel 3.44 er anført GRUMO-område, boring, filtertop, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation baseret på gennemsnit af vandprøver fra 1989 - 1991. I tabel 3.45 er vist gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele i vandprøver fra reservoirtype XI 2.

GRUMO	Boring	Filter top	Reservoir bjergart	Hydrokemisk klassifikation
60.01	107.1207	62,60	DS	3.3.2.3
60.01	107.1213	43,70	DS	3.2.2.3
60.12	133.829	38,00	KS	2.2.2.2
60.12	133.959	45,50	DS/DG	2.2.2.1
60.13	125.1764	42,10	DS	3.2.1.0
60.13	125.898	32,00	DS	3.2.2.0
70.02	79.149	24,84	DS	3.2.2.0
70.02	79.780	15,01	DS	3.2.2.0
70.02	89.1055	30,00	DS	3.1.0.0
70.12	98.918	39,90	GS	2.2.0.0
70.12	99.469	23,00	KS	3.2.2.0
70.12	99.407	20,00	KS	3.2.1.1

Tabel 3.44

Reservoirtype XI 2. Oversigt over GRUMO, boringer, filterintervaller, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation.

Parameter	N	Middel	Minimum	Maximum
Filtertop	61	34,83	15,01	62,60
Ca	61	78,48	36,00	128,00
Mg	61	7,53	2,90	14,00
Na	61	21,97	9,60	102,00
HCO ₃	61	249,02	90,00	380,00
Cl	61	24,34	14,00	38,00
SO ₄	61	38,46	10,00	135,00
NO ₃	9	5,56	1,00	13,00
Agg. CO ₂	49	2,77	0,00	11,00
H ₂ S	16	0,00	0,00	0,01
CH ₄	34	0,04	0,00	0,10
Hårdhed	61	12,72	7,34	19,99

Tabel 3.45

Reservoirtype XI 2, gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele.

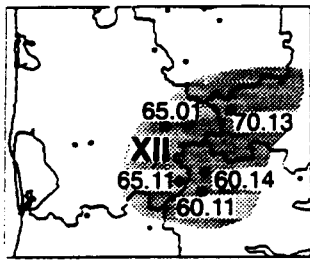
Grundvandskemisk status

Grundvandets alkalinitet er som hovedregel høj med en total hårdhed på 10 - 17°. Stedvis findes dog vand, hvor alkaliniteten er middel og den totale hårdhed fra 7 - 10°. Forvittringsgraden er middel, hvilket indebærer, at en relativ lav andel af den totale hårdhed er permanent. Afvigende fra det typiske mønster er boring 107.1207, 62,60 m.u.t., som har natriumbikarbonatholdigt grundvand og boring 89.1055, 30 m.u.t, som modsat har en del permanent hårdhed og høje sulfatkoncentrationer. Grundvandets redoxforhold er normalt anoxisk uden nitrat, men der findes grundvand med lave nitratkoncentrationer (2 - 13 mg NO₃/l).

Særlige problemer og tendenser

Grundvandets kvalitet er god med hensyn til hovedbestanddele. I filteret boring 107.1207, 62.60 m.u.t. er grundvandets natriumkoncentrationer dog høje (op til 102 mg Na/l), og i filteret boring 89.1055, 30 m.u.t. er sulfatkoncentrationerne forhøjede (op til 135 mg SO₄/l).

Grundvandskvaliteten har været stabil i perioden 1989 - 1991.



Område XII

Område XII omfatter den centrale del af Jylland. Boringer og filtre til reservoirtype nr. XII 1 og XII 2 er udvalgt fra GRUMO-områderne 60.11 Thyregod, 60.14 Ejstrupholm, 65.01 Herning, 65.11 Brande og 70.13 Hvinningdal.

De øvre sekundære grundvandsforekomster er repræsenteret med filtre i smeltevandssand og -grus (DS og DG) og i moræneler (ML).

Den primære reservoirbjergart er miocænt kvartssand og -grus (KS og KG), samt i nogle tilfælde dybere liggende smeltevandssand(DS).

Reservoirtype XII 1

Reservoirtype XII 1 omfatter filtre i de øverste glaciale aflejringer. Magasinerne er overvejende med frit vandspejl.

I tabel 3.46 er anført GRUMO-område, boring, filtertop, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation baseret på gennemsnit af vandprøver fra 1989 - 1991.

GRUMO	Boring	Filter top m.u.t	Reservoir bjergart	Hydrokemisk klassifikation
60.11	105.1382	13,00	DS	1.1.1.1
60.11	105.1385	8,30	DS	1.1.1.1
60.14	96.1976	2,50	DS	1.1.1.1
60.14	96.1974	14,50	DS	1.1.1.1
65.01	85.1555	9,55	ML	2.1.2.2
65.01	85.1557	7,75	ML	-
65.11	104.1993	4,60	DS	1.1.1.1
65.11	104.1994	4,00	DS	1.1.1.2
70.13	86.1628	25,43	DS/DG	1.1.1.1
70.13	86.1034	14,29	DS/DG	1.1.1.1
70.13	86.1630	35,65	DS/DG	1.1.1.1

Tabel 3.46

Reservoirtype XII 1. Oversigt over GRUMO, boringer, filterintervaller, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation.

Parameter	N	Middel	Minimum	Maximum
Filtertop	66	14,06	2,50	35,65
Ca	66	30,05	9,00	86,00
Mg	66	5,73	2,10	15,00
Na	63	13,58	5,80	27,00
HCO ₃	66	24,08	3,00	190,00
Cl	66	28,05	17,00	69,00
SO ₄	66	39,86	13,00	78,00
NO ₃	63	42,86	0,01	180,00
Agg. CO ₂	61	36,31	2,00	60,00
H ₂ S	8	0,00	0,00	0,01
CH ₄	24	0,04	0,00	0,07
Hårdhed	66	5,53	2,23	13,81

Tabel 3.47

Reservoirtype XII 1, gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele.

I tabel 3.47 er vist gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele i reservoirtype XII 1.

Grundvandskemisk status

Grundvandets alkalinitet er overvejende lav med en total hårdhed på 3 - 10°. Stedvis findes dog vand med lidt højere alkalinitet og total hårdhed på 12 - 14°.

Forvittringsgraden er normalt høj, hvilket indebærer, at der kan forekomme vand med en relativ høj andel af permanent hårdhed. Sulfatkoncentrationerne er normalt lave (15 -30 mg SO₄/l), men stedvis findes højere koncentrationer (40 - 80 mg SO₄/l). Aggressiv kuldioxid forekommer udbredt og i ret høje koncentrationer (20 - 60 mg CO₂/l).

Grundvandets redoxforhold er overvejende oxiske med nitratkoncentrationer op til 180 mg NO₃/l.

Særlige problemer og tendenser

Det største problem for grundvandet i reservoir XII 1, er nitratkoncentrationerne, som ofte overstiger 50 mg NO₃/l. Grundvandskvaliteten har dog været stabil i perioden 1989 - 1991.

Reservoirtype XII 2

Reservoirtype XII 2 omfatter filtre i miocænt kvartssand og -grus, samt i dybere liggende smeltevandssand i hydraulisk tilslutning til kvartssand.

I tabel 3.48 er anført GRUMO-område, boring, filtertop, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation baseret på gennemsnit af vandprøver fra 1989 - 1991. I tabel 3.49 er vist gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele i vandprøver fra reservoirtype XII 2.

GRUMO	Boring	Filter top	Reservoir bjergart	Hydrokemisk klassifikation
60.11	105.879	55,00	KS	2.1.1.1
60.11	105.1273	33,50	KS	2.1.1.1
60.14	96.1956	24,00	KS/DS	1.1.1.1
65.01	85.1003	51,50	KS	-
65.01	85.1319	95,00	KS/KG	-
65.11	104.1995	56,00	DS	2.2.1.2
65.11	104.1997	105,00	KS	2.2.1.2
70.13	86.1025	111,00	KS	1.1.1.0

Tabel 3.48

Reservoirtype XII 2. Oversigt over GRUMO, boringer, filterintervaller, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation.

Parameter	N	Middel	Minimum	Maximum
Filtertop	38	59,17	24,00	111,00
Ca	38	29,02	8,90	43,00
Mg	38	3,31	1,00	6,80
Na	36	10,75	7,50	17,00
HCO ₃	38	69,34	5,00	100,00
Cl	38	17,97	8,90	31,00
SO ₄	38	22,99	6,60	37,00
NO ₃	26	13,31	0,01	29,00
Agg. CO ₂	36	17,74	4,70	41,00
H ₂ S	8	0,00	0,00	0,00
CH ₄	25	0,04	0,00	0,07
Hårdhed	38	4,82	1,48	6,62

Tabel 3.49

Reservoirtype XII 2, gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele.

Grundvandskemisk status

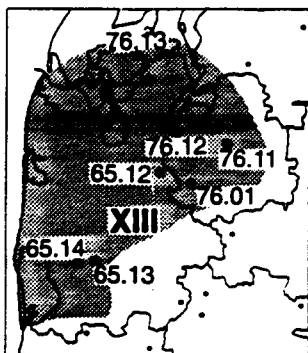
Grundvandets alkalinitet er overvejende middel med en total hårdhed på 5 - 7°. Stedvis forekommer dog grundvand med lav alkalinitet og en total hårdhed på < 5°.

Forvitningsgraden er høj til middel, hvilket indebærer, at der findes grundvand med en relativ høj andel af permanent hårdhed. Sulfatkoncentrationerne er lave til moderate (6,6 - 37 mg SO₄/l). Aggressiv kuldioxid findes overalt i reservoirtypen, men i moderate koncentrationer (4,7 - 41 mg CO₂/l).

Grundvandets redoxforhold kan være oxiske med nitrat eller anoxiske uden nitrat. Nitratkoncentrationerne overstiger dog sjældent 25 mg NO₃/l.

Særlige problemer og tendenser

Grundvandet er af god kvalitet med hensyn til hovedbestanddele, bortset fra et generelt behov for neutralisation af aggressiv kuldioxid. Grundvandskvaliteten har været stabil i perioden 1989 - 1991.



Område XIII

Område XIII omfatter det nordvestlige Jylland. Boringer og filtre til reservoirtype nr. XIII 1 og XIII 2 er udvalgt fra GRUMO-områderne 65.12 Haderup, 65.14 Finderup, 76.11 Viborg N og 76.13 Nykøbing M.

De øvre sekundære grundvandsforekomster er repræsenteret med filtre i smeltevandssand og -grus (DS og DG).

Den primære reservoirbjergart er dybere liggende aflejringer af smeltevandssand og -grus (DS og DG) samt i nogle tilfælde miocænt kvartssand (KS).

Reservoirtype XIII 1

Reservoirtype XIII 1 omfatter filtre i de øverste glaciale aflejringer. Magasinerne er overvejende med frit vandspejl.

I tabel 3.50 er anført GRUMO-område, boring, filtertop, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation baseret på gennemsnit af vandprøver fra 1989 - 1991. I tabel 3.51 er vist gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele i vandprøver fra reservoirtype XIII 1.

GRUMO	Boring	Filter top	Reservoir bjergart	Hydrokemisk klassifikation
65.12	65.1067	5,00	DS	1.1.1.1
65.12	65.1068	4,50	DS	1.1.1.1
65.14	93.611	30,40	DS	1.1.1.1
65.14	93.610	9,00	DS	1.1.1.1
76.11	66.1571	12,00	DS	2.1.1.1
76.11	56.896	21,50	DS	1.1.1.1
76.13	37.1038	11,80	DS/DG	2.1.2.1
76.13	37.1037	15,45	DS/DG	2.2.2.1

Tabel 3.50

Reservoirtype XIII 1. Oversigt over GRUMO, boringer, filterintervaller, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation.

Parameter	N	Middel	Minimum	Maximum
Filtertop	65	13,36	4,50	30,40
Ca	65	40,45	2,60	78,00
Mg	65	4,91	2,60	9,50
Na	61	22,29	7,00	60,00
HCO ₃	65	57,15	0,10	190,00
Cl	65	38,95	13,00	120,00
SO ₄	65	38,83	16,00	59,00
NO ₃	65	45,03	7,60	110,00
Agg. CO ₂	64	17,50	0,00	50,00
H ₂ S	6	0,02	0,02	0,02
CH ₄	19	0,07	0,05	0,07
Hårdhed	65	6,79	2,13	11,82

Tabel 3.51

Reservoirtype XIII 1, gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele.

Grundvandskemisk status

Grundvandets alkalinitet er overvejende lav med en total hårdhed på 2 - 7°, men der findes også grundvand med en middelstor alkalinitet og en total hårdhed på 5 - 12°. Forvittringsgraden er overvejende høj, hvilket indebærer, at grundvand, hvor en relativ stor andel af hårdheden er permanent, er udbredt, selvom sulfat-koncentrationerne kun er lave til moderate (16 - 59 mg SO₄/l). Aggressiv kuldioxid er almindeligt forekommende, stedvis med koncentrationer op til 50 mg CO₂/l. Grundvandets redoxforhold er oksiske med nitratkoncentrationer op til 110 mg NO₃/l.

Særlige problemer og tendenser

Det største problem med grundvandskvaliteten i reservoirtype XIII 1 er nitratindholdet, som ofte overstiger 50 mg NO₃/l. Dertil kommer, at grundvandet i de fleste tilfælde har behov for behandling for aggressiv kuldioxid.

Grundvandskvaliteten har været konstant i perioden 1989 - 1991, dog synes de højeste nitratkoncentrationer at være faldet noget.

Reservoirtype XIII 2

Reservoirtype XIII 2 omfatter filtre i dybere liggende glaciale aflejringer og i miocænt kvartssand. Magasinerne er fortrinsvis artesiske.

I tabel 3.52 er anført GRUMO-område, boring, filtertop, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation baseret på gennemsnit af vandprøver fra 1989 - 1991. I tabel 3.53 er vist gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele i vandprøver fra reservoirtype XIII 2.

GRUMO	Boring	Filter top	Reservoir bjergart	Hydrokemisk klassifikation
65.12	65.1068	20,00	KS	2.2.2.2
65.12	65.1069	32,00	KS	2.2.2.2
65.14	93.612	68,00	DS	3.3.3.2
65.14	93.614	112,00	DS	2.2.2.2
76.11	56.892	65,50	DS	2.2.2.0
76.11	56.891	72,00	DS	2.2.2.0
76.13	37.1038	29,75	DS/DG	2.1.1.1
76.13	37.1037	36,50	DS/DG	2.2.2.1

Tabel 3.52

Reservoirtype XIII 2. Oversigt over GRUMO, boringer, filterintervaller, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation.

Parameter	N	Middel	Minimum	Maximum
Filtertop	62	51,45	20,00	112,00
Ca	62	57,94	46,00	82,00
Mg	62	5,13	2,10	15,00
Na	58	22,29	9,00	55,00
HCO ₃	62	172,48	74,00	270,00
Cl	62	28,89	14,00	62,00
SO ₄	62	27,54	7,80	58,00
NO ₃	26	19,17	0,00	59,00
Agg. CO ₂	62	4,50	0,00	19,00
H ₂ S	6	0,04	0,02	0,09
CH ₄	19	0,09	0,05	0,42
Hårdhed	62	9,29	7,50	12,42

Tabel 3.53

Reservoirtype XIII 2, gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele.

Grundvandskemisk status

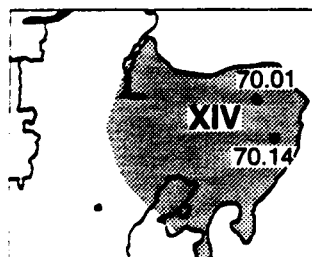
Grundvandets alkalinitet er overvejende middel med en total hårdhed på 7 - 12°.

Forvittringsgraden er lav, hvilket indebærer, at den permanente hårdhed kun udgør en relativt lille del af den totale. I filteret boring 37.1038, 29,75 m.u.t. er vandkvaliteten dog afvigende med høj forvittringsgrad og relativt stor permanent hårdhed.

Sulfatkoncentrationerne er lave til moderate (7,8 - 58 mg SO₄/l). Aggressiv kuldioxid findes kun i lave koncentrationer (2 -6 mg CO₂/l), bortset fra grundvand fra boring 37.1038, hvor den kemiske sammensætning afviger fra det øvrige mønster.

Særlige problemer og tendenser

Grundvandskvaliteten er god med hensyn til hovedbestanddelene, bortset fra filteret i boring 37.1038, 29,75 m.u.t. hvor grundvandet har for høje nitratkoncentrationer (53 - 57 mg NO₃/l) og et relativt højt indhold af aggressiv kuldioxid. Grundvandskvaliteten har været stabil i prøvetagningsperioden.



Område XIV

Område XIV omfatter Djursland. Boringer og filtre til reservoirtype nr. XIV 1 og XIV 2 er udvalgt fra GRUMO-områderne 70.01 Kastbjerg og 70.14 Homå.

De øvre sekundære grundvandsforekomster er repræsenteret med filtre i smeltevandssand (DS).

Den primære reservoirbjergart er danienskalk (KK og ZK).

Reservoirtype XIV 1

Reservoirtype XIV 1 omfatter filtre i de øverste glaciale aflejringer. Magasinerne er overvejende med frit vandspejl.

I tabel 3.54 er anført GRUMO-område, boring, filtertop, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation baseret på gennemsnit af vandprøver fra 1989 - 1991. I tabel 3.55 er vist gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele i vandprøver fra reservoirtype XIV 1.

GRUMO	Boring	Filter top	Reservoir bjergart	Hydrokemisk klassifikat.
70.01	71.468	16,60	DS	2.1.2.1
70.14	71.472	18,50	DS	2.1.2.1
70.14	71.470	12,15	DS	2.1.2.1
70.14	71.484	14,26	DS	3.2.2.1

Tabel 3.54

Reservoirtype XIV 1. Oversigt over GRUMO, boring, filterintervaller, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation.

Parameter	N	Middel	Minimum	Maximum
Filtertop	19	15,31	12,15	18,50
Ca	18	93,39	61,00	150,00
Mg	18	10,63	4,30	21,00
Na	18	25,59	9,40	61,00
HCO ₃	18	222,00	130,00	423,00
Cl	19	55,16	25,00	119,00
SO ₄	19	45,63	21,00	111,00
NO ₃	19	35,57	9,40	91,00
Agg. CO ₂	10	2,00	2,00	2,00
H ₂ S	0			
CH ₄	1	0,05	0,05	0,05
Hårdhed	18	15,52	9,58	25,37

Tabel 3.55

Reservoirtype XIV 1, gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele.

Grundvandskemisk status

Grundvandets alkalinitet er middel til høj med en total hårdhed på 9 - 26°.

Forvittringsgraden er fortrinsvis høj, hvilket indebærer at grundvand med en relativ høj andel af permanent hårdhed er udbredt.

Aggressiv kuldioxid findes kun som spor (0 - 2 mg CO₂/l).

Sulfatkoncentrationerne er moderate til høje (21 - 111 mg SO₄/l).

Grundvandets redoxforhold er oxiske med nitrat.

Særlige problemer og tendenser

Det fremherskende problem for grundvandskvaliteten i reservoirtype XIV 1 er nitratinholdet, hvor såvel den vejledende højeste koncentration på 25 mg NO₃/l som den maksimalt tilladte på 50 mg NO₃/l kan være overskredet. Grundvandskvaliteten har været stabil i prøvetagningsperioden.

Reservoirtype XIV 2

Reservoirtype XIV 2 omfatter filtre i danienkalk. Magasinerne er overvejende artesiske.

I tabel 3.56 er anført GRUMO-område, boring, filtertop, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation baseret på gennemsnit fra 1989 - 1991. I tabel 3.57 er vist gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele i vandprøver fra reservoirtype XIV 2.

GRUMO	Boring	Filter top	Reservoir bjergart	Hydrokemisk klassifikation
70.01	71.341	47,50	KK/ZK	2.2.2.2
70.14	71.483	35,57	KK	2.1.2.2
70.14	71.484	49,52	KK	2.1.0.2
70.14	71.482	68,1	K	2.1.2.1

Tabel 3.56

Reservoirtype XIV 2. Oversigt over GRUMO, boringer, filterintervaller, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation.

Parameter	N	Middel	Minimum	Maximum
Filtertop	19	48,51	35,57	68,15
Ca	19	75,63	64,00	88,00
Mg	19	10,73	5,80	17,00
Na	19	13,41	8,10	17,00
HCO ₃	19	185,58	126,00	239,00
Cl	19	29,05	13,00	43,00
SO ₄	19	63,68	14,00	115,00
NO ₃	10	13,84	0,02	47,00
Agg. CO ₂	8	1,50	0,00	2,00
H ₂ S	3	0,01	0,01	0,01
CH ₄	5	0,03	0,01	0,05
Hårdhed	19	13,06	10,36	16,23

Tabel 3.57

Reservoirtype XIV 2, gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele.

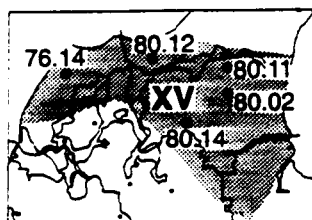
Grundvandskemisk status

Grundvandets alkalinitet er overvejende middel med en total hårdhed på 10 - 16°. Forvittringsgraden er overvejende høj, hvilket indebærer, at grundvand med en relativ høj andel af permanent hårdhed er almindeligt forekommende. Sulfatkoncentrationerne varierer stærkt fra lave (14 mg SO₄/l) til høje (115 mg SO₄/l). Aggressiv kuldioxid findes ikke udover koncentrationer nær bestemmelsesgrænsen (2 mg CO₂/l).

Grundvandets redoxforhold er normalt anoxisk uden nitrat, men i filteret boring 71.482, dybde 68,15 m.u.t. er grundvandet oxisk med nitratkoncentrationer på 20 - 47 mg NO₃/l.

Særlige problemer og tendenser

Grundvandskvaliteten er som hovedregel rimelig, men der findes grundvand med forhøjede nitratkoncentrationer (20 - 47 mg NO₃/l) eller forhøjede sulfatkoncentrationer (107 - 115 mg SO₄/l). Grundvandskvaliteten har været stabil i prøvetagningsperioden.



Område XV

Område XV omfatter egnene omkring Limfjorden. Boringer og filtre til reservoirtype XV 1 og XV 2 er udvalgt fra GRUMO-områderne 76.14 Thisted - Baun, 80.02 Råkilde - Støvring og 80.12 Skerping.

De øvre sekundære grundvandsforekomster er repræsenteret med filtre i smeltevandssand (DS), moræneler (ML) og i den øvre del af skrivekridtet (SK).

Den primære reservoirbjergart er skrivekridt (SK).

Reservoirtype XV 1

Reservoirtype XV 1 omfatter filtre i de øverste glaciale aflejringer og den øvre del af skrivekridtet. Magasinerne er med frit vandspejl.

I tabel 3.58 er anført GRUMO-områder, boringer, filtertop, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation baseret på gennemsnit af vandprøver fra 1989 - 1991. I tabel 3.59 er vist gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele i vandprøver fra reservoirtype XV 1.

GRUMO	Boring	Filter top	Reservoir bjergart	Hydrokemisk klassifikation
76.14	30.935	13,50	SK	3.2.2.1
76.14	30.933	14,00	SK	2.1.2.1
80.02	34.376	10,90	DS	2.1.2.1
80.02	34.1735	13,08	DS	2.1.2.1
80.02	34.1727	17,10	SK	2.2.2.1
80.12	24.783	7,50	DS	2.2.2.1
80.12	24.780	0,00	DS	3.2.2.0
80.12	24.785	9,00	ML	3.1.2.0

Tabel 3.58

Reservoirtype XV 1. Oversigt over GRUMO, boringer, filterintervaller, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation.

Parameter	N	Middel	Minimum	Maximum
Filtertop	63	11,02	0,00	17,10
Ca	60	93,06	36,10	167,00
Mg	60	9,73	2,70	31,00
Na	60	27,22	9,90	111,10
HCO ₃	60	193,55	94,00	301,00
Cl	63	76,84	14,00	389,00
SO ₄	60	38,42	16,00	68,00
NO ₃	53	41,75	0,00	101,00
Agg. CO ₂	43	0,42	0,00	2,00
H ₂ S	13	0,00	0,00	0,01
CH ₄	19	0,01	0,00	0,04
Hårdhed	60	15,27	6,37	30,46

Tabel 3.59

Reservoirtype XV 1, gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele.

Grundvandskemisk status

Grundvandets alkalinitet er middel til høj med en total hårdhed på typisk 10 - 20°. I to filtre findes dog grundvand, som henholdsvis er blødere (6 - 7°) og hårdere (22 - 30°).

Forvittringsgraden er middel til høj, hvilket indebærer, at der kan forekomme vand med en relativ høj andel af permanent hårdhed, sulfatkoncentrationerne er dog kun lave til moderate (16 - 68 mg SO₄/l). Aggressiv kuldioxid findes ikke eller kun i koncentrationer nær bestemmelsesgrænsen (2 mg CO₂/l). Grundvandets redox-forhold er som hovedregel oxiske med nitratkoncentrationer op til 101 mg NO₃/l.

Særlige problemer og tendenser

Nitratforurenet grundvand er almindeligt, i ca. 1/3 af prøverne overstiger koncentrationerne den højst tilladte værdi på 50 mg NO₃/l. I et enkelt filter boring 24.785, 9,00 m.u.t. er kloridkoncentrationerne forhøjede med koncentrationer op til 389 mg Cl/l. Grundvandskvaliteten har været stabil perioden 1989 - 1991.

• *Reservoirtype XV 2*

Reservoirtype XV 2 omfatter filtre i skrivekridt. Magasinerne kan være med frit vandspejl eller artesiske.

I tabel 3.60 er anført GRUMO-område, boring, filtertop, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation baseret på gennemsnit af vandprøver fra 1989 - 1991. I tabel 3.61 er vist gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele i vandprøver fra reservoirtype XV 2.

GRUMO	Boring	Filter top	Reservoir bjergart	Hydrokemisk klassifikation
76.14	30.935	32,00	SK	2.2.2.1
76.14	30.933	48,00	SK	3.2.2.2
80.02	34.989	34,90	SK	2.2.2.1
80.02	34.1718	27,00	SK	2.2.2.1
80.02	34.1725	24,20	SK	3.2.0.0
80.12	24.752	58,00	SK	2.2.0.0
80.12	24.603	23,50	SK	3.3.2.1
80.12	24.779	23,00	SK	3.1.2.1

Tabel 3.60

Reservoirtype XV 2. Oversigt over GRUMO, boringer, filterintervaller, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation.

Parameter	N	Middel	Minimum	Maximum
Filtertop	63	33,20	23,00	58,00
Ca	58	72,58	39,00	109,00
Mg	58	8,12	2,70	15,90
Na	58	19,96	8,20	32,40
HCO ₃	58	216,81	154,00	442,00
Cl	63	37,63	15,00	57,00
SO ₄	58	30,00	5,00	95,00
NO ₃	44	7,35	0,00	19,00
Agg. CO ₂	40	0,85	0,00	6,00
H ₂ S	21	0,01	0,00	0,03
CH ₄	18	0,00	0,00	0,01
Hårdhed	58	12,03	8,69	18,18

Tabel 3.61

Reservoirtype XV 2, gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele.

Grundvandskemisk status

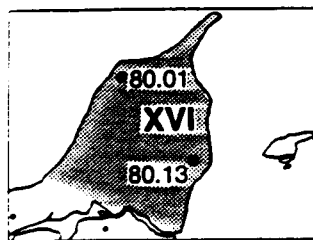
Grundvandets alkalinitet er middel til høj med en total hårdhed på 8,7 - 18°.

Forvittringsgraden er typisk middel, hvilket indebærer, at den permanente hårdhed i de fleste tilfælde udgør en relativ lav andel af den totale hårdhed. Sulfatkoncentrationerne er lave til moderate (5 - 95 mg SO₄/l). Aggressiv kuldioxid findes ikke eller kun i koncentrationer nær bestemmelsesgrænsen (2 mg CO₂/l).

Grundvandets redoxforhold er i de fleste tilfælde oxiske, men med relativt lave nitratkoncentrationer (0 - 19 mg NO₃/l).

Særlige problemer og tendenser

Grundvandet er af god kvalitet uden særlige problemer. Reservoirtype XV 2 må dog anses for sårbar overfor nitratforurening fra overfladen. Grundvandskvaliteten har dog været stabil i perioden 1989 - 1991.



Område XVI

Området omfatter dele af Vendsyssel. Boringer og filtre til reservoirtype nr. XVI 1 og XVI 2 er udvalgt fra GRUMO-områderne 80.01 Tornby og 80.13 Albæk.

De øvre sekundære grundvandsforekomster er repræsenteret med filtre i senglaciale saltvandssand (YS) og smeltevandssand (DS).

Den primære reservoirbjergart er interglaciale saltvandssand (QS) eller dybere liggende smeltevandssand (DS).

Reservoirtype XVI 1

Reservoirtype XVI 1 omfatter filtre i den øverste senglaciale og glacielle aflejringer. Magasinerne er med frit vandspejl.

I tabel 3.62 er anført GRUMO-område, boring, filtertop, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation baseret på gennemsnit af vandprøver fra 1989 - 1991. I tabel 3.63 er vist gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele i vandprøver fra reservoirtype XVI 1.

GRUMO	Boring	Filter top	Reservoir bjergart	Hydrokemisk klassifikation
80.01	5.917	9,00	YS	3.2.0.0
80.01	5.918	5,50	DS	3.2.2.2
80.01	5.916	10,50	YS	2.1.0.1
80.13	18.240	3,90	DS	1.1.1.1
80.13	18.242	8,00	DS	1.1.1.1
80.13	18.246	11,00	DS	2.1.1.1

Tabel 3.62

Reservoirtype XVI 1. Oversigt over GRUMO, boring, filterintervaller, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation.

Parameter	N	Middel	Minimum	Maximum
Filtertop	45	7,72	3,90	11,00
Ca	42	58,22	11,10	130,00
Mg	42	11,06	3,20	20,70
Na	42	18,38	9,20	31,80
HCO ₃	42	145,76	6,00	429,00
Cl	45	32,60	18,00	67,00
SO ₄	42	35,88	13,00	85,00
NO ₃	34	51,91	0,00	98,00
Agg. CO ₂	38	6,82	0,00	19,00
H ₂ S	21	0,01	0,00	0,03
CH ₄	24	0,09	0,00	0,52
Hårdhed	42	10,70	2,29	22,68

Tabel 3.63

Reservoirtype XVI 1, gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele.

Grundvandskemisk status

Grundvandets alkalinitet varierer fra lav til høj med en total hårdhed på 2,3 - 22,7°.

Forvittringsgraden varierer fra middel til høj, hvilket indebærer, at der både kan forekomme grundvand med natriumbikarbonat (NaHCO_3) og modsat med en relativ høj andel af permanent hårdhed.

De store variationer i grundvandets karakteristiske hovedbestanddele skyldes især forskelle mellem prøver fra det senglaciale saltvandssand i GRUMO-område 80.01 Tornby og prøver fra smeltevandssandet i GRUMO-område 80.13 Albæk, idet prøverne fra 80.01 Tornby er mere højalkaline og med større hårdhed end prøverne fra 80.13 Albæk. Det kan derfor vise sig hensigtsmæssigt af opdele reservoirtype XVI 1 i to typer.

Sulfatkoncentrationerne er typisk moderate, men med enkelte prøver med afvigende koncentrationer (13 - 85 mg SO_4 /l). Aggressiv kuldioxid forekommer i prøver fra GRUMO-område 80.13 Albæk, men normalt ikke i prøver fra 80.01 Tornby.

Grundvandets redoxforhold er normalt oxiske med nitrat, men med de højeste koncentrationer (op til 98 mg NO_3 /l) i prøver fra GRUMO-område 80.13 Albæk.

Særlige problemer og tendenser

Grundvand med høje nitratkoncentrationer (> 50 mg NO_3 /l) er udbredt for GRUMO-område 80.13 Albæk, medens der ikke er fundet så høje koncentrationer i prøver fra 80.01 Tornby.

I filtret boring 5.918, 5,5 m.u.t. har der været stigning i hårdhed og sulfat i perioden 1989 - 1991. I prøver fra filtret boring 18.240, 3,9 m.u.t. har der været en tendens til stigende nitratkoncentration i samme periode.

I de øvrige filtre fra reservoirtype XVI 1 synes grundvandskvaliteten at have været stabil i prøvetagningsperioden.

Reservoirtype XVI 2

Reservoirtype XVI 2 omfatter filtre i interglacialt saltvandssand og dybere liggende smeltevandssand. Magasinerne kan være artesiske eller med frit vandspejl.

I tabel 3.64 er anført GRUMO-område, boring, filtertop, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation baseret på gennemsnit af vandprøver fra 1989 - 1991. I tabel 3.65 er vist gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele i vandprøver fra reservoirtype XVI 2.

GRUMO	Boring	Filter top	Reservoir bjergart	Hydrokemisk klassifikation
80.01	5.917	31,50	QS	3.1.2.3
80.01	5.398	37,90	QS	3.3.0.4
80.13	18.221	41,50	DS	3.3.0.4
80.13	18.241	38,00	DS	2.1.2.1
80.13	18.241	68,00	DS	3.3.2.3
80.13	18.243	41,00	DS	3.3.2.4

Tabel 3.64

Reservoirtype XVI 2. Oversigt over GRUMO, boringer, filterintervaller, reservoirbjergart og hydrokemisk klassifikation.

Parameter	N	Middel	Minimum	Maximum
Filtertop	57	41,42	31,50	68,00
Ca	54	86,09	25,20	1.070,00
Mg	54	15,18	6,10	63,00
Na	54	73,68	18,80	217,00
HCO ₃	54	265,07	76,00	488,00
Cl	57	63,40	30,00	174,00
SO ₄	54	71,33	0,00	567,00
NO ₃	39	24,10	0,00	50,00
Agg. CO ₂	43	0,91	0,00	14,00
H ₂ S	40	0,02	0,00	0,10
CH ₄	52	9,62	0,00	36,60
Hårdhed	54	15,54	4,93	163,14

Tabel 3.65

Reservoirtype XVI 2, gennemsnitskoncentration og variationsinterval for udvalgte hovedbestanddele.

Grundvandskemisk status

Grundvandets alkalinitet er normalt høj med en total hårdhed på typisk 5 - 14°. I et enkelt filter boring 5.917, 31,5 m.u.t. er vandkvaliteten stærkt afvigende med en total hårdhed på op til 163° og høje sulfatkoncentrationer (op til 567 mg SO₄/l).

Forvittringsgraden er normalt lav (bortset fra ovennævnte filter), hvilket indebærer, at grundvand med natriumbikarbonat (NaHCO₃) og uden permanent hårdhed er almindeligt. Som følge af de store variationer i grundvandets hovedbestanddele, varierer sulfatkoncentrationerne også stærkt (1 - 567 mg SO₄/l). Aggressiv kuldioxid findes kun sjældent.

Grundvandets redoxforhold varierer stærkt fra oxisk med nitrat til anoxisk uden nitrat men med methan og svovlbrinte. I nogle filtre findes blandingsvand med både nitrat og methan.

Særlige problemer og tendenser

Som følge af den stærkt varierende grundvandskvalitet, kan der findes grundvand med for høje nitratkoncentrationer samt grundvand forurennet med forvittringsprodukter fra pyrit (FeS₂) med høje sulfatkoncentrationer og ekstremt høje hårdhedsgrader (boring 5.917, 31,5 m.u.t. I et enkelt filter boring 18.241, 68 m.u.t. findes grundvand med forhøjede kloridkoncentrationer (op til 169 mg

Cl/l) og især forhøjede natriumkoncentrationer (op til 217 Na/l) som følge af ionbytning.

I mange grundvandsprøver er der endvidere høje methankoncentrationer (op til 36,6 mg CH₄/l), som kan give problemer ved vandrensningen. De mange kvalitetsproblemer af varierende karakter skyldes bl.a. påvirkning fra marine sedimenter i reservoirtype XVI 2.

Grundvandskvaliteten har stort set været konstant i perioden 1989 - 1991. I prøverne fra filtret boring 5.917, 31,5 m.u.t. synes de høje koncentrationer af sulfat, calcium og magnesium dog at være faldet betydeligt.

3.2 Grundvandets nitratindhold i de udvalgte reservoirtyper (1989-1991)

Nitrat er et af de stoffer, der gennem det sidste årti har været mest i fokus med hensyn til grundvand og drikkevandskvalitet. Det er derfor naturligt at følge udviklingen i grundvandets indhold af nitrat.

Nitrat i 100 år

Man har i mere end et århundrede kunnet konstatere, at nitratindholdet i grundvandet flere steder overskred den grænseværdi, der gælder for drikkevand. Samtidig kan man konstatere, at indholdet i mange grundvandsmagasiner er steget markant gennem de sidste årtier. Stigningen i nitratindholdet er blevet tillagt landbrugets stigende anvendelse af handelsgødning og dyreholdets koncentration i det vestlige Danmark med deraf følgende stigende udvaskning af nitrat til grundvandet. Stigningen i grundvandets nitratindhold er således ikke lige stor i alle dele af landet.

Stenalderen

Nitratudvaskning fra dyrkede arealer har altid fundet sted, også fra ældre landbrugsformer end de nutidige, selvom nitratkoncentrationerne i det nedsivende vand har været lavere end det normale for moderne landbrug. Selv stenalderens svedjebrug har i perioden efter skovrydningen givet anledning til en nitratudvaskning af mindst samme størrelse som fra nutidig renafdrivning af skovarealer eller fra stormfælder.

Sidste 30 år

Når de gennemsnitlige koncentrationer af nitrat i det nedsivende vand fra dyrkede arealer har været væsentlig højere i de sidste 30 år end i første halvdel af dette århundrede, skyldes det i det væsentligste, at landbruget i begyndelsen af århundrede var karakteriseret af et mere alsidigt sædskifte med en større andel af vedvarende græs og vinterafgrøder, samt at husdyrholdet var mere jævnt fordelt på landsdelene.

Ændringerne gennem de sidste tredive år har især bestået i mere ensidig dyrkning af vårsæd som byg og at dyreholdet er blevet koncentreret på færre brug, specielt i Jylland. Dette medførte en mere uøkonomisk kvælstofhusholdning i landbruget, idet landbrug med ren planteavl har et stort behov for kompenserende tilførsler af kvælstofgødning. Samtidig kunne landbrug med stort dyrehold ikke udnytte husdyrgødningen optimalt.

Landbrugsarealer primær årsag

Kvælstofudvaskningen fra landbrugsarealer er den primære årsag til grundvandets forurening med nitrat. Størrelsen af forureningen bestemmes af den geokemiske sammensætningen af de jordlag det nedsivende vand med nitrat gennemstrømmer på vej til grundvandsmagasinerne. Hvis der findes betydende mængder reducerende stoffer i jordlagene under rodzonen vil en større eller mindre mængde nitrat blive reduceret til luftformig kvælstof. Hvor sådanne reducerende stoffer ikke er tilstede, bl. a. fordi de er opbrugt som følge af nedsivning af vand med nitrat eller ilt gennem tiderne vil der findes nitratholdigt grundvand.

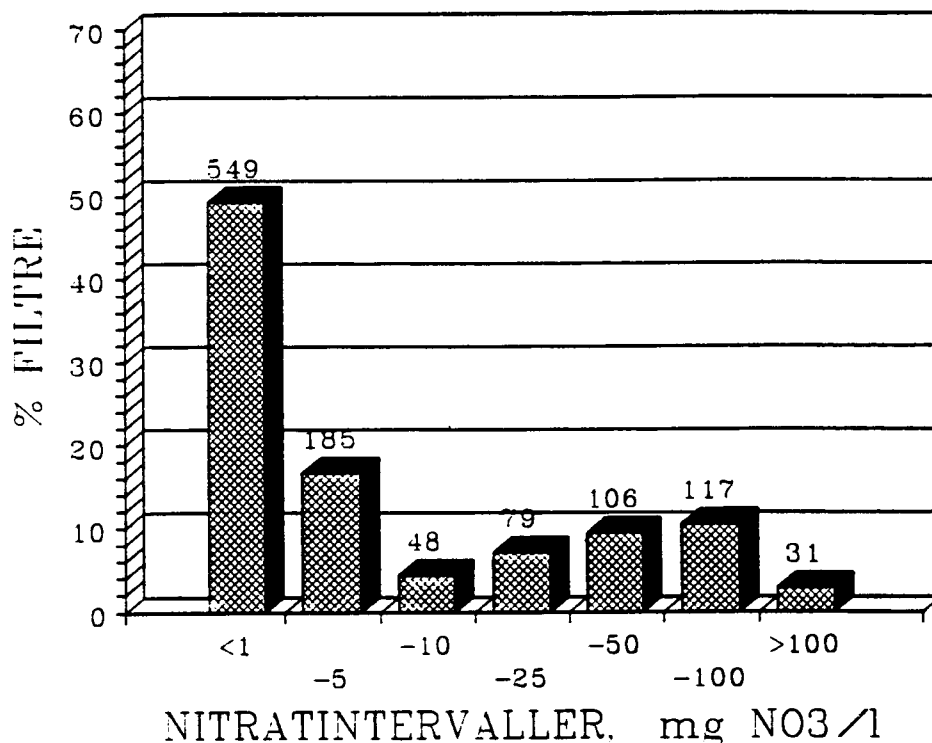
Nitratholdigt grundvand er som regel relativt ungt vand, men der findes under visse geologiske forhold også nitratholdigt grundvand

af ældre dato. Analyser fra DGU's grundvandskemiske arkiv viser, at der i skrivekridtet ved Ålborg, i første halvdel af dette århundrede, var et nitratindhold på 13-40 mg/l.

Det er dog helt klart gennem de sidste 40 år, at den store forøgelse i områder, der har for høje nitratindhold (>50 mg/l), er sket. Stigningen i de gennemsnitlige nitratkoncentrationer i grundvand og drikkevand er dokumenteret for perioden 1940-83 (Miljøstyrelsen, 1983), men stigningen er sandsynligvis begyndt tidligere.

Materialet fra grundvandsovervågningsprogrammet strækker sig endnu kun over perioden 1989-91, og det vil derfor ikke umiddelbart være stort nok til, at stigninger eller fald i de enkelte reservoirer kan erkendes. Samtidig er antallet af målinger på de enkelte filtre ikke stort nok til en statistisk behandling af udviklingen.

Yderligere vil det i mindre grad være muligt at afspejle de tiltag, der blev iværksat i Vandmiljøplanen i 1987. Mange steder vil det vand, der forlod rodzonen i 1987, endnu ikke være nået til grundvandsmagasinerne. Ud over dette vil variationen i de klimatiske forhold betinge en større variation i udvaskningen af kvælstof end den der med sikkerhed kan tilskrives ændret landbrugspraksis. Dette vil måske kunne afspejles i tidsserier over 4-10 år.



Figur 3.4.

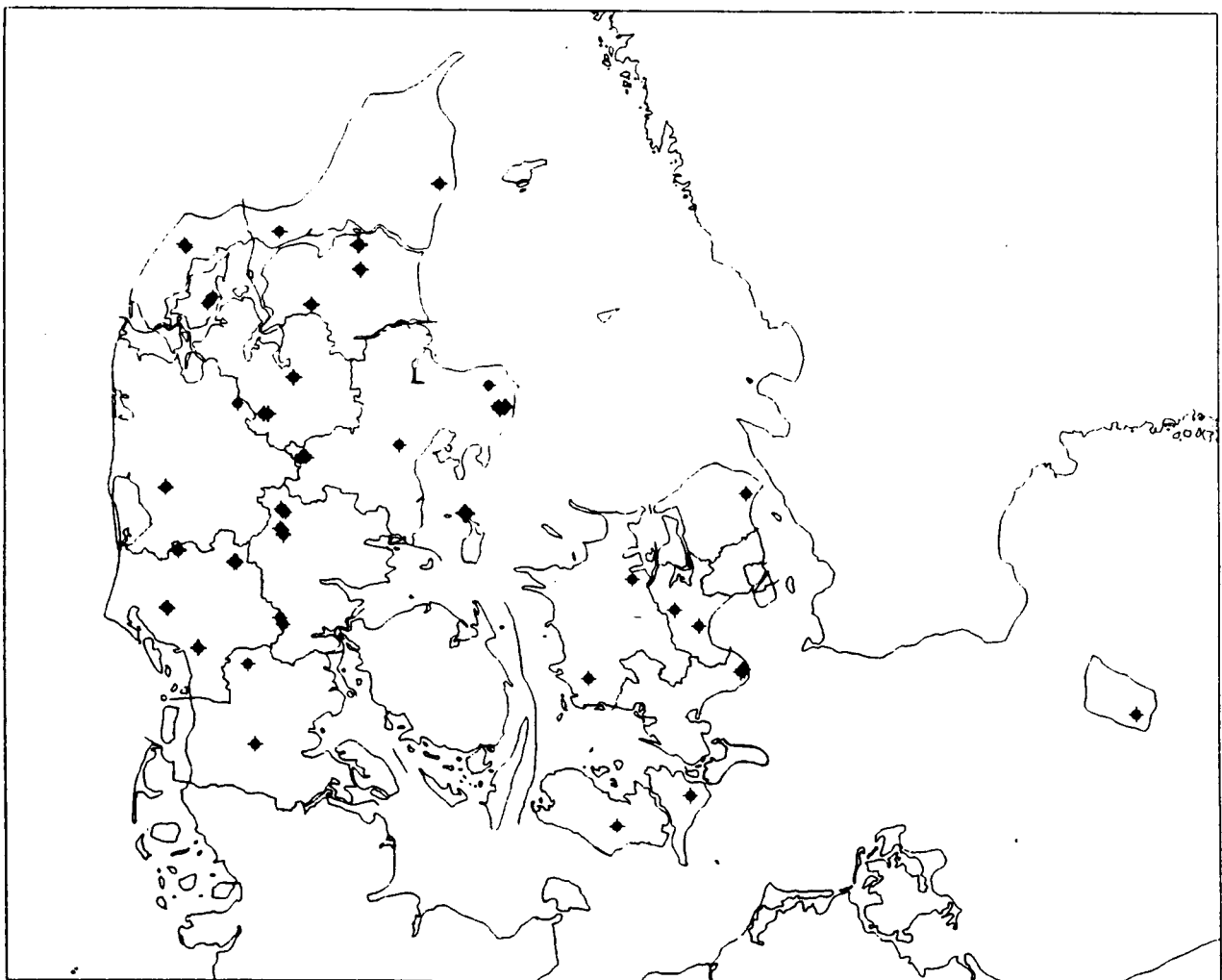
Den procentiske fordelingen af middelværdier for grundvandets nitratindhold i GRUMO. Tal over kolonner er antal GRUMO-filtre.

Den foreløbige reservoiropdeling, se afsnit 3.4, er taget som udgangspunkt for vurderingen af grundvandets nitratindhold og ændringerne i dette.

For at vurdere samtlige filtre med lige stor vægt er alle analyser for hvert filter midlet og middelværdierne for hvert filter kan derefter sammenlignes. Ved vurderingen af tidsudviklingen er alle analyser for hvert filter vurderet. For analyser, der ligger under detektionsgrænsen, er værdien sat til 0, uanset at detektionsgrænsen kan variere. Kun filtre med 10 eller flere analyser over perioden er medtaget.

I halvdelen af de 1.066 filtre, hvor der er udført analyser for nitrat, ligger koncentrationen under 1 mg/l, fig 3.4. Samtidig ligger ca 22 % over den vejledende værdi for drikkevand på 25 mg NO₃/l, mens ca 13 % ligger over den højst tilladelige værdi på 50 mg NO₃/l.

Fordelingen af filtre med nitratindhold over 50 mg/l viser en klar tendens, idet langt de fleste observationer findes i Jylland og kun ganske få på Sjælland, fig 3.5.



Figur 3.5.

Alle filtre med nitratværdier der overstiger 50 mg NO₃/l.

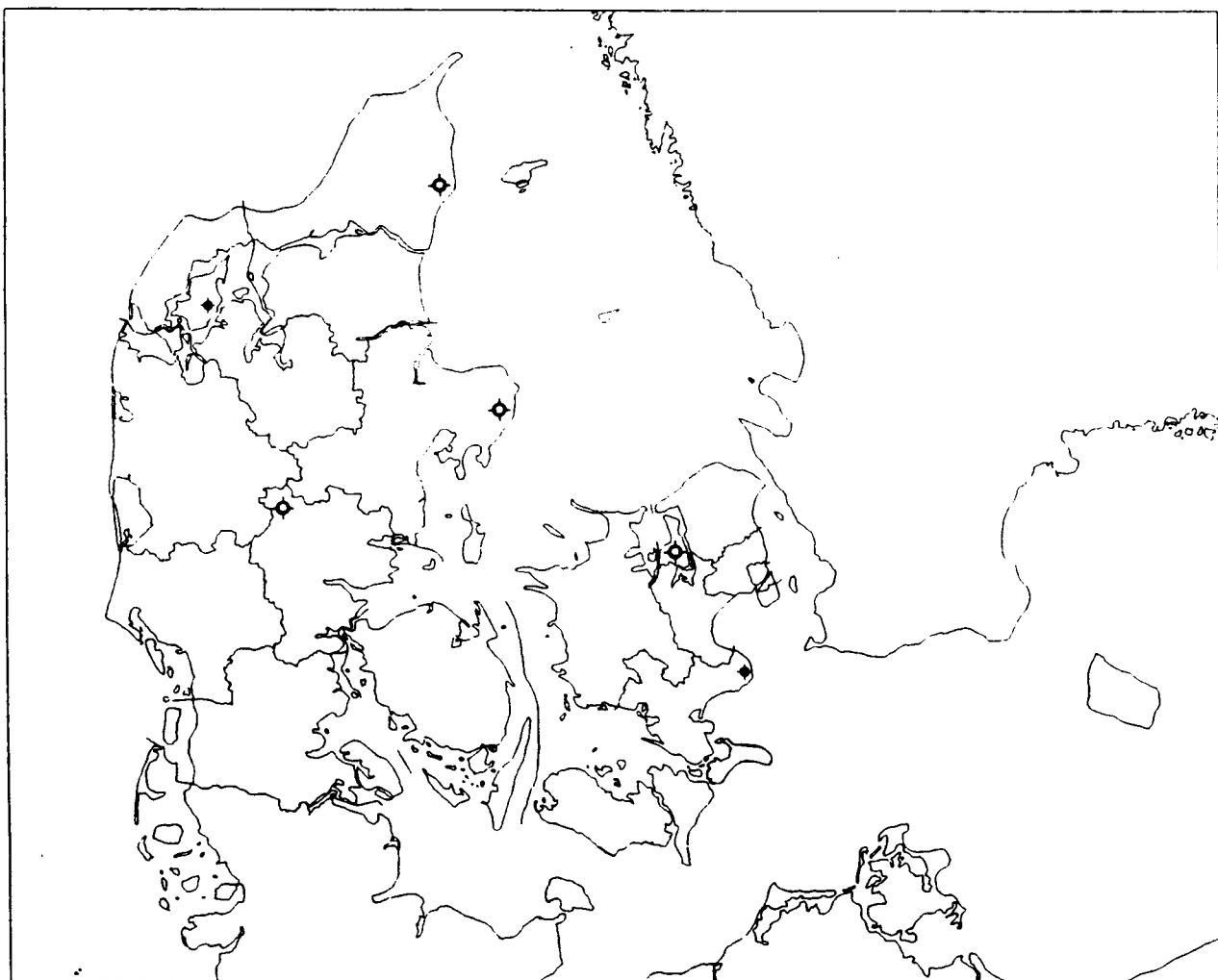
Det største antal observationer i de hovedreservoarer med forhøjet nitrat ligger i Midtjylland, på Djursland, på Nordsø og ved Ålborg. På Sjælland og Bornholm findes dog også forhøjede nitratværdier.

I hovedreservoarerne er der kun fundet to observationer med gennemsnitsværdier over 50 mg/l, nemlig på Stevns og på Mors, mens fire filtre ligger mellem 25 og 50 mg/l, figur 3.6

For de sekundære reservoirer er det helt klart i Midt- og Nordjylland, man har det store antal observationer, der overstiger 50 mg/l, figur 3.7.

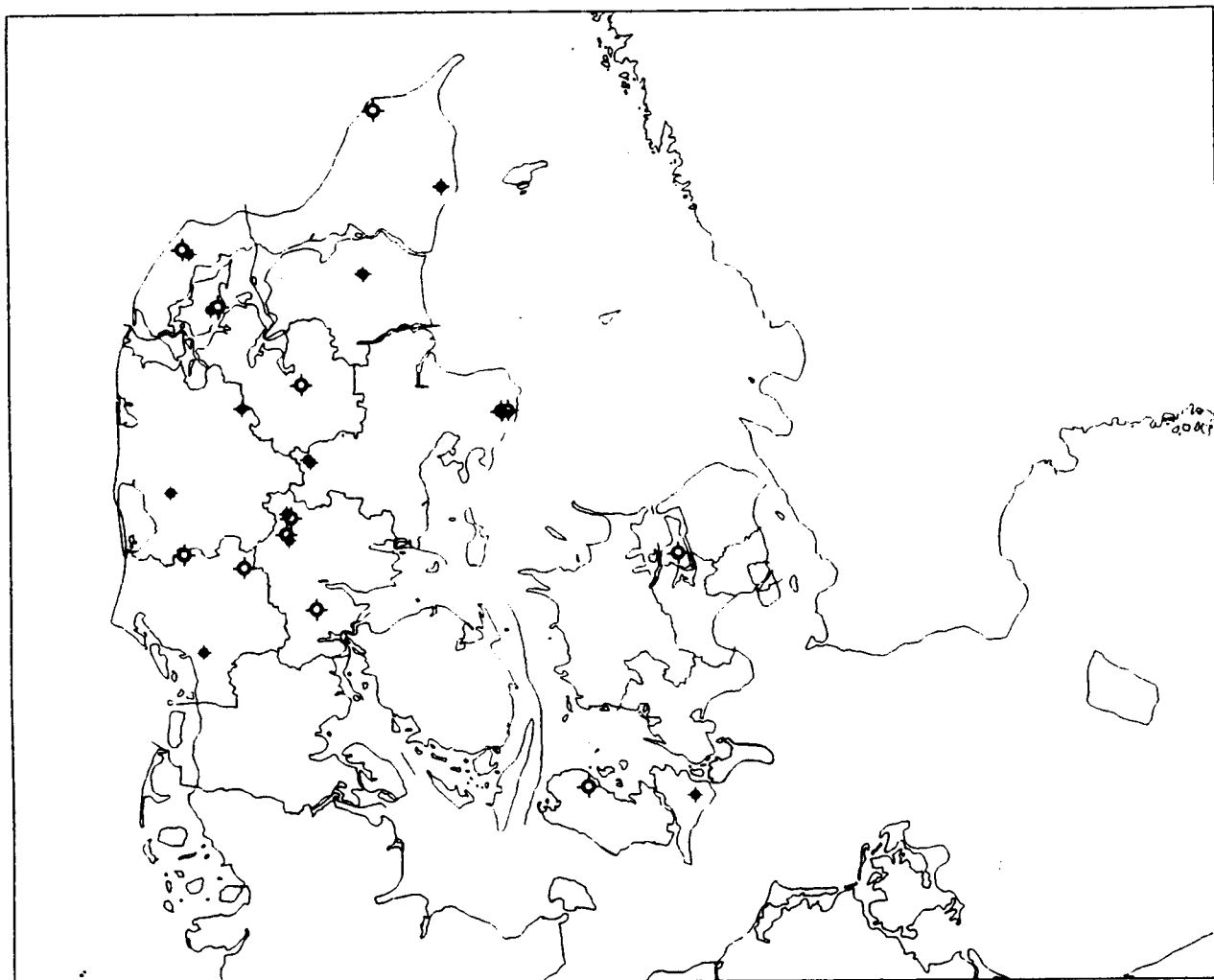
For de filtre, der endnu ikke er blevet fordelt på reservoirtype og som har mere end 50 mg/l, ligger hovedvægten i Jylland og på Sjælland, mens Fyn ikke er repræsenteret.

Ved en generel vurdering af alle analyser over hele måleperioden kan der ikke findes en stigende eller faldende tendens i nitratindholdet. Det ville heller ikke være forventeligt, da dataperioden



Figur 3.6.

Filtre i hovedreservoarerne, der overstiger 25 mg NO_3/l (åben cirkel) og 50 mg NO_3/l (fyldt cirkel).



Figur 3.7.

Filtre i de sekundære reservoirer der overstiger 25 mg NO₃/l (åben cirkel) og 50 mg NO₃/l (fyldt cirkel).

højest er 3 år samtidig med at prøvetagningsintervallerne er kvartårslige. Yderligere ved man at nitratkoncentrationerne kan svinge betydeligt gennem året og mellem årene, så alene af den grund vil en vurdering af tendensen være vanskelig.

Tendenserne i de enkelte reservoirområder har været følgende:

Område I har lave værdier generelt med enkel undtagelse, men ellers stabilt over tiden.

Område II har værdier under 10 mg/l og en stabil udvikling.

Område III og IV findes ingen ændring.

Område V har ret høje værdier og en stigning til 80 mg/l for et filter i det sekundære reservoir, mens hovedreservoiret er stabilt lavt.

Områderne VI-IX er ret stabile over tiden.

Område X har høje værdier og specielt boring 131.1052 udgør et problem med værdier op til 180 mg/l. Hovedreservoiret er stabilt lavt.

Område XI har faldende og lave værdier, men et lille datagrundlag.

Område XII har høje værdier i det sekundære reservoir, op til 180 mg/l, mens hovedreservoiret har lavere værdier. Der findes ingen tidsudvikling.

Område XIII har værdier under 30 mg/l i det sekundære reservoir og <1 mg/l i hovedreservoiret, med undtagelse af boring 37.1038, der er over 50 mg/l.

Område XIV har lave værdier, dog med en meget høj værdi i det sekundære, boring 71.476 og en høj i hovedreservoiret, boring 71.482.

Område XV har stabile tidserier men med enkelte høje værdier, >100 mg/l i det sekundære reservoir, mens hovedreservoiret er under 25 mg/l.

Område XVI er indholdet i det sekundære reservoir mellem 25 og 100 mg/l, men viser ingen tegn på stigning. I hovedreservoiret er variationen mellem 5 og 50 mg/l.

*Hverken stigning
eller fald i nitrat*

På landsplan og ud fra det givne materiale kan der forventeligt nok ikke ses hverken fald eller stigninger i perioden 1989 til 1991. For de enkelte reservoirer er der kun 2, der kunne vise tendens til fald i GRUMO 55.11 og 30.01, mens to viser den modsatte tendens, GRUMO 80.11 og 55.13. Det er dog endnu for tidligt at vurdere tendenser til generelle ændringer.

3.3 Grundvandets kloridindhold

Grundvandets indhold af klorid varierer ganske meget afhængig af dybde og lokalitet. Dog er der i en given dybde altid egentligt saltvand tilstede, det vil sige grundvand med mere 500 mg Cl/l. Herudover er der altid en vis mængde klorid til stede i alle typer dansk grundvand, omend i små mængder i de specielle ionbyttede vandtyper. Grænsen til det egentlige saltvand er afgørende for indvinding af grundvand til drikkevandsformål. Dybden til saltvandet er stærkt variende afhængig af lokalitet, varierende fra havniveau til mere 250 meter under havniveau.

Havvand

Stigende kloridkoncentrationer i indvindingsvand fra boringer nær kysten har været kendt i mange år og skyldes normalt stor vandindvinding. Et af de ældre eksempler er beskrevet for Kalundborg Vandværk i perioden 1905-35 (Ødum og Christensen, 1936).

Nedbør

Nedbørens indhold af klorid ligger normalt mellem 3 og 25 mg/l, mens det ferske grundvands indhold varierer mellem 15 og 50 mg/l, som følge af dels den koncentrering, der sker ved

evapotranspirationen og dels ved tilskud fra land- og skovbrugs-gødskning.

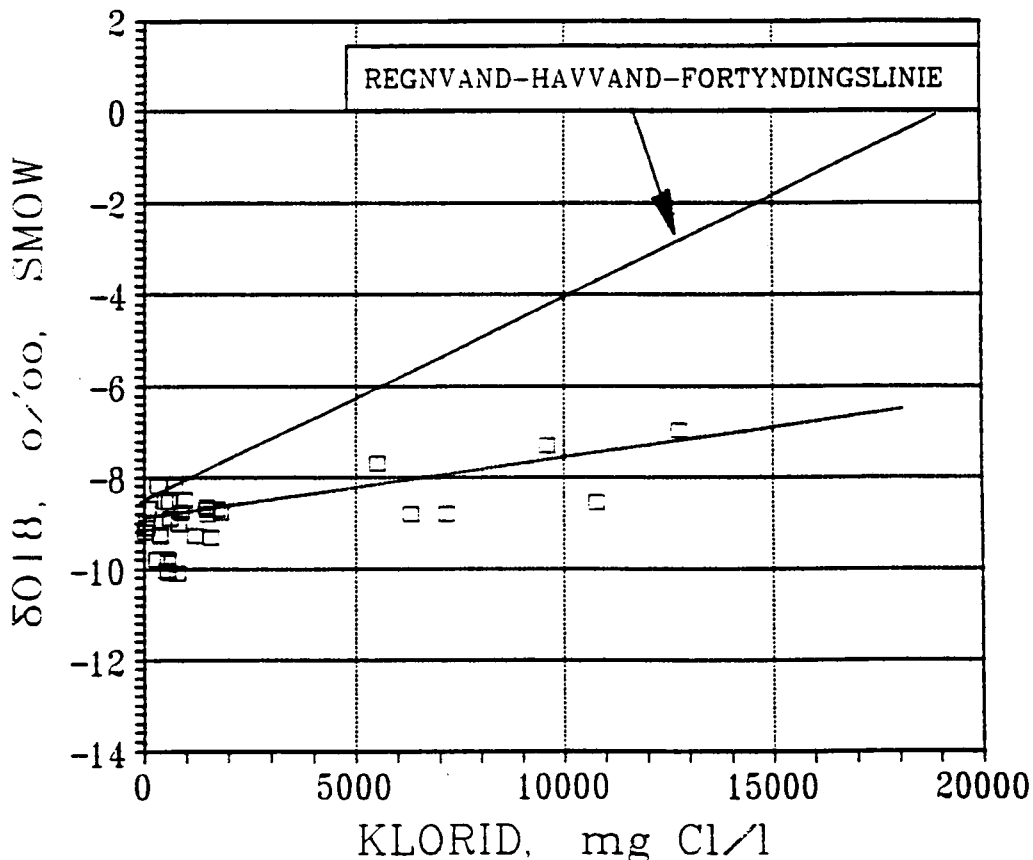
Herudover er det forventeligt, at man vil finde forhøjede kloridindhold i kystnære områder og specielt i grundvand fra filtre under havniveau, idet marint infiltrationsvand kan findes tæt under kote 0.

Residualvand

Andre steder kan klorid stamme fra de geologiske aflejrings oprindelige saltindhold, residualvand. Dette er tilfældet blandt andet i Nordjylland. Derudover vil man de steder i Danmark, hvor saltholdige aflejringer er tilstede i undergrunden, kunne finde betydende mængder klorid i grundvandet. Specielt i den nordlige del af Midtjylland, hvor tilstedeværelsen af salthorste i under-

Salthorste

grunden afstedkommer 'afsmitning' så grundvandet får højt kloridindhold, salt mineralvand. I visse egne, som det centrale Sjælland, forekommer salt mineralvand under tryk. Sænkning af ferskvands-potentialet ved for stor vandindvinding i sådanne områder kan give anledning til øget opstrømning af salt mineralvand til de fersk grundvandsmagasiner.



Figur 3.8

Sammenhængen mellem klorid og iltisotopsammensætning, $\delta^{18}\text{O}$, i grundvand fra 100-200 meters dybde i Danmark (Jacobsen, 1979). Den øverste linie angiver ren blanding mellem havvand og ferskvand. Den nederst linie gennem de faktiske målinger viser, at kloridindholdet ikke stammer fra marint infiltrationsvand.

Mineralvand

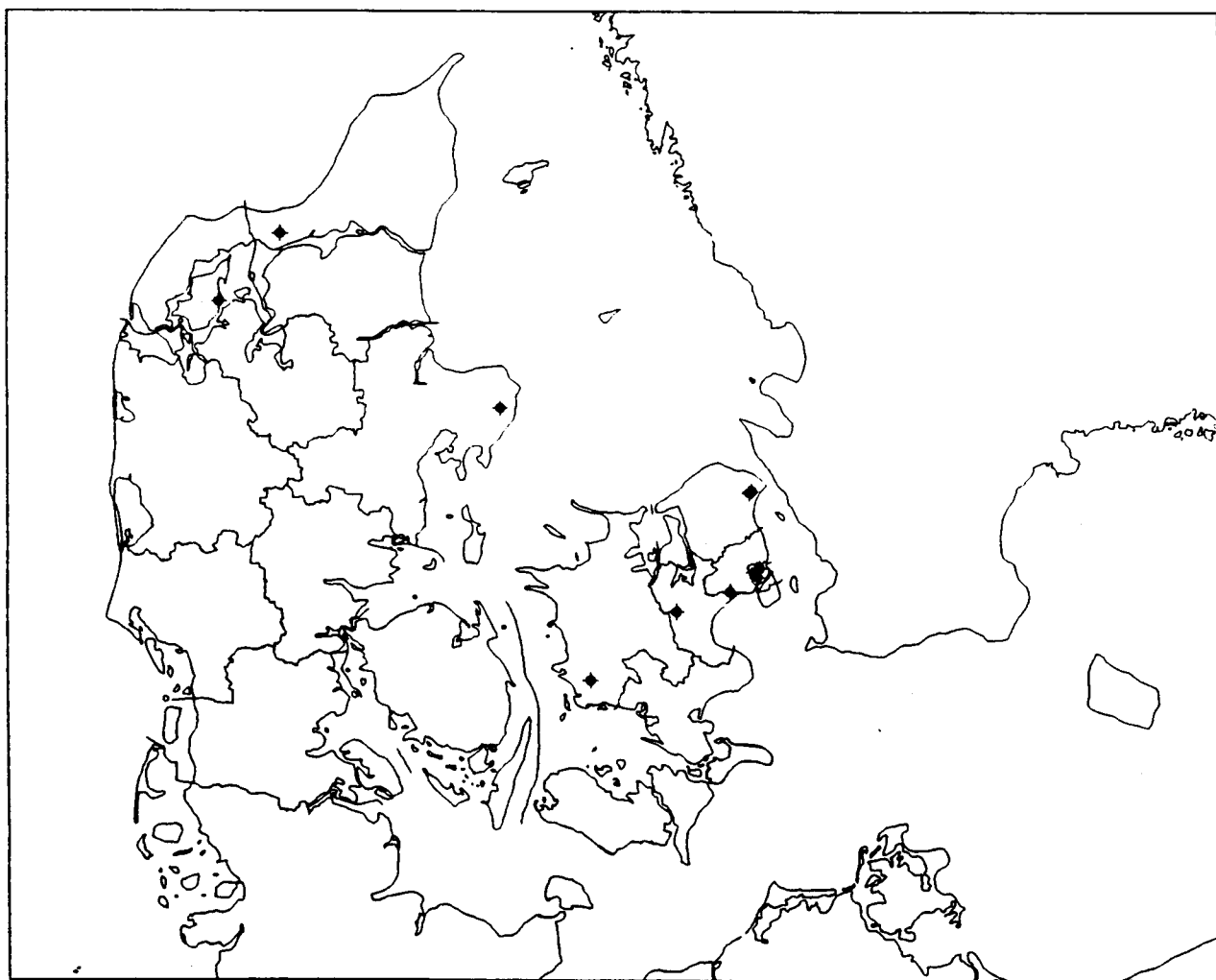
Problemer med høje kloridindhold som følge af salt mineralvand i undergrunden kendes fra Ringsted Vandværk, Københavns Vandforsyning ved Køge Bugt og ved Odense og Nyborg.

Fra tidligere undersøgelser af dybereliggende (100-200 meter under terræn) grundvand i Danmark har man ved måling af af vandet iltisotopsammensætning, $\delta^{18}\text{O}$, set, at dette saltvand ikke stammer fra nutidig marin infiltration, da $\delta^{18}\text{O}$ indholdet ikke følger en fortyndingslinie mellem havvandets iltisotopsammensætning (SMOW) og det meteoriske vands (nedbør), figur 3.8.

Spildevand og vejsalt

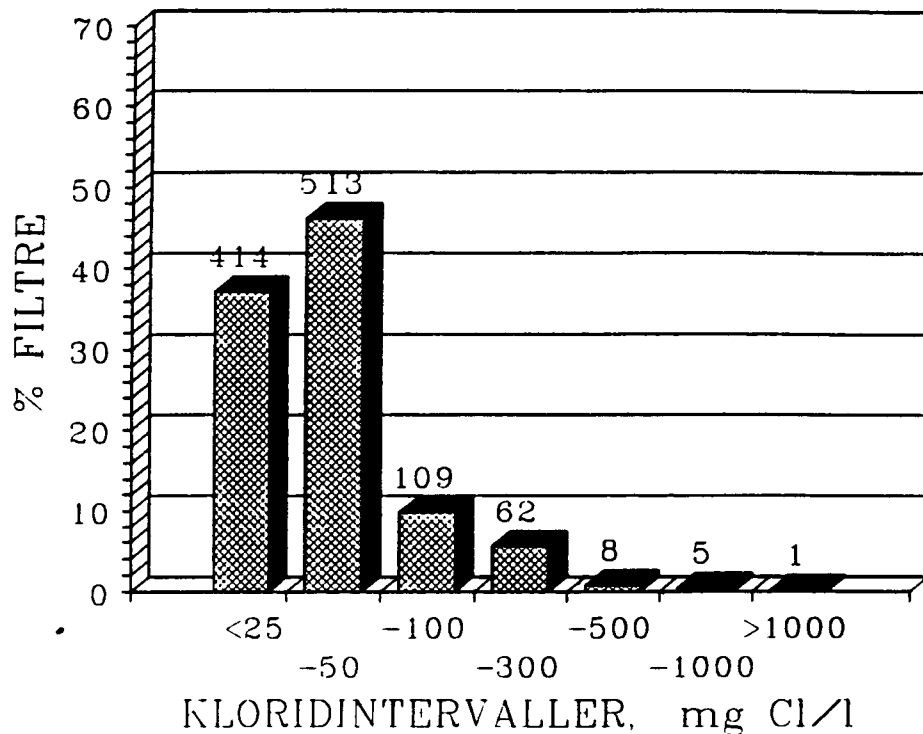
Endelig er det kendt, at menneskeskabt påvirkning også kan føre til forhøjede kloridindhold, som for eksempel infiltration af spildevand, udsivning fra lossepladser, nedsivning af vejsalt samt nedsivning af husdyrgødning.

I GRUMO er det specielt i områderne langs Øresundskysten, på Falster, ved Skælskør, ved Grenå og langs Limfjorden, hvor man finder de forhøjede klorid indhold, figur 3.9.



Figur 3.9

Fordelingen alle GRUMO filtre med kloridindhold, der overstiger 50 mg Cl/l.



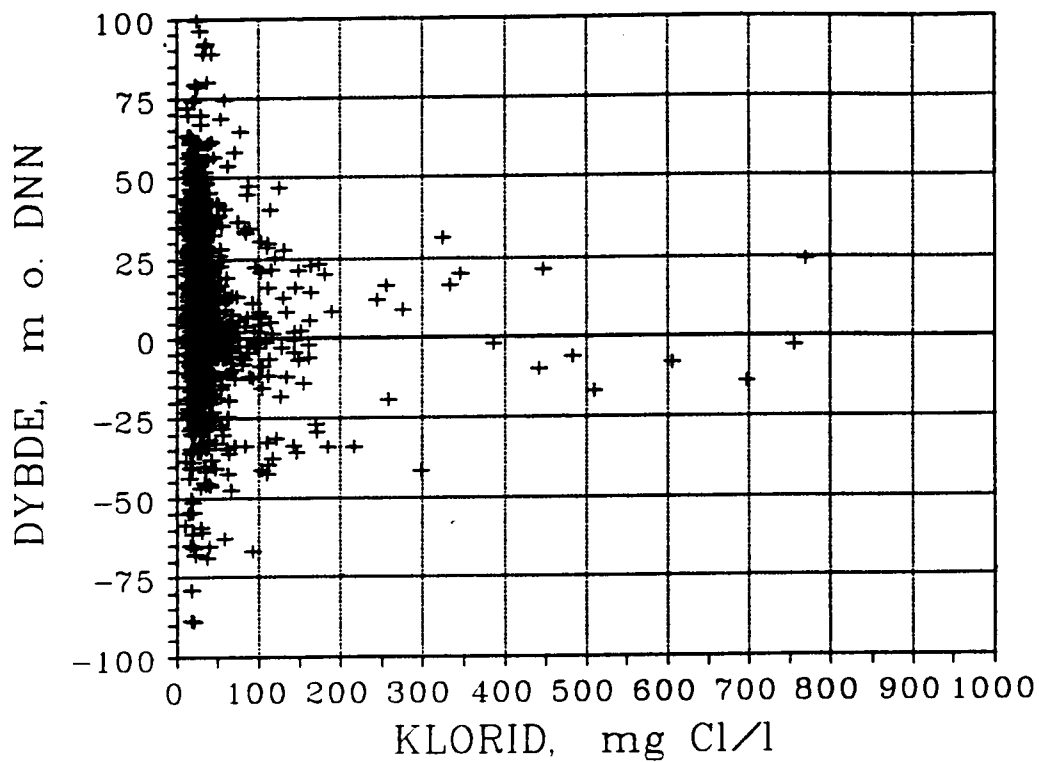
Figur 3.10

Den procentiske fordeling af middelværdier for grundvandets kloridindhold. Tal over kolonner angiver antal GRUMO-filtre.

Ud af samtlige målte GRUMO filtre ligger mere end 80 % under 50 mg/l, figur 3.10, og kun 14 filtre har et indhold, der overstiger 300 mg/l.

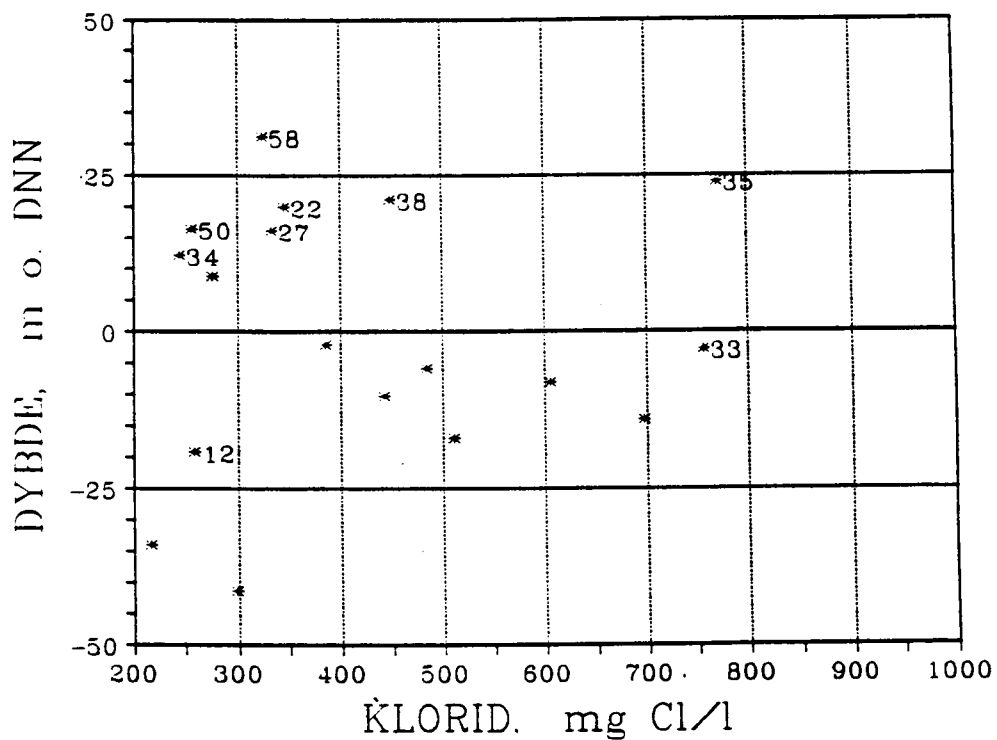
Samtidig er det karakteristisk, at de fleste høje kloridindhold i GRUMO findes fra kote +25 til -25 m.o.h., hvilket betyder at det omtalte kloridindhold i dybere borer kun findes i begrænset omfang i GRUMO filtrene, figur 3.11.

Ser man isoleret på analyser med mere end 200 mg Cl/l i dette dybdeinterval, kan man på det nærværende datagrundlag konkludere, at alle vandprøver med tritiumanalyse repræsenterer recente (<40 år) vandtyper, idet tritium bestemmelserne ligger mellem 12 og 58 TU. Interessant er det også, at 8 filtre ligger over kote 0 (8-32 m o.h.), figur 3.12. Flere af disse ligger tæt ved større vejanlæg og andre befæstede arealer, hvorfor det er nærliggende at tænke sig en påvirkning fra vejsaltning i vinterperioden.



Figur 3.11

Kloridindholdets dybdefordeling for samtlige GRUMO-filtre.



Figur 3.12

Analyser fra GRUMO-filtre med mere end 200 mg Cl/l. Tal ved punkter angiver tritiumindhold i TU.

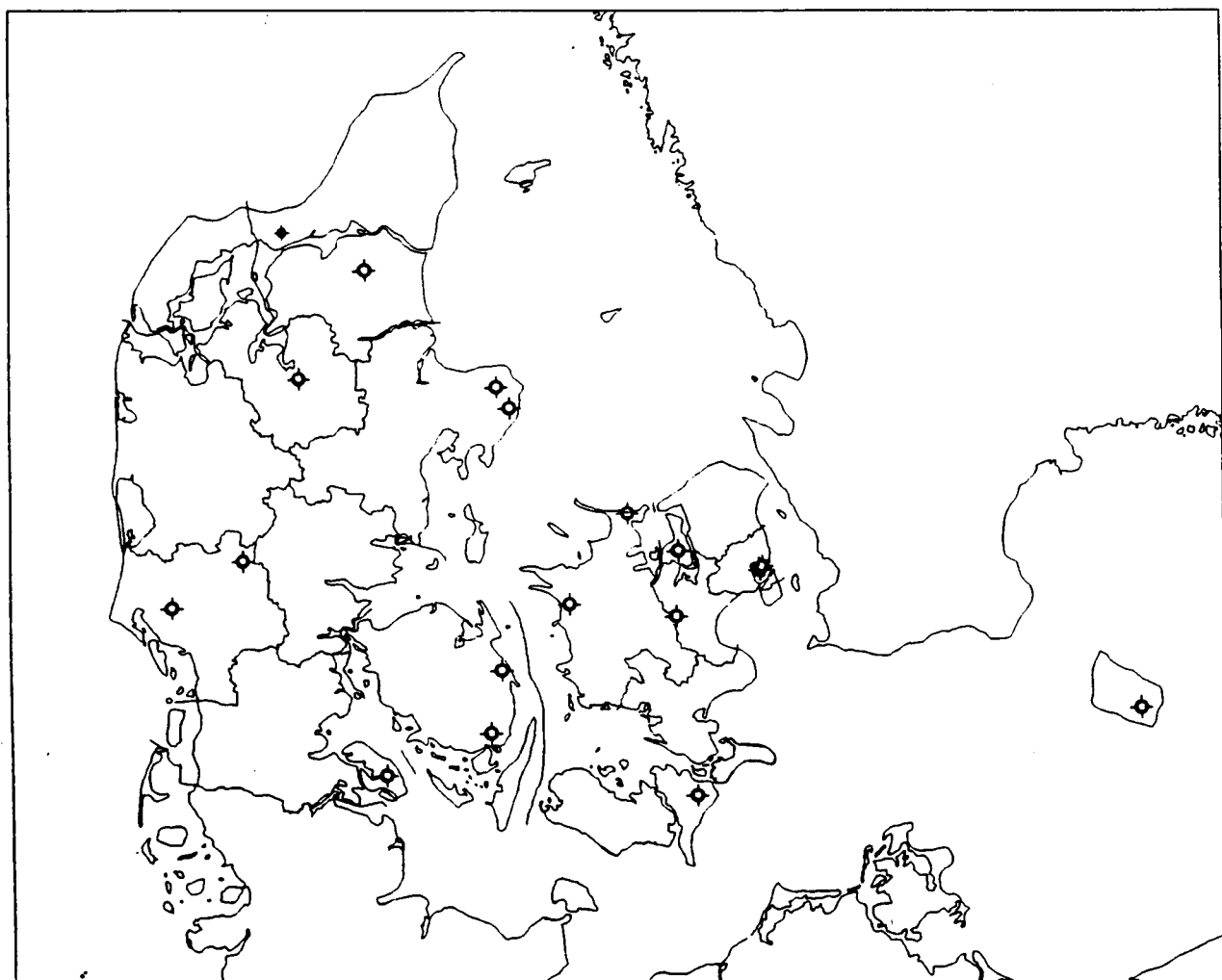
Ionbytning

Nogle af disse vandtyper er yderligere blevet ionbyttet i lerlagene ved nedsivning, idet vandet er udpræget CaCl_2 -domineret. På Mors (GRUMO 76.13) synes kloridindholdet dog at stamme fra hævede marine aflejringer indeholdende en vis del residualsalt.

Forhøjede kloridindhold forekommer flere steder i de sekundære reservoirer, figur 3.13. I København, Odsherred, Falster, Fyn, ved Esbjerg og Grenå, samt ved Skerping.

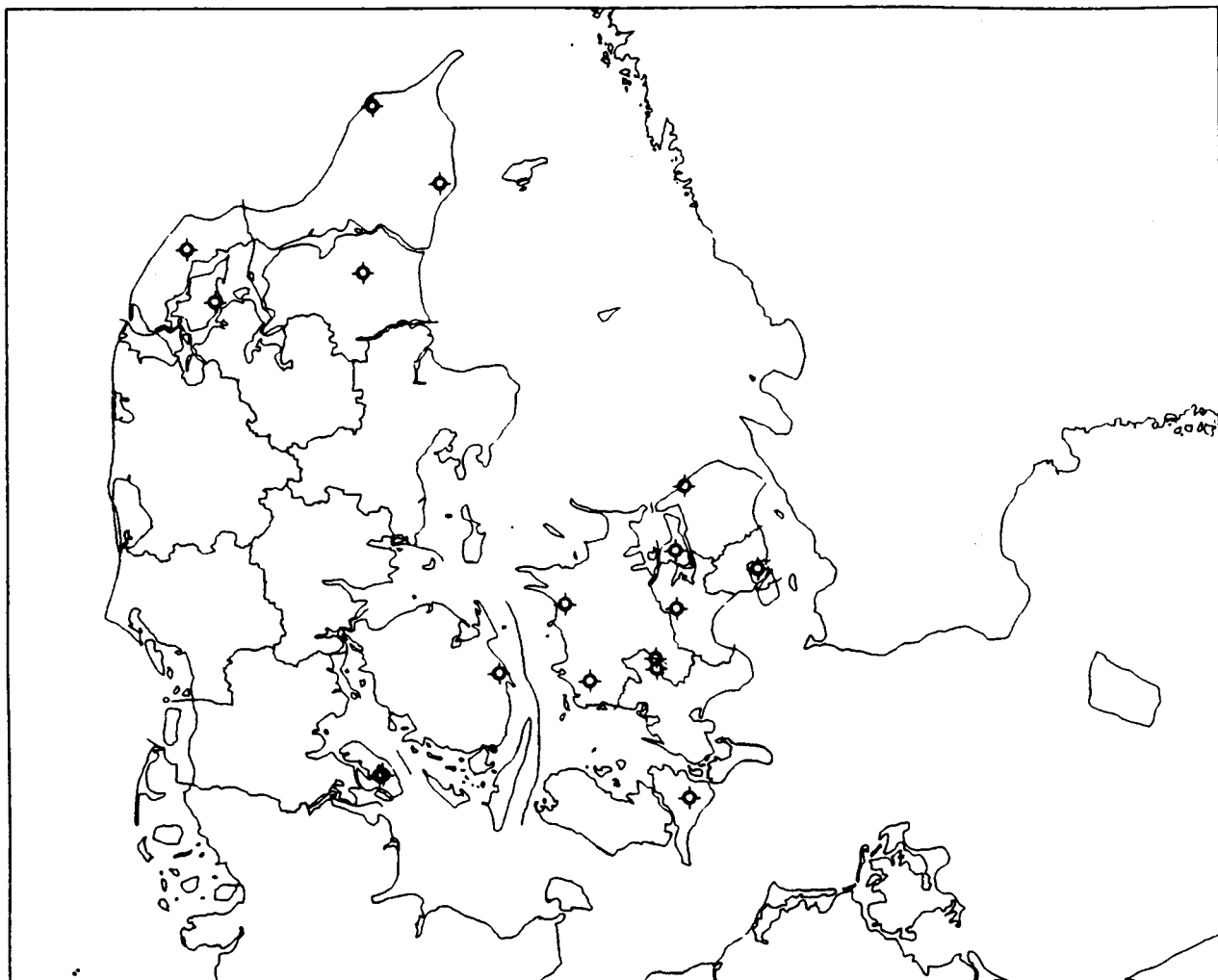
Mere markant er der i hovedreservoirerne ved Skælskør, samt på Als, ved Nyborg og Sæby høje kloridindhold, figur 3.14.

En gennemgang af samtlige tidsserier for de enkelte reservoirer viser at der kun er to områder, der inden for måleperioden er sket ændringer. Dette er i Område II, hvor der synes at være et mindre fald i det primære reservoir, samt i Område X, hvor der i det sekundære reservoir er sket et fald fra ca 200 mg/l til ca 100 mg/l. Ingen af disse fald synes markante og kan skyldes årstidsvariation, pumpeaktivitet eller andet.



Figur 3.13

Filtre i sekundære reservoirer, der overstiger 50 mg Cl/l (åben cirkel) og 300 mg Cl/l (fyldt cirkel).



Figur 3.14

Filtre i hovedreservoarer, der overstiger 50 mg Cl/l (åben cirkel) og 300 mg Cl/l (fyldt cirkel).

Inden for GRUMO synes problemerne med forhøjede kloridindhold i grundvandet ikke så stort som i visse andre områder. Over en længere periode kan man nok i visse områder forvente et stigende kloridindhold, som stammer fra menneskelig aktivitet, og dette vil nedsætte indvindingsværdien for reservoirerne. I den forbindelse ville det være relevant at undersøge om eventuelle andre stoffer herunder organiske forbindelser, kan ledsage kloridtransporten til grundvandsreservoiret.

Men også i områder med salt mineralvand er der risiko for, at forøget vandindvinding kan forstærke kloridproblemerne. De faktorer der styrer processerne bl.a. de hydrauliske forhold, er stadig mangelfuldt belyst. DGU arbejder med planer for undersøgelser, der kan give en bedre kvantitativ vurdering af risikoen for saltoptrængning ved større vandindvindinger i områder med salt mineralvand.

3.4 Sammenfatning vedrørende hovedbestanddele

Den kemiske sammensætning varierer, som forventet i de forskellige reservoirtyper.

Øerne og Østjylland

På Øerne og i Østjylland, hvor grundvandsmagasinerne findes i glaciale sand- og gruslag eller i prækvartære kalk- eller kridtformationer, har grundvandet som hovedregel en høj alkalinitet og høje hårdhedsgrader.

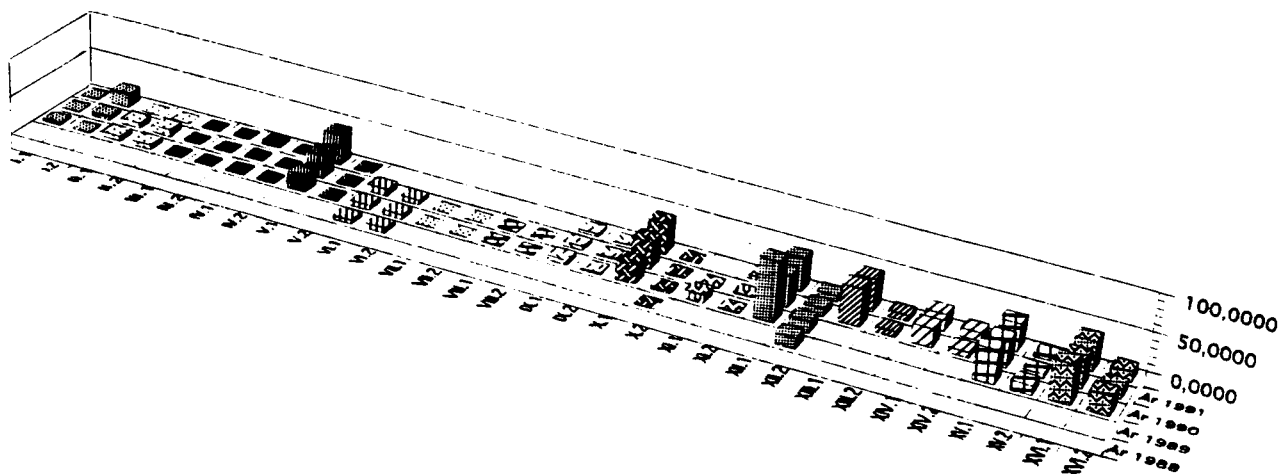
I de sekundære reservoirtyper, findes grundvand med en relativt høj andel af permanent hårdhed og relativt høje sulfatkoncentrationer stedvis. Samme type kan også findes i primære reservoirer i danienkalk og skrivekridt omend sjældnere. Denne grundvandstype kan i nogle tilfælde give problemer med for høje sulfatkoncentrationer. I de primære reservoirer i grønsandskalk er ionbyttet vand uden eller med en lav andel af permanent hårdhed almindeligt. I disse reservoirer er sulfatkoncentrationerne oftest lave, men der kan være problemer med for høje kloridkoncentrationer eller især for høje natriumkoncentrationer.

Øvrige Jylland

Kun i få tilfælde af de ovennævnte reservoirtyper, er for høje nitratkoncentrationer et almindeligt problem. I det nordlige Jylland (Vendsyssel, Himmerland, Thy m.v.), Midtjylland, Sønderjylland og på Djursland har grundvandet en varierende alkalinitet og hårdhed, og aggressiv kuldioxid forekommer almindeligt, specielt i de sydvestlige dele af Jylland. Grundvand med for høje koncentrationer af nitrat forekommer ofte, specielt i de øverste sekundære reservoirtyper.

Andre problemer som forhøjede koncentrationer af sulfat, klorid og natrium kan også forekomme i reservoirtyper fra disse egne.

Grundvandskvaliteten har som helhed været stabil i prøvetagningsperioden fra 1989 til 1991. Udviklingstendenserne i vandkvaliteten er dog konstateret i prøver fra filtre med en vandkvalitet, som afviger fra det typiske mønster i den enkelte reservoirtype. Udviklingstendenserne i disse reservoirtyper er gået i retning af såvel forværringer som forbedringer af den aktuelle vandkvalitet.



Figur 3.15

Nitratindhold i de 32 forskellige reservoirtyper i mg/l, 1988-1991.

4

Landovervågningsoplande (LOOP)

I det følgende beskrives årsvariationer i nitratindholdet i det øvre grundvand i to udvalgte og karakteristiske landovervågningsoplande, lerjordsoplandet Lillebæk (LOOP 4), Fyns Amt og sandjordsoplandet Barslund Bæk (LOOP 5), Ringkøbing og Viborg Amt. Oplandenes placering fremgår af figur 2.1.

Endvidere præsenteres årsvariationer i grundvandets indhold af fosfor, ammonium, kalium, klorid og sulfat i de 2 oplande.

I dette kapitel er kun medtaget det gennemsnitlige nitratindhold i grundvandet i 1991 for de 4 øvrige landovervågningsoplande. Der henvises til DGU's afsnit om grundvand i landovervågningsoplandene i rapporten 'Landovervågningsoplande' (Andersen et al., 1992).

4.1 Grundvandsanalyser

1000 nitratanalyser

I perioden 1989 til 1991 er der foretaget cirka 1000 nitratanalyser på grundvandsprøver fra de 2 oplande (tabel 4.1 og 4.2). Prøverne er udtaget i dybder fra 1 til 5 meter under terræn.

Filterdybde m u.t.	Antal nitratanalyser			Antal anvendte prøvetagningsfiltre		
	'89	'90	'91	'89	'90	'91
3	50	54	61	16	13	13
5	86	93	111	18	18	18

Tabel 4.1.

Antal nitratanalyser og anvendte prøvetagningsfiltre i lerjordsoplandet Lillebæk.

Filterdybde m u.t.	Antal nitratanalyser			Antal anvendte prøvetagningsfiltre		
	'89	'90	'91	'89	'90	'91
1 - 2	12	148	106	12	23	25
2 - 3	40	150	122	25	25	25

Tabel 4.2.

Antal nitratanalyser og anvendte prøvetagningsfiltre i sandjordsoplandet Barslund Bæk.

Det gennemsnitlige nitratindhold i det øvre grundvand udtaget 3 meter under terræn i 1991 i de 3 lerjordsoplande, Højvads Rende, Horndrup Bæk og Lillebæk varierer mellem 13 og 35 mg NO₃/l.

For de 3 sandjordsoplande, Oddebæk, Barslund Bæk og Bolbro Bæk varierer nitratindholdet i 1991 mellem 36 og 53 mg NO₃/l i grundvand udtaget 2 - 3 meter under terræn (Andersen et al., 1992).

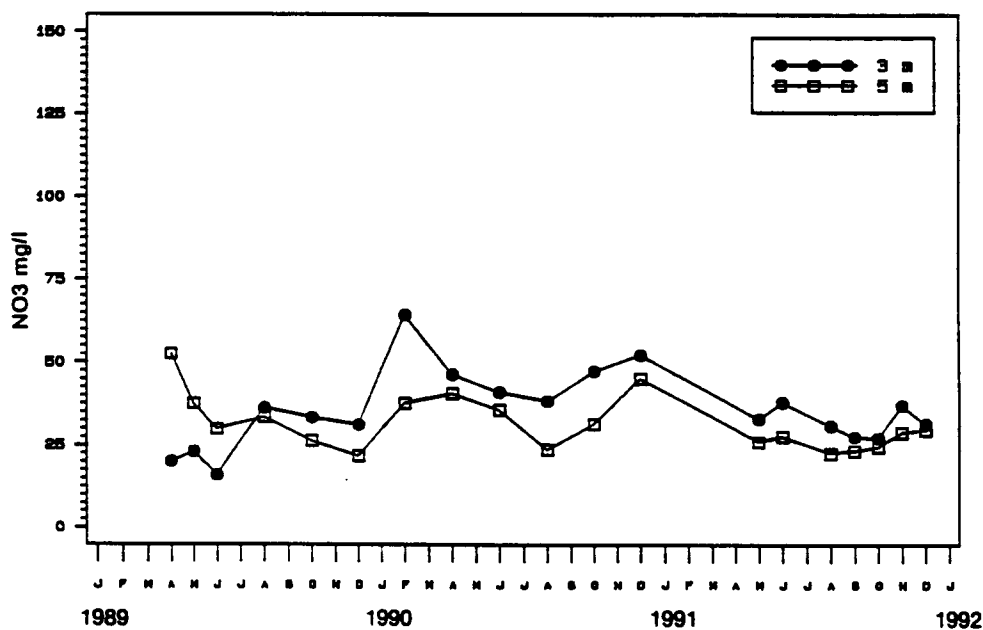
4.2 Årsvariation i grundvandets nitratindhold

I den følgende vurdering af årsvariationer i det øverste grundvands nitratindhold i forskellige dybder anvendes gennemsnitskoncentrationer pr. måned. Disse er udregnet på grundlag af alle nitratanalyser, der er foretaget i den pågældende dybde i den pågældende måned i oplandet. Dog er et månedsgennemsnit kun medtaget, når der er foretaget mindst 3 målinger i den pågældende dybde i løbet af den pågældende måned.

Grundvandsprøvetagningen har på grund af tekniske problemer ikke været kontinuert i 1991.

4.2.1 Lerjordsoplandet Lillebæk

Figur 4.1 viser den gennemsnitlige variation i nitratkoncentrationen 3 m og 5 m under terræn i Lillebæk-oplandet for perioden 1989 til 1991.



Figur 4.1.

Årsvariation 1989 - 1991 for nitrat i grundvand i Lillebæk-oplandet (lerjord).

Årsvariationen i nitrat i lerjordsoplandet bliver mindre med dybden. Efter indkøringsperioden i sommeren 1989, som har været præget af etableringsarbejdet, synes årsvariationerne i de 2 dybder i Lillebæk-oplandet at følges ad.

I Lillebæk-oplandet måles de største nitratkoncentrationer i nedslivningsperioden (vinterhalvåret). Maksimum falder på forskellige tidspunkter fra år til år, og der forekommer flere maksima/minima inden for samme år.

Nitratkoncentrationen aftager i Lillebæk-oplandet fra 3 til 5 meter under terræn.

Der er ingen generel udviklingstendens i nitratkoncentrationen i perioden 1989 til 1991 i det øvre grundvand (3 - 5 meter under terræn) i lerjordsoplandet Lillebæk.

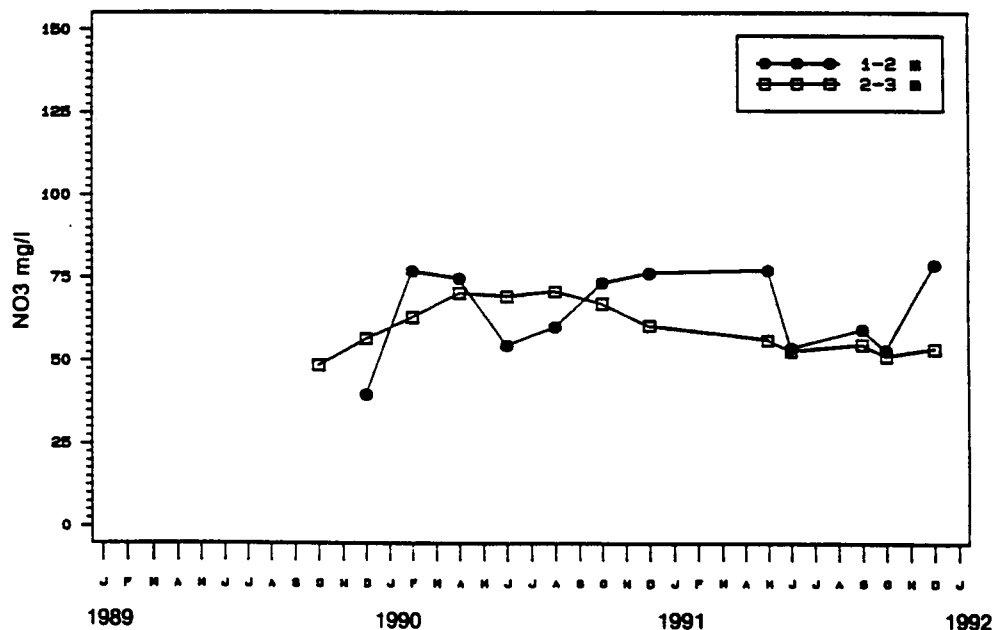
4.2.2 Sandjordsoplandet Barslund Bæk

Figur 4.2 viser den gennemsnitlige variation i nitratkoncentrationen i det øvre filter (1 - 2 m under terræn) og i det nedre filter (2 - 3 m under terræn) i Barslund Bæk-oplandet i perioden efteråret 1989 til 1991.

Årsvariationen i nitrat i Barslund Bæk-oplandet (sandjord) aftager ligesom i Lillebæk-oplandet (lerjord) med dybden.

I Barslund Bæk-oplandet er nitratkoncentrationen i sommerperioden i 1990 og 1991 relativt lav 1 - 2 meter under terræn. Den gennemsnitlige nitratkoncentration 1 - 2 meter under terræn er højere eller i perioder på samme niveau som 2 - 3 meter under terræn.

Der er ingen generel udviklingstendens i nitratkoncentrationen i perioden 1989 til 1991 i det øvre grundvand (1 - 3 meter under terræn) i sandjordsoplandet Barslund Bæk.



Figur 4.2

Årsvariation 1989 - 1991 for nitrat i grundvand i Barslund Bæk-oplandet (sandjord).

4.3 Årsvariation for udvalgte parametre

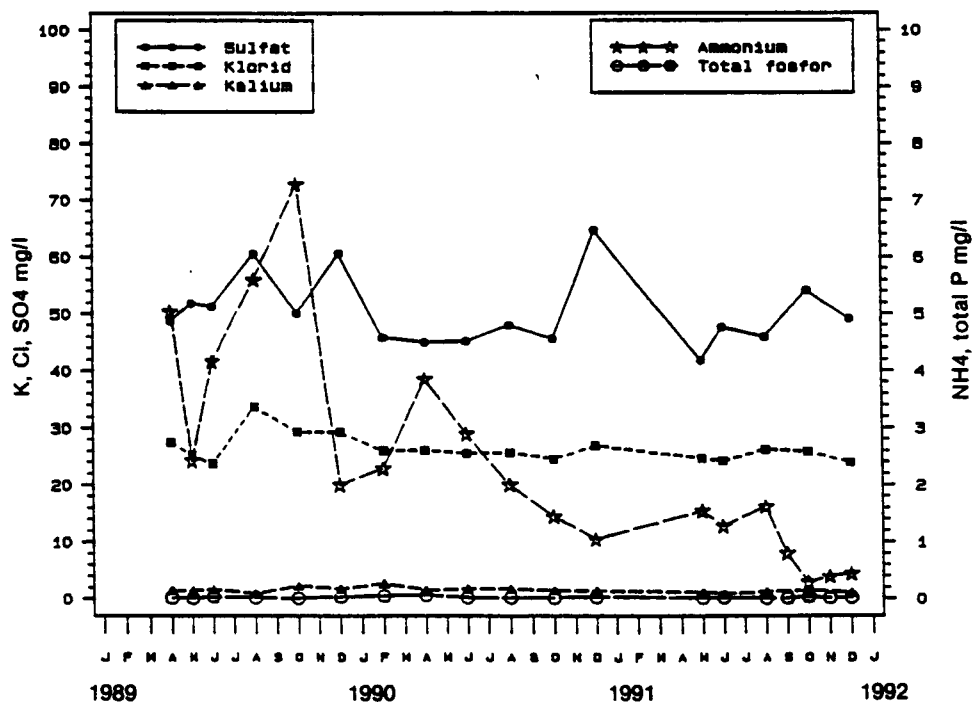
Årsvariationer i grundvandets indhold af fosfor, ammonium, kalium, klorid og sulfat er i det følgende vist som gennemsnitskoncentrationer fra de dybeste filtre. I Lillebæk-oplandet anvendes således analyseresultater fra grundvandsprøver udtaget 5 meter under terræn og i Barslund Bæk-oplandet analyseresultater fra prøver udtaget 2 - 3 meter under terræn (figur 4.3 og 4.4).

Årsvariationen illustreres ved månedsgennemsnit, der er udregnet på grundlag af alle analyser foretaget i den pågældende dybde i den pågældende måned. Dog er et månedsgennemsnit kun medtaget, når der pr. måned er foretaget mindst 3 målinger pr. landovervågningsopland i den pågældende dybde.

Grundvandsprøvetagningen har på grund af tekniske problemer ikke været kontinuert i 1991.

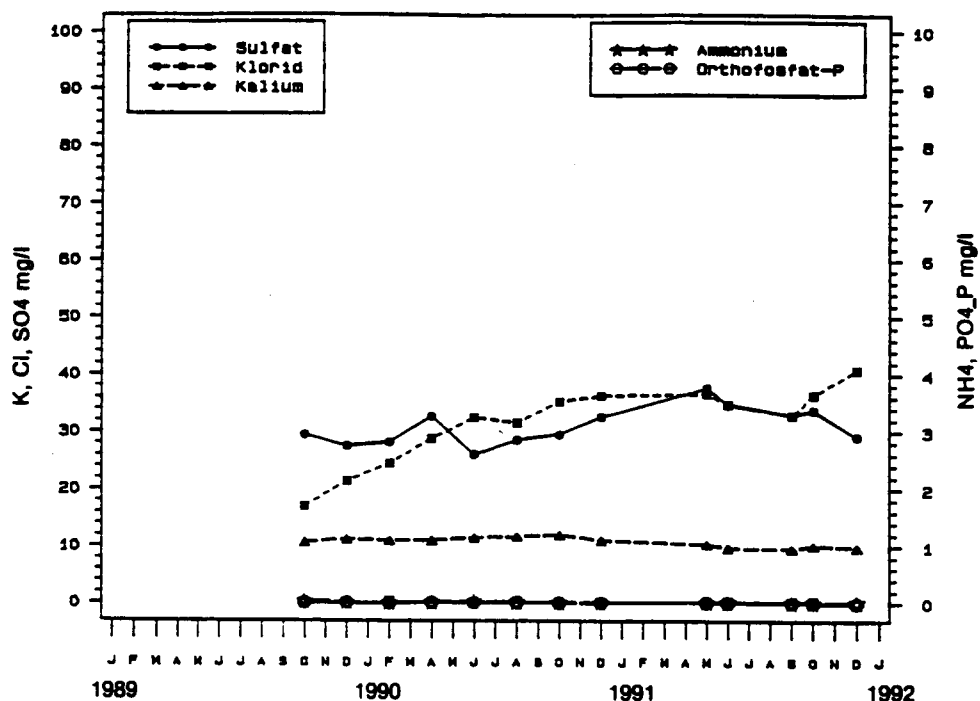
Fosfor

I Lillebæk-oplandet er den gennemsnitlige månedskoncentration af total-fosfor i grundvandet (5 meter under terræn) mindre end 0.1 mg total P/l. I Barslund Bæk-oplandet er det gennemsnitlige ortho-fosfatindhold i grundvandet (2 - 3 meter under terræn) lavt, mindre end 0.1 mg $\text{PO}_4\text{-P/l}$. Årsvariationen er i begge oplande meget lille. Det højst tilladelige total-fosforindhold i drikkevand er 0.15 mg P/l.



Figur 4.3

Årsvariation 1989 - 1991 for total-fosfor, ammonium, kalium, klorid og sulfat i grundvand 5 meter under terræn i Lillebæk-oplandet.



Figur 4.4

Årsvariation 1989 - 1991 for orthofosfat-P, ammonium, kalium, klorid og sulfat i grundvand 2 - 3 meter under terræn i Barslund Bæk-oplandet.

Ammonium

I sandjordsoplandet Barslund Bæk er ammoniumindholdet lavt, mindre end 0.2 mg NH_4 /l, og årsvariationen er ringe. I Lillebæk-oplandet er der årsmaksima på mellem 1.5 og 8 mg NH_4 /l. I Lillebæk-oplandet er ammoniumkoncentrationen i grundvandet faldende. De høje ammoniumkoncentrationer i starten af måleperioden er sandsynligvis en følge af etableringsarbejdet. Det højst tilladelige ammoniumindhold i drikkevand er 0.5 mg NH_4 /l.

Kalium

Årsvariationen i grundvandets kaliumindhold er lille. Det gennemsnitlige kaliumindhold varierer mellem 1 og 4 mg K/l i Lillebæk-oplandet og mellem 5 og 10 mg K/l i Barslund Bæk-oplandet. Det højst tilladelige kaliumindhold i drikkevand er 10 mg K/l.

Klorid

I Lillebæk-oplandet falder kloridindholdet svagt fra ca. 30 mg Cl/l til 25 mg Cl/l i løbet af perioden. I Barslund Bæk-oplandet stiger det gennemsnitlige kloridindhold fra 15 til 40 mg Cl/l gennem måleperioden. Det højst tilladelige kloridindhold i drikkevand er 300 mg Cl/l. Det naturlige nedbør og fordampningsbetingede indhold er 15 - 30 mg Cl/l i grundvand.

Sulfat

Sulfatindholdet i grundvandet ligger mellem 20 og 80 mg SO_4 /l i de 2 oplande, og årsvariationen er 10 - 50 mg SO_4 /l. Koncentrationsniveauet er konstant gennem måleperioden. Det højst tilladelige sulfatindhold i grundvand er 250 mg SO_4 /l.

Ingen udvikling i nitratkoncentration

4.4 Sammenfatning

Der er ingen generel udviklingstendens i nitratkoncentrationen i det øvre grundvand i landovervågningsoplandene Lillebæk og Barslund Bæk i perioden 1989 til 1991.

Det gennemsnitlige nitratindehold i det øvre grundvand udtaget omkring 3 meter under terræn i 1991 i landovervågningsprogrammets 3 lerjordsoplande og 3 sandjordsoplande varierer mellem henholdsvis 13 og 35 mg NO₃/l og 36 og 53 mg NO₃/l.

Det gennemsnitlige fosforindehold i grundvandet (5 meter under terræn i Lillebæk-oplandet og 2 - 3 meter under terræn i Barslund Bæk oplandet) er lavt, mindre end 0.1 mg PO₄-P/l, og årsvariationen er meget lille.

I Barslund Bæk-oplandet er ammoniumindeholdet generelt lavt og årsvariationen er ringe. I Lillebæk-oplandet er der et fald i ammoniumkoncentrationen i grundvandet i måleperioden. De høje koncentrationer i starten af måleperioden er sandsynligvis en følge af etableringsarbejdet.

Kaliumindeholdet er konstant i grundvandet i måleperioden i begge typer oplande.

Kloridindeholdet i grundvandet i Lillebæk-oplandet er ret konstant i måleperioden. I Barslund Bæk-oplandet stiger det gennemsnitlige kloridindehold i grundvandet fra 15 til 40 mg Cl/l.

Sulfatindeholdet i de enkelte oplande varierer indenfor året mellem 10 - 50 mg SO₄/l, men koncentrationsniveauet er konstant i måleperioden.

5

Grundvandets alder.

5.1 Isotopen tritium. Måling af tritium i vand.

3 brint-isotoper

Grundstoffet brint består af 3 isotoper: ^1H (protium, stabil), ^2H (deuterium, stabil) og ^3H (tritium, radioaktiv) i isotopforholdet: 99.2% : 0.8% : 10^{-16} - 10^{-13} %. Tritium henfalder med β^- -udsendelse med halveringstiden: $T_{1/2} = 12.35$ år og omdannes til ^3He (en helium-isotop). Den udsendte β^- -stråling er relativ lavenergetisk ($E_{\text{max}} = 0.018$ MeV) og forekommer iøvrigt i så lave koncentrationer, måske på nær i forbindelse med atomkraftværker, at de helsefysiske konsekvenser er minimale.

Analysemetoder

Strålingens rækkevidde i vand er kun 0.005 mm, hvorfor man må kemisk omdanne vandet til en brintholdig gas (metan, etan, propan eller benzen) som ledes ind i et gasproportionaltællerrør til målingen. Alternativt kan vandprøven blandes med et scintillationsmateriale, og målingen foretages med en væskescintillationstæller. Denne metode benyttes på Forceinstitutterne. En tredje måde at bestemme tritium på, er efter ca. 0.5 års opbevaring af prøven, at måle henfaldsproduktet ^3He med et massespektrometer.

For prøver med lavt tritiumindhold kan en elektrolytisk berigning komme på tale, hvor tritiumindholdet opkoncentreres med en kendt faktor. Herved kommer tritiumaktiviteten ind i et bedre måleområde og der opnås en forøget nøjagtighed på bestemmelsen. Ved tilbageregning kan det oprindelige tritiumindhold bestemmes. I Overvågningsprogrammet måles prøver fra 0-30 m u.t. uden berigning og der opnås en detektionsgrænse på 10 T.U. Dybere prøver måles med elektrolytisk berigning og der opnås en detektionsgrænse på 1 T.U. Denne generelle regel er dog modificeret i de enkelte oplande.

T.U. = Tritium Units

Måleenheden for tritium i vand er T.U. (= Tritium Enheder), hvor 1 T.U. = 0.119 henfald/sekund/liter = 1 stk. ^3H -atom pr. 10^{18} H-atomer.

5.2 Tritiumkilder.

For bedre at forstå tritiums vej til grundvandet og de problemer man er stillet overfor når måleresultatet skal omsættes til en alder, vil en kort indføring i kilderne til tritiumproduktion være på sin plads (hovedsagelig efter Moser, 1981).

Stratosfære-tritium

Den naturlige produktion af tritium foregår i luftlagene over atmosfæren ved indstråling af kosmiske neutroner, fra solen, på kvælstof (^{14}N -isotopen) og kulstof (^{12}C -isotopen). Maksimum for tritiumdannelsen opnås midt i stratosfæren, ca. 25 km over jordoverfladen. Vi vil her benævne denne tritium: *stratosfære-tritium* og dens indhold i vand svarer til ca. 6 T.U. (Roether, 1967) eller ca. 8-10 T.U. (Information fra Forceinstitutterne, 1992). Korrigeret for henfald er målingen ca. 1-1.25 T.U.

Tritium forbinder sig med ilt og danner vand, der udveksles videre via troposfæren til atmosfæren.

Granitogen tritium

En mindre kilde til tritiumproduktion i undergrunden er granit, hvor ${}^6\text{Li}$ (en lithium-isotop) i evt. forekommende lithiumholdige mineraler (for eksempel zirkon) der udsættes for neutronbestråling fra naturligt forekommende uran og thorium, kan danne tritium i mængden: ca. 2.5 T.U. (Andrews et al., 1982). Uden at tage stilling til om der findes sådan *granitogen tritium* på Bornholm eller i Danmark iøvrigt, vil vi ikke her behandle det yderligere eftersom det er så lille en tritiumkoncentration det drejer sig om, sammenlignet med stratosfæretritiummet, den nukleartekniske tritium og bombetritiummet.

Bombe-tritium

I årene 1952/53 startede U.S.A. og Sovjetunionen testforsøg med brintbombsprængninger, hvorved den øvre atmosfære fik tilført betydelige tritiummængder (såkaldt *bombetritium*). Efter en kort tilbagegang i sprængningsforsøgene 1953-1959, opnåedes en maksimal bombetritiumkoncentration i året 1963 i Central-Europa på ca. 4000 T.U. Siden er der igen en tilbagegang i forsøgene og niveauet er faldet til 30-75 T.U. efter 1970. For nedbør i perioden 1970-1992 er tritiumindholdet omtrent konstant. En eventuel genoptagelse af sprængningsforsøgene vil give en fornyet stigning i bombetritiumkoncentrationen.

Fra dette bombetritiumreservoir foregår en årelang udvaskning af bombetritiummet til nedbøren.

Nuklearteknisk tritium

Endelig tilføres atmosfæren i nyere tid tritium ved udslip fra kernekraftværker (*nuklearteknisk tritium*). Lokalt og periodisk kan dette præge atmosfæren betragteligt, men over længere tid er det blot en forholdsvis konstant tilførsel. Desuden recirkuleres en del tritiumholdige vand ved fordampning fra søer og vandløb. Tilsammen giver disse 2 kilder en tritiumkoncentration svarende til ca. 50 T.U. fra året 1970 og til nu.

Vil man forklare tritiums vej til nedbøren og grundvandet, må man tage nedbørens hovedkilde: verdenshavene i betragtning. Verdenshavene kan betragtes som omtrent tritiumfrie. Godtnok tilføres de stadigt tritiumholdigt vand via nedbøren, grundvandstilstrømning og vandløbene, men gennemsnitligt nås der et tritiumniveau i havene på ca. 0 T.U. ved opblandingen, fordi havenes turnover-time (et mål for vandmolekylets gennemsnitlige opholdstid i havet i relation til vandkredsløbet) er af størrelsesordenen 1000 år. Den opstigende vanddamp fra havene er altså omtrent tritiumfri.

5.3 Tritium i nedbøren.

Hovedkilden til den nedbørgivende vanddamp er som ovenfor nævnt verdenshavene, der giver en omtrent tritiumfri damp. Skyerne driver ind over land mens de afgiver deres nedbør. Samtidig foregår en udveksling med det øvre atmosfære reservoir, bombetritiumreservoir, hvorved de får tilført tritiumholdigt vand, der indgår i nedbøren. På grund af denne tilførsel fås en

kontinentaleffekt, at tritiumindholdet i nedbøren stiger med stigende afstand fra kysten. (Eriksson, 1967,).

Geografiske variationer

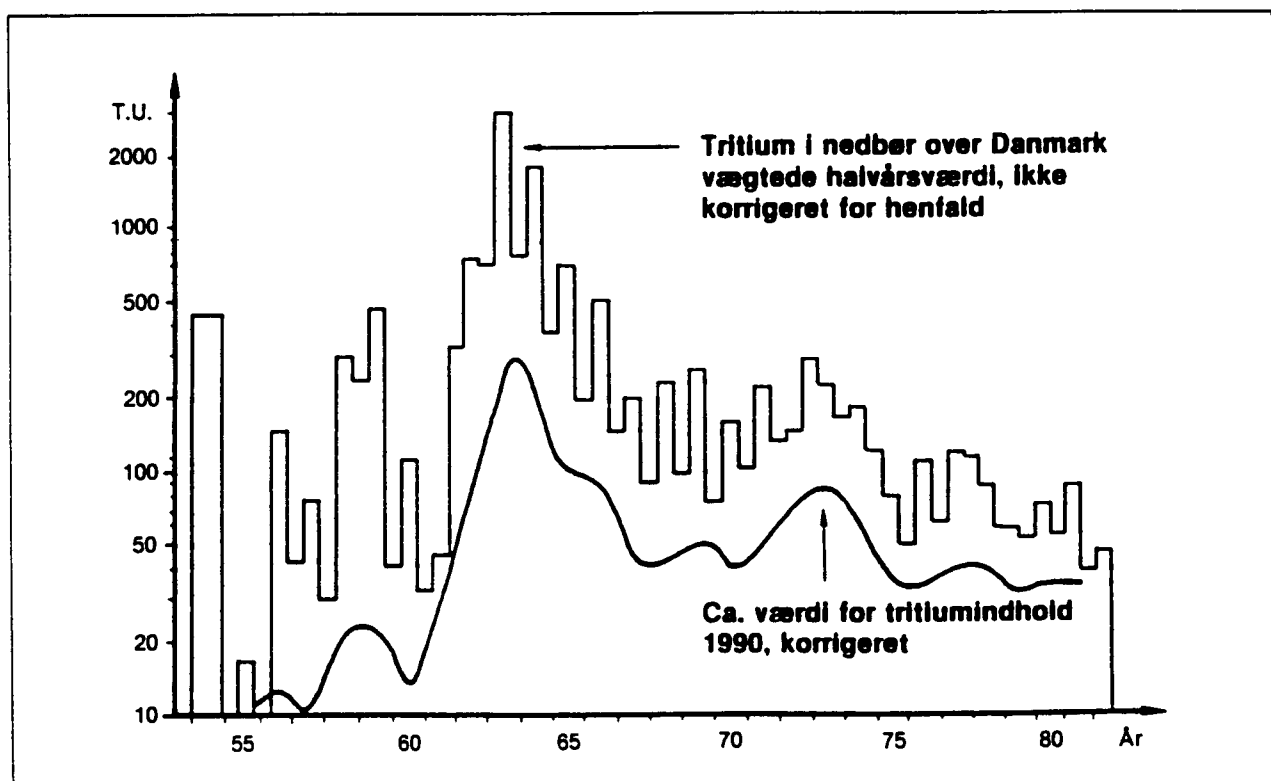
Hvad angår bombetritiumreservoiret udviser dette store geografiske forskelle. Brintbombesprængningerne foregik hovedsageligt i den nordlige hemisfære, luftrummet over den nordlige halvkugle, og på grund af vindsystemernes geografiske lokaliseringer, spredes tritiummet kun i mindre mængde til den sydlige hemisfære. Af IAEAs (Den internationale Atomenergikommission) publicerede verdenskort (Moser, 1981) over tritiumindholdet i nedbøren, ses tydeligt denne effekt som giver minimum over Atlanterhavet sammenlignet med over Centraleuropa.

En modsat rettet og mindre effekt, en kysteffekt, er den tungere vanddamps (^3HOH) større tilbøjelighed til at kondenseres som regn. Herved får den kystnære nedbør større andel af skyernes tritiumholdige vand end den kystfjerne nedbør. Effekten er imidlertid mindre end den ovenfor forklarede kontinentaleffekt.

Ensartet i Danmark

For et lille geografisk område som Danmark er tritiumindholdet i nedbøren imidlertid nogenlunde uafhængig af stedet.

De atmosfæriske udvekslinger er iøvrigt årstidsbestemt, hvorfor der vil være forskel på tritium-indholdet i nedbøren på forskellige årstider. I Vest-Europa har forsommernedbøren maksimum og den tidlige vinter nedbør minimum.



Figur 5.1.

Tritiumindholdet i nedbøren i perioden 1954-1982, hhv. ukorrigeret og korrigeret for henfald. (Information fra Isotopcentralen).

I figur 5.1 er vist tritiumindholdet i nedbøren som funktion af årstallet henholdsvis ukorrigeret og korrigeret for henfald indtil 1990.

Den korrigerede kurve er den kalibreringskurve der benyttes til tritiumdateringen af grundvand. Der savnes imidlertid kalibreringskurver fremstillet på grundlag af målinger i den umættede zone eller i grundvandet. Men da disse vil være præget af lokale blandings- og fraktioneringsprocesser, ville man ikke uden videre kunne anvende en sådan kurve for grundvandsreservoirer på andre geografiske lokaliteter.

5.4 Tritium i Grundvandet.

Tritium som tracer

Ved infiltration i jorden føres nedbøren videre ned til grundvandet. Herved bliver grundvandet mærket med den "ideelle" tracer tritium. At tritium er en ideel tracer betyder, at tritiumholdigt vand nøje følger grundvandsstrømmen. Grundvandsprøver der udtages, må beskyttes imod luftens vanddamp, der kunne ændre tritiumindholdet.

Ved opblanding af nedbør af forskellige aldre kompliceres aldersbestemmelsen af grundvand (Campana, M. E., 1987). Der foregår en stadig tilbageførsel af ældre grundvand til atmosfæren ved fordampning fra jorden, søer og vandløb. Andre processer der kan maskere alderen ved at ændre tritiumindholdet er de fraktioneringsprocesser, der forekommer ved fordampning fra vandpytter og evapotranspiration fra vegetationen (Gat & Tzur, 1966). Gat & Tzur, 1986, omhandler egentlig ^2H , men effekten på ^3H ved fordampningsprocesser kan beregnes til ca. 1.5 gange effekten på ^2H . Ændringerne i tritiumkoncentrationen er af størrelsesordenen 1 % for fordampningsprocesser i Israel. For Danmark vil de formentlig være mindre.

Desuden forekommer der dispersion ved det tritiumholdige vands passage af den umættede zone. Når det tritiumholdige vand når grundvandsmagasinet er der altså sket en vis udjævning af inputkurven fra nedbøren foruden at de forskellige fraktioneringsprocesser har sløret kurveforløbet en del.

Ofte får man dog ved at måle tritiumprofiler, d.v.s. udtagning af prøver med korte intervaller ned igennem en boring, et profil der ligner figur 5.2 med en 1963-maximumtop og en fronttærskel ved ca. 1952. (Andersen & Sevel, 1974, Andersen, 1966, Andersen, Kelstrup & Kristiansen 1980, Sevel, Kelstrup & Binzer 1981).

I overvågningsprogrammet kan man ikke lokalisere 1963-toppen, eller 1963-fronten, med en acceptabel nøjagtighed, på grund af de spredte prøvetagninger. Iblandt samtlige målinger findes der kun meget få værdier over 50 T.U. (ca. 20 målinger). Ifølge kalibreringskurven kan en sådan måling dateres til årsintervallet 1962-74! Istedet for at arbejde med 1963-toppen, kan man afgøre om en vandprøve indeholder bombetritium eller ikke. Det er altså 1952-fronten som overgangen fra <10 T.U. til >10 T.U. man kan

lokalisere. I denne bestemmelse indgår en stor procentdel af overvågningsprogrammets tritiummålinger.

5.5 Tritiummåleprogrammet i grundvandsovervågningen.

500 - 700 analyser

I GRUMO-analyseprogrammet er hidtil gennemført 500-700 tritiummålinger udaf et forventet antal på ca. 1000. Fordelingen af disse på de enkelte overvågningsområder er vist i tabel 5.1. Anvendelsen af tritiumdataene på filterniveau, d.v.s. at man for det enkelte filter afgør om tritiumkoncentrationen indikerer om vandet er ungt (efter 1952) eller gammelt (før 1952) er gennemført i de fleste amtsrapporter. Også en mere samlet vurdering på områdeniveau, hvorvidt et grundvandsmagasin overhovedet indeholder ungt vand i nogle af vandprøverne er ofte gennemført. Man har heraf kunnet drage generelle konklusioner om magasinet er velbeskyttet, d.v.s. at grundvandsstrømmen forsinkes, af overliggende lerlag eller ikke. Et enkelt amt (Vejle Amt, 1991) har for 2 områder (60.12 Trudsbro og 60.14 Ejstrupholm) sammenholdt tritiumfrontens beliggenhed med nitratfronten og har kunnet anskueliggøre forhold vedr. forekommende reduktionsmidler (brunkul) for nitrat og har vurderet hvor stor uskadelligørende og forsinkende effekt disse har haft og vil have på nitratforureningen af reservoiret, altså hvilken beskyttelse brunkullet yder.

I denne rapport er desuden foretaget en vurdering på områdeniveau for samtlige områder, med tilstrækkeligt datagrundlag, ved hjælp af såkaldte bobleplots.

5.6 Bobleplots.

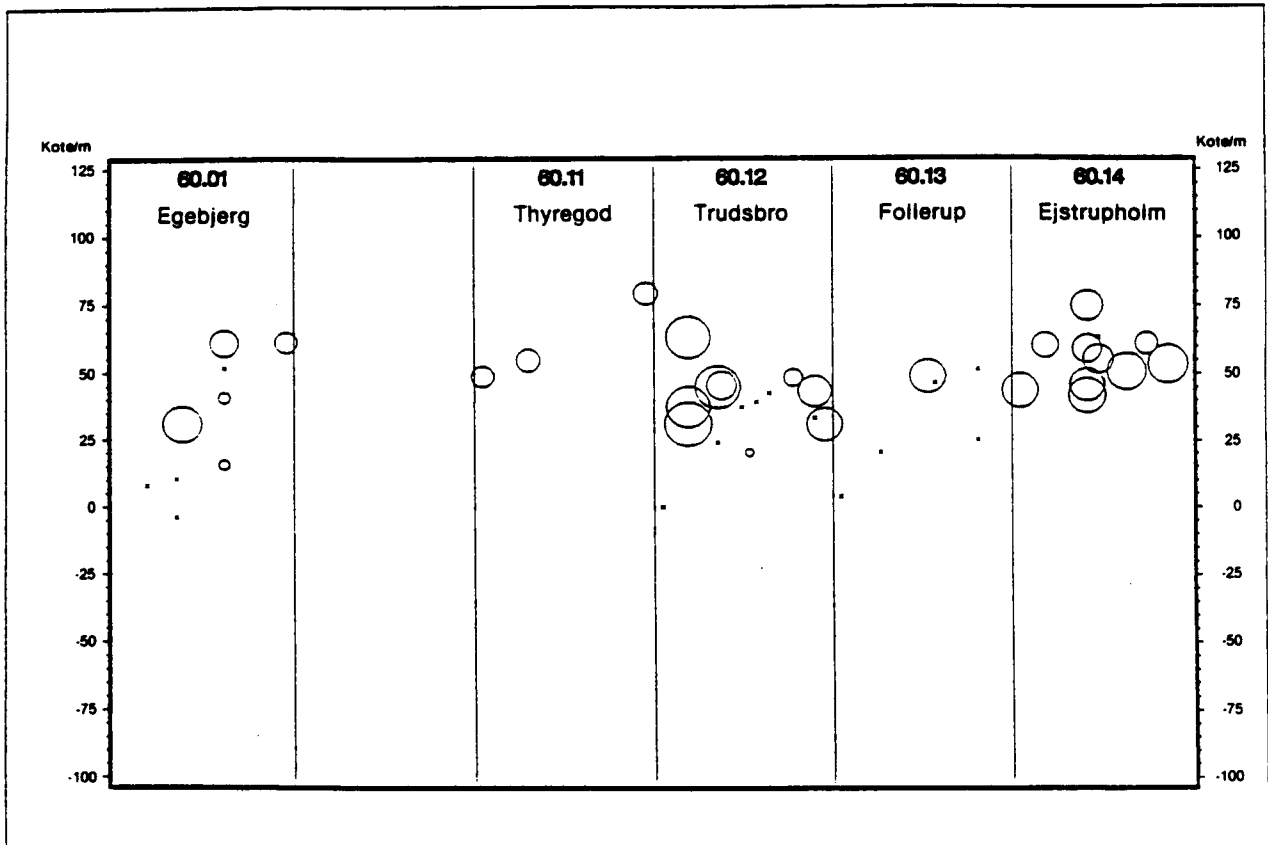
Der er udført bobleplots, der anskueliggør den rumlige forekomst af tritiumkoncentrationer i et overvågningsområde ved hjælp af et 2-dimensionalt plot.

Tritium-plot

Se eksempel for Vejle Amt i figur 5.2. De 5 overvågningsområder: 60.01 Egebjerg, 60.11 Thyregod, 60.12 Trudsbro, 60.13 Follerup og 60.14 Ejstrupholm er vist i profil. For hvert enkelt område er længdeaksen den normerede afstand fra områdets indvindingsboring til den fjerneste boring fra indvindingsboringen. Hvor der findes flere indvindingsboringer, er valgt én af dem. Denne afstand er normeret til 100%. For de mellemliggende boringer er beregnet den relative afstand fra indvindingsboringen. Koten angiver toppen af det filter hvor analysen stammer fra. Hver strimmel er således en normeret projektion af tritiumkoncentrationerne. Projektionens udførelse er vist i figur 5.3.

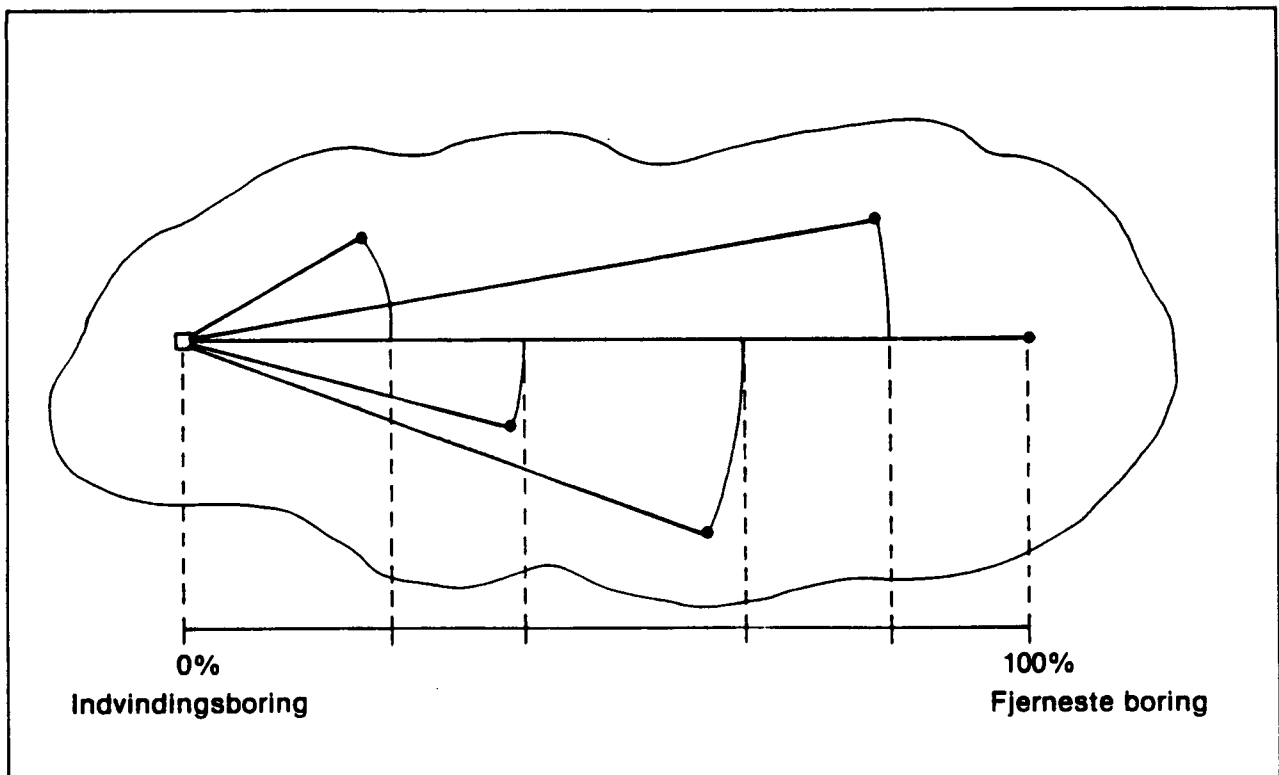
Litologi-plot

Tilsvarende er udført et litologiplot med samme projektion. Se figur 5.4. Der er benyttet symboler for ca. 10 litologiklasser for at forenkle plottets udseende. Ved overførsel af dette plot til transparent kan kemien og litologien sammenholdes og bombetritiumfronten bestemmes i m u.t. og med hensyn til litologi.



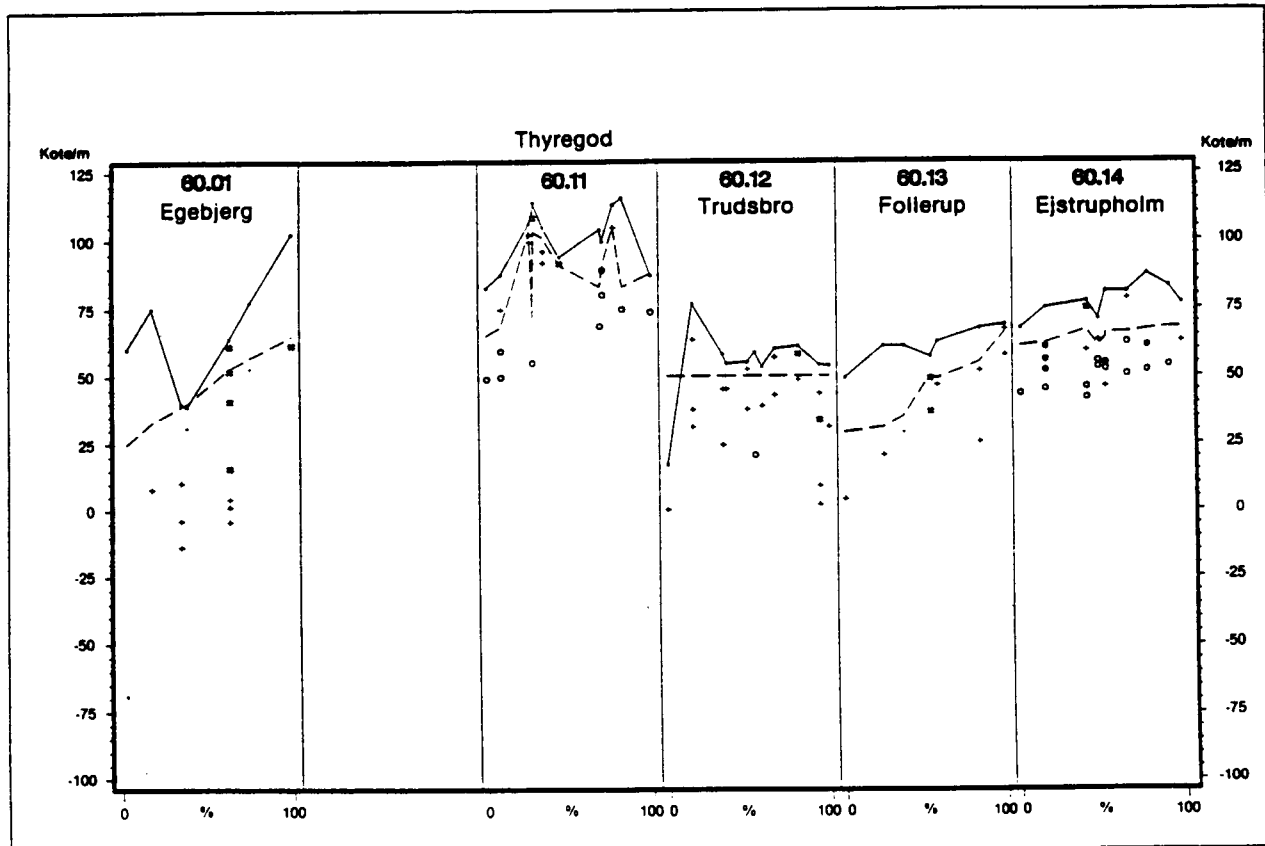
Figur 5.2

Eksempel på bobleplot for tritium i grundvandet.
 Koncentrationssymboler: kryds=<10 el. <1 T.U., cirkler=ca.10-90
 T.U. (arealproportional skala).



Figur 5.3

Projektionsmetode, der ligger til grund for bobleplottene.
 Generelt eksempel.



Figur 5.4

Eksempel på litologiplot. Prik = ukendt, plus = smeltevandssand (DS), gate = moræneler (ML), cirkel = kvartssand (KS).

Den detaljerede litologi og afgrænsningen af primært og sekundært reservoir, er fra sidste års DGU-rapport. (Nygaard, 1991).

Positionen af 1952-fronten for profilerne findes anført i tabel 5.1.

5.7 Diskussion.

Vurderingen af tritiumkoncentrationerne på filterniveau er gennemført af de fleste amter i deres rapportering. Heraf er draget konklusioner om hvorvidt et grundvandsmagasin indeholder ungt eller gammelt vand og om det synes beskyttet af lerlag eller reduktionsmidler overfor overfladeforureningerne nitrat og andre stoffer. I nærværende rapport er på filterniveau sammenholdt tritiumanalyser med pesticidanalyser til at afgøre om vandet er ældre eller yngre end 1952 (se kapitel 7). Desuden er tritiumanalyserne brugt i forbindelse med kloridundersøgelsen til datering og heraf afledte aspekter (se afsnit 3.3).

På områdeniveau er fremtrængningen af 1952-fronten blevet bestemt ud fra tilgængelige data og sat i relation til litologi og grundvandsmagasiner. Herved har man fået et overslag over om bombtritium har nået det enkelte reservoir og til hvilken dybde (se tabel 5.1) For enkelte områder mangler data til at kunne foretage denne bestemmelse. I flere tilfælde kan ses en strømningsbetinget beskyttelse af magasinet på grund af lerlag.

Modelkørsler

En naturlig udvidelse af strømningsundersøgelsen, kunne være modelkørsler. I litteraturen har man mest brugt tritiumanalyser i

form af målte tritiumprofiler i den umættede zone til bestemmelse af dispersionsparametre og grundvandsdannelsehastigheder (Engesgaard & Jensen, 1990).

GRUMO	Antal filtre med tritium-målinger	Fremtrængning af bombetritiumfronten, jævnfør bobleplots Usikkerhed: ca. 2.5 m.
15.11 Søndersø	18	ca. 40-50 m u.t. i den opstrøms halvdel af området; <20-40 m u.t. i den nedstrøms halvdel; det sekundære reservoir, de sandede aflejringer (DS/DS), næsten gennemtrængt opstrøms; det primære reservoir, kalkstenen (KK), synes ikke berørt
15.12 Ishøj	13	>10-45 m u.t.; leret (ML) synes helt gennemtrængt; ca. 10-20 m nede i den nedstrøms halvdel af det primære reservoir, skrivekridtet (SK)
15.13 Gladsaxe	15	ca. 30-35 m u.t.; det sekundære reservoir, sandet (DS/DG), er næsten helt gennemtrængt i den opstrøms halvdel; det primære reservoir, kalkstenen (KK), synes endnu ikke berørt
20.11 Skuldelev	12	>20-30 m u.t.; leret (ML) synes ikke gennemtrængt overalt; reservoiret består af et overliggende sandlag (DS), der synes næsten helt gennemtrængt, en underliggende kalkholdig aflejrings (PK) og kalksten (KK), der muligvis kun er berørt nedstrøms til ca. 10 m's dybde
20.12 Asserbo	7	>20 m u.t.; reservoiret består af sand (DS/DG), der synes gennemtrængt >20 m; det underliggende ler (ML) vides ikke at være berørt
20.13 Attemose	12	ca. 20->30 m u.t.; reservoiret består af et overliggende sandlag (DS), der er gennemtrængt ca. 20-30 m, og en underliggende kalksten (KK), der ikke vides at være berørt, men kan være det nedstrøms
25.01 Torkildstrup	13	ca. 35 m u.t.; det sekundære reservoir, Torkilstrupformationen (DS), synes næsten helt gennemtrængt; det nedre reservoir, grønsands- og danienskalken, vides ikke at være berørt
25.02 Brokilde	10	>30-35 m u.t.; det sekundære reservoir, sandet (DS), en del af gruset (DG) og det overliggende ler (ML) synes næsten helt gennemtrængt; det primære reservoir, kalken (ZK) og en del af gruset (DG) vides at være gennemtrængt ca. 5 m nedstrøms
25.11 Asemose	13	ca. 20-30 m u.t.; det sekundære reservoir, sand (MS,DS), grus (DG) og ler (ML,DL), er gennemtrængt flere steder; det primære reservoir, kalken (BK/KK), er gennemtrængt >5 m flere steder
25.12 Osted	14	ca. 10-20 m u.t.; det sekundære reservoir, sand (DS,PS), grus (DG) og ler (ML,PL), er gennemtrængt ca. 10-20 m; det primære reservoir, kalkstenen (PK), synes ikke berørt

30.01 Holbæk	8	ca. 0-10 m u.t.; det sekundære reservoir, sand, grus, og ler (ML) er gennemtrængt 0-10 m; det primære reservoir af sand (DS) synes ikke at være berørt
30.11 Munke Bjergby	9	>40-50 m u.t.; det sekundære reservoir, sand (DS), kan være helt gennemtrængt; det primære reservoir, sand (DS), vides at være delvis berørt nedstrøms ca. 5 m
30.12 Store Fuglede	9	ca. 10-15 m u.t.; det sekundære reservoir, Bjerge (DS,MS), er gennemtrængt ca. 10 m; det primære reservoir, Fuglede (DS/DG), synes ikke at være berørt
30.13 Nykøbing Sj.	9	ca. 20-40 m u.t.; det sekundære reservoir, sand og grus, synes helt gennemtrængt; det primære reservoir, kalkstenen, er berørt flere steder
30.14 Eggeslevmagle	11	>0-35 m u.t.; det sekundære reservoir, sand (DS), vides at være helt gennemtrængt nedstrøms; det primære reservoir, Eggeslevmagle (DS/DG), vides at være næsten helt gennemtrængt nedstrøms, men opstrøms synes det ikke berørt
40.01 Smålyng	11	>20-30 m u.t.; det sekundære reservoir, de "Grønne Skifre (KJ), vides at være gennemtrængt >20-30 m; det primære reservoir, Balka Sandstenen (KQ), vides at være gennemtrængt >20-30 m
42.01 Nyborg	13	20-50 m u.t.; det sekundære reservoir, sand (DS), er omtrent helt gennemtrængt, på nær måske nogle dele beskyttet af ler (ML); det primære reservoir, kalken (BK), vides at være gennemtrængt 10-20 m nedstrøms
42.02 Borreby	9	30-60 m u.t.; hovedreservoiret, sand (DS), er gennemtrængt 10-40 m flere steder. Enkelte dele er måske ikke gennemtrængt, på grund af beskyttendet, overliggende ler (ML); kalkreservoiret (BK), vides ikke at være berørt
42.11 Svendborg	14	ca. 40 m u.t.; de sekundære reservoirer, sand (DS), synes helt gennemtrængte; det primære reservoir, sand (DS), synes gennemtrængt >25 m
42.12 Nørre Søby	14	40-50 m u.t.; det sekundære reservoir, sand (DS/DG), synes helt gennemtrængt; det primære reservoir, sand (DS), er gennemtrængt ca. 15 m
42.13 Harndrup	9	<30-40 m u.t.; det sekundære reservoir, sand (DS), vides at være delvist gennemtrængt nedstrøms; det primære reservoir, sand (DS), synes ikke berørt
42.14 Jullerup	9	30-40 m u.t.; det sekundære reservoir, sand (DS), synes helt gennemtrængt; det primære reservoir, sand (DS), synes gennemtrængt 5-10 m nedstrøms. Opstrøms vides det ikke at være berørt.
50.01 Abild	12	>30-35 m u.t.; det øvre reservoir, sand (DS), synes gennemtrængt 10-15 m; kvartssandet (KS) er gennemtrængt ca. 15 m opstrøms

50.02 Mjang	9	40-50 m u.t.; det sekundære reservoir, sand (DS) og grus (DG), er formentlig helt gennemtrængt; det primære reservoir, Mjang Dam (DS), synes gennemtrængt 5-10 m
50.11 Bedsted	21	30-50 m u.t.; det sekundære reservoir, sand (DS/DG), synes helt gennemtrængt; det primære reservoir, sand (DS), er gennemtrængt ca. 20 m, tilsyneladende på nær centraldelen, hvor lerdækket (ML) stadig yder beskyttelse
50.12 Rødding	6	>40-50 m u.t.; det sekundære reservoir, sand (DS), er gennemtrængt >40-50 m
50.13 Christiansfeld	10	>10-40 m u.t.; det sekundære reservoir, sand (DS), synes gennemtrængt 10-40 m; det primære reservoir, sand (DS), vides ikke at være berørt og er beskyttet af lerdække (ML)
55.11 Bramming	5	10-100 m u.t.; det sekundære reservoir, sand (DS), er formentlig helt gennemtrængt; det primære reservoir, sand (DS), synes gennemtrængt >60 m ved indvindingsboringen
55.12 Ølgod	3	ca. 50-80 m u.t.; det øvre reservoir, sand (DS), synes at være næsten helt gennemtrængt. Måske på nær dele der er beskyttet af ler og silt (DL,DI); det nedre reservoir, sand (GS), vides ikke at være berørt
55.13 Forumlund	10	30-55 m u.t.; reservoir, sand (DS), synes gennemtrængt 20-60 m
60.01 Egebjerg	9	10-45 m u.t.; det øverste reservoir, sand (DS), kan være helt gennemtrængt; det midterste reservoir, sand (DS), er gennemtrængt <10 m; det nederste reservoir, sand (DS), er næppe berørt
60.11 Thyregod	4	>10-40 m u.t.; det sekundære reservoir, sand (DS), er måske helt gennemtrængt. Der kan være dele der ikke er berørt, på grund af beskyttende lerdæklag (ML); det primære reservoir, sand (KS), er berørt >15 m nedstrøms
60.12 Trudsbro	15	20-35 m u.t.; de sekundære reservoirer, sand (DS), er delvist gennemtrængte; det primære reservoir, sand (DS,KS), er gennemtrængt 20-30 m. Der findes indlejrede lerbommer (DL,DI,ML), der ikke er helt gennemtrængte
60.13 Follerup	7	ca. 10 m u.t.; de sekundære reservoirer, sand (DS), vides ikke at være berørt; ej heller det primære reservoir, sand (DS), der er beskyttet af et tykt lerdække (ML)
60.14 Ejstrupholm	17	>25-35 m u.t.; det sekundære reservoir, sand (DS), synes helt gennemtrængt; det primære reservoir, sand (KS), er gennemtrængt >5 m
70.01 Kastbjerg	5	~15-30 m u.t.; om de sekundære reservoirer, sand (DS) og grus, vides intet; hovedreservoir, kalk (DK), er gennemtrængt >5 m nedstrøms
70.02 Kasted	6	10->30 m u.t.; det øvre og mellemste reservoir, sand (DS), er gennemtrængt >5 m; det nedre reservoir, sand (DS), synes helt gennemtrængt nedstrøms

70.11 Nordsamsø	26	>10-30 m u.t.; det øvre reservoir, sand (DS) og grus, er gennemtrængt >10-30 m
70.12 Fillerup	16	>30-50 m u.t.; om de sekundære reservoirer, sand (DS) og grus, vides ikke om de er helt gennemtrængte; det primære reservoir, sand (KS) og grus, er delvist, måske helt gennemtrængt
70.13 Hvinningdal	12	>15-55 m u.t.; de sekundære reservoirer, sand (DS), kan være helt gennemtrængte; det primære reservoir, kalk (DK), er gennemtrængt >10-30 m
70.14 Homå	20	
76.11 Viborg	11	>15-80 m u.t.; det øvre reservoir, sand (DS), kan være helt gennemtrængt; det nedre reservoir, sand (DS), er gennemtrængt >40 m nedstrøms
76.12 Skive	16	>40-80 m u.t.; hovedreservoiret, sand (DS), er gennemtrængt >40 m
76.13 Nykøbing Mors	13	>30 m u.t.; hovedreservoiret, sand (DS) og kalksten (SK), er gennemtrængt >20 m
76.14 Thisted	14	>20-35 m u.t.; reservoir, kalksten (SK), er gennemtrængt >20-35 m
80.01 Tornby	10	>15-40 m u.t.; de øvre reservoirer, sand (YS), synes helt gennemtrængte; hovedreservoiret, sand (QS), er gennemtrængt >5-10 m
80.02 Råkilde	8	>10-35 m u.t.; de øvre reservoirer, sand (DS), er helt gennemtrængte nedstrøms; hovedreservoiret, skivekridt (SK), er gennemtrængt >35 m nedstrøms
80.11 Drastrup	17	>10-60 m u.t.; reservoir, sand (DS) og skivekridt (SK), er gennemtrængt >10-60 m
80.12 Skerping	14	>15-80 m u.t.; det øvre reservoir, sand (DS), er formentlig helt gennemtrængt; hovedreservoiret, skivekridt (SK), er gennemtrængt >15-60 m nedstrøms
80.13 Albæk	13	>10-40 m u.t.; hovedreservoiret, sand (DS), er gennemtrængt >30-40 m nedstrøms
80.14 Gislum	10	>10-40 m u.t.; det øvre reservoir, sand (DS), er gennemtrængt >10 m; det mellemste og nedre reservoir, begge sand (DS), kan være berørt

Tabel 5.1

Fremtrængning af tritiumfronten i grundvandsovervågningsområderne.

6

Uorganiske sporstoffer.

14 sporstoffer

Over en 3-årig periode fra 1989 til 1991 er de uorganiske sporstoffer cyanid, kviksølv, bly, cadmium, nikkel, kobber, krom, zink, molybdæn, arsen, bor, strontium, barium og litium målt én gang i hvert filter.

Nærværende afsnit om de uorganiske sporstoffer bygger på de EDB-indberettede sporstofdata fra 1989 og 1990 samt i orienterende omfang data fra 1991. Endvidere indgår amternes rapporter for 1991. Den for EDB-behandling til rådighed værende data-mængde fordelt på sporstoffer og overvågningsområder fremgår af tabel 6.1. Det skal iøvrigt bemærkes, at det for et stort antal analyser har været nødvendigt at foretage et skøn, idet størrelsen af de indberettede analyseværdier i mange tilfælde forekommer usandsynlige. Hvor analyseværdien for eksempel indberettes i ng/l mens den tilhørende enhed angives som $\mu\text{g/l}$ bliver resultatet, at indholdet i prøven overvurderes med en faktor 1.000.

600 - 700 analyser

Der foreligger på nuværende tidspunkt efter afslutningen af den første 3-årige måleperiode analyser for uorganiske sporstoffer fra skønsmæssigt 60 - 70% af det samlede antal filtre (tabel 6.2). I rapporten indgår de analyseresultater, der entydigt har kunnet henføres til boring og prøvetagningsdybde.

6.1 Databehandling og -vurdering

Det landsdækkende datasæt er undersøgt statistisk for fordelingsmønstre. Der synes ikke i det samlede datasæt at være entydige regionalt betingede eller dybdebetingede sammenhænge.

Ingen tydelige sammenhænge

Opdeles de enkelte uorganiske sporstoffer efter reservoirbjergarter viser der sig en vis differentiering i indholds niveauer, uden at denne dog kan betegnes som entydig. Mest overraskende viser korrelationsanalyser ingen entydige sammenhænge mellem de uorganiske sporstoffer (heller ikke tungmetallerne indbyrdes) eller med indholdet af hovedkomponenter. Især er den manglende sammenhæng mellem tungmetaller og jern og mangan overraskende. En mulig forklaring på de manglende sammenhænge kan være, at de forskellige styrende parametre, så som grundvandets geokemiske betingelser (især pH og Eh), reservoirbjergartens baggrundsindhold og reaktionsvillighed, afsmitning fra andre typer aflejringer, som vandet har passeret igennem, samt eventuel manglende kemisk ligevægt i reservoiret afhængig af vandets opholdstid heri, virker med forskellig vægt i forskellige overvågningsområder. Også det infiltrerende vands oprindelige sammensætning må formodes at være af betydning. Dets sammensætning afhænger bl.a. af arealanvendelsen (landbrug, skov, bymæssig bebyggelse) og tilskud fra udsivninger fra lossepladser eller nuværende og forhenværende industri.

GRUMO område	CN	Hg	Pb	Cd	As	Ni	Zn	Cu	Cr	Mo	B	Sr	Ba	Li
13.11	13	0	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
15.11	18	20	18	18	18	18	18	19	18	18	18	18	18	18
15.12	10	10	11	10	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
15.13	9	16	10	9	14	14	13	14	14	14	14	14	14	14
20.01*	16	12	13	17	19	19	9	17	19	19	19	19	19	19
20.11*	15	11	31	24	25	9	22	22	29	25	25	25	25	25
20.12*	10	10	16	10	18	0	10	10	18	18	18	18	18	18
20.13*	12	10	30	16	27	0	21	13	29	29	27	29	29	29
20.14*	15	9	29	5	32	0	19	27	34	32	32	36	32	32
25.01	8	5	8	10	10	2	9	10	8	10	11	11	11	10
25.02	9	5	9	10	10	3	9	10	8	10	10	10	10	10
25.11	12	5	12	13	13	3	12	13	10	13	13	13	13	13
25.12	13	5	13	14	14	5	13	14	9	14	14	14	14	14
30.01	9	5	9	9	12	9	9	9	12	12	12	12	12	12
30.11	15	5	15	15	16	12	15	15	16	16	16	16	16	16
30.12	9	4	9	9	8	9	9	9	8	8	10	10	10	8
30.13	12	4	12	12	12	11	12	12	12	12	196*	12	12	12
30.14	11	5	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
35.01	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
35.02	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
35.11	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
35.12	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
35.13	20	17	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
40.01	7	0	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
42.01	7	9	7	7	7	5	7	7	7	7	7	7	7	7
42.02	7	4	7	7	7	2	7	7	7	7	7	7	7	7
42.11	12	12	11	11	11	5	11	11	11	11	11	11	11	11
42.12	13	12	12	12	12	7	12	12	11	12	12	12	12	12
42.13	16	9	14	14	14	7	14	14	14	14	15	14	14	14
42.14	7	6	6	6	6	4	6	6	6	6	7	6	6	6
50.01	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
50.02	4	6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
50.11	21	7	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
50.12	7	4	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
50.13	14	6	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
55.01	1	0	1	1	1	6	1	1	-	1	1	1	1	1
55.11	3	5	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	3
55.12	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	3	3	3
55.13	4	5	4	4	4	4	4	4	3	4	1	4	4	4
55.14	15	3	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
60.01	5	**	5	5	8	5	5	5	-	8	8	8	0	8
60.11	10	2	5	10	12	6	10	10	2	7	12	12	12	2
60.12	6	6	0	6	10	6	6	6	-	10	10	10	8	2
60.13	8	6	4	8	10	4	8	8	-	10	10	10	10	5
60.14	6	6	6	6	7	4	6	6	4	5	7	7	5	5
65.01	2	**	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
65.11	4	**	13	13	13	13	13	13	11	13	13	13	13	13
65.12	2	**	8	8	8	8	8	8	7	8	8	8	8	8
65.13	2	**	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
65.14	6	**	14	14	14	14	14	14	11	14	14	14	14	14

Tabel 6.1

Antal analyser pr. grundstof og overvågningsområde. Fortsættes.

GRUMO område	CN	Hg	Pb	Cd	As	Ni	Zn	Cu	Cr	Mo	B	Sr	Ba	Li
70.01	6	1	6	6	6	27	6	6	5	6	6	6	6	6
70.12	8	6	8	8	8	32	8	8	6	8	8	8	8	8
70.11	17	5	12	20	20	98	12	20	11	20	20	20	20	20
70.12	18	5	9	10	16	62	9	9	5	16	16	16	16	16
70.13	21	11	11	12	22	112	11	12	10	22	22	22	22	22
70.14	0	0	0	0	11	50	0	11	-	11	11	11	11	0
76.01	0	**	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0
76.11	13	**	13	13	13	13	13	13	11	13	13	13	13	13
76.12	14	**	14	14	14	14	14	14	7	14	14	14	14	14
76.13	14	**	14	14	14	14	14	14	11	14	14	14	14	14
76.14	9	**	9	9	9	9	9	9	6	9	9	9	9	9
80.01	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
80.02	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
80.11	20	8	20	20	21	20	20	21	21	21	21	21	21	21
80.12	10	5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	10	10
80.13	11	5	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
80.14	9	4	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

* Repeterede records i indberetningen, ikke korrigeret.

** Ingen tilgængelige oplysninger.

CN: Cyanid
Hg: Kviksølv
Pb: Bly
Cd: Cadmium
Ni: Nikkel

Zn: Zink
Cu: Kobber
Cr: Krom
As: Arsen
Mo: Molybdæn

B: Bor
Sr: Strontium
Ba: Barium
Li: Lithium

Tabel 6.1

Antal analyser pr. grundstof og overvågningsområde. Fortsat.

Kontaminering af vandprøver

Endelig synes der i enkelte tilfælde, at være en mulighed for kontaminering af vandprøverne, dels fra etableringen af overvågningsboringerne (boremudder), dels fra de i boringen anvendte materialer, ligesom typen af den anvendte pumpe synes at kunne have en indflydelse (slammede prøver). Indvirkning fra opslemmet materiale i vandprøverne burde dog være elimineret ved filtrering af vandprøverne i felten eller i laboratoriet. Desværre synes indberetningerne ikke at være præcise med hensyn til angivelse af, hvorvidt eller hvornår en given vandprøve er filtreret. Det står endnu uklart for hvilke uorganiske sporstoffer denne forskel er af afgørende betydning. Det står dog fast, at kromværdien og især aluminiumværdien fra ufiltrerede prøver kan være misvisende (Jørgensen, 1992). Af samme grund er aluminium udeladt af rapporten. Detaljerede undersøgelser af sammenhængen mellem Aluminium og grundvandets surhedsgrad er udført af Ribe Amt (1992). Endelig angiver et enkelt amt, at udtag af vandprøver fra råvandshaner på eksisterende vandindvindingsanlæg kan være en kilde til kontaminering.

Usikkerhed

Det til rådighed værende datasæt er således behæftet med en række usikkerheder, såvel med hensyn til naturligt styrende parametre som med hensyn til datakvalitet.

Pyrit-oxidation

En række amter henviser forhøjede tungmetalindhold til at være en følge af pyrit-oxidation. Henvisningen er dog gennemgående af tematisk - kvalitativ karakter, idet der ikke angives omfanget af den stedfundne grundvandssænkning, subsidiært sænkningen af redox-fronten, ligesom der ikke angives, hvor store mængder pyrit, der er til rådighed for oxidation eller hvor store mængder associerede tungmetaller denne pyrit indeholder. Pyrit kan indeholde betydelige mængder af nikkel, kobber, bly, arsen og zink, men gør det ikke nødvendigvis.

Det må således vurderes, at en datadækning på kun 1 analyseværdi pr. filter ikke er tilstrækkeligt til at opstille detaljerede forklaringsmodeller for de uorganiske sporstoffers fordeling på landsplan.

3 stof-grupper

I det følgende er de uorganiske sporstoffer delt op i tre grupper og de overordnede træk i disse gruppers indhold og fordeling af uorganiske sporstoffer på landsplan vil blive forsøgt belyst i det omfang datamaterialet tillader det. For en lang række sporstoffer må det anses for sandsynligt, at de målte indhold, ud over den naturligt forekommende baggrundsværdi, også rummer bidrag fra menneskelig aktivitet. Prøver med indhold af cyanid og kviksølv, der ikke forekommer naturligt i danske aflejringer, kan således også formodes at have et vist indhold af andre sporstoffer, afhængig af kilden til den konstaterede cyanid- og kviksølvforurening.

I langt de fleste tilfælde er indholdet af uorganiske sporstoffer lavere end den højst tilladte værdi i kvalitetskravene til drikkevand, dog med en del overskridelser for nikkel og zinks vedkommende. Det gælder dog for en del af de uorganiske sporstoffer, at de højst målte værdier ligger umiddelbart under grænsen for det tilladte indhold i drikkevand. (tabel 6.2).

µg/l Sporstof	Analyser	Fund	Detektionsgrænse	Drikkevandskrav		Grundvandsanalyser			Antal analyser over max tilladt indhold
				Vejl. *	Højst	Max.	Gnst af fund	Min.	
CN	643	37	2-5	u.d	50	31	9,46	2,2	0
Hg	364	70	0,003	u.d	1	0,11	0,01	0,003	0
Pb	685	257	0,1-0,3	u.d	50	35	1,35	0,1	0
Cd	664	198	0,001-0,005	u.d	5	1,5	0,11	0,007	0
As	765	549	0,05-0,8	u.d	50	33	2,41	0,08	0
Ni	884	595		-	20	106	3,75	0,05	23
Zn	631	424	0,5-2,0	-	100	580	17,7	0,5	17
Cu	666	372	0,08-0,7	-	100	49	1,45	0,08	0
Cr	579	311	0,03-0,3	u.d	50	7,6	0,44	0,03	0
Mo	724	479	0,15-0,6	-	-	17	1,70	0,19	-
B	911	794	10-20	-	1000	938	79	10,0	0
Ba	722	675	-	100	-	770	91	2,0	-
Sr	737	526	-	-	-	29630	822	1,14	-
Li	695	457	0,9-4,0	-	-	45	7,5	1,0	-

* u.d. = under detektionsgrænsen

Tabel 6.2

Indhold af uorganiske sporstoffer i grundvand, fra filtre med kendt dybde, sammenholdt med krav til drikkevandskvalitet.

På denne baggrund er opmærksomheden i det følgende rettet mod de særligt høje analyseværdier. Aktualiteten af en sådan skærpet opmærksomhed understreges af, at det på nuværende tidspunkt ikke kan udelukkes, at en af årsagerne til de ikke fundne korrelationsmæssige sammenhænge mellem tungmetallerne indbyrdes og tungmetallerne og jern og mangan, kan være, at grundvandet ikke er i kemisk ligevægt med reservoirbjergarten og at grundvandets indhold af sporstoffer i høj grad bestemmes af indholdet i det tilførte vand samt dets migrationshastighed, og således er knyttet til det enkelte reservoirs sårbarhed og grundvandets alder.

*Forventelige
analyseværdier*

*Forhøjede
analyseværdier*

I de følgende afsnit, der handler om fordelingen af de "positive" analyseresultater (fund) af de enkelte uorganiske sporstoffer, er det på baggrund af det på EDB-læsbar form foreliggende datamateriale, forsøgt at opdele analyseresultaterne i to kategorier ud fra deres størrelsesmæssige spredning. Den ene kategori, som omfatter hovedparten af de positive analyseresultater, nemlig de lave og moderat høje værdier, betegnes som *forventelige*. Ordet "forventelig" er brugt i ordets statistiske betydning (engelsk: expected value). Den anden kategori af analyseresultater, nemlig de høje og meget høje betegnes som *forhøjede*, i dette ords statistiske betydning. Skillelinjen mellem de to kategorier varierer fra sporstof til sporstof, men ligger typisk i percentil-intervallet fra 90 % til 97 % af de målte koncentrationer. 90 % percentil-værdien angiver med den anvendte udregningsmetode, at sandsynligheden for at et givent analyse-resultat er mindre end percentil-værdien er 90 %.

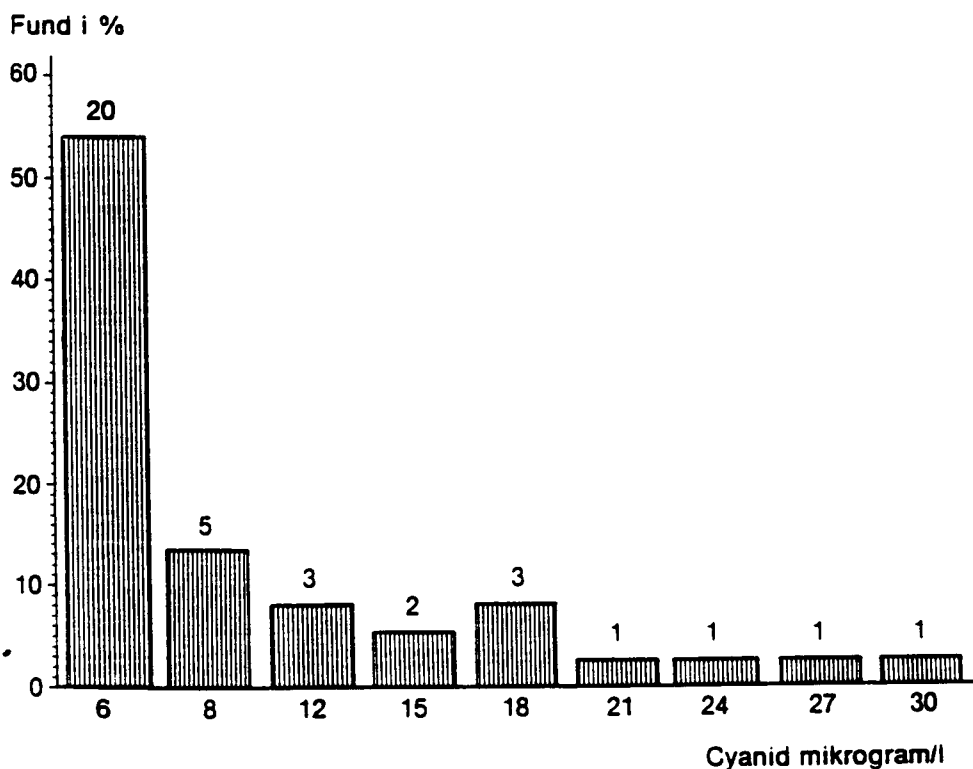
6.2 Gruppe 1: Cyanid, Kviksølv, Bly, Cadmium og Arsen.

GRUMO område	Område/Amt	Fund	Boringer	Filtre	analyser ialt	Antal filtre i overvågningsområdet
15.11	Søndersø/Kbh.	5	4	5	18	20
15.13	Gladsaxe/Kbh.	1	1	1	9	18
20.01	Endrup/Frederiksborg	4*	3	4	16	11
25.11	Asemose/Roskilde	1	1	1	12	13
30.12	St. Fuglede/V-Sjæll.	1	1	1	9	10
35.02	Hjelmsølle/Storstrøm	1	1	1	6	15
35.12	Sibirien/Storstrøm	4	-	4	14	14
35.13	St. Heddinge/Storst.	1	1	1	20	21
40.01	Smålyng/Bornholm	1	1	1	7	16
42.11	Svendborg/Fyn	2	2	2	12	4
42.12	Nr. Søby/Fyn	1	1	1	13	15
50.01	Abild/Sdr. Jylland	1	1	1	6	16
50.11	Bedsted/Sdr. Jylland	1	1	1	21	21
50.13	Chr. Feld/Sdr. Jylland	1	1	1	13	17
76.12	Skive/Viborg	6	6	6	14	15
76.14	Thisted/Viborg	1	1	1	9	16
80.02	Råkilde/Nordjylland	1*	1	1	5	14
80.11	Dræstrup/Nordjylland	2	2	2	8	22

* senere udtagne vandprøver viser ingen cyanidindhold.

Tabel 6.3

Fund af cyanidindhold i vandprøver.



Figur 6.1

Cyanid. Koncentrationsfordeling af positive værdier.

Forurening

6.2.1 Cyanid.

Cyanid forekommer ikke naturligt i grundvand. Det opstår når kulstof og kvælstof reagerer ved høje temperaturer under dannelse af dicyan (CN)₂. Fund af cyanid i grundvand må derfor tilskrives bidrag fra menneskelig aktivitet. Cyanid kan dannes af visse svampearter, men næppe i mængder, der giver målbare indhold i grundvandsreservoirer ned til 90 meters dybde.

Fundene i grundvandsovervågningsprogrammet fordeler sig som vist i tabel 6.3. Koncentrationsfordelingen af positive cyanidbestemmelser er vist på figur 6.1. Det skal bemærkes, at der ikke i vurderingen er taget hensyn til, at samme vandprøve ofte analyseres flere gange af analyselaboratoriet med henblik på at belyse analysens reproducerbarhed.

Ingen afhængighed

Fundene viser ingen dybdeafhængighed eller afhængighed af reservoirbjergartstype. Dog er der overvægt af høje koncentrationer i reservoirer i stærkt permeable bjergartstyper som smeltevands-silt, -sand og -grus samt danielkalk. I det samlede datasæt har der som nævnt ovenfor ikke vist sig sammenhæng med andre sporstoffer, hvilket dog ikke betyder, at cyanid behøver at være det eneste stof i det aktuelle filter, som stammer fra forurening. Tværtimod må cyanid forventes at være ledsaget af andre stoffer stammende fra for eksempel galvaniseringsanstalter, gasværker og koks fremstilling (Matthess, 1973) og eventuelt slagger fra for eksempel teglværker.

Skive

For overvågningsområde 76.12 (Skive), hvor der er fund i 6 ud af 11 borer, er der fundet en svag korrelation med totalindholdet af fosfor. Der er for få sammenhængende målinger af de uorganiske sporstoffer til at gennemføre en tilsvarende analyse for disse. Der forekommer dog også et let forhøjet arsenindhold og et forhøjet zinkindhold (en enkelt zinkværdi ligger 2.5 gange over det højst tilladte i drikkevand). Såvel cyanid som zink i overvågningsområde 76.12 forekommer i filtre på forskellige niveauer inklusive de dybeste på 70 og 88 m under terræn, men ikke i de mest overfladenære.

6.2.2 Kviksølv

Kviksølv forventes ikke at forekomme naturligt i danske aflejringer i mængder, der ligger over det generelle niveau i de undersøgte grundvandsprøver (Larsen, 1986), men tilføres fra forskellige kilder såsom lossepladser, handelsgødning, spildevandsslam (Rasmussen & Jørgensen, 1986) og via atmosfæren (Adriano, 1986).

Miocænt ler

Der er dog rapporteret fund af kviksølv ved syre-ekstraktion af miocænt ler fra Sønderjyllands Amt (Rud Friborg, upubl. data) samt fra Salten i Århus Amt (1992). Vejle Amt anfører brunkulsaflejringer som en mulig naturlig kilde til kviksølv.

Forurening

Generelt må fund af kviksølv i grundvandet tilskrives menneskelig aktivitet.

De fundne kviksølvindhold i grundvandsovervågningsprogrammet (figur 6.2) ligger generelt lige over detektionsgrænsen, som er 0,003 µg/l. Særligt høje indhold over 0,020 µg/l er fundet i overvågningsområderne Nordsamsø, Ejstrupholm, Trudsbro og Forumlund. For Forumlund anfører Ribe Amt, at dumpning af affald i en tidligere grusgrav kan være en mulig kilde.

Oplysninger om affaldsdepoter foreligger ikke for alle overvågningsområder, men der er fund af kviksølv i alle områder, i hvis opland, der er rapporteret om affaldsdeponering.

Det gælder for kviksølv som for cyanid, at forekomsten ikke viser dybdeafhængighed eller afhængighed af reservoirbjergart, men at fundene både med hensyn til stor hyppighed og med hensyn til særligt høje koncentrationer udelukkende forekommer i stærkt permeable reservoirer bestående af smeltevandssilt, -sand og -grus.

For overvågningsområderne Søndersø, Skuldelev og Nr. Søby synes kviksølvforekomsten at være udbredt i hele overvågningsområdet, mens den i Harndrup er begrænset til den nordvestlige (nedre) del. I resten af tilfældene er fundene sporadiske.

Det skal bemærkes, at der for en række områder er tale om, at fund-antallet er stort i forhold til antallet af observationer, og at antallet af analyser er lavt i forhold til det samlede antal filtre. Det skal endvidere bemærkes, at der ikke i vurderingen er taget hensyn til, at samme vandprøve ofte analyseres flere gange af analyselaboratoriet med henblik på at belyse analysens reproducerbarhed.

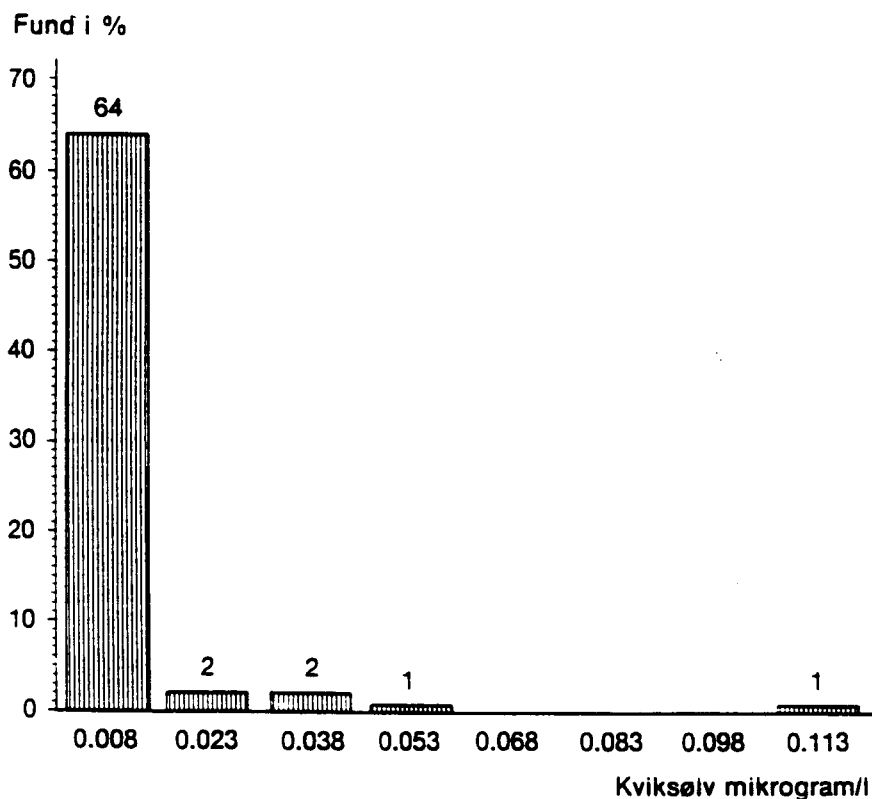
GRUMO Område	Område/ Amt	Fund	Borin- ger	Filtre	Ana- lyser ialt	Samlet antal filtre
15.11	Søndersø/Københavns Amt	6	5	5	20	20
15.12	Ishøj/ -	5	5	5	10	14
15.13	Gladsaxe/ -	9	9	9	16	18
20.01	Endrup/ Frederiksborg	4	1	4	11	11
20.11	Skuldelev/ -	6	3	6	11	15
20.12	Asserbo/ -	5	2	3	10	10
20.13	Attermose/ -	3	3	3	10	13
20.14	Espergærde/ -	7	4	7	9	16
25.01	Torkildstrup/Roskilde	2	2	2	5	13
25.02	Brokilde/ -	3	3	3	5	10
25.11	Asemose/ -	2	2	2	5	13
25.12	Osted/ -	4	4	4	5	12
30.01	Holbæk/ Vestsjælland	1	1	1	5	16
30.11	Munke Bjergby/-	2	1	2	5	14
30.12	St. Fuglede/ -	1	1	1	4	10
30.13	Nykøbing S./ -	1	1	1	4	12
30.14	Eggerslevmagle/-	4	4	4	5	16
35.01	Holeby/ Storstrøm	2	2	2	4	16
35.11	Vesterborg/ -	2	2	2	7	12
35.12	Sibirien/ -	5	2	5	14	14
35.13	St. Heddinge/ -	6	4	6	17	20
42.01	Nyborg/ Fyn	4	4	4	9	18
42.02	Borreby/ -	4	4	4	4	14
42.11	Svendborg/ -	4	2	3	12	14
42.12	Nr. Søby/ -	10	8	9	12	15
42.13	Havdrup/ -	6	3	6	9	16
42.14	Jullerup/ -	3	3	3	6	10
50.01	Abild/ Sdr. Jylland	5	5	5	6	16
50.02	Mjang Dam/ -	2	2	2	6	10
50.11	Bedsted/ -	2	2	2	7	21
50.12	Rødding/ -	2	2	2	4	9
50.13	Chr. Feldt/ -	5	3	-	6	13
55.11	Bramming/ Ribe	1	1	1	3	12
55.12	Ølgod/ -	1	1	1	3	12
55.13	Forumlund/ -	3	1	1	5	13
60.11	Thyregod/ Vejle	2	2	2	2	17
60.12	Trudsbro/ -	5	4	5	6	20
60.13	Follerup/ -	3	2	2	6	10
60.14	Ejstrupholm/ -	3	3	3	6	22
70.01	Kastbjerg/ Århus	1	1	1	1	13
70.02	Kasted/ -	6	5	5	6	18
70.11	Samsø/ -	1	1	1	5	24
70.12	Fillerup/ -	1	1	1	5	20
70.13 + 70.14	Hvinningdal og Homå/ -	4	4	4	14	54

Tabel 6.4

Fund af kviksølv, fordelt på overvågningsområder.

Ved denne rapport's udgivelse havde DGU ikke kviksølv-informationer fra København og Frederiksberg kommuner, Bornholms Amt, Ringkøbings Amt, Viborg Amt, Nordjyllands Amt samt dele af Ribe Amt.

Kviksølvfundene fordeler sig på overvågningsområderne som vist i tabel 6.4, mens koncentrationsfordelingen af positive kviksølvsbestemmelser er vist på figur. 6.2.



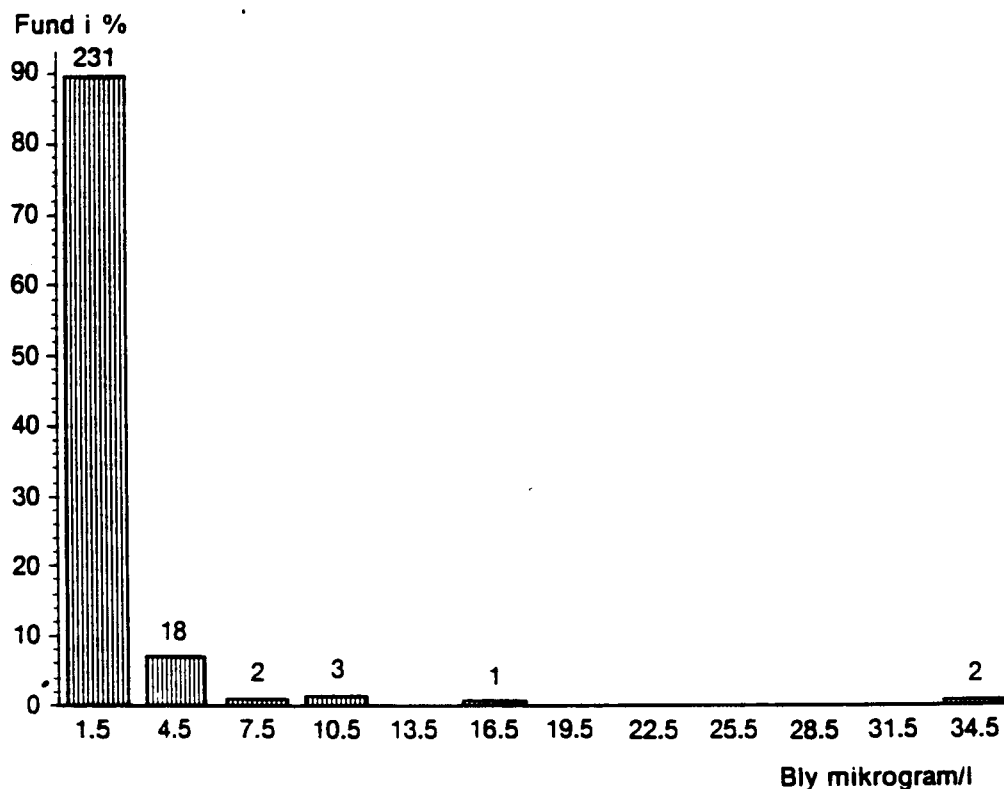
Figur 6.2

Kviksølv. Koncentrationsfordeling af positive værdier.

6.2.3. Bly

Bly forekommer som en naturlig bestanddel i danske aflejringer. I området omkring Randers Fjord er der således målt blyindhold mellem 1,2 ppm og 9,8 ppm i senglaciale sedimenter og mellem 2,0 ppm og 25 ppm postglaciale sedimenter (Willumsen og Andersen, 1976). Et vist indhold er derfor forventeligt i grundvandet. I ca. en trediedel af de udførte analyser er blyindholdet over detektionsgrænsen, der varierer mellem 0,1 og 0,3 µg/l. Antallet af positive bestemmelser er størst umiddelbart over detektionsgrænsen og aftager jævnt mod stigende indhold indtil ca. 4 µg/l (figur 6.3). På grundlag af det foreliggende datamateriale synes indhold op til 4 µg/l således at være forventeligt, mens højere indhold må betegnes som forhøjede.

Særligt store indhold (over 8 µg/l) er fundet i Smålyng, hvor der er fundet indhold fra 5 til 9,2 µg/l, i Råkilde og Nykøbing Mors med henholdsvis 10,2 og 15,2 µg/l, i Borreby med 33 µg/l, samt i Asemose og Torkildstrup med henholdsvis 9,8 og 34,6 µg/l. I forbindelse med disse lokaliteter er der kun for Borreby's og Torkildstrup's vedkommende registreret lossepladser. Den meget høje værdi for Borreby er fundet 61 m under terræn i glacial smeltevandssand.



Figur 6.3

Bly. Koncentrationsfordeling af positive værdier.

Der findes ingen filtre og dermed analyser højere oppe i boringen, hvor aflejringerne hovedsageligt består af moræneler. Såvel for Torkildstrup og Borreby som for Nykøbing Mors og Råkilde er de høje værdier enkeltstående, hvorimod der forekommer flere høje værdier i Smålyng. Dette kan hænge sammen med områdets specielle geologiske opbygning. De høje indhold er imidlertid konstateret i filtre i Balka Sandsten, der ikke forventes at indeholde specielt meget bly. De Grønne Skifre, for hvilke høje blyindhold er mere sandsynlige ligger grundvandsmæssigt nedstrøms.

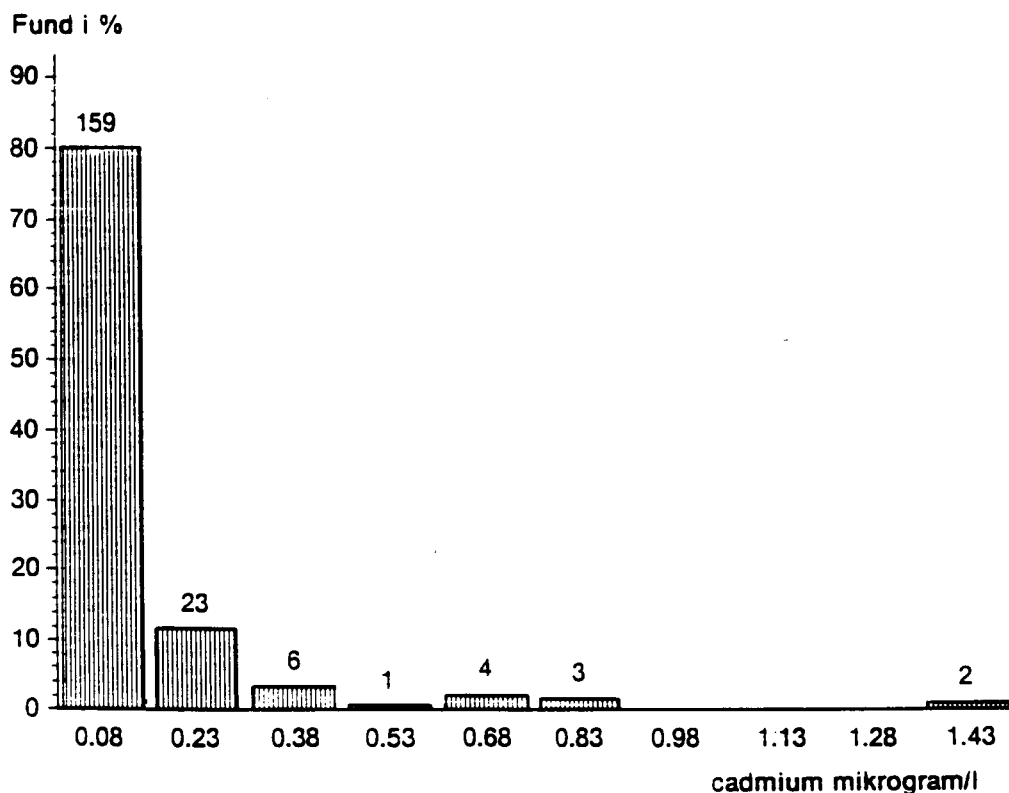
I 4 boringer er der positive bestemmelser i flere dybder i samme boring. I 42.13.02 (Harndrup) og i 65.14.05 (Ejstrupholm) stiger blyindholdet med dybden, mens det i 76.13.04 (Nykøbing Mors) og i 80.02.05 (Råkilde) er særdeles højt i de øverste filtre. Grupperes analyseresultaterne efter reservoirbjergart er de markant højeste koncentrationer målt i reservoirer bestående af kvartært smeltevandssilt, -sand og -grus. De næsthøjeste koncentrationer er målt i reservoirer bestående af skrivekridt.

Forhøjede blyindhold er sat i forbindelse med brugen af montejustpumper i Sønderjyllands Amt, der kun finder bly i boringer med denne type pumper, samt i Fyns Amt, der generelt finder højere blyindhold i boringer med montejustpumper.

Bly i PVC-rør?

Bly kan muligvis hidrøre fra PVC-rør, på trods af at alle anvendte PVC-rør er udludede inden brug.

6.2.4. Cadmium



Figur 6.4

Cadmium. Koncentrationsfordeling af positive værdier.

Ligesom bly, forekommer cadmium som en naturlig bestanddel i danske aflejringer, og ca. en tredjedel af de udførte analyser har vist indhold over detektionsgrænsen, der varierer fra 0,005 µg/l til 0,020 µg/l.

De positive bestemmelser fordeler sig med langt det største antal umiddelbart over detektionsgrænsen og et aftagende antal forekomster indtil ca 0,35 µg/l, nogenlunde svarende til 90% percentilen af de positive analyseværdier (figur 6.4). Indhold højere end 0,35 µg/l må på det nuværende datagrundlag betragtes som forhøjede. Forhøjede indhold er fundet i Smålyng varierende fra 0,033 µg/l til 0,81 µg/l, i Haderup med 1,39 µg/l, og Bedsted med 0,70 µg/l.

I 4 boringer er der positive bestemmelser i flere dybder i samme boring. For 76.14.01 og 76.14.03 (Thisted) gælder det at cadmiumindholdet stiger med dybden, mens det i 40.01.04 (Smålyng) og 76.14.04 (Thisted) falder med dybden.

Grupperes analyserne efter reservoirbjergart er de markant højeste koncentrationer målt i reservoirer bestående af kvartært smeltevandssilt, -sand og -grus, samt i reservoirer bestående af palæozoiske bjergarter på Bornholm. De næsthøjeste koncentrationer er målt i reservoirer bestående af tertiært kvartsand og glimmerler.

Fyns Amt finder at indholdet af cadmium er højest i prøver med lavt indhold af organisk stof (udtrykt ved permanganattallet), mens Vejle Amt finder de højeste indhold i sandede områder uden kalkholdige bjergarter. Århus Amt finder, at cadmium er usystematisk fordelt.

6.2.5. Arsen

Sammen med sulfider

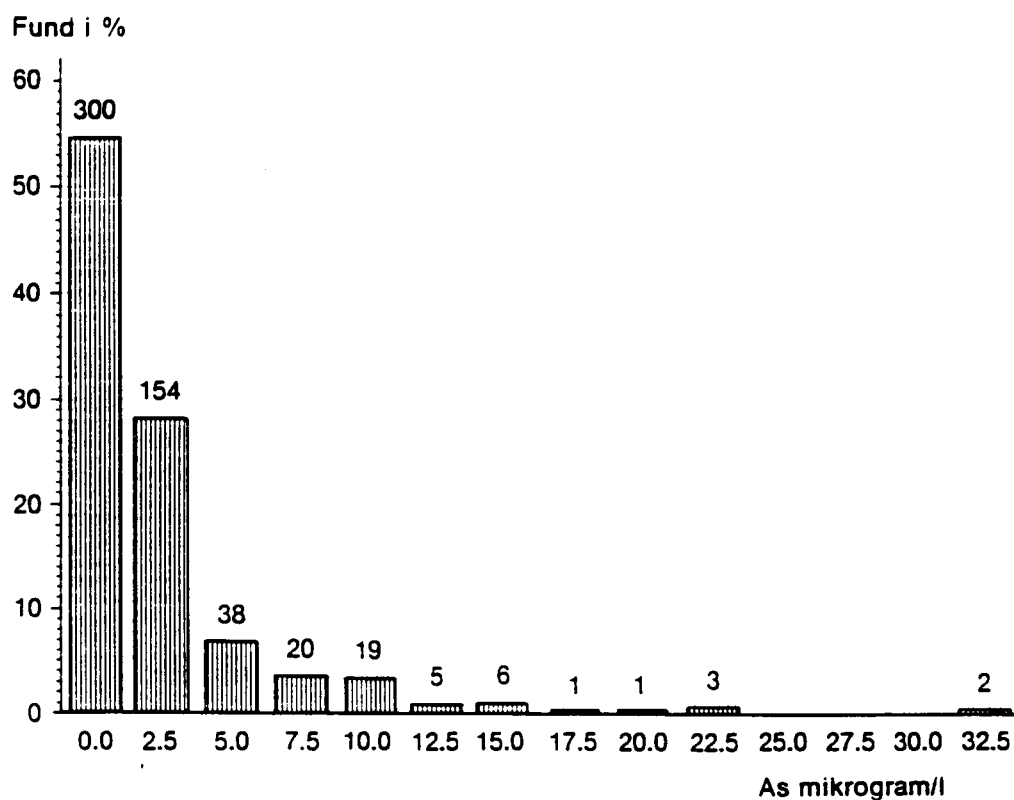
Arsen forekommer i en lang række mineraler og kan findes i høje koncentrationer i forbindelse med sulfider. Ved syre-ekstraktion af moræneler er der målt koncentrationer fra 1,4 ppm til 2,6 ppm i ekstraktet. Tilsvarende er der målt koncentrationer fra 2,4 ppm til 9,6 ppm i postglaciale sedimenter (Jørgensen, Skjernaa og Jørgensen, 1992). Under stærkt reducerende betingelser optræder arsen med 4-10 gange større opløselighed end under oxiderende betingelser. På grund af arsens kemiske lighed med fosfor øges mobiliteten af arsen ved tilstedeværelse af høje koncentrationer af fosfat-ioner, som for eksempel i forbindelse med anvendelse af fosfat-handelsgødning. Arsen indgår i en lang række produkter som for eksempel støbejern, keramik, glas, farvestoffer, rengøringsmidler (Bolt and Bruggerwert, 1976), handelsgødning, sprøjtemidler, rottegift, imprægneringsvæsker, slagge og flyveaske. Arsen kan være kræftfremkaldende (Bowen, 1966, Roskilde Amt 1992).

De fleste positive bestemmelser ligger umiddelbart over detektionsgrænsen, der varierer fra 0,1 $\mu\text{g}/\text{l}$ til 0,8 $\mu\text{g}/\text{l}$ (figur 6.5). Derefter aftager antallet af bestemmelser i koncentrationsintervallet op til omkring 8 $\mu\text{g}/\text{l}$ for så at holde sig konstant indtil ca. 11 $\mu\text{g}/\text{l}$. Analyseverdier over 11 $\mu\text{g}/\text{l}$ udgøres næsten udelukkende af observationer fra to overvågningsområder 60.01 (Egebjerg) og 42.13 (Harndrup). Høje værdier forekommer også i 60.13 (Herberg) og 70.12 (Fillerup). Fælles for disse overvågningsområder med høje arsenindhold i grundvandet er, at reservoirbetingelserne er artesiske og reducerende og at arealanvendelsen langt overvejende er landbrug.

På baggrund af arsens kemiske egenskaber er det muligt, at der bør regnes med to forskellige niveauer af forventelige baggrundsværdier, én for reservoirer med iltede forhold og én for reservoirer med reducerende forhold, men da der også forekommer lave værdier i reservoirer med reducerende forhold, kan der ikke ses bort fra en mulig sammenhæng med arealanvendelsen (herunder affaldsdepoter) som forklaring på det relativt høje antal positive bestemmelser i koncentrationsintervallet fra 8 $\mu\text{g}/\text{l}$ til 11 $\mu\text{g}/\text{l}$.

Det er valgt at anse koncentrationer over 11,3 $\mu\text{g}/\text{l}$ som forhøjede på det foreliggende datagrundlag.

I 9 boringer er der målt i flere dybder. I 3 boringer (42.13.02, 70.12.20 og 76.14.01) med reducerende betingelser stiger arsenindholdet med dybden, mens det i de øvrige, hovedsageligt med oxiderende betingelser falder med dybden. I 76.14 (Thisted) stiger arsenindholdet med dybden i en boring nær hovedboringen, mens det falder med dybden i de to boringer længst væk fra hovedboringen. Det samme mønster ses delvist for cadmium i det samme overvågningsområde.



Figur 6.5

Arsen. Koncentrationsfordeling af positive værdier.

Dette tyder på, at strømningsforholdene i reservoiret (i dette tilfælde opsprækket kalk) kan have afgørende indflydelse på sporstoffernes fordeling.

Grupperes analyserne efter reservoirbjergart er de højeste koncentrationer målt i reservoirer bestående af kvartært smeltevandssilt, -sand og -grus, efterfulgt af vandprøver udtaget fra moræneler. En sammenligning ved anvendelse af rangordning (percentiler) viser, at arsenindholdet ofte er forholdsvist højt i overvågningsområder med positive fund af pesticider.

Århus Amt anfører, at de højeste indhold af arsen findes i reducerende lerede aflejringer, typisk 2,5-3,5 $\mu\text{g}/\text{l}$, mens indholdet i iltholdige reservoirer typisk er 0,5 $\mu\text{g}/\text{l}$. Frederiksborg Amt konstaterer at arsen er højt i reservoirer med reducerende betingelser.

6.2.6. Sammenfatning af Gruppe 1.

Antages det, at cyanid og kviksølv ikke er naturlige bestanddele af danske aflejringer og anvendes de foran stipulerede koncentrationer til fastlæggelse af forhøjet indhold af bly, cadmium og arsen viser det sig, at der forekommer en eller flere analyseværdier, der påkalder sig opmærksomhed i 54 overvågningsområder ud af de ialt 67. Denne "observationsliste" (tabel 6.5) vil dog helt givet ændre sig, dels når alle analyseresultater foreligger på EDB-læsbar form, dels når prøvetagning og analyseprocedurer bliver mere indøvet og standardiseret og endelig når eventuelle mulige følgevirkninger af etableringen af overvågningsboringerne klinger af.

Der forekommer en vis dybdedifferentiering imellem de uorganiske sporstoffer i gruppe 1. Cadmium og bly findes (med 2 undtagelser) i de overfladenære filtre eller filtre på moderat dybde, hvorimod cyanid og især kviksølv og arsen findes i hele det undersøgte interval fra overfladenære reservoirer til de dybeste.

Område	CN pos. ana.	Dybde m.u.t.	Hg pos. ana.	Dybde m.u.t.	Pb forhøjet indhold	Dybde m.u.t.	Cd forhøjet indhold	Dybde m.u.t.	As forhøjet indhold	Dybde m.u.t.	Observationer ialt	Dybde m.u.t.	Dybeste filter i området
15.11	5	3-23	5	44-74							10	3-74	76
15.12							1	27			1	27	45
15.13	1	15									1		46
20.01	4	14-93	4	18-50							8	14-93	98
20.11			6	14-33							6	14-33	33
20.12			3	9-37							3	9-37	37
20.13			3	10-18							3	10-18	45
20.14			6	46-74	2	27-32					8	46-74	74
25.01			2	22-41	2	22-30					4	22-41	41
25.02			3	22-37	1	32					4	22-37	37
25.11	1	9	2	9-35	2	3-35					5	9-35	35
25.12			4	10-90							4	10-90	90
30.01			1	7							1	7	43
30.11			2	9-13	3	4-18					5	4-18	55
30.12	1	13	1	13	1	12					3	12-13	21
30.13			1	35	1	7					3	7-35	43
30.14			4	15-22	1	29			2	21-30	7	15-30	49
35.01			2	6-44	1	6			4	6-44	5	6-44	44
35.02	1	33							3	14-33	4	14-33	33
35.11			2	14-38	1	11	2	11-12	7	11-38	2	11-38	40
35.12	4	14-57	5	19-57	2	13-16	2	7-15	14	13-57	23	13-57	57
35.13	1	28	6	7-28	5	7-28	6		19	7-28	25	7-28	28
40.01	1	21	-		3	16-30	3	8-29			7	8-30	33
42.01			4	15-36							4	15-36	47
42.02			4	13-65	1	60					5	13-68	68
42.11	2	47	3	18-46	2	46-47					7	18-47	47
42.12	1	27	9	14-50	1	20			1	42-50	12	14-50	54
42.13			6	36-82					6	27-82	12	27-82	88
42.14			3	8-35							3	8-35	58
50.01	1	18	4	9-34					1	15	6	9-34	35
50.02			2	18-38	1	47					3	18-47	52
50.11	1	30	2	2-4			1	2			4	2-30	69
50.12			2	15-18			1	15			3	15-18	49
50.13	1	19	5	19-49			1	33			7	19-49	50
55.11			1	102							1	102	102
55.12			1	58							1	58	87
55.13			1	20							1	20	64
60.01			*						4	30-129	4	30-129	129
60.13			*						3	15-42	3	15-42	45
60.14			*				1	23			1	23	35
65.12			*				2	4-5			2	4-20	38
65.13			*				4	7-13			4	7-13	32
65.14			*				3	8-37			3	8-37	141
70.01			1	15							1	15	58
70.02			5	11-30							5	11-30	30
70.11			1	15							1	15	38
70.12			1	16							1	16	60
70.13			3	24-25							3	24-25	111
76.12	6	35-88	*		1	70			3	63-72	10	35-88	88
76.13			*		1	13	1	6	1	3	3	3-13	36
76.14	1	32	*								1	32	48
80.02	1	13	*		3	13	1	13			5	13	51
80.11	2	1-11	*								2	1-11	66
80.14			*						1	104	1	104	104

* Kviksølv-data foreligger ikke på EDB-læsbar form.

Tabel 6.5

Uorganiske sporstoffer, gruppe 1. Fund af cyanid og kviksølv. Forhøjet indhold af bly, cadmium og arsen.

Ialt forekommer miljøfremmede eller forhøjede koncentrationer af uorganiske sporstoffer fra gruppe 1 i hovedreservoirene i 44 overvågningsområder, i såvel hovedreservoir som sekundære reservoirer i 18 overvågningsområder og alene i sekundære reservoirer i 9 overvågningsområder.

*Forhøjede værdier
i 75% af områderne*

På baggrund af de foran opstillede kriterier kan det konkluderes at 75% af overvågningsområderne indeholder miljøfremmede uorganiske sporstoffer eller naturligt forekommende sundheds-skadelige uorganiske sporstoffer i en mængde, der på det foreliggende datagrundlag må betragtes som forhøjede. Der kan ikke på nuværende tidspunkt opstilles tidsserier til belysning af hvorvidt der er tale om en accellerende udvikling, en status quo, eller om aftagende indhold.

6.3 Gruppe 2: Traditionelle tungmetaller, nikkel, zink, kobber og krom

6.3.1. Nikkel

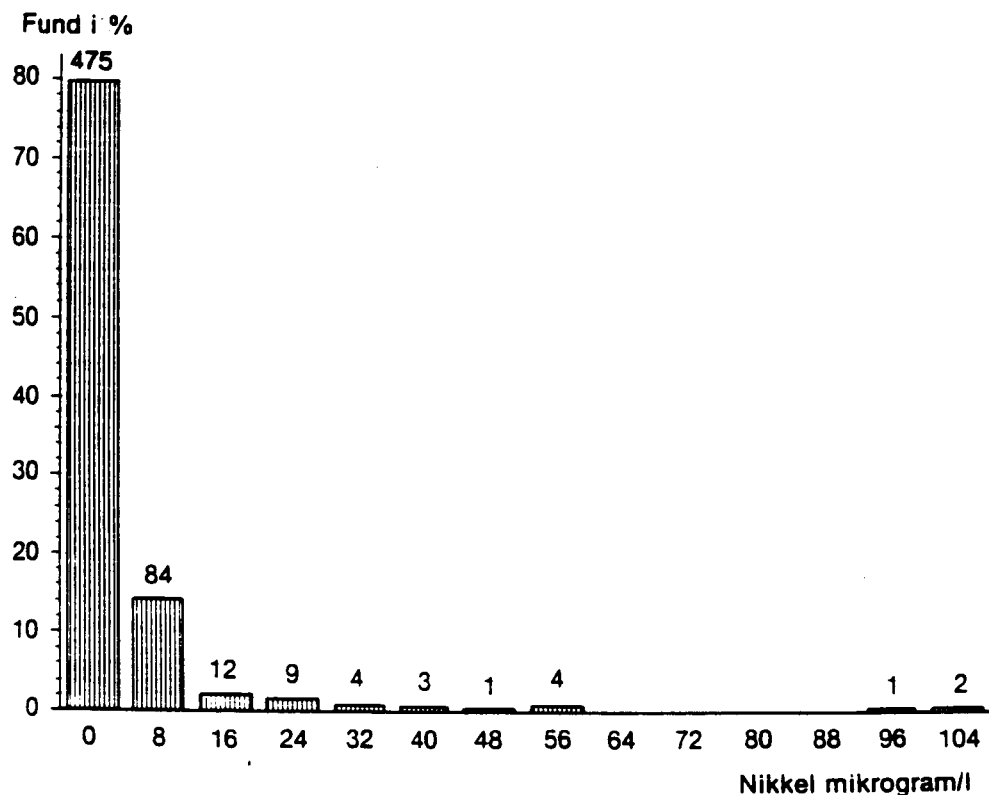
Nikkel forekommer i danske aflejringer i varierende mængde, moræneler 13 - 63 ppm, tertiære bjergarter 10 - 40 ppm med undtagelse af eocæne bjergarter, der har indhold på 50 - 220 ppm, samt kalkbjergarter, der har lavt indhold fra <5 ppm til 11 ppm, (Binzer 1974). Nikkel kan tilføres jorden via fosfat-handelsgødning, flyveaske og slam samt fra affaldsdepoter indeholdende for eksempel elektriske batterier.

Højt nikkelindhold i jordvæsken virker hæmmende på plantevækst og højt nikkelindhold i fødevarer og drikkevand kan forværre tilstanden hos folk, der har nikkel-allergi (Veien, 1988). Nikkel er desuden mistænkt for at kunne være kræftfremkaldende (Bowen, 1966).

De positive nikkelbestemmelser i grundvandsovervågningsprogrammet fordeler sig med langt det største antal i koncentrationsintervallet under 7,4 $\mu\text{g}/\text{l}$, (figur 6.6). Antallet af positive bestemmelser i intervallet mellem 7,4 $\mu\text{g}/\text{l}$ og 60 $\mu\text{g}/\text{l}$ falder jævnt op til værdier omkring 30 $\mu\text{g}/\text{l}$. Værdier over 60 $\mu\text{g}/\text{l}$ stammer alle fra samme boring (25.11.01, Asemose), der er påvirket af pyritoxidation og dermed ukarakteristisk for det samlede datasæt.

Da den højst tilladte værdi i drikkevand ved fraløb fra vandværk er 20 $\mu\text{g}/\text{l}$, synes det umiddelbart formålstjenligt at betragte nikkelindhold over 20 $\mu\text{g}/\text{l}$ som forhøjede.

Ud over Asemose forekommer der forhøjede nikkelindhold i Hvinningdal, hvor indholdet varierer fra 0,13 $\mu\text{g}/\text{l}$ til 57 $\mu\text{g}/\text{l}$, i Herborg, hvor indholdet varierer fra 1,12 $\mu\text{g}/\text{l}$ til 56,4 $\mu\text{g}/\text{l}$, samt i Bedsted, hvor indholdet varierer fra 0,5 $\mu\text{g}/\text{l}$ til 57 $\mu\text{g}/\text{l}$. Desuden forekommer der enkeltstående forhøjede værdier i Nykøbing Sjælland, Thyregod, Brande, og Nykøbing Mors. Af de nævnte områder er der kun for Brandes vedkommende registreret depoter.



Figur 6.6

Nikkel. Koncentrationsfordelingen af positive værdier.

For Asemose og Hvinningdal foreligger der enkelte målinger fra de samme filtre fra 1990 og 1991. For Asemose er de høje indhold nogenlunde konstante, mens de for Hvinningdals vedkommende fluktuerer, dog med en tendens til flere høje målinger i 1991 end i 1990.

I 15 boringer foreligger der positive bestemmelser i flere dybder i samme boring. I 4 af disse, med meget lave nikkelkoncentrationer, ses der ingen variation med dybden, i 5 boringer med lave til moderate indhold stiger indholdet med dybden og i 6 boringer med lave til moderate indhold, falder indholdet med dybden. Der synes ikke at være nogen umiddelbar sammenhæng mellem variationen og reservoirbjergarten. Tværtimod forekommer de højeste koncentrationer i reservoirer bestående af danien kalksten, der er den reservoirbjergart, der har det laveste naturlige indhold af nikkel. De næsthøjeste målte koncentrationer i forhold til reservoirbjergart fordeler sig med lige store koncentrationer i reservoirer bestående af henholdsvis tertiært kvartssand, kvartært smeltevands-silt, -sand og -grus samt aldersmæssigt ubestemte sandede aflejringer.

For Århus Amt er der gennemført flere måleserier af grundvandets nikkelindhold. I 70.11 (Nordsamsø) synes nikkelindholdet generelt at være lavere i sensommeren end i forårsperioden. I 70.13 (Hvinningdal) ses den samme tendens, men for to boringers vedkommende er der et generelt fald med tiden.

ved lav pH

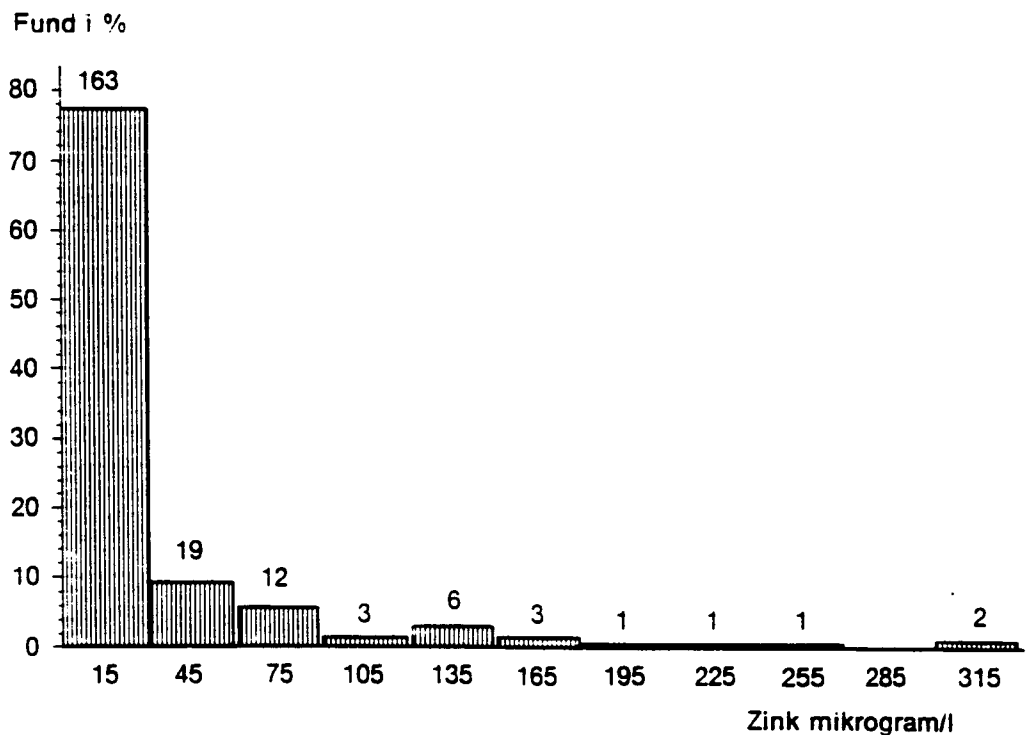
pH-værdier mindre end 6,3. Sønderjyllands Amt anfører for Bedsted, at der sker frigivelse af nikkel fra pyrit i forbindelse med nitratreduktion. Vejle og Frederiksborg Amter anfører, at forhøjet nikkelindhold er relateret til reservoirer med lav pH og højt iltindhold.

6.3.2. Zink

Zink forekommer i danske aflejringer i varierende mængder: moræner 20 - 180 ppm, yngre tertiær 45 - 100 ppm, eocæn 100 - 230 ppm, paleocæn ca. 30 ppm og kalkbjergarter 25 - 90 ppm (Binzer 1974). Zink er et nødvendigt mikronæringsstof for planter og dyr. I meget store koncentrationer (over 400 ppm) har det giftvirkning. De vigtigste tilførsler til jord stammer fra handelsgødning, slam, atmosfæriske nedfald i form af flyveaske, pesticider og husholdningsaffald (Adriano, 1986).

De positive zink-bestemmelser i grundvandsovervågningsprogrammet fordeler sig med et jævnt faldende antal op til 100 $\mu\text{g}/\text{l}$, der også er det højst tilladte indhold i drikkevand ved fraløb fra vandværk (figur 6.7). Zink indhold over 100 $\mu\text{g}/\text{l}$ betragtes derfor på det foreliggende datagrundlag som forhøjede.

I datasættet findes 17 zinkværdier over 100 $\mu\text{g}/\text{l}$. De forekommer overvejende som enkeltstående målinger i 10 forskellige overvågningsområder, fordelt over hele landet, men med en overvægt i Midt- og Vestjylland.



Figur 6.7

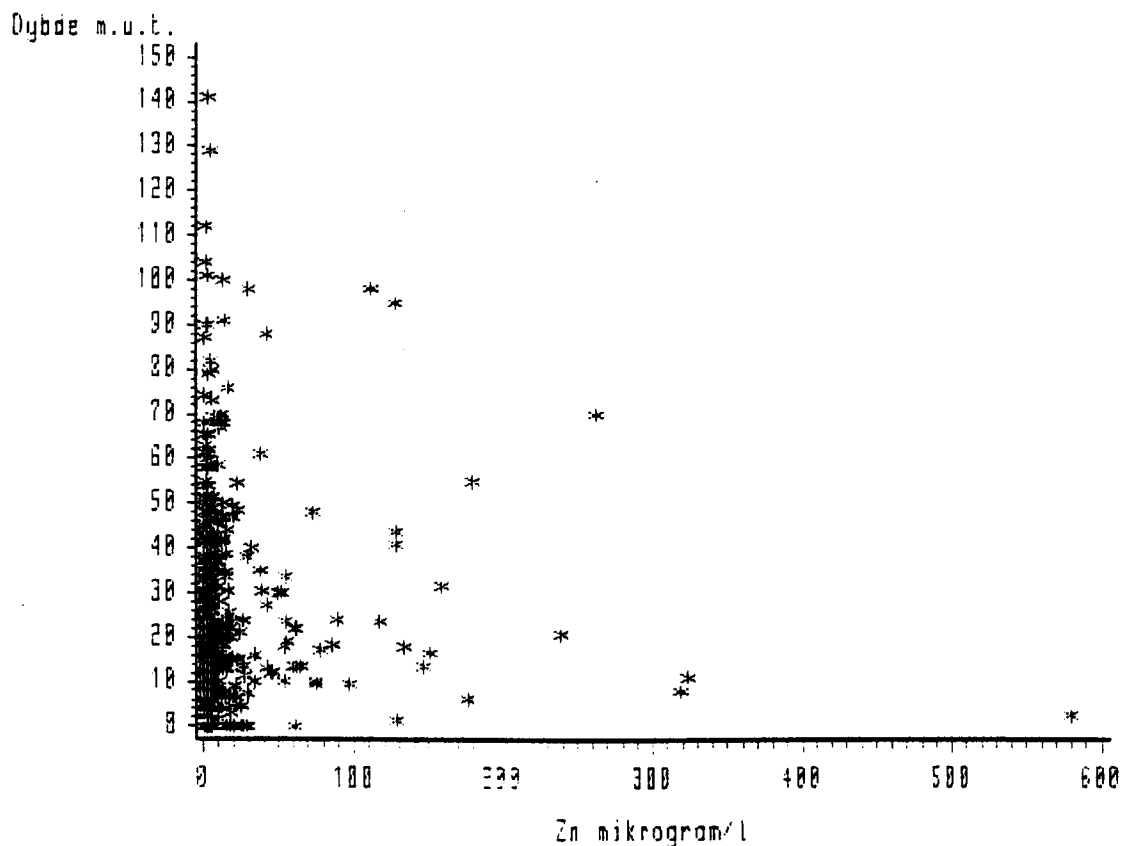
Zink. Koncentrationsfordeling af positive værdier mellem 4,5 $\mu\text{g}/\text{l}$ og 325 $\mu\text{g}/\text{l}$.

Den højeste koncentration på 580 $\mu\text{g}/\text{l}$ er målt i 30.13.01 (Nykøbing Sj.) i et sekundært sand- og grusreservoir kun 2,5 m under terræn, i næste filter 7,5 m under terræn i samme boring er indholdet 29 $\mu\text{g}/\text{l}$ og 12 m under terræn er det kun 1,7 $\mu\text{g}/\text{l}$. Lignende forhold gør sig gældende for to andre boringer med meget høje zinkindhold på henholdsvis 324 $\mu\text{g}/\text{l}$ (Harndrup) og 319 $\mu\text{g}/\text{l}$ (Finderup).

Tendensen til at de højeste værdier findes i de øverste filtre, kommer svagt frem i det samlede datasæt (figur 6.8) og understøttes af, at indholdet falder med stigende dybde i 19 ud af 82 boringer, hvori der er positive bestemmelser i forskellige dybder. I 22 boringer stiger zinkindholdet med dybden og i 12 boringer findes den højeste værdi i en mellemposition. I 19 boringer er zinkindholdet stort set ens i hele boringens dybde.

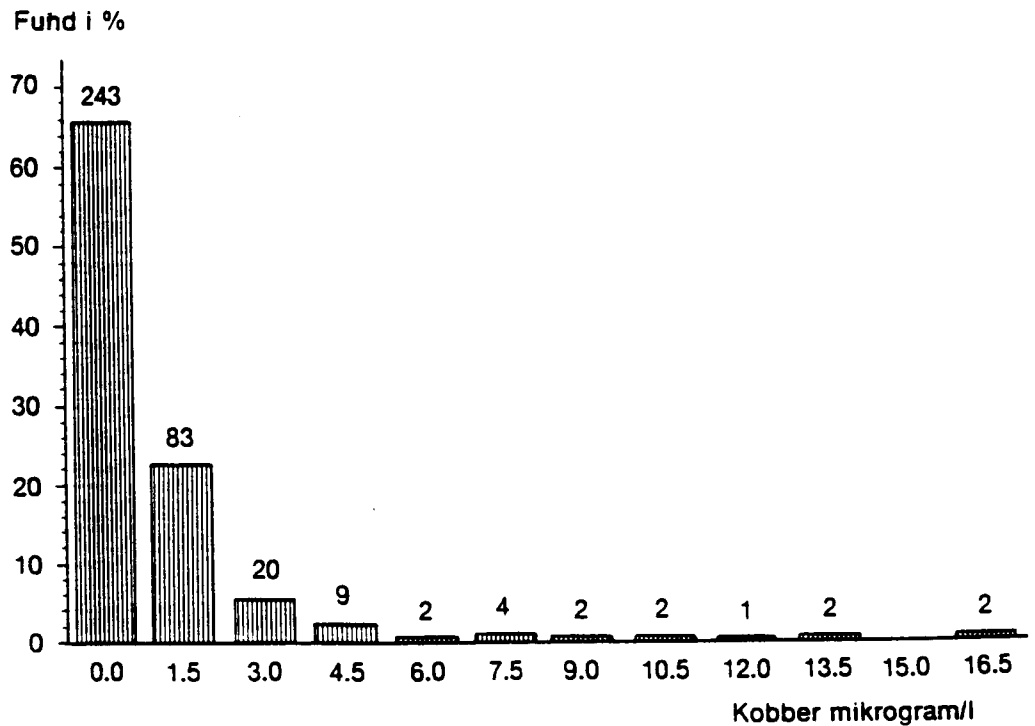
Indholdet af zink opdelt efter reservoirbjergart viser, at de markant højeste zinkkoncentrationer er målt i reservoirer bestående af alders-ubestemte sandede aflejringer. De næsthøjeste koncentrationer, når analyseresultaterne grupperes efter reservoirbjergart, er målt i kvartært smeltevandssilt, -sand og -grus samt tertiært kvartsand.

Århus Amt anfører at zink er usystematisk fordelt. Frederiksborg Amt anfører at forhøjede zinkværdier skyldes, at prøverne er udtaget fra råvandshaner og andre installationer.



Figur 6.8

Zinkindhold i grundvandsanalyser i forhold til dybden.



Figur 6.9

Kobber. Koncentrationsfordeling af positive værdier mindre end 20 µg/l.

6.3.3. Kobber

Kobber forekommer i danske aflejringer i varierende mængde: moræneler 15-60 ppm, yngre tertiær 10 -40 ppm, eocæn 50 -220 ppm, palæocæn ca. 15 ppm og kalkbjergarter 6 - 7 ppm. (Binzer 1974).

Kobber er et vigtigt mikronæringsstof, men høje koncentrationer kan virke skadelige på plantevækst. Kobber tilføres det naturlige miljø fra en lang række kilder så som slam, handelsgødning, svampebekæmpelsesmidler og naturgødning (Raulund-Rasmussen og Borggaard, 1991) samt afbrænding af kul.

De positive kobberbestemmelser i grundvandsovervågningsprogrammet fordeler sig med langt det største antal i koncentrationsområdet lige over detektionsgrænsen for derefter at aftage indtil ca. 5,5 µg/l (figur 6.9). På det foreliggende datagrundlag er det derfor valgt at betragte indhold over 5,5 µg/l som forhøjede.

Høje koncentrationer på 49 µg/l og 46 µg/l er konstateret i Sønderjyllands Amt, henholdsvis i Christiansfeld i en dybde af 22,5 m under terræn og i Bedsted i kun 1,8 m under terræn. De høje værdier tilskrives af amtet, at kunne stamme fra tilførsel af handelsgødning. Derudover forekommer enkeltstående forhøjede værdier i 10 overvågningsområder jævnt fordelt på landsplan. Eneste afvigelse herfra er 40.01 (Smålyngen). De forhøjede værdier i dette område kan hænge sammen med områdets specielle geologi.

*Kobber i
handelsgødning?*

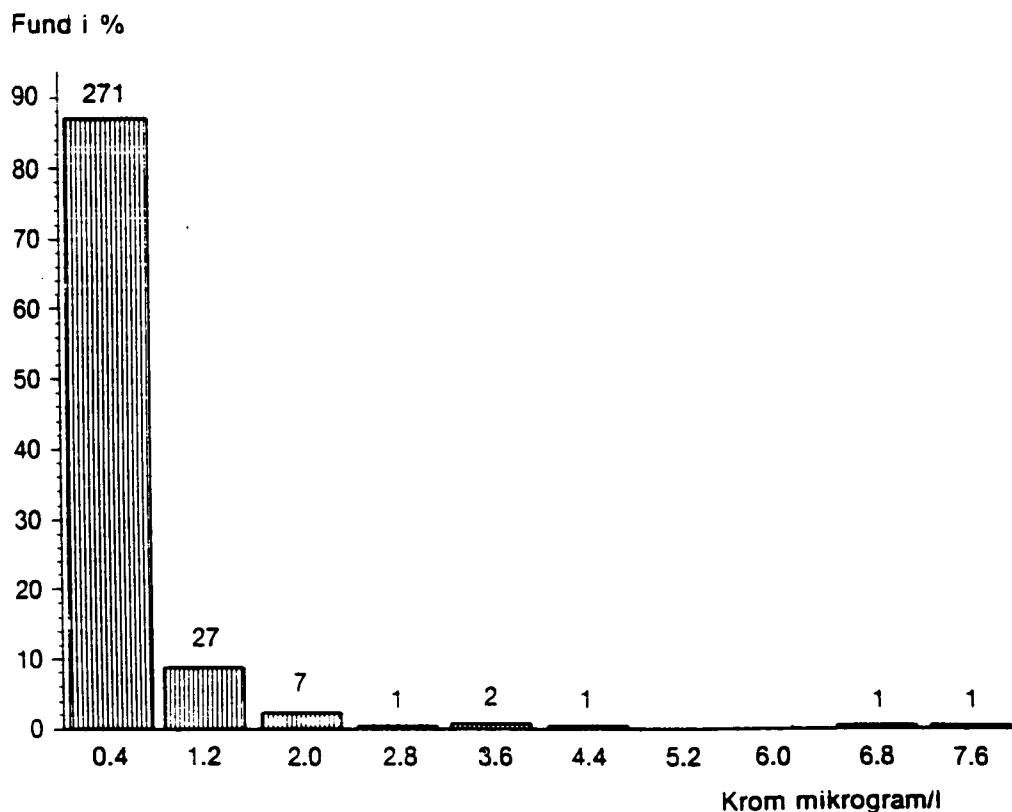
Fordelingen af kobberindholdet i forhold til dybden under terræn er analog med fordelingen af zink.

De markant højeste koncentrationer er målt i reservoirer bestående af kvartært smeltevandssilt, -sand og -grus. De næsthøjeste koncentrationer, når analyseresultaterne grupperes efter reservoirbjergart, er målt i palæozoiske bjergarter på Bornholm.

Århus Amt anfører, at indholdet af kobber er størst i unge sedimenter og lavest i udvaskede lerfri sedimenter. Fyns Amt bemærker, at kobberindholdet er størst i korte borer. Nordjyllands Amt finder intet mønster i fordelingen af kobber. Københavns Amt vurderer at høje kobberindhold i grundvandet i Sønderø-området kan stamme fra pyrit-oxidation.

6.3.4. Krom

Krom forekommer i danske aflejringer i varierende mængde, moræneler 30 - 110 ppm, miocæn: 40 - 100 ppm, oligocæn 40 - 240 ppm, eocæn 60 - 110 ppm, paleocæn ca. 25 ppm og kalkbjergarter < 5 ppm (Binzer, 1974). Krom er essentielt for mennesker og dyr, idet det medvirker til regulering af blodsukker-niveauet (Bolt and Bruggenwert, 1976). Høje indhold af krom i jorden forårsager misvækst hos planter. Skadevirkninger af krom er afhængig af kroms oxidationstrin, idet krom (VI) er mere toksisk end krom. (III).



Figur 6.10

Krom. Koncentrationsfordelingen af positive værdier.

Da det synes at være godtgjort, at det målte indhold af krom i vandprøver fra overvågningsprogrammet stærkt afhænger af, hvorvidt prøven er filtreret (Jørgensen, 1992), må vurderingen af det generelle indhold i overvågningsområderne tages med stort forbehold, idet det ikke for alle analyser er oplyst om prøverne er filtreret. Langt de fleste bestemmelser ligger under $1 \mu\text{g}/\text{l}$, og kun 8 bestemmelser ligger over $2 \mu\text{g}/\text{l}$. Disse bestemmelser er enkeltstående og forekommer i overvågningsområder i Vestsjællands Amt, Storstrøms Amt, Fyns Amt, Viborg Amt og Nordjyllands Amt.

Koncentrationsfordelingen af positive analyseværdier for krom er vist i figur 6.10.

Fordelingen af positive kromanalyser efter reservoirbjergart viser, at de højeste kromkoncentrationer er målt i reservoirer bestående af alders-ubestemte sandede aflejringer, analogt til zink. Grupperet i forhold til reservoirbjergart er de næsthøjeste koncentrationer målt i reservoirer bestående af kalk, såvel skrivekridt som danienkalk. Dette er overraskende, da kalkaflejringer normalt har et meget lavt kromindhold. På grund af usikkerheden om kromanalyseernes validitet er der ikke forsøgt opstillet en grænseværdi for forventelige indhold. I sammenfatningen (se senere) er kromværdier, der ligger over 90% percentilen, svarende til $0,90 \mu\text{g}/\text{l}$, regnet som "høje" værdier.

I 16 boringer, hvor der er målt i flere dybder falder kromindholdet med dybden, mens det stiger med dybden i 9 boringer.

Århus Amt finder at krom er usystematisk fordelt. Fyns Amt anfører at kromindholdet er højest i korte boringer. Frederiksborg Amt finder at krom (sammen med nikkel) er højt i reservoirer med oxiderende forhold.

Usystematisk fordeling

6.3.5. Sammenfatning af Gruppe 2. Traditionelle tungmetaller.

I datamaterialet for nikkel, zink, kobber og krom forekommer der iøjnefaldende høje værdier, tilsyneladende usystematisk fordelt. Det har ikke været muligt ved hjælp af EDB-baserede statistiske metoder at påpege sammenhænge i datamaterialet.

For at kunne fokusere på de særligt høje indhold af de enkelte tungmetaller, er de målte indhold inddelt i percentilerne 10%, 25%, 50%, 75% og 90%. Hver percentil er tilordnet en talmæssig værdi fra 1 til 6, begyndende med 1 for de laveste indhold og sluttende med 6 for de højeste. Tallene fra 1 til 6 udtrykker således en størrelsesmæssig rangordning af de målte koncentrationer af de enkelte sporstoffer, der er uafhængig af deres indbyrdes forskelle i koncentrationsniveau. Et overvågningsområdes samlede belastning kan derefter semi-kvantitativt bedømmes ud fra summen af de tilordnede talværdier. Listen (tabel 6.6) omfatter overvågningsområder inden for hvilke, der forekommer et eller flere tungmetallindhold, der ud fra de, under afsnittene om de enkelte tungmetaller, beskrevne kriterier, betragtes som forhøjede.

Boring	Dybde	Ni	Zn	Cu	Cr	Sum	Reservoir- type **
15.11.02	8,43	6	4	6	1	17	S
15.12.06	8,30	5	5	6	2	18	S
15.13.01	28,00	6	5	6	1	18	H
20.01.05	98,00	1	6	1	2	10*	H
25.11.01	9,75	4	6	5	1	16	H
25.11.03	18,00	6	6	5	1	18	H
30.11.05	23,60	2	6	6	i.a.	-	S
30.13.01	2,50	6	6	5	6	23	S
30.14.02	10,00	5	4	6	6	21	S
30.14.02	11,50	5	4	5	6	20	S
30.14.04	9,35	6	3	3	6	18	H
35.12.06	13,60	5	5	6	6	22	H
35.13.05	7,00	4	4	5	6	19	H
35.13.09	13,00	6	6	6	6	24	H
35.13.10	13,00	5	5	6	6	22	H
40.01.02	30,00	4	6	6	1	15	H
40.01.03	25,00	6	3	6	1	16	H
40.01.06	15,80	4	3	6	5	18	H
40.01.10	21,00	2	5	6	3	16	H
42.02.06	18,10	1	5	6	3	15	H
42.11.03	47,00	4	4	6	6	20	S
42.13.02	6,20	5	6	5	i.a.	-	S
42.13.02	11,20	5	6	4	i.a.	-	H
50.01.02	18,00	5	6	1	3	15	S
50.11.02	3,70	6	4	1	1	12	S
50.11.04	1,80	6	4	6	4	20	S
50.11.05	1,50	6	6	6	4	22	H
50.13.03	22,50	3	4	6	4	17	H
55.13.06	16,50	5	6	1	6	18	H
55.14.06	79,00	4	3	4	6	17	H
60.11.02	55,00	1	6	1	1	9	S
60.11.04	40,80	4	6	1	1	12	H
60.14.10	23,10	5	5	1	6	17	H
60.14.16	14,10	4	3	5	6	18	H
65.01.02	95,00	1	6	2	1	10	H
65.11.01	23,70	3	2	3	6	14	S
65.11.03	4,00	6	4	3	6	19	H
65.11.03	12,20	6	6	1	4	17	S
65.12.01	4,50	6	5	4	6	21	H
65.13.01	6,50	6	5	6	4	21	H
65.13.01	10,00	6	5	6	5	22	H
65.13.02	19,00	6	6	3	3	18	H
65.13.03	7,60	6	5	6	4	21	H
65.13.03	12,00	6	6	3	3	18	H
65.13.03	13,50	6	6	1	4	17	H
65.13.04	20,60	6	6	2	3	17	H
65.13.05	31,50	6	6	4	4	20	S
65.14.01	8,00	5	6	6	4	21	

Tabel 6.6

Traditionelle tungmetaller i rangorden fra 1 for lave koncentrationer til 6 for høje koncentrationer. Fortsættes.

Boring	Dybde	Ni	Zn	Cu	Cr	Sum	Reservoir-type **
70.01.15	11,60	1	2	1	6	10	S
70.13.02	37,80	5	i.a.	i.a.	i.a.	-	H
70.13.03	35,20	6	i.a.	i.a.	i.a.	-	H
70.13.04	37,10	6	1	i.a.	i.a.	-	H
70.13.12	30,10	6	i.a.	i.a.	i.a.	-	H
76.11.06	8,00	5	4	3	6	18	S
76.11.06	12,00	4	2	3	6	15	S
76.11.07	91,00	1	5	6	1	13	H
76.12.10	70,00	2	6	5	4	17	H
76.13.01	6,45	6	5	4	5	20	S
76.13.01	17,50	4	1	1	6	12	H
76.13.01	33,50	4	4	2	6	12	H
76.13.02	11,80	4	1	1	6	12	H
76.13.03	22,20	3	1	1	6	11	H
76.13.04	13,50	4	6	6	1	17	H
80.02.05	13,40	6	6	6	6	24	H
80.11.07	21,00	i.a.	i.a.	6	6	-	H
80.11.18	10,00	1	1	4	6	12	H
80.12.13	47,00	4	5	4	6	19	H
80.14.02	17,50	3	3	5	6	17	H
80.14.03	9,00	3	2	4	6	15	H

* Prøver udtaget fra bestående rørinstallationer, ikke anvendelige til bedømmelse af grundvandets sammensætning.

** H = Hovedreservoir, S = Sekundært reservoir

Tabel 6.6

Traditionelle tungmetaller i rangorden fra 1 for lave koncentrationer til 6 for høje koncentrationer. Fortsat.

Overvejende overfladenært

Dybere længere vestpå

Tabellen, der som anført er opstillet på baggrund af forekomst af et forhøjet indhold af et tungmetal i et filter, viser at højt indhold af et tungmetal som hovedregel følges af høje eller middelhøje indhold af andre tungmetaller. Forhøjede tungmetalindhold ses overvejende at forekomme i de mest overfladenære reservoirer og formodes derfor overvejende at måtte skyldes forurening med tungmetaller, sandsynligvis knyttet til arealanvendelsen og dens påvirkning af det infiltrerende vands sammensætning. Stor tungmetalbelastning forekommer endvidere generelt dybere under terræn jo længere mod vest området er. De høje tungmetalbelastninger i vest-Danmark findes på betydelige dybder, især udenfor isens hovedopholdslinie. Stor tungmetalbelastning forekommer såvel i hovedreservoirer som i sekundære reservoirer. Antages det at forøget tungmetalbelastning overvejende skyldes forurening relateret til arealanvendelsen, afspejler dens udbredelse reservoirernes sårbarhed, herunder mangel på beskyttende lerlag i oplandet til overvågningsområderne.

6.4 Gruppe 3: Andre uorganiske sporstoffer

6.4.2. Molybdæn

Sulfider

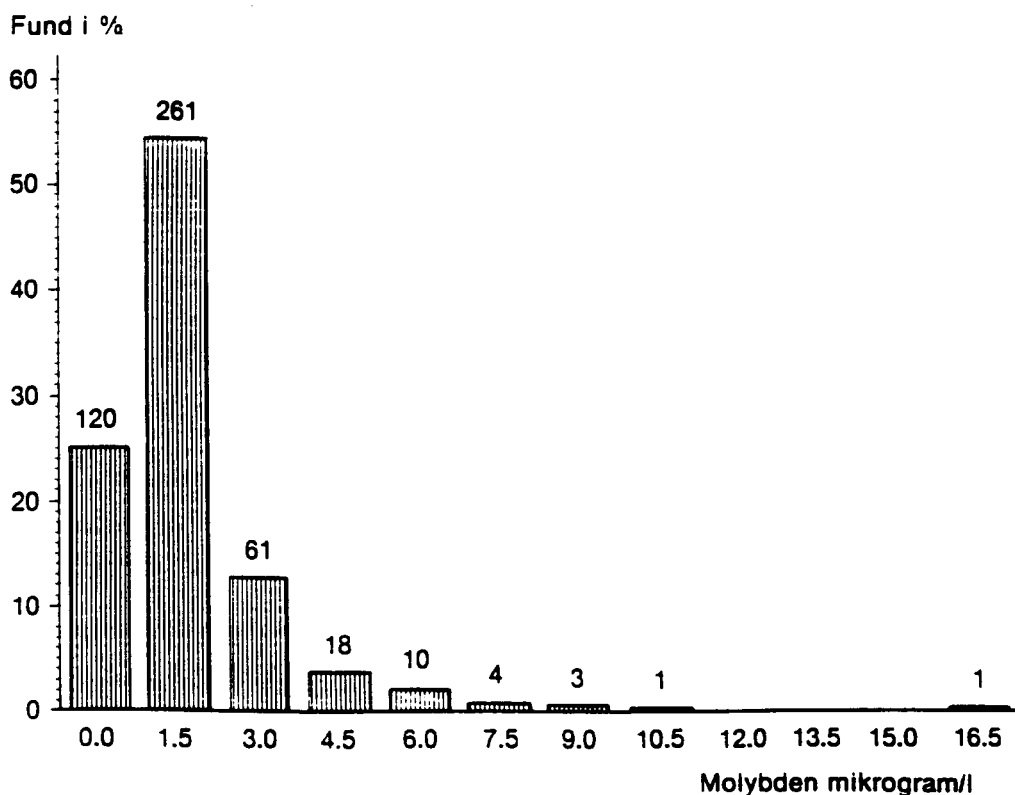
Koncentrationen af molybdæn i danske aflejringer er ikke kendt. Molybdæn forekommer oftest som selvstændige sulfider eller som underordnet følgegrundstof i andre sulfidminerale. Som en følge af molybdæns kemiske egenskaber akkumuleres det således under reducerende betingelser. Molybdæn er et nødvendigt mikro-næringsstof for planter, og har bl.a. betydning for kvælstof-assimilation. Selv om det i meget høje koncentrationer kan have en toksisk effekt for mennesker (Bolt and Bruggenwert, 1976), anses det i det store og hele for harmløst og der er ikke fastsat nogen overgrænse for det tilladte indhold af molybdæn i drikkevand.

Harmløst i grundvand

Af samme grund er der for grundvandsovervågningsprogrammet kun udarbejdet en summarisk oversigt over den statistiske fordeling af molybdæn (figur 6.11). Måleværdier større end $3,5 \mu\text{g/l}$, svarende til 90% percentilen af analyseværdierne, synes at vise, at overvågningsområder med høje molybdæninhold i grundvandet alle ligger øst for isens hovedopholdslinje under sidste istid.

De højeste koncentrationer er målt i grundvandsprøver bestående af kvartært smeltevandssilt, -sand og -grus, efterfulgt af prøver fra reservoirer bestående af moræneler og reservoirer bestående af danienskalk.

Århus Amt finder at indholdet af molybdæn er størst i vandprøver fra unge sedimenter og lavest i udvaskede lerfri sedimenter. Fyns Amt finder at molybdæninholdet stiger med dybden.



Figur 6.11

Molybdæn. Koncentrationsfordeling af positive værdier.

Stensalt

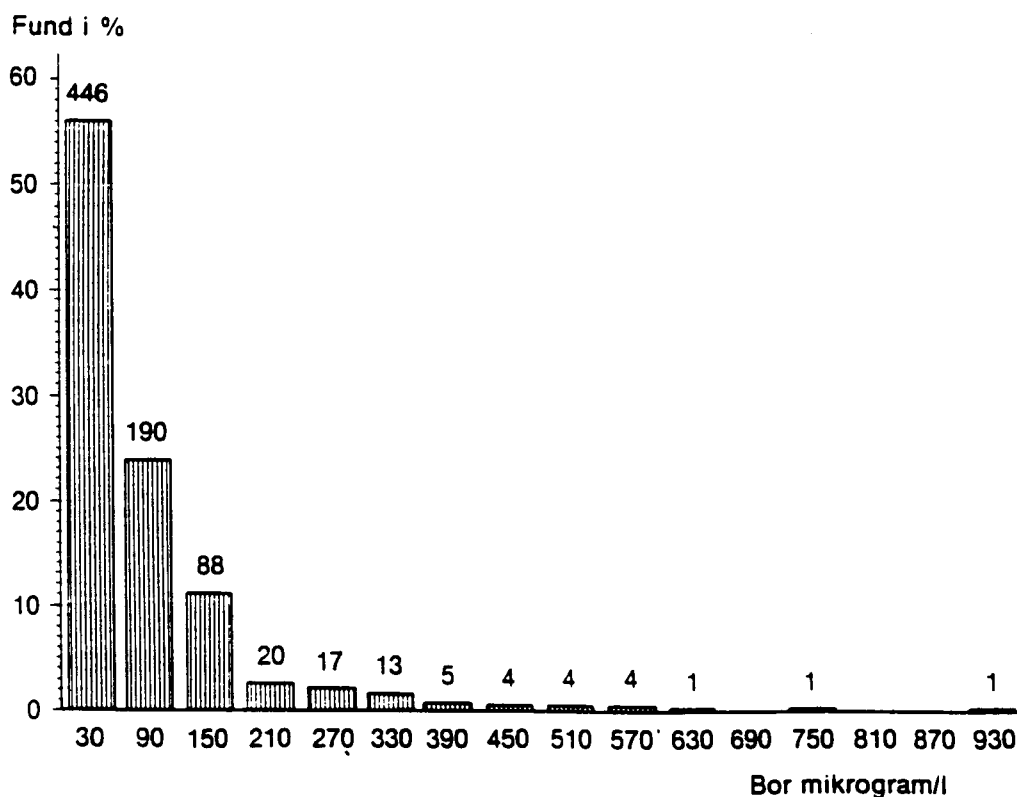
Forurening

6.4.3. Bor.

Koncentrationen af bor i danske aflejringer kendes ikke, men bor forekommer især i sammenhæng med det marine miljø, og høje indhold er således især knyttet til evaporitbjergarter (stensalt). Det forekommer almindeligvis i mindre mængder i jordvæske som et resultat af langsom nedbrydning af borholdige mineraler som for eksempel Tourmalin. Det kan have plantetoksisk virkning ved koncentrationer i jordvæsken, der kun ligger lidt over, hvad der er nødvendigt for optimal vækst. De vigtigste tilførselskilder fra menneskelig aktivitet er slamdeponering, spildevand og afbrænding af kul.

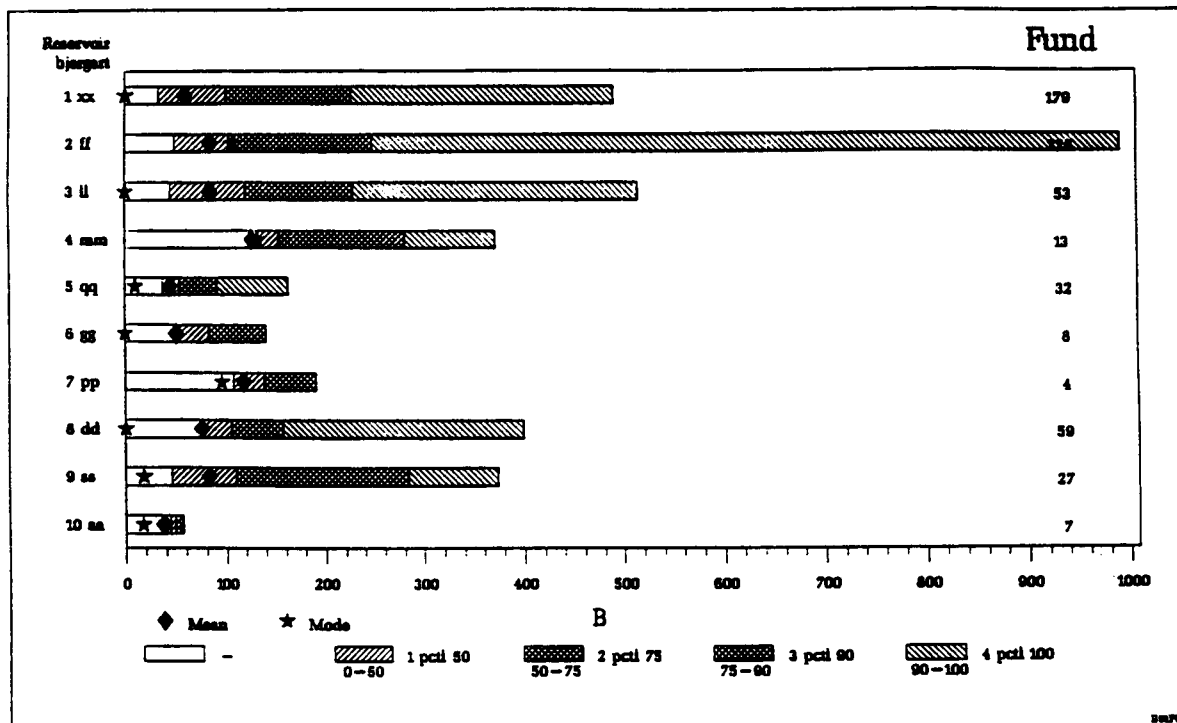
Af de positive bor-bestemmelser i grundvandsovervågningsprogrammet er langt størsteparten af bestemmelserne under $100 \mu\text{g/l}$ og antallet af bestemmelser aftager jævnt op til ca. $200 \mu\text{g/l}$. Derfra og op til den højeste målte koncentration på $938 \mu\text{g/l}$, er der et ujævnt aftagende kontinuum af værdier (figur 6.12), der eventuelt afspejler en varierende grad af påvirkning fra saltvandsindtrængning fra havet eller fra optrængende saltvand fra undergrunden.

Måleværdier over $280 \mu\text{g/l}$ hidrører hovedsageligt fra områder, hvor der er rapporteret om tertiære marine aflejringer, enten faststående eller som flager i kvartæret.



Figur 6.12

Bor. Koncentrationsfordeling af positive værdier.



Figur 6.13

Fordeling af værdier for Bor, fordelt på reservoirbjergart i alle GRUMO-områder.

Udover et marin tilskud antyder datagrundlaget at der også forekommer andre kilder, som kan påvirke fordelingen af bor i grundvandet. I en lang række borer, hvor der er målt i flere dybder falder indholdet af bor med dybden og indholdet af bor er ofte markant højere helt i toppen af disse borer i forhold til resten af boringen. Det fremgår af figur 6.13, at sandede og lerede ferskvandsaflejringer har højere værdier end sandede og lerede saltvandsaflejringer. De markant høje indhold af bor helt i toppen af borer langt fra kysten og med faldende borkoncentration med stigende dybde kan næppe forklares som et resultat af saltvandspåvirkning.

Fyns Amt anfører at der er statistisk sammenhæng mellem fordelingerne af fluor, jod, litium, strontium og bor (svarende til marin influens).

6.4.4. Barium og strontium.

Analog til calcium

Bariums og strontiums geokemiske opførsel i det overfladenære miljø er analogt til calciums, der er en af hovedbestanddelene i grundvandsovervågningsprogrammet. I mineralgitteropbygning og bjergartssammenhæng følger strontium meget tæt calcium, mens barium i højere grad følger kalium. Indholdet af strontium i danske aflejringer er tæt korreleret med calciumindholdet (Binzer 1974). Der foreligger ingen undersøgelser af bariumkoncentrationen i danske aflejringer, men det kan antages at bariumkoncentrationen følger indholdet af kaliumholdige mineraler som biotit og kalifeldspat.

De overordnede styrende parametre for fordelingen af barium og strontium i det hydrogeokemiske miljø forventes at være de samme som for calcium.

Barium i bentonit

Der er ikke fastsat krav til indholdet i drikkevand ud over en vejledende værdi for barium på 100 $\mu\text{g}/\text{l}$. Barium anvendes på grund af sin store vægtfylde som en hovedbestanddel af bentonit. Der synes derfor at være en risiko for at bariumindholdet i de analyserede vandprøver er øget som følge af etableringen af overvågningsboringerne, idet bentonit er anvendt til forsegling af filterintervallerne i boringerne. Der er konstateret bariumindhold, der overskrider den vejledende værdi på 100 $\mu\text{g}/\text{l}$ for drikkevand i 216 prøver ud af 675. Høje værdier forekommer i alle overvågningsområderne med undtagelse af de i tabel 6.7 nævnte.

15.11	30.02	65.01	80.02
20.12	40.01	70.01	80.12
20.13	55.01	70.13	80.13
25.02	60.01	76.01	80.14
30.01	60.14	80.01	

Tabel 6.7

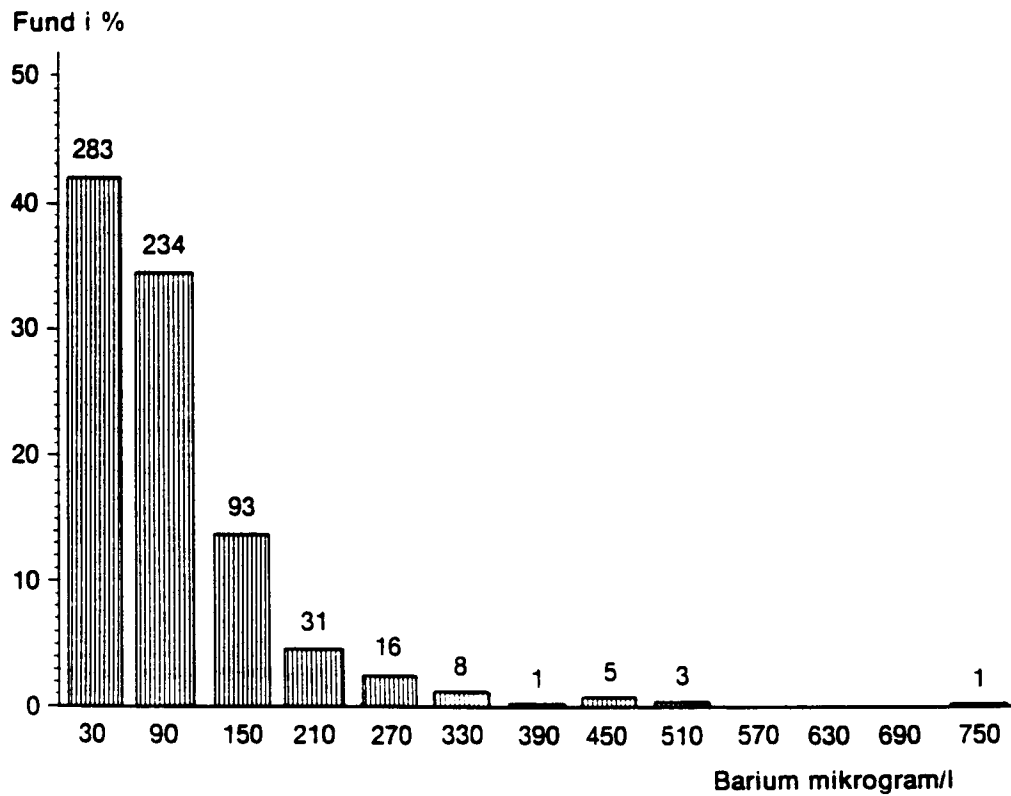
Overvågningsområder hvor der ikke er konstateret højt indhold af barium.

Normalt antages bariumindholdet i grundvand at være styret af indholdet af sulfat, idet bariumsulfat er tungt opløseligt. Beregninger for Århus Amt viser at barium forekommer i højere koncentrationer end sulfatindholdet berettiger til. Ud over et muligt tilskud af barium, eventuelt på kompleks form, fra bentonit, er det konstateret ved undersøgelser i jord og på havbunden, at barium kan akkumuleres i manganoxider.

Oversigter over fordelingerne af barium og strontium fremgår af figurene 6.14 og 6.15.

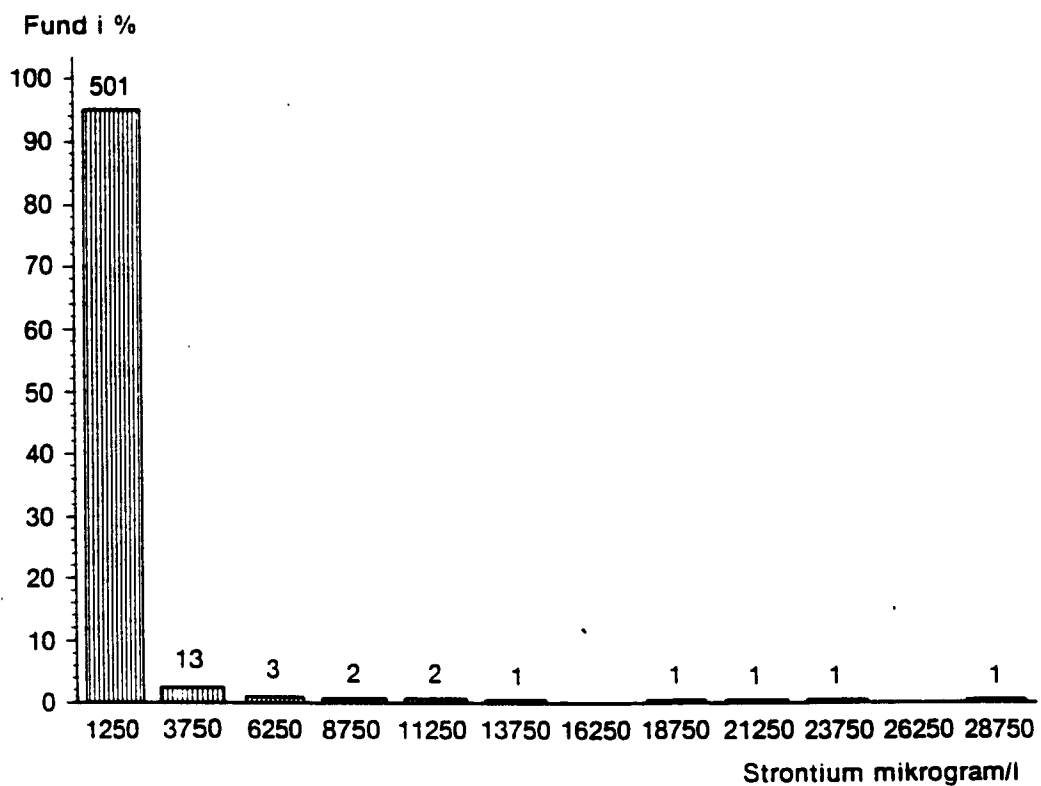
Grupperet efter reservoirbjergart optræder de højst målte koncentrationer af begge, men især strontium, som på forhånd antageligt i reservoirer bestående af kalk. De markant højeste koncentrationer for begge sporstoffer findes i reservoirer af skivekridt, mens koncentrationerne i reservoirer af danienskalk især for bariums vedkommende ikke adskiller sig væsentligt fra reservoirer bestående af andre bjergarter.

Vejle Amt finder at indholdet af calcium, strontium og barium er korreleret. Frederiksborg Amt anfører, at ekstremt høje strontiumindhold kan skyldes forekomst af konkretioner i kalkreservoirer.



Figur 6.14

Barium. Koncentrationsfordeling af positive værdier.



Figur 6.15

Strontium. Koncentrationsfordeling af positive værdier.

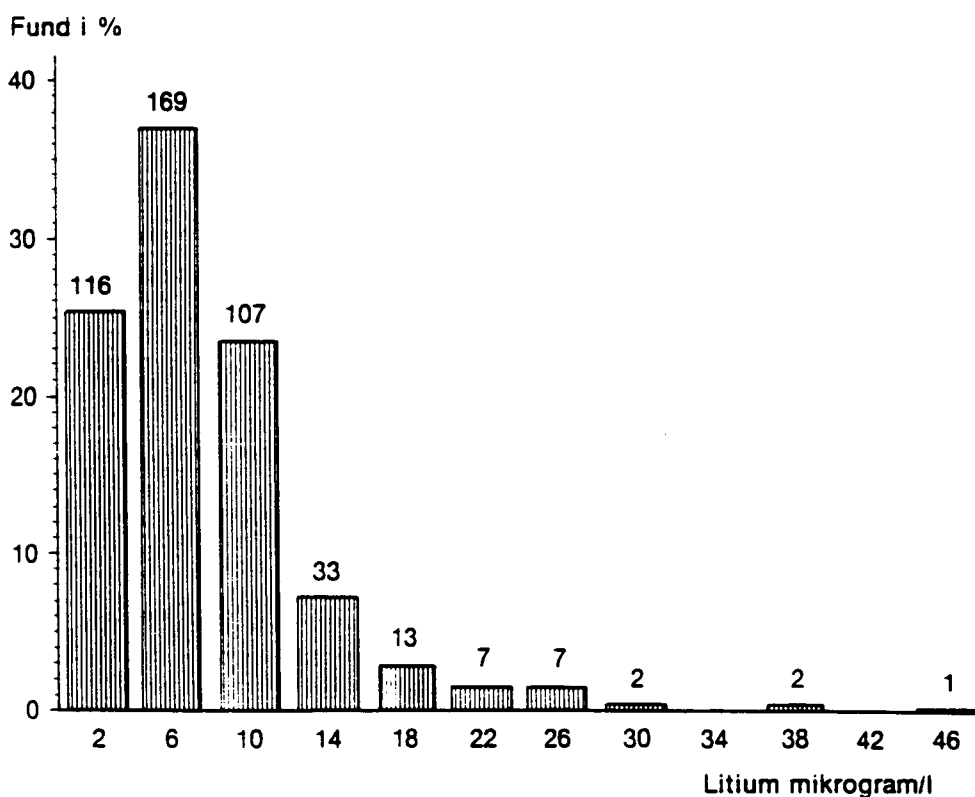
6.4.5. Litium

Litium findes i danske aflejringer i varierende mængde: moræner 10 - 15 ppm, tertiær 25 - 110 ppm og kalkbjergarter op til 2 ppm (Binzer 1974 og Dinesen, 1976). Litium findes i naturen i specielle mineraler som for eksempel Tourmalin samt i almindelige lyse mineraler, hvor det erstatter magnesium, samt i glimmerminerale. I det overfladenære miljø er litium særdeles mobilt og udvaskes let. Det kan dog indbygges i nydannede lerminerale, og findes fortrinsvis i marine leraflejringer. Litium er formentlig ikke nødvendigt for planter og dyr og er formentlig harmløst. Dog anvendes litium medicinsk i visse psykofarmaka. Der er ikke fastsat krav til indholdet af litium i drikkevand.

Indholdet og fordelingen af litium i grundvandsprøver fra overvågningsområderne fremgår af figur 6.16.

De højeste litiumkoncentrationer forekommer i overvågningsområder i hvilke, der forekommer tertiære aflejringer enten faststående eller som flager i kvartæret.

De højeste koncentrationer er målt i reservoirer bestående af moræner, og det må antages, at der i moræneleret indgår materiale fra marine tertiære aflejringer, som under isens fremrykning er blevet blandet op i det materiale, som i forvejen fandtes i isen. De næsthøjeste koncentrationer er målt i reservoirer bestående af sandede aflejringer af kvartær alder. Dog er der målt næsten lige så høje koncentrationer i reservoirer bestående af skrivekridt, hvilket set i relation til de relative indhold af litium i forskellige reservoirbjergarter forekommer overraskende.



Figur 6.16

Litium. Koncentrationsfordeling af positive værdier.

Århus Amt finder de højeste indhold ($\sim 7 \mu\text{g/l}$) i sandede reservoirer. Fyns Amt finder at indholdet af litium stiger med dybden.

6.5 Sammenfatning. Uorganiske sporstoffer.

De uorganiske sporstoffer er delt i tre grupper :

Tungmetaller med kendt toksisk virkning: Kviksølv, bly, cadmium og arsen. Endvidere cyanid, der ikke er et metal, men en kemisk forbindelse,

Traditionelle tungmetaller: nikkel, zink, kobber og krom

Andre uorganiske sporstoffer: molybdæn, bor, barium, strontium og litium.

Af disse tre grupper er første gruppes sporstoffer absolut uønsket i grundvandsreservoirer på grund af deres toksiske virkning og fordi de ikke har nogen kendt positiv effekt på den menneskelige organisme. Stoffer fra gruppe 2 er ønskelige i små mængder, da de er nødvendige for visse stofskifteprocesser, mens de i større koncentrationer kan virke allergifremkaldende eller på anden måde sundhedsskadelige. Af gruppe 3 placerer bor sig på linie med stofferne i gruppe 2, mens resten anses for indifferente.

GRUMO Område	Toksiske		Traditionelle		Dybste filter m.u.t.	Depoter	Reservoir- type *
	Antal fra tabel 6.5	Dybde m.u.t.	Sum fra tabel 6.6	Dybde m.u.t.			
15-11	11	3-74	17	8,4	76	+	?
35-13	6	7-28	19	7,0	28	+	H
40-10	7	8-30	65	15-30	33	-	H
42-01	5	13-60	15	18	68	+	H
42-11	7	18-47	20	47	47	+	H
50-01	5	9-34	15	18	35	-	H
50-11	4	12-30	54	1,5-3,7	69	-	S
60-14	1	23	17	23	35	-	H
65-12	2	4-5	21	4,5	38	-	H
65-13	4	7-13	78	10-13	32	-	H
65-14	3	8-37	21	8	141	-	S
76-12	7	35-88	17	70	88	-	H
76-13	2	6-13	37	6-13	36	-	S
80-02	4	13	24	13	51	-	H

* H = Hovedreservoir, S = Sekundære reservoirer

Tabel 6.8

Sammenfald af forekomst af toksiske og traditionelle tungmetaller i grundvandsprøver fra overvågningsområderne.

Blandt stofferne fra gruppe 1 er kviksølv det mest udbredte at dømme efter analyserne fra grundvandsovervågningsprogrammet. Sammen med arsen forekommer kviksølv i de dybeste filtre i halvdelen af de boringer, hvor der er fundet kviksølv og/eller arsen (tabel 6.5). I alt er der fundet uorganiske sporstoffer fra gruppe 1 i 54 overvågningsområder ud af ialt 67 undersøgte. Med hensyn til dybdefordeling slutter bly og cadmium sig i overvejende grad til de traditionelle tungmetaller fra gruppe 2.

Disse findes hovedsagligt i forhøjede mængder i de mere overfladenære reservoirer, men findes som de toksiske tungmetaller i såvel hovedreservoirer som sekundære reservoirer (tabel 6.6). Undersøgelsen viser, at flere stoffer fra såvel gruppe 1 som gruppe 2 optræder sammen i forhøjede koncentrationer. Overvægten af forhøjede indhold af traditionelle tungmetaller i de overfladenære reservoirer tolkes som en konsekvens af arealudnyttelsen. Sammenfaldende forekomst af uorganiske sporstoffer fra gruppe 1 og gruppe 2 er vist i tabel 6.8.

Det fremgår af tabellen at forhøjede indhold af stoffer fra gruppe 1 og 2 optræder i hele det undersøgte dybdeinterval i områderne Smålyng, Bornholms Amt, Svendborg, Fyns Amt og Skive, Viborg Amt.

Hovedparten af de uorganiske sporstoffer, nemlig cyanid, kviksølv, bly, cadmium, arsen, kobber, molybdæn og bor viser markant de højeste koncentrationer i reservoirer bestående af smeltevandsaflejringer. Hvorledes dette skal tolkes er ikke klart. Smeltevandsaflejringer kan antages at have den største vandbevægelse og den mindste kation-ombytnings-kapacitets-betingede retention og de mest aggressive kemiske betingelser så som lav pH og stor iltmætning, i hvert fald i de øvre dele. De høje iltindhold kan betinge udfældelse af amorfe jern- og manganoxider, der igen kan betinge en vis retention af uorganiske sporstoffer ved medrivningsfældning og/eller adsorption.

På den anden side har disse aflejringer været udsat for udvaskningsprocesser, mindst siden isens tilbagetrækning for ca. 9000 år siden og består derfor overvejende af nedbrydningsresistente mineralkorn af kvarts, der har et særdeles lavt indhold af uorganiske sporstoffer, samt af en ganske lille procentdel af andre resistente tungmineraller, der kan have et højt indhold af uorganiske sporstoffer, herunder tungmetaller. På grund af den meget langsomme naturbetingede nedbrydning af tungminerallerne afgives deres tungmetalindhold imidlertid kun langsomt til det forbigående vand.

På denne baggrund må det anses for sandsynligt, at i hvert fald en del af de målte høje koncentrationer af uorganiske sporstoffer i aflejringer af smeltevandssilt, -sand og -grus, ikke kan skyldes naturbetingede processer, men tilførsel af disse stoffer fra andre kilder på overfladen. I samme retning peger meget høje koncentrationer af især nikkel, men også af cadmium og krom i reservoirer bestående af kalksten og meget høje koncentrationer af nikkel i reservoirer bestående af tertiære kvartsandsaflejringer.

Forekomsten af kviksølv og/eller arsen på stor dybde rejser tvivl om, hvorvidt selv tykke lerlag over reservoirerne yder tilstrækkelig beskyttelse mod forurening ovenfra med disse stoffer.

Helhedsbilledet af de uorganiske sporstoffers fordeling peger på, at sammensætningen af grundvandet antageligt i en væsentlig grad styres af grundvandets strømningsmønster og af sammensætningen af det overfladiske, infiltrerende vand, idet sammensætningen blandt andet afhænger af nedbørens indhold af uorganiske sporstoffer, arealanvendelsen og af tilskud fra punktkildeforureninger. Også ændret arealanvendelse som for eksempel skovtilplantning af agerland kan ændre det infiltrerende vands sammensætning (Raulund-Rasmussen og Borggaard, 1991).

7

Pesticider og detergenter

7% med pesticider

Amterne har i 1990 og 1991 fundet pesticider i grundvandsprøver fra 36 filtre ud af de i alt 528 undersøgte filtre, svarende til en fundhyppighed på ca 7%. De konstaterede pesticider forekommer i 20 områder ud af de 64 der er undersøgt.

8 pesticider

I alt 8 forskellige pesticider er konstateret i grundvandet i overvågningsområderne. Pesticiderne findes både i sårbare sandreservoirs med frit grundvandsspejl og i sandlag og sandlommer beskyttet af moræneler, der ofte har en betragtelig tykkelse. Nogle af fundene kan antagelig forklares ved en nedadrettet transport i nedsivningsvand langs borerør, eller ved lokal forurening som følge af brug af bekæmpelsesmidler i nærheden af borerør. De fleste fund af pesticider i grundvandet stammer dog fra brugen af pesticider i land- og skovbrug.

Beregninger af anvendte stofmængder i landbruget viser, at op til 99,995% af det anvendte stof skal omsættes i dyrkningslaget og i grundvandsmagasinet, før at et indhold i grundvandet på under $0.1 \mu\text{g/l}$ nås.

6% - 14% fund i andre lande

Andre overvågningsprogrammer og undersøgelser i Europa, USA og Canada viser, at der i disse lande findes pesticider i et antal, der varierer mellem 6% - 14% af de undersøgte vandprøver, og ofte i langt større koncentrationer end dem, der er fundet i dansk grundvand. Med den baggrund er det ikke overraskende at finde pesticider i det danske grundvand. Det er snarere overraskende, at der kun er konstateret pesticider i relativt få boringsfiltre, og at der er store dele af landet, hvor pesticider ikke er fundet.

50% ikke genfundet

Der er i 1991 udført en del pesticidbestemmelser på grundvand fra filtre, hvor amterne i 1990 fandt pesticider. I over 50% af disse blev der ikke genfundet pesticider. Dette skyldes, ifølge amterne, indkøringsproblemer på analyselaboratorierne. Disse nye analyser er udført på nyudtagne vandprøver, hvor mange af de tidligere fund lå tæt ved detektionsgrænsen.

7.1 Årets rapporterede data.

Amterne har i 1992 indsendt rapporter eller datafiler til DGU omhandlende specialanalyseprogrammet, herunder pesticidanalyser udført på grundvandsprøver, der er udtaget i 1990 og 1991 samt enkelte udført i 1992.

Pesticidanalyserne omfatter, ifølge analyseprogrammet, følgende stoffer: Diklorprop, meklorprop, MCPA, DNOC, dinoseb, atrazin, simazin, 2,4-D samt alaclor, aldicarb, carbofuran, methylisothiocyanat, 1-2-diklorpropan, 1-3-diklorpropan, TCA. Amterne har i specialanalyseprogrammet analyseret for de første 7 pesticider, men nogle amter har også analyseret for pesticider, der anvendes lokalt, for eksempel Sønderjyllands Amt, der har analyseret for 2,4-D.

Pesticidanalyseprogrammet planlægges revurderet efter første analyserunde, når pesticidtilstedeværelsen i grundvandet er nærmere belyst.

Af amternes indsendte rapporter og datafiler fremgår følgende:

- Der blev i 1990 udtaget ca. 255 vandprøver til analyse for pesticider, mens der i 1991 er udtaget ca. 302 vandprøver (i alt 557 analyser).
- De 557 vandprøver er udtaget fra 528 grundvandsfiltre.
- Der er fundet pesticider som enkeltstof i 43 tilfælde.
- Der er påvist pesticider i vandprøver udtaget fra 36 grundvandsfiltre placeret i 27 overvågningsboringer.
- I 7 af disse grundvandsfiltre blev der i samme vandprøve fundet 2 pesticidtyper.
- I 1991 er der udført 30 nye analyser af genudtagne vandprøver fra filtre, hvor der ved første analyse blev fundet pesticider.

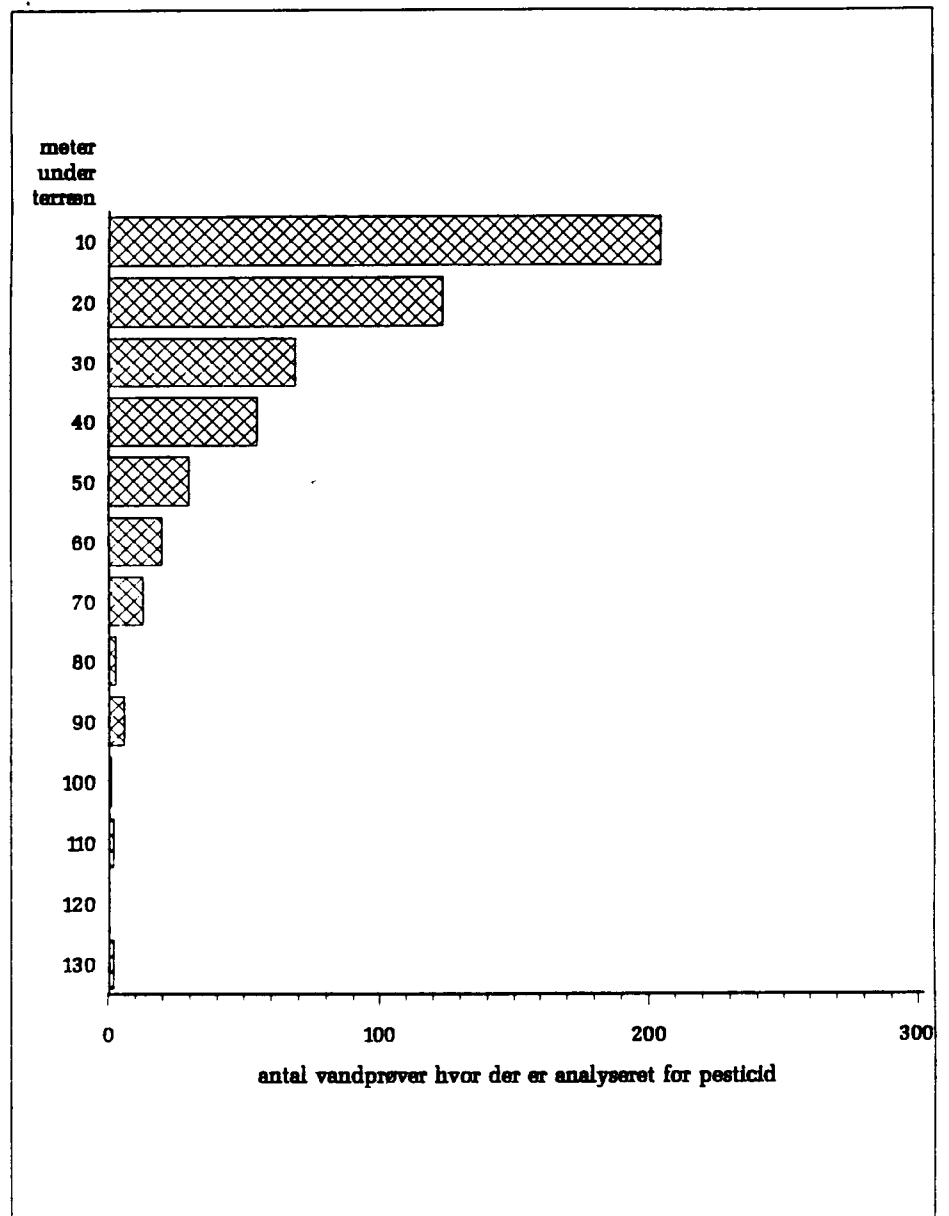
Forekomsten af pesticider i 36 filtre svarer til en fundhyppighed på ca 7% af de undersøgte grundvandsfiltre.

En hyppighed på 7% er en lille nedgang i forhold til sidste år, hvor hyppigheden blev udregnet til 11%, (Nygaard, 1991 og Kristiansen, 1992). Den mindre hyppighed skyldes især, at pesticidfund fra 1990 i grundvand fra filtre, som også er undersøgt i 1991, og som i denne anden omgang ikke indeholdt pesticider, er udeladt fra dette års data. Samtlige genanalyser er udført på nye vandprøver udtaget i 1991.

Prøvetagningshyppigheden i områderne varierer stærkt; nogle områder er således kun repræsenteret af 1-2 vandprøver udtaget fra en enkelt boring, mens der i andre områder er udtaget vandprøver fra 16-17 filtre. Nogle amter har indrapporteret ca 60-70 analyser fra 5-6 områder pr. amt, mens andre amter, ifølge de indsendte datafiler, har udført 10-30 analyser fra 5 områder pr. amt.

Af figur 7.1 fremgår, at størstedelen (ca. 60%) af de analyserede vandprøver er udtaget i de øverste 20 meter af grundvandsreservoirerne, og at antallet af analyserede vandprøver falder med dybden. Der er dog udtaget enkelte vandprøver fra dybder på mere end 100 meter.

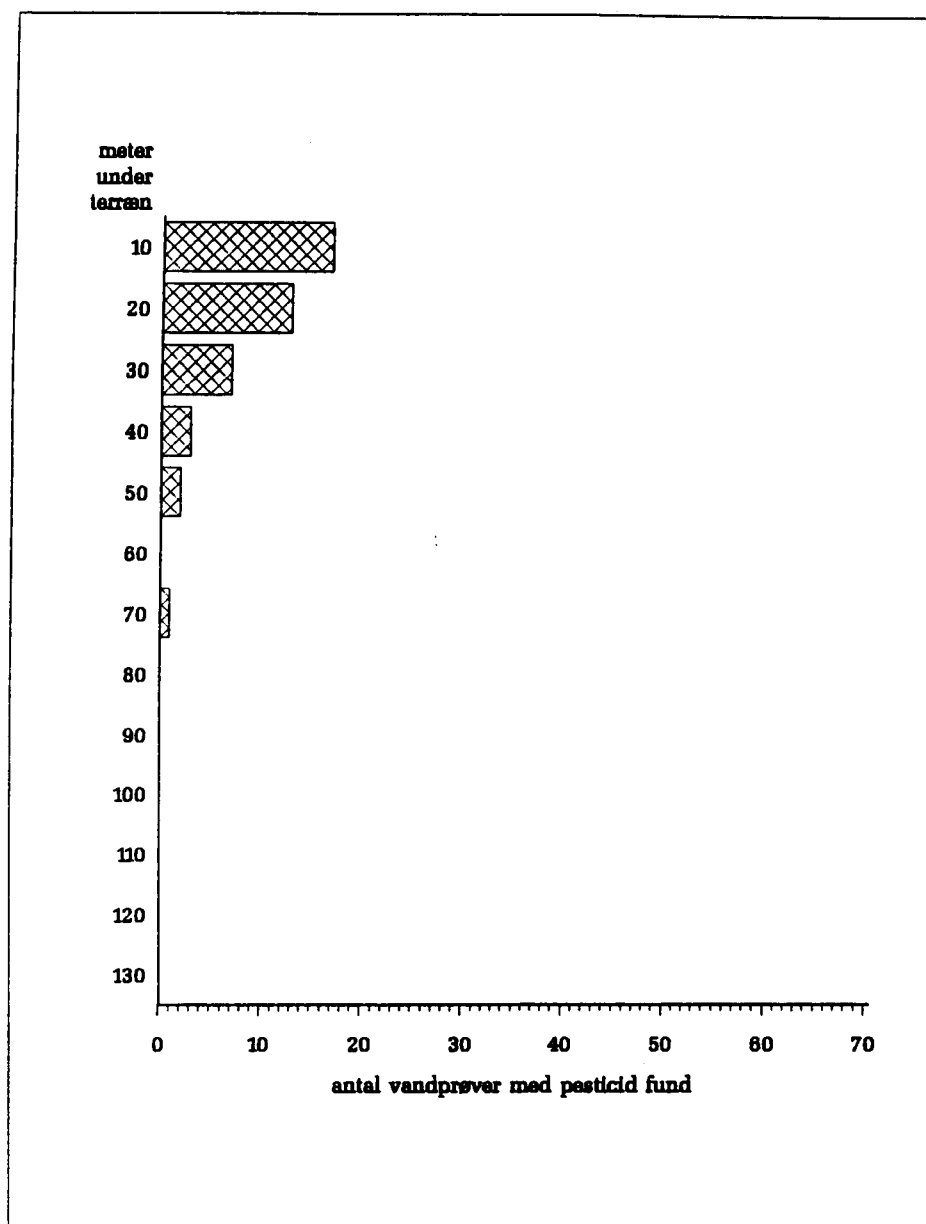
Prøver med pesticidfund forekommer hyppigst i den øvre del af grundvandsreservoirerne, hvor ca. 70% af fundene findes i de øverste 20m, mens ca. 85% findes i de øverste 30 meter, figur 7.2 Der er fundet et enkelt pesticid i en dybde på ca 70 meter.



Figur 7.1

Antal vandprøver udtaget til pesticidanalyse mod prøveudtagningsdybde.

Der er i 1991 udført 30 analyser af grundvand fra filtre, hvor der tidligere (1990) blev påvist pesticider. I 21 tilfælde blev der i de nyudtagne vandprøver ikke genfundet pesticider, mens der i 9 tilfælde blev genfundet pesticider.



Figur 7.2

Antal af positive pesticidfund, som enkeltstof, mod prøveudtagningsdybde.

Pesticid	Intet indhold ved 2. analyse	Genfund
MCPA	11	
Atrazin	3	3
Dinoseb	3	
2,4-D	1	
Meklorprop	1	1
Diklorprop	1	1
Simazin	1	4

Tabel 7.1

Resultater af genanalyse for pesticider.

Fejlanalyser

Som det ses af tabel 7.1 synes der at være fejlanalyseret for MCPA i 11 tilfælde i 1990, hvilket svarer til ca 3/4 af MCPA fundene i 1990. Amterne mener, at den relativ store mængde fejlanalyser kan skyldes indkøringsproblemer på analyselaboratorierne eller forurening af vandprøverne ved prøvetagningen.

Når de genanalyserede vandprøver fra 1991, hvor der ikke blev genfundet pesticider, fratrækkes fundene fra 1990, er der fra 1990 18 resterende pesticidfund. I 1991 blev der fundet pesticider i 25 tilfælde (som enkeltstof).

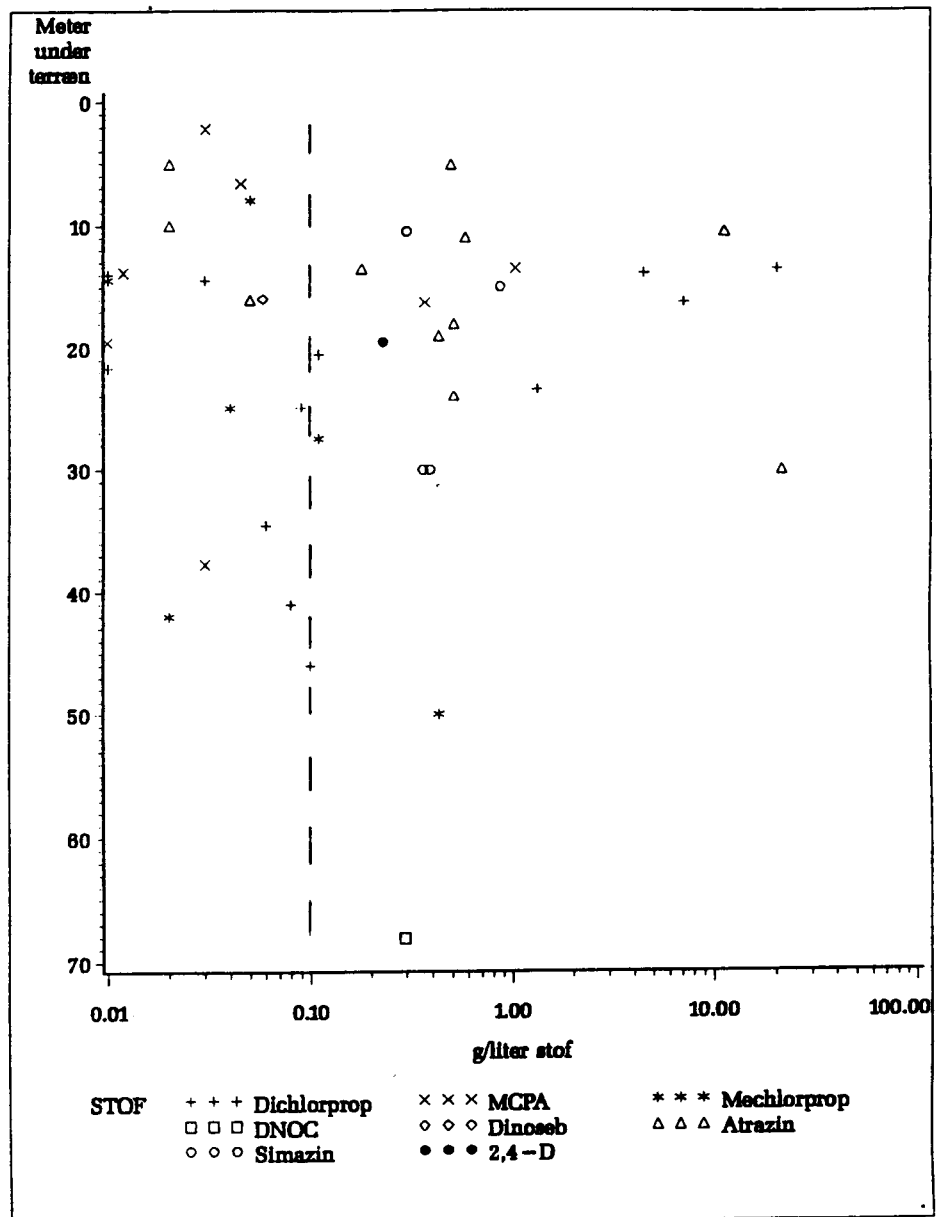
Amterne planlægger ydeligere at verificere en del af pesticidfundene fra både 1990 og 1991, og det kan antagelig forventes, at nogle af disse analyser vil vise, at pesticidindholdet i de genudtagne prøver er under detektionsgrænsen (0.010-0.020 $\mu\text{g}/\text{l}$). Da mange af påvisningerne ligger tæt ved detektionsgrænsen, kan det dog ikke udelukkes, at der i de genudtagne og genanalyserede prøver, hvor der ikke blev påvist pesticider, har været, eller er, pesticider i små mængder.

Hovedparten af pesticiderne forekommer i den øvre del af grundvandsmagasinerne, og kun enkelte stoffer er fundet under 40 meters dybde. I det øverste grundvand er MCPA, atrazin, simazin og diklorprop hyppigst forekommende, mens diklorprop, meklorprop, MCPA og DNOC også findes i dybder på mere end 30 meter. I 24 påvisninger er pesticidkoncentrationen over grænseværdien for pesticidindhold i drikkevand (0.1 $\mu\text{g}/\text{l}$), mens 19 påvisninger er under denne grænseværdi.

Pesticid	Antal påvisninger	Koncentration
Diklorprop	12	0,010 - 20,300 $\mu\text{g}/\text{l}$
Atrazin	11	0,020 - 21,500 $\mu\text{g}/\text{l}$
Meklorprop	6	0,010 - 0,430 $\mu\text{g}/\text{l}$
MCPA	7	0,010 - 1,040 $\mu\text{g}/\text{l}$
Simazin	4	0,160 - 0,870 $\mu\text{g}/\text{l}$
Dinoseb	1	0,058 $\mu\text{g}/\text{l}$
DNOC	1	0,294 $\mu\text{g}/\text{l}$
2,4-D	1	0,230 $\mu\text{g}/\text{l}$

Tabel 7.2

Pesticider, der ifølge amternes datafiler og rapporter, er fundet i vandprøver udtaget fra grundvandet. (Pesticidfund fra 1990, der er genanalyseret på nyudtagne vandprøver uden genfund, er udeladt).



Figur 7.3

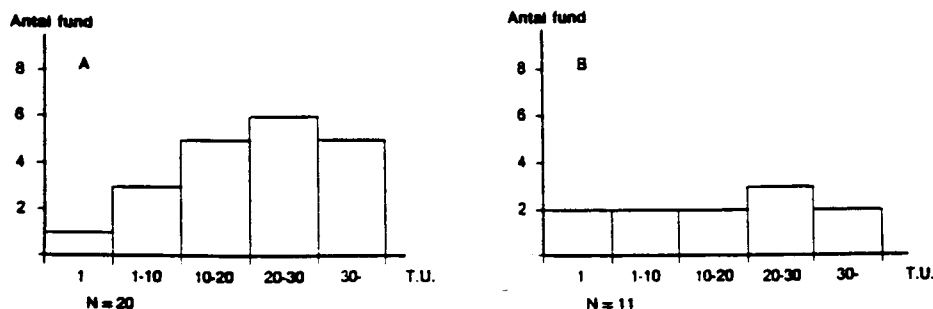
De påviste pesticidtyper mod prøveudtagningsdybde. Den stiplede linie viser grænseværdien ($0.1 \mu\text{g/l}$) for enkeltstoffer i drikkevand. Detektionsgrænsen er for de fleste stoffer $0.010 \mu\text{g/l}$.

Tritium og pesticider

Amterne har udført ca 600 tritiumanalyser for at belyse grundvands alder. I de 34 filtre med pesticidmålinger er der målt tritium i 20. Af figur 7.4A fremgår, at der kun forekommer én måling med et tritiumindhold der er <1 . I intervallet 1-10 TU forekommer én måling på 1,2 TU, mens resten af filtrene indeholder op til 43 TU. Der er således kun ét filter hvor pesticid forekommer i grundvand dannet før 1953, mens resten af de udtagne vandprøver stammer fra grundvand, der er yngre. De to vandprøver med lavt tritiumindhold stammer fra samme boring, DGU nr. 155.763 i Nr. Søby på Fyn, og er udtaget i 42 og 50 meters dybde. Fyns Amt skriver, at pesticidindholdet i disse filtre kan stamme fra overfladevand, der er infiltreret langs boringens forerør. Figur 7.4B viser tritiumindholdet i grundvand udtaget fra 11 filtre, hvor der er

Kontamination

påvist pesticider i den først udtagne vandprøve, men ikke i genudtagne vandprøver. For disse vandprøver gælder, at 2 tritiummålinger viser, at vandprøverne er udtaget fra grundvand dannet før 1953, mens resten er yngre.



Figur 7.4

A - Antal filtre med pesticidfund mod tritiumindhold målt i tritium units (TU). Antal vandprøver med pesticidfund uden TU målinger er 14.

B - Antal filtre, hvor genudtagne vandprøver ikke indeholder pesticid. Antal genudtagne vandprøver uden TU målinger er 3. I både A og B er udeladt i alt 4 målinger, hvor TU er opgivet som < 10 TU.

7.2 Kommentarer til genanalyser og pesticidfund

Roskilde Amt

Roskilde Amt fandt i 1990 atrazin i tre borer. Ved genanalyse af nye vandprøver fra to af borerne blev stoffet ikke genfundet. Tilsvarende blev to fund fra 1990 af diklorprop ikke påvist ved genanalyse.

Nordjyllands Amt

Nordjyllands Amt har i 1991 genanalyseret samtlige 1990-prøver (28) og ikke genfundet MCPA i nogle af de 7 filtre, hvor stoffet tidligere blev påvist. I yderligere 51 prøver udtaget i foråret 1992 er der ifølge amtet ikke påvist pesticider. De tidligere fund kan måske skyldes laboratoriefejl eller prøvetagningsfejl.

Laboratoriefejl ? Prøvetagningsfejl ?

Århus Amt

Århus Amt har ved ny analyse afkræftet et tidligere fund på Samsø, hvor der i 1990 blev fundet simazin. Amtet har dog ved Fillerup fundet en forekomst af dinoseb i et filter, hvor der planlægges en omprøve. Amtet har i 1992 planlagt en omfattende prøveudtagning, og Amtet skriver i den forbindelse, at en yderligere diskussion af pesticidproblemet bør afvente disse resultater.

Ribe Amt

I Ribe Amt er der ved analyse af nyudtagne vandprøver ikke genfundet et svagt forhøjet atrazin indhold fra 1990 i en vandprøve udtaget ved Vorbasse. Den første analyse tilskrives en laboratoriemæssig indkøringsfejl. I en prøve, hvor der er fundet atrazin, (0.49

$\mu\text{g/l}$), henføres fundet til kemisk renholdelse af et løvtræsbælte. Sidstnævnte fund afventer verifikation ved genudtagning af vandprøve.

Bornholms Amt

Bornholms Amt fandt ved Smålyngen fire pesticidtyper fordelt på fem filtre i tre borer. I to borer stammer pesticiderne antagelig fra ukrudtsbekæmpelse på en gårdsplads og kørselsarealer i nærheden af borerne, mens pesticidfund i en tredje boring, (0,11-0,09 $\mu\text{g/l}$), kan stamme fra landbrugsarealer.

Viborg Amt

Viborg Amt fandt ved Rabis Bæk atrazin i tre filtre, hvor oplandets arealanvendelse er skov/hede, samt atrazin i et filter, hvor oplandets arealanvendelse er landbrug.

Fyns Amt

Tilsvarende har *Fyns Amt*, (Fyns Amt; 1990), fundet atrazin på Brandsø i Lillebælt, (ikke et overvågningsområde). Atrazinen blev målt i overvågningsboringer placeret under et skovareal og i brønde ved bebyggelser. Amtet tolker, at forureningen af brøndene kan være sket ved rengørelse af sprøjteredskaber og ved tilstrømning af overfladevand, samt ved anvendelse af pesticid i nærheden af brøndene. Det fundne atrazinindhold i overvågningsboringerne skyldes anvendelse af sprøjtemidlet i skovdriften.

7.3 Områder med pesticidfund

Pesticider i 20 områder

Der er udtaget vandprøver til pesticidanalyse i 64 områder. I disse 64 områder er der påvist pesticider i 20. I 13 af områderne er der påvist pesticider i et enkelt filter, mens der i 7 områder forekommer pesticider i 2 til 6 filtre i de enkelte områder.

De fleste vandprøver med pesticidindhold er udtaget fra terrænnære reservoirer i sandlag med frit eller artesisk vandspejl samt fra terrænnære sandlommer i moræneler. Kun enkelte vandprøver med pesticidindhold er udtaget fra kalk, mens der i et opland på Bornholm er fundet pesticider i sandsten.

Sandlag og kalk med frit vandspejl er oftest ikke beskyttet af lerlag over grundvandsmagasinerne, og pesticider kan derfor hurtigt transporteres med nedsivningsvandet gennem den umættede zone mod grundvandet. I sandlag og kalk med artesisk (spændt) vandspejl samt i sandlommer i moræneler er både de primære og de sekundære magasiner beskyttet af lerlag, hvor nedsivningshastigheden er meget lille.

Sandlag med frit vandspejl	16 filtre
Sandlag med artesisk vandspejl	8 filtre
Sandlommer i moræneler	3 filtre
Kalk med frit vandspejl	2 filtre
Kalk med artesisk vandspejl	2 filtre
Sandsten med frit vandspejl	5 filtre

Tabel 7.3

Filtre med pesticidfund. I alt 36 filtre.

Undersøgelser udført i Danmark viser imidlertid, at der foregår en hurtig nedadrettet transport af næringsstoffer, tungmetaller og for eksempel pesticider gennem sprækker i den øvre del af moræneleret, sideløbende med en langsom transport gennem mikroporerne i leret, (Jørgensen og Fredericia; 1992). Nogle stoffer, der transporteres i mikroporerne i leret, tilbageholdes eller omsættes hurtigt i ler matrix. Ved Havdrup på Sjælland blev der under en mark, der havde været anvendt som forsøgsfelt, målt atrazin og simazin i sprækkerne i 5-6 meters dybde med en anslået transporttid på ca 10 år (Jørgensen 1990).

Tykkelsen af lerlagene i de grundvandsovervågningsområder, hvor der er målt pesticider, varierer oftest fra nogle få meter til ca 10 meter, men tykkelsen er i enkelte tilfælde op til 20 meter. Det må derfor antages, at nogle af pesticidfundene i sandlommer i moræneler og i sandlag under moræneler kan skyldes pesticidtransport gennem sprækker og makroporer i moræneleret, eller sideværts transport med grundvandet i de højpermeable sandlag under lerlagene.

Der er i 12 tilfælde fundet pesticider i primære grundvandsreservoirer, hvorfra grundvandsindvinding finder sted. I 11 tilfælde er der fundet pesticider i sekundære reservoirer. Der er fundet pesticider i punkt- og liniemoniterende filtre, men kun i et tilfælde i et volumenmoniterende filter.

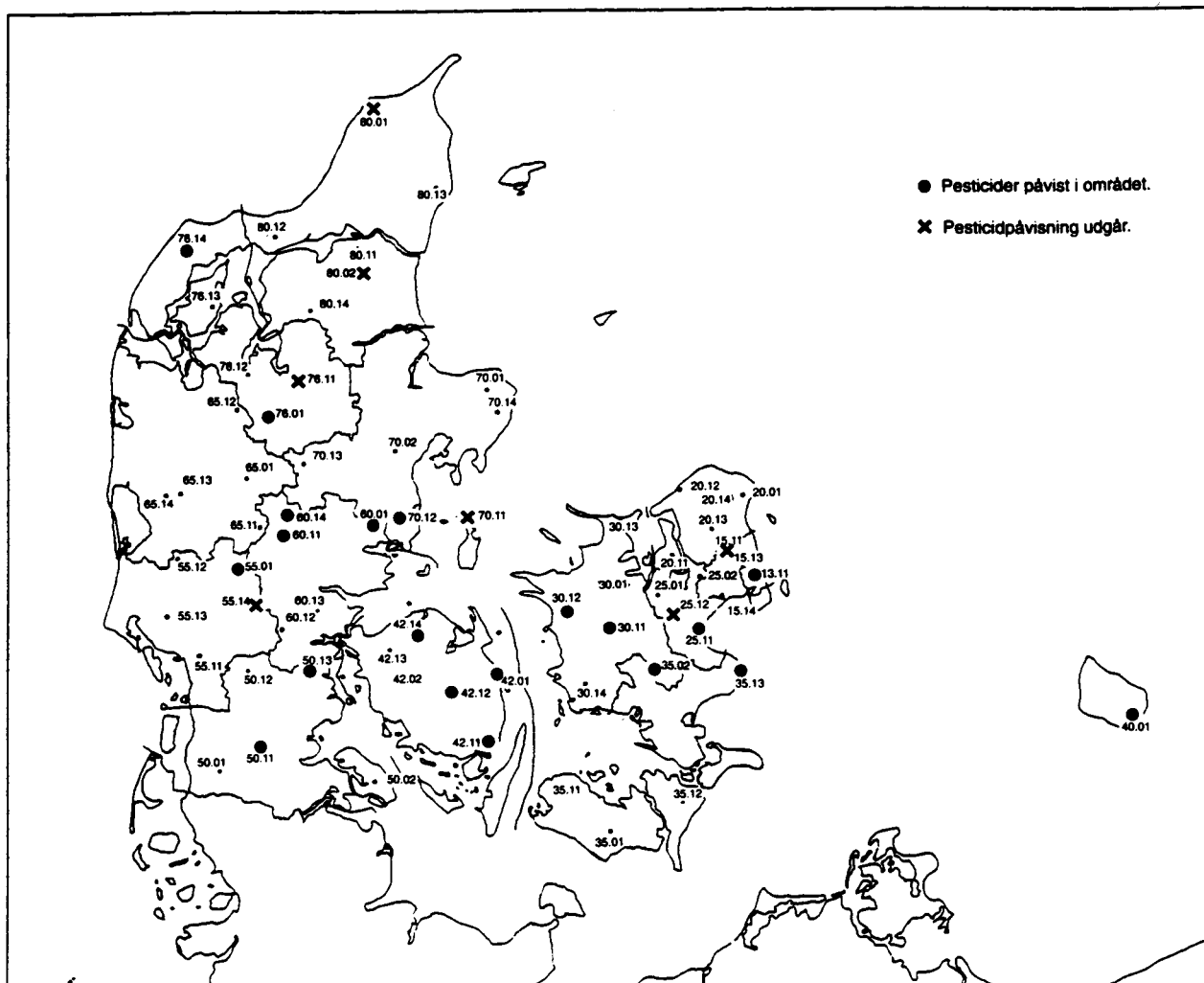
Fyns Amt

I området Nr. Søby (nr 42.12 i Fyns Amt) er der fundet pesticider i 6 filtre. Diklorprop og meklorprop blev begge fundet i det samme filter, mens meklorprop blev målt i 3 filtre og diklorprop i 2. Alle stofferne blev påvist i prøver udtaget fra et sekundært sandreservoir og i et terrænnært sandlag. I begge sandlag er vandspejlet frit, men det nederste af de sekundære sandmagasiner er beskyttet af et ca 10 - 20 meter tykt morænelerslag. Fyns Amt skriver, at pesticidforureningen kan være sket ved nedsvivning langs bore-rørene i to borer i området, men Amtet kan ikke ud fra de foreliggende data med sikkerhed vurdere, hvordan pesticiderne er nået til de respektive reservoirer. Amtet konkluderer, at det store antal fund(10) i amtet tyder på, at der sker en udvaskning fra de øverste jordlag til grundvandsmagasinerne.

Vejle Amt

I Vejle Amt er der fundet MCPA i to filtre ved Thyregod, heraf et fund 68 meter under terræn. To andre MCPA fund fra 1990 (0.028 og 0.020 $\mu\text{g}/\text{l}$) er ikke genfundet ved analyse i 1992. Grundvandsmagasinet kan antagelig betegnes som svagt påvirket af pesticid-anvendelsen i området, der af Amtet beskrives som værende kendetegnet ved at være et sandet område med intensiv dyrkning. I det samme opland er der også fundet bly, kadmium og cyanid i grundvandet, se afsnit 6.

Kun i et område, Ejstrupholm i Vejle Amt 60.14.01, blev der i 1991 målt et atrazinindhold på 0.510 $\mu\text{g}/\text{l}$ i en volumenmoniterende boring. Boringen anvendes til grundvandsindvinding. Der blev ikke påvist pesticider i andre borer i området.



Figur 7.5

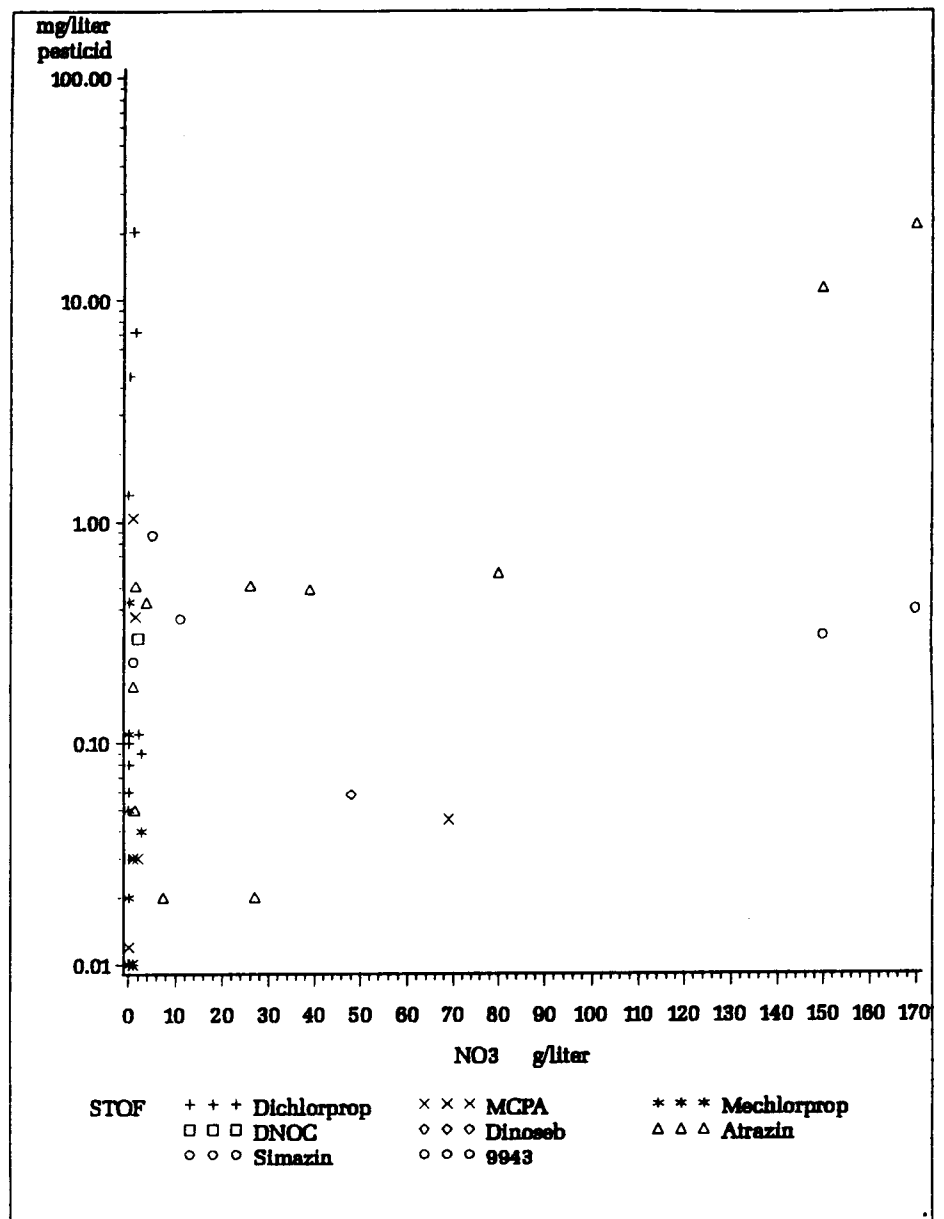
Den geografiske placering af områder med pesticidfund. X - opland udgår, fund fra 1990 er ikke genfundet ved ny analyse i 1991.

Pesticidfundene i områderne er geografisk jævnt fordelt i Danmark, bortset fra Frederiksborg Amt, Ringkøbing Amt og Nordjyllands Amt, hvor der ikke er fundet pesticider, eller hvor tidligere fund ikke er bekræftet ved nye analyser, figur 7.5. Der er på nuværende tidspunkt ingen tydelig geografisk fordeling af pesticidtyper i forhold til oplandstyper eller arealanvendelse, med undtagelse af atrazin, der synes at forekomme, hvor dele af områderne er tilplantet med nåleskov. Dette stemmer overens med anvendelsen af dette stof i skovbruget.

Atrazin i nåleskov?

7.4 Pesticider, nitrat og klorid.

En stor del af pesticidfundene (29) findes i grundvand, hvor der kun er målt et lille nitratindhold, mens de resterende pesticidfund stammer fra vandprøver med et nitratindhold på op til 170 mg/l, figur 7.6.



Figur 7.6

Pesticid- og nitratindhold i vandprøver udtaget i overvågningsområderne.

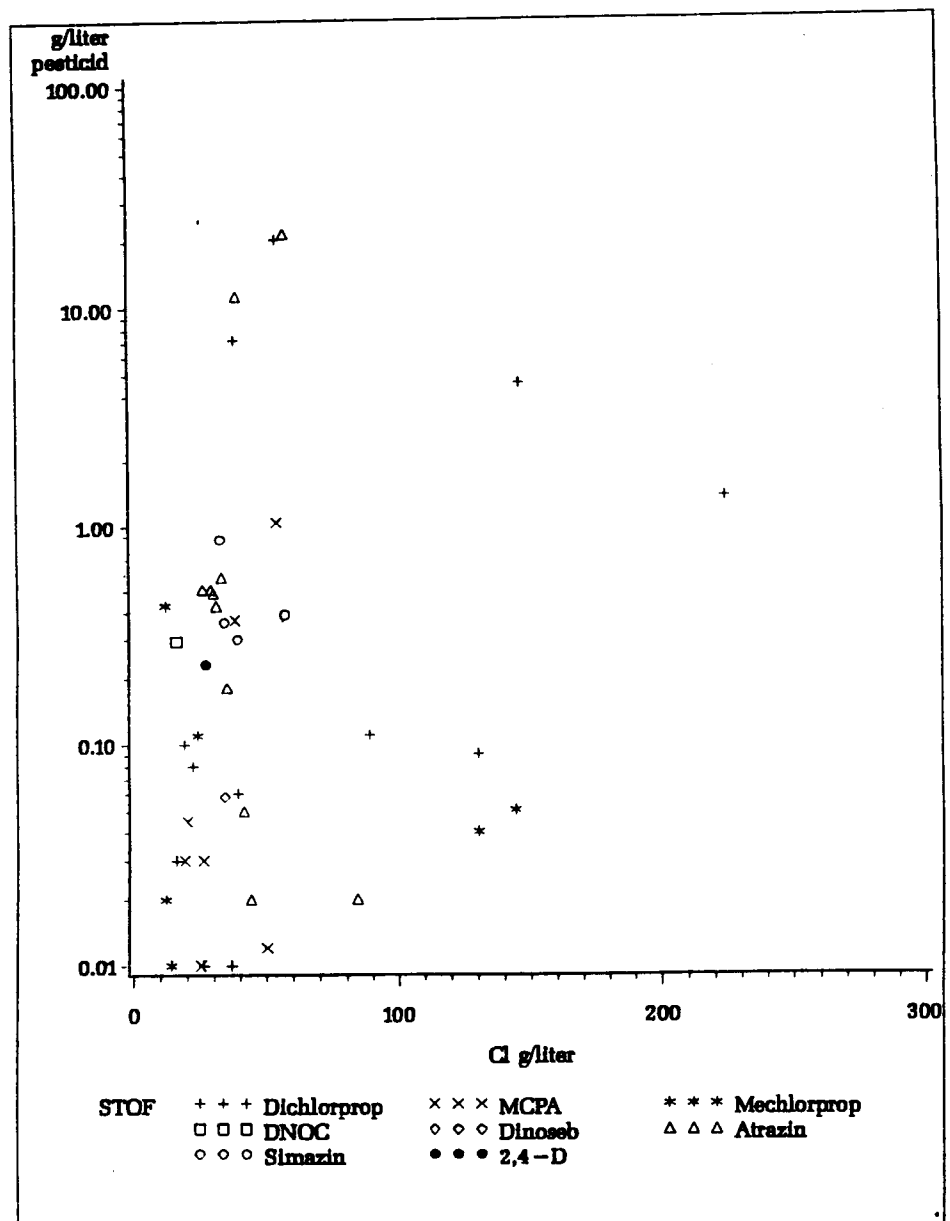
Pesticidfundene kan opdeles i to grupper:

- 1) Én gruppe, der stammer fra vandprøver udtaget fra et reducerende grundvandsmiljø, (hvor nogle af pesticidtyperne er stabile), med et lille eller intet indhold af nitrat, og
- 2) Én gruppe, der stammer fra vandprøver udtaget fra et ilt- og nitratholdigt grundvandsmiljø, hvor der ses en svag tendens mod, at stigende pesticidindhold afspejler stigende nitratindhold i vandprøverne. Der er dog stadig kun få data for denne gruppe.

Der er en svag tendens mod, at stigende pesticidindhold i vandprøverne følges af stigende kloridindhold, figur 7.7. Dette kan afspejle, at handelsgødning og især gylle indeholder klorid.

Kloridindholdet i grundvand dannet under hede- og skovarealer er ca 20-30 mg/l, dog afhængig af afstanden til havet, hvorfra klorid med vinden føres ind over land, mens nitratindholdet i det øverste grundvand før afrondering af skov normalt er 1-5 mg/l.

To vandprøver udtaget under Winklers Plantage ved Rabis Bæk indeholder ca 30 mg Cl⁻/l og 2-4 mg NO₃⁻/l samt et atrazinindhold på 0.430 - 0.510 µg/l. Dette afspejler, at nitrat- og kloridpåvirkningen fra skovarealer er lille, og at pesticidanvendelsen i skovdriften påvirker grundvandsmiljøet under nåleskovene.



Figur 7.7

Pesticid- og kloridindhold i vandprøver udtaget i overvågningsområderne.

7.5 Anvendte pesticidmængder og omdannelsesfaktorer

Miljøstyrelsen har opgjort det samlede forbrug af bekæmpelsesmidler i perioden 1988-1990, (Miljøstyrelsen; 1991). Forbruget er faldet gennem perioden fra 7.978 tons virksomme stoffer i 1988 til 7.324 tons virksomme stoffer i 1990. Opgørelsen omfatter pesticider, men også andre bekæmpelsesmidler som for eksempel midler til behandling af træødelæggende svamp (1990-forbrug - 32.010 kg). Antallet af godkendte virksomme stoffer er i perioden faldet fra 293 til 280.

I Danmark anvendes ca 62% af det samlede areal til landbrugsproduktion, mens ca 12-14% anvendes til skovdrift. Opgøres forbruget af potentielt udvaskelige pesticider, der er medtaget i analyseprogrammet i grundvandsovervågningen, fås et gennemsnitlig årligt forbrug i perioden 1988-90 på ca 1613 tons virksomme stoffer. Antages at denne stofmængde spredes jævnt over det samlede landbrugsmæssigt dyrkede areal, ca. 2.710.000 ha, og at der på landsplan bliver dannet gennemsnitlig 350 liter grundvand pr m², skal 99,94% af stofferne nedbrydes i dyrkningslaget, rodzonen og i jordlagene under denne, før at indholdet af pesticider kommer under et indhold på 0,1 µg/l i grundvandet. En mindre del af disse bekæmpelsesmidler anvendes dog i skovdriften, for eksempel atrazin.

For enkelte pesticider opgives forskellige doseringer målt i kg aktiv stof pr ha, (Forsslund; 1987). Atrazin anvendes som ukrudtsmiddel ved dyrkning af majs og i skovdrift og anbefales anvendt i en dosering på 0,5-7 kg aktiv stof pr. hektar. Regnes igen med en grundvandsdannelse på 350 l pr m², skal der ved anvendelse af 7 kg/ha nedbrydes 99,995% af det anvendte stof på planterne, i rodzonen og i jordlagene under denne samt i grundvandszonen før et indhold på under 0,1 µg/l nås.

Grænseværdi

Grænseværdien for pesticid som enkeltstof i drikkevand er 0,1 µg/l, mens grænseværdien for flere stoffer er 0,5 µg/l. Ved indvinding af grundvand til drikkevandsformål vil der ofte ske en væsentlig fortynding af for eksempel ungt forurenede overfladenært grundvand ved blanding med grundvand af varierende alder i indvindingsboringernes filtre. Det vil derfor ofte ikke være muligt at måle et pesticidindhold i vand fra indvindingsboringer, selv om der forekommer pesticider i små mængder i den øvre del af grundvandsmagasinerne.

Detektionsgrænse

Detektionsgrænsen for de fleste pesticider er i dag 0.010 - 0.050 µg/l, ca 2 - 10 gange lavere end grænseværdien på 0.1 µg/l for drikkevand. (100 ng = 0.1 µg = 0.0000001 gram).

Grænseværdien på 0.1 µg/l i drikkevand blev oprindeligt fastsat som den detektionsgrænse, der var gældende, da værdien blev fastsat. I andre lande udenfor EF er grænseværdien for specifikke stoffer i drikkevand varierende.

Der eksisterer i dag ikke en grænseværdi for pesticidindhold i grundvand, men miljømyndighedernes holdning har været, at der ikke må kunne måles pesticider eller pesticidrester i grundvandet.

7.6 Nedbrydning og transport i grundvand

Forsøg i Canada

Ved forsøg i Canada er der injiceret atrazin og MCPP (meklorprop) i et iltholdigt grundvandsmagasin, hvor grundvandsspejlet ligger ca 0,5-1 m under terræn, (Agertved et al., 1992). Forsøgene viste, at der i et naturligt grundvandsmagasin ikke foregik omdannelse af atrazin i den iltholdige zone i løbet af 96 døgn, mens MCPP efter en biologisk adaptationsperiode på 42-56 døgn blev nedbrudt fra et indhold på 400 µg/l til et indhold på ca. 30 µg/l ved slutningen af forsøgsperioden. Det er derfor muligt, at MCPP kan nedbrydes helt eller delvist ved mikrobiologisk aktivitet i grundvandszonen, såfremt mikrofaunaen i grundvandet er i stand til at adaptere nedbrydning af dette stof.

Denne og andre undersøgelser, (Zeuthen et al., 1988, Helweg, 1987 og Helweg et al., 1991), viser, at nogle af de i dag anvendte bekæmpelsesmidler er sværere nedbrydelige, når stofferne først har nået grundvandszonen, for eksempel MCPA, hvor nedbrydningshastigheden i dybere liggende jord er ca 1/10 af nedbrydningshastigheden i pløjelaget, og meklorprop (MCP), hvor halveringstiden i jord under pløjelaget er mellem 30 og 120 dage mod ca 7 dage i pløjelaget.

Vejen losseplads

Ved en undersøgelse af Vejen losseplads, (Heron & Futtrup, 1991), hvor der er deponeret MCPP, blev pesticidet fundet i en koncentration på 50-100 µg/l i grundvandet i op til 150 meters afstand fra pladsen. Undersøgelsen og in-situ forsøg viste, at MCPP er langsomt nedbrydeligt under iltrige forhold i grundvandsmagasinet, mens der under iltfattige forhold kun foregår en "sporadisk" nedbrydning.

Det må forventes, at der ved anvendelse af stoffer som for eksempel atrazin, MCPP og MCPA kan ske nedsivning mod grundvandsmagasinerne under ugunstige nedbørsforhold, f.eks kraftig regn efter afgrødesprøjtning, og at en nedbrydning på 99,995% af det tilførte stof i rodzonen, og i jordlagene under denne, antagelig ikke vil kunne finde sted under alle danske klimaforhold. Dette gælder især, hvis der sprøjtes i forårs- og efterårsmånederne (grønne marker), hvor der ofte kan forekomme kraftig regn og dermed nedsivning af vand gennem den umættede zone mod grundvandet. Det må derfor forventes, at der kan forekomme påvirkning af grundvandet, når der anvendes bekæmpelsesmidler, og at der fra moderne landbrug og skovdrift vil være en påvirkning af grundvandsmiljøet.

Landbrug og skovbrug

For at vurdere pesticidpåvirkningen af grundvandet må den faktiske nedbrydning og sorption af bekæmpelsesmidler i grundvandszonen afklares, og det må undersøges i hvor høj grad mikrofaunaen er i stand til at nedbryde de anvendte stoffer eller at adaptere nedbrydning af disse.

7.7 Andre overvågningsresultater og sammenstillinger

Der er de senere år publiceret nogle resultater fra større pesticid-måleprogrammer i andre europæiske lande og fra USA og Canada. I disse undersøgelser blev der målt pesticider i grundvandet i et antal, der varierer fra ca 6% til ca 14% af de udtagne vandprøver. I de fleste udenlandske undersøgelser er vandprøverne dog udtaget som blandingsvand fra ældre eksisterende vandindvindingsboringer. I det danske program måles pesticidindholdet, i grundvandsprøver, der er udtaget som værende repræsentative for grundvandstyperne i grundvandsmagasinerne. I det følgende gennemgås nogle udvalgte referencer.

Nebraska

I *Nebraska* viser en sammenstilling af pesticidanalyser fra vandprøver udtaget fra 2263 vandboringer, at der forekom atrazin i 305 boringer svarende til 13,5%, (Spalding et al; 1989). Af disse fund overskred 22 den amerikanske grænseværdi på 3,0 µg/l, mens 191 analyser havde et indhold på over 0,26 µg/l. Den største atrazin hyppighed i grundvandet blev fundet under majsområder, der blev kunstvandet og med mindre end 50 fod til grundvandet. I det samlede antal vandprøver blev der påvist i alt 17 forskellige pesticider. Forfatterne mener, at forekomsten af pesticider i grundvandet i *Nebraska* oftest skyldes nedvaskning fra landbrugsarealer, men at en del af forekomsterne også kan skyldes brug af pesticider i arealerne omkring vandboringerne.

Tyskland

En sammenstilling af analysedata fra det tidligere Vesttyskland viste, at det tyske grundvand og råvand indeholdt en lang række pesticider. For eksempel overskred atrazinindholdet i vandprøver udtaget fra 2264 lokaliteter grænseværdien i 4,9% af tilfældene, mens simazin overskred grænseværdien i 1% af vandprøverne udtaget på 2254 lokaliteter. Meklorprop overskred grænseværdien i 4,5% af de vandprøver, der blev udtaget på 111 lokaliteter. Maksimalkoncentrationerne for de tre stoffer var henholdsvis 1,540, 0,430 og 0,600 µg/l, (Deutsche Forschungsgemeinschaft, 1990). Undersøgelsen omfatter ikke en beskrivelse af lokaliteter og prøve kvalitet, eller hvordan vandprøverne blev udtaget.

Kansas

Ved en undersøgelse i *Kansas* blev der udtaget vandprøver fra 103 tilfældig udvalgte indvindingsboringer, (Streichen et al., 1988). Analyseresultaterne viste, at 8% af samtlige boringer havde et detekterbart indhold af pesticider. I alt blev 7 forskellige pesticider fundet, atrazin oftest med 4 fund. Undersøgelsen viser ikke, om pesticidforekomsten i grundvandet skyldes spild ved boringerne eller normal landbrugsmæssig brug, men der blev fundet en tendens visende, at der oftere forekom pesticider i grundvand med et højt indhold af nitrat. Desuden viste ombestemmelser af analyser med pesticidfund, at pesticidindholdet var større ved anden prøvetagningsrunde, der blev udført i forårsmånederne maj - juni, end i prøver udtaget i vinterhalvåret.

Nebraska

I *Nebraska* fandt Druliner, (1989), pesticidet atrazin ned til ca 75 meter under terræn. De største koncentrationer blev fundet i den øvre del af sandede og grusede reservoirer, fra en dybde af ca 20 meter under terræn og opad. Undersøgelsen viste, at der blev

fundet atrazin i grundvandet under en umættet zone på ca 35 meter, og at der var en tendens til en lineær sammenhæng mellem stigende nitratindhold og stigende atrazinindhold i grundvandet. Der blev også påvist en overhyppighed af atrazinforekomster i iltfrit reduceret grundvand, hvilket kan tolkes som, at nedbrydningen af atrazin sker langsommere under iltfattige forhold.

Duncan et al., (1991), viste forekomst af atrazin i borer i det centrale og østlige *Nebraska*, hvor grundvandet blev dannet ved infiltration af flodvand, der som grundvand strømmede mod et vandindvindingsområde. Flodvandets atrazinindhold varierede gennem en periode på et år fra 0,25 $\mu\text{g}/\text{l}$ til 4,907 $\mu\text{g}/\text{l}$, med det største indhold i de sene forårsmåneder og i de tidlige sommermåneder, mens indholdet i indvindingsvandet varierede mellem 0.084 $\mu\text{g}/\text{l}$ og 2.335 $\mu\text{g}/\text{l}$. Afstanden fra floden til indvindingsboringen var ca 70 meter.

England

I *England*, (World Water and Environmental Engineer; 1992), viste en undersøgelse udført i perioden 1985-87 298 pesticid forekomster, hvor grænseværdien for enkeltstof blev overskredet. 113 forekomster blev fundet i en enkelt region i Østengland, der betegnes som et område domineret af intensivt landbrug.

Danmark

De her nævnte undersøgelser viser, at det ikke er overraskende, at der er fundet pesticider i det danske grundvand i forbindelse med grundvandsovervågnings-programmet. Når der sammenlignes med udenlandske undersøgelser og overvågningsprogrammer forekommer pesticider i *Danmark* relativt sjældent, oftest i små mængder og i den øvre del af grundvandet.

Overraskende få borer

Med den intensive landbrugsdrift, der praktiseres i Danmark, må det snarere overraske, at der kun er konstateret pesticider i relativ få borer, og at der er mange steder i landet, hvor pesticiderne ikke er fundet. I den forbindelse skal det dog bemærkes, at overvågningsområdernes samlede areal er ca. 482 km^2 , svarende til ca. 1,1% af Danmarks samlede areal (43.084 km^2).

Ved et minister seminar afholdt i Haag i november 1991, skrev de hollandske værter bl.a. følgende om pesticider i oplægget til seminaret, (RIVM/RIZA; 1991):

Alle EF-lande trues

"Grundvandet er truet af pesticider i alle EF medlemslande. Dette er oplagt ud fra de tilgængelige overvågningsdata og ved beregninger af pesticidbelastning, jordfølsomhed og udvaskning. Meget høje pesticid mængder (10 kg/ha og højere) er ofte brugt på meget følsomme jordtyper. Det er beregnet, at i 65% af det dyrkede areal vil EF-standarden for summen af pesticider (0,5 $\mu\text{g}/\text{l}$) blive overskredet. I ca 25% af arealet vil denne værdi blive overskredet med en faktor, der er større end 10."

"Organiske pesticider har nu været anvendt i 45 år (siden 2. verdenskrig). Overvågningsdata har kun været tilgængelige i omkring 7 år. For et stort antal pesticider mangler en analytisk metode på 0,1 $\mu\text{g}/\text{l}$ niveauet. Af disse grunde og fordi overvågningsprogrammer generelt er små, eller manglende, i nogle

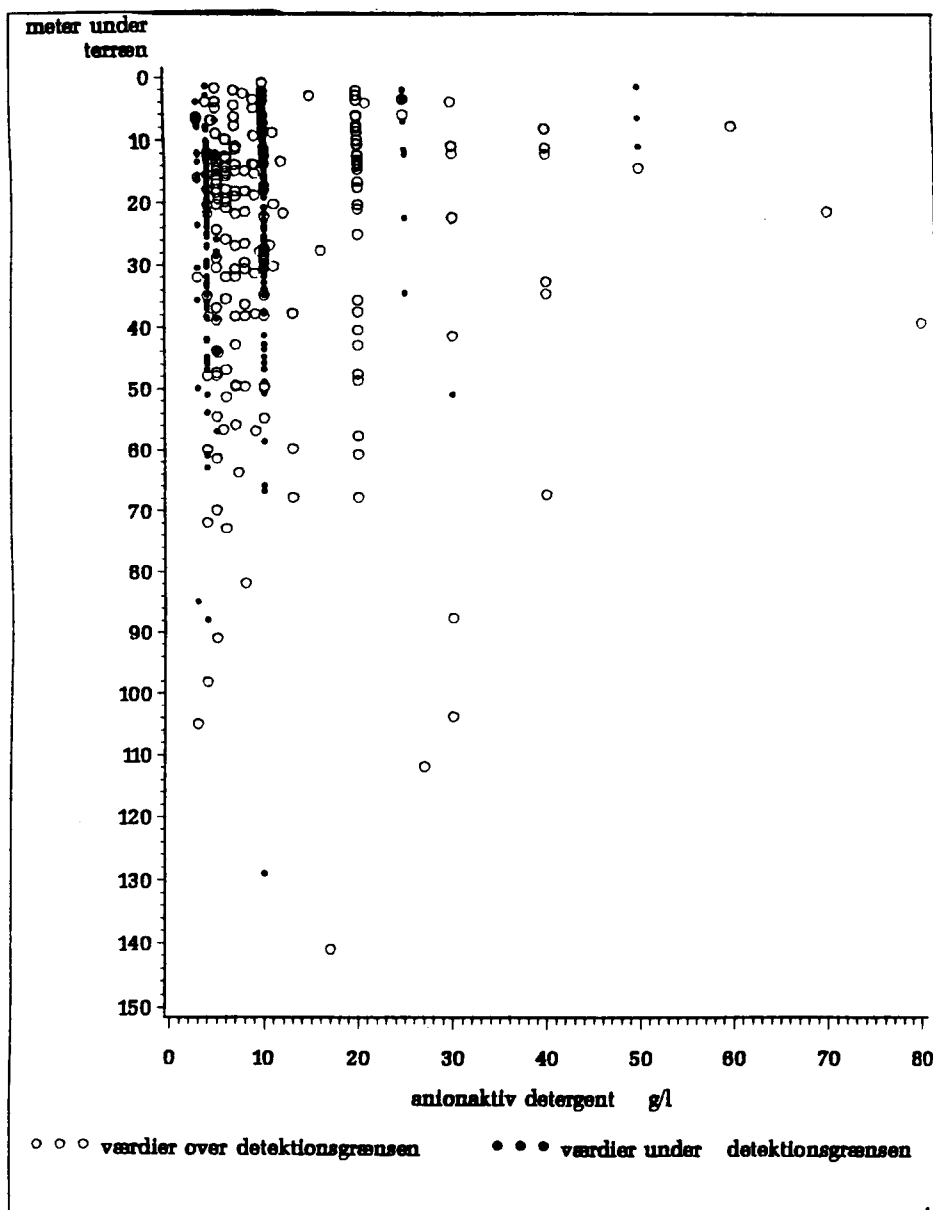
EF lande, kan det forventes, at den aktuelle situation er alvorligere, end det kan tolkes direkte fra overvågningsdata."

"For at formindske (eller udelukke) truslerne mod grundvandet er det nødvendigt at forbyde eller begrænse anvendelsen af pesticider, der ifølge deres egenskaber potentielt truer jord og grundvand, og kun at tillade forbindelser som kan forventes ikke at blive udvasket eller akkumuleret."

*Forurening af drikkevand
i fremtiden ?*

"Hvis der ikke tages skridt til at reducere pesticidnedslivning mod grundvandet vil forurening af drikkevandet være uafvendeligt i fremtiden."

7.8 Detergenter



Figur 7.8

Grundvandsprøver analyseret for anionaktive detergenter mod prøveudtagningsdybde.

De anionaktive detergenter omfatter flere stofgrupper, som sulfonater, sulfater, carboxylater og organofosfater. Stofferne kan dels stamme fra vaskemidler og dels fra landbruget, der anvender dem i forbindelse med udsprøjtning af pesticider. Et forhøjet indhold af disse stoffer kan derfor indicere, at der er risiko for tilstedeværelse af pesticider. Der kan dog også forekomme et naturligt indhold af detergenter i grundvandet på op til ca 10 $\mu\text{g}/\text{l}$ stammende fra omdannelse af humussyrer og organiske aflejringer.

Figur 7.8 viser, at langt de fleste analyseværdier er under eller omkring 10 $\mu\text{g}/\text{l}$, og at de største værdier er målt i den øvre del af grundvandsmagasinerne, samt at detergentindholdet i grundvandet generelt falder med dybden.

Der er 4 målinger på mere end 20 $\mu\text{g}/\text{l}$, der stammer fra under 60 meters dybde. Disse 4 fund forekommer ikke sammen med pesticider, og det kan derfor ikke udelukkes, at detergentindholdet er naturligt.

I 16 tilfælde er der målt et detergentindhold i prøver, hvor der også er målt pesticider, mens der i 11 vandprøver med pesticidfund ikke er fundet detergenter over detektionsgrænsen (4-10 $\mu\text{g}/\text{l}$).

Af figur 7.9 fremgår, at der ikke er sammenhæng mellem for eksempel stigende pesticidindhold og stigende detergentindhold, samt at langt de fleste detergentmålinger ligger under den naturlige baggrundsværdi på ca. 10 $\mu\text{g}/\text{l}$. Der kan derfor ikke på det nuværende grundlag opstilles en sammenhæng mellem pesticidforekomst og grundvandets detergentindhold.

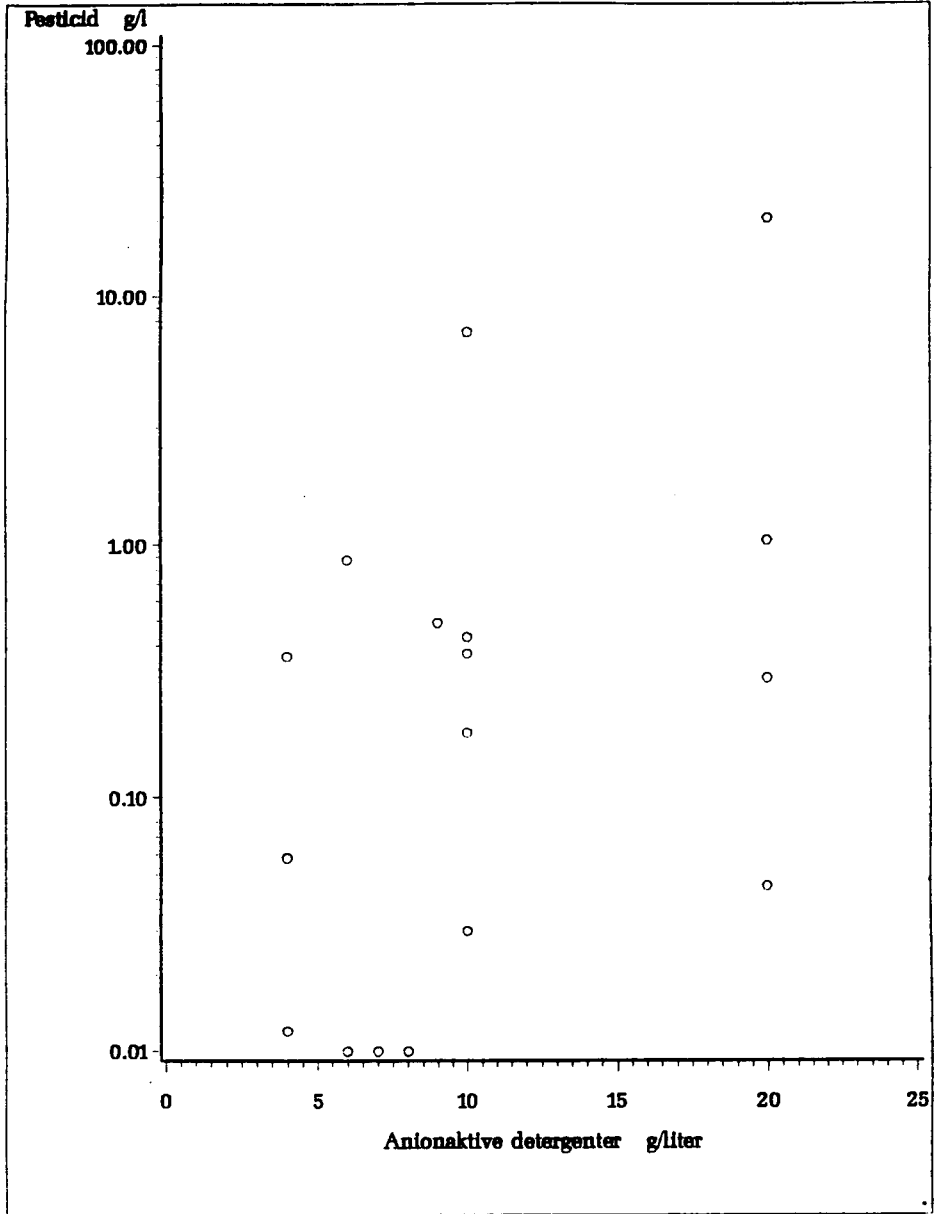
Det faldende detergentindhold med prøvetagningsdybden kan afspejle brugen af detergenter i for eksempel vaskemidler. Den øverste del af grundvandet kan derfor lokalt være påvirket af infiltrationsvand, der er præget af denne anvendelse.

I Tabellerne 7.4 - 7.11 er angivet pesticidfund, ombestemmelser og genfund ifølge amternes dataindberetninger og rapporter.

A = Ny vandprøve udtaget. Prøven er analyseret uden genfund af det pesticid, der blev fundet i vandprøven udtaget fra samme filter ved første prøveudtagning.

B = Ny vandprøve udtaget. Prøven er analyseret med genfund af det pesticid, der blev fundet i vandprøven udtaget fra samme filter ved første prøveudtagning.

OK = Ny vandprøve udtaget uden genfund af pesticid, men første analyseværdi anses også for rigtig.



Figur 7.9

Vandprøver med pesticidindhold mod anionaktive detergenter. Der er i 16 vandprøver målt både detergenter og pesticider.

grumonr	DGU nr	filttop	dato	værdi
40.01.02	247.380	15,00 m.u.t.	19901113	0.600 µg
40.01.02	247.380	15.00 m.u.t.	1991....	0.870 µg B
40.01.02	247.380	30.00 m.u.t.	19901113	0.200 µg
40.01.02	247.380	30.00 m.u.t.	199101..	0.360 µg B
40.01.05	247.391	10.50 m.u.t.	199101..	0.170 µg
40.01.05	247.391	10.50 m.u.t.	199104..	0.300 µg B
40.01.05	247.391	30.00 m.u.t.	199101..	0.160 µg
40.01.05	247.391	30.00 m.u.t.	199104..	0.390 µg B
70.11.13	100.75	12.70 m.u.t.	19901107	0.023 µg
70.11.13	100.75	12.70 m.u.t.	19910916	<0.010 µg A

Tabel 7.4

Simazin.

60.01.04	107.1207	68.10 m.u.t.	19900109	0.294 µg
----------	----------	--------------	----------	----------

Tabel 7.5

DNOC.

13.11.04	201.3823	13,90 m.u.t.	199011	4,480 µg
13.11.04	201.3823	23,50 m.u.t.	199011	1,330 µg
25.11.10	212.1051	3,80 m.u.t.	19900319	1,500 µg
25.11.10	212.1051	3,80 m.u.t.	1991	<0,010 µg A
30.12.03	203.569	13,50 m.u.t.	19901213	20,300 µg
30.12.03	203.569	16,25 m.u.t.	19901030	7,160 µg
35.02.09	216.624	21,67 m.u.t.	19911001	0,010 µg
40.01.08	247.329	25,00 m.u.t.	199104	0,110 µg
40.01.08	247.329	25,00 m.u.t.	199110	0,090 µg B
42.12.06	155.764	14,40 m.u.t.	19910416	0,030 µg
42.12.02	146.2062	41,00 m.u.t.	19910417	0,080 µg
42.12.08	146.2066	20,50 m.u.t.	19910417	0,110 µg
42.11.07	164.935	34,50 m.u.t.	19910409	0,060 µg
42.11.07	164.935	46,00 m.u.t.	19910409	0,100 µg
50.11.07	159.984	14,00 m.u.t.	19920907	0,010 µg

Tabel 7.6

Dichlorprop.

40.01.08	247.329	25,00 m.u.t.	199104	0,030 µg
40.01.08	247.329	25,00 m.u.t.	199110	0,040 µg B
42.12.05	155.763	42,00 m.u.t.	19900903	0,020 µg
42.12.05	155.763	50,00 m.u.t.	19910416	0,430 µg
42.12.06	155.764	14,40 m.u.t.	19900903	0,010 µg
42.12.06	155.764	27,50 m.u.t.	19910416	0,110 µg
42.14.05	136.844	8,00 m.u.t.	19910414	0,050 µg
50.13.07	142.667	19,50 m.u.t.	19901106	0,040 µg
50.13.07	142.667	19,50 m.u.t.	19911205	<0,01 µg A

Tabel 7.7

Mechlorprop.

25.11.03	212.988	10,00 m.u.t.	19901112	0,020 µg
25.12.05	206.1197	14,65 m.u.t.	19901126	0,030 µg
25.12.05	206.1197	14,65 m.u.t.	19910521	<0,010 µg A
25.12.09	206.1173	5,60 m.u.t.	19901126	0,025 µg
25.12.09	206.1173	5,80 m.u.t.	19910521	<0,010 µg A
30.11.02	210.753	13,50 m.u.t.	19910312	0,180 µg
35.13.07	218.993	16,00 m.u.t.	1990	0,070 µg
35.13.07	218.993	16,00 m.u.t.	1992	0,050 µg B
40.01.05	247.391	10,50 m.u.t.	199104	15,30 µg
40.01.05	247.391	10,50 m.u.t.	199110	11,300 µg B
40.01.05	247.391	30,00 m.u.t.	199104	19,90 µg
40.01.05	247.391	30,00 m.u.t.	199110	21,50 µg B
55.01.09	114.1437	5,12 m.u.t.	19910805	0,490 µg
55.14.01	123.870	20,00 m.u.t.	19901203	0,014 µg
55.14.01	123.870	20,00 m.u.t.	1991	<0,010 µg A
60.14.01	96.1956	24,00 m.u.t.	19910930	0,510 µg
76.01.01	66.1520	11,00 m.u.t.	19911126	0,580 µg
76.01.04	66.1528	18,00 m.u.t.	19911125	0,0510 µg
76.01.04	66.1528	19,00 m.u.t.	19911125	0,430 µg
76.14.02	30.934	5,00 m.u.t.	1991	0,020 µg

Tabel 7.8

Atrazin.

30.12.03	203.569	13,50 m.u.t.	19901213	1,040 µg
30.12.03	203.569	16,25 m.u.t.	19901030	0,370 µg
42.01.09	147.865	13,80 m.u.t.	19900919	0,012 µg
50.13.07	142.667	19,50 m.u.t.	19911205	0,010 µg
50.11.07	159.984	2,20 m.u.t.	19901029	0,030 µg ok
50.11.07	159.984	2,20 m.u.t.	19910512	<0,01 µg A
60.01.03	107.632	8,00 m.u.t.	19901009	0,030 µg
60.01.03	107.632	8,00 m.u.t.	19920408	<0,015 µg A
60.11.01	105.1273	33,50 m.u.t.	19901015	0,028 µg
60.11.01	105.1273	33,50 m.u.t.	19920408	<0,010 µg A
60.11.04	105.602	40,80 m.u.t.	19901017	0,020 µg
60.11.04	105.602	40,80 m.u.t.	19920408	<0,015 µg A
60.11.10	105.1395	37,70 m.u.t.	19901015	0,030 µg
60.11.11	105.1380	6,60 m.u.t.	19901016	0,045 µg
80.01.01	5.398	37,90 m.u.t.	19901022	0,010 µg
80.01.01	5.398	37,90 m.u.t.	19910417	<0,010 µg A
80.01.02	5.428	49,00 m.u.t.	19901022	0,069 µg
80.01.02	5.428	49,00 m.u.t.	19910417	<0,010 µg A
80.01.05	5.918	5,50 m.u.t.	19901022	0,150 µg
80.01.05	5.918	5,50 m.u.t.	1991	<0,0,10 µg A
80.02.01	34.1724	8,40 m.u.t.	19901023	0,056 µg
80.02.01	34.1724	8,40 m.u.t.	1991	<0,010 µg A
80.02.05	34.1718	13,40 m.u.t.	19901023	0,078 µg
80.02.05	34.1718	13,40 m.u.t.	1991	<0,010 µg A
80.02.05	34.1718	27,00 m.u.t.	19901023	0,078 µg
80.02.05	34.1718	27,00 m.u.t.	1991	<0,010 µg A
80.02.09	34.1603	51,54 m.u.t.	19901023	0,084 µg
80.02.09	34.1603	51,54 m.u.t.	1991	<0,010 µg A

Tabel 7.9

MCPA.

15.11.04	200.3436	38,00 m.u.t.	19901114	0,038 μg
15.11.04	200.3436	38,00 m.u.t.	1992	<0,01 μg A
55.01.09	114.1437	5,12 m.u.t.	19901112	<0,050 μg
55.01.09	114.1437	5,12 m.u.t.	19910805	<0,010 μg A
70.12.20	99.473	15,95 m.u.t.	19901030	0,058 μg
76.11.01	56.891	72,00 m.u.t.	19901126	0,350 μg
76.11.01	56.891	72,00 m.u.t.	19911204	<0,010 μg A

Tabel 7.10

Dinoseb.

50.13.07	142.667	19,50 m.u.t.	19910617	0,230 μg ok
50.13.07	142.667	19,50 m.u.t.	19911205	<0,01 μg A

Tabel 7.11

2,4 D.

8

Organiske mikroforureninger.

Måleprogram

Måleprogrammet for organiske mikroforureninger i grundvandet omfatter følgende grupper og stoffer:

Aromatiske kulbrinter (aromater), halogenerede alifatiske kulbrinter (klorerede opløsningsmidler), fenol og alkylfenoler, klorfenoler og samleparametrene NVOC (ikke flygtigt organisk kulstof), AOX (adsorberbart organisk halogen), VOX (flygtigt organisk halogen) samt pesticider og anionaktive detergenter. De sidste to stofgrupper er beskrevet i afsnit 7.

I Tabel 8.1 er vist fund af organiske mikroforureninger i 1990-91 således som de fremgår af amternes dataindberetning og rapporter.

Detaljeret oversigt over samtlige fund af organiske mikroforureninger, ud over pesticider, er på baggrund af amternes dataindberetninger vist i tabellerne 8.4 - 8.29.

Stof	Antal fund	Værdi
Toluen	36 stk.	spor - 6.590 µg/l
Benzen	56 stk.	spor - 1.500 µg/l
P-xylen	18 stk.	spor - 0.188 µg/l
M-xylen	14 stk.	spor - 0.496 µg/l
O-xylen	8 stk.	spor - 0.800 µg/l
M+P-xylen	7 stk.	spor - 0.400 µg/l
Naftalen	26 stk.	spor - 0.247 µg/l
Triklormetan	25 stk.	spor - 7.200 µg/l
Tetraklormethan	8 stk.	spor - 1.625 µg/l
Triklourethylen	12 stk.	spor - 4.300 µg/l
Tetraklorethan	5 stk.	spor - 1.000 µg/l
1,1,1-triklorethan	36 stk.	spor - 0.834 µg/l
Fenol	20 stk.	spor - 0.344 µg/l
Klorfenoler	21 stk.	spor - 2.007 µg/l
AOX	400 stk.	1.0 - 51.000 µg/l
VOX	16 stk.	0.510 - 25.000 µg/l

Tabel 8.1

Fund af organiske mikroforureninger i 1990-91 ifølge amternes dataindberetning og rapporter. De fleste laboratorier har anvendt detektionsgrænsen 0,1 µg/l for aromater, klorerede opløsningsmidler og fenoler. Andre laboratorier har anvendt detektionsgrænser på under 0,008 µg/l. Fund-værdier under 0,1 µg/l er her angivet som "spor".

86 fund af
klorerede
opløsningsmidler

Af tabellen fremgår, at de klorerede opløsningsmidler (triklormethan, tetraklormethan, triklourethylen, tetraklorethan og 1,1,1-triklorethan) forekommer i grundvandet med i alt 86 fund som enkeltstof. Forbindelserne er fundet i 68 grundvandsfiltre, enten som enkeltstoffer eller med flere stoftyper i samme filterinterval.

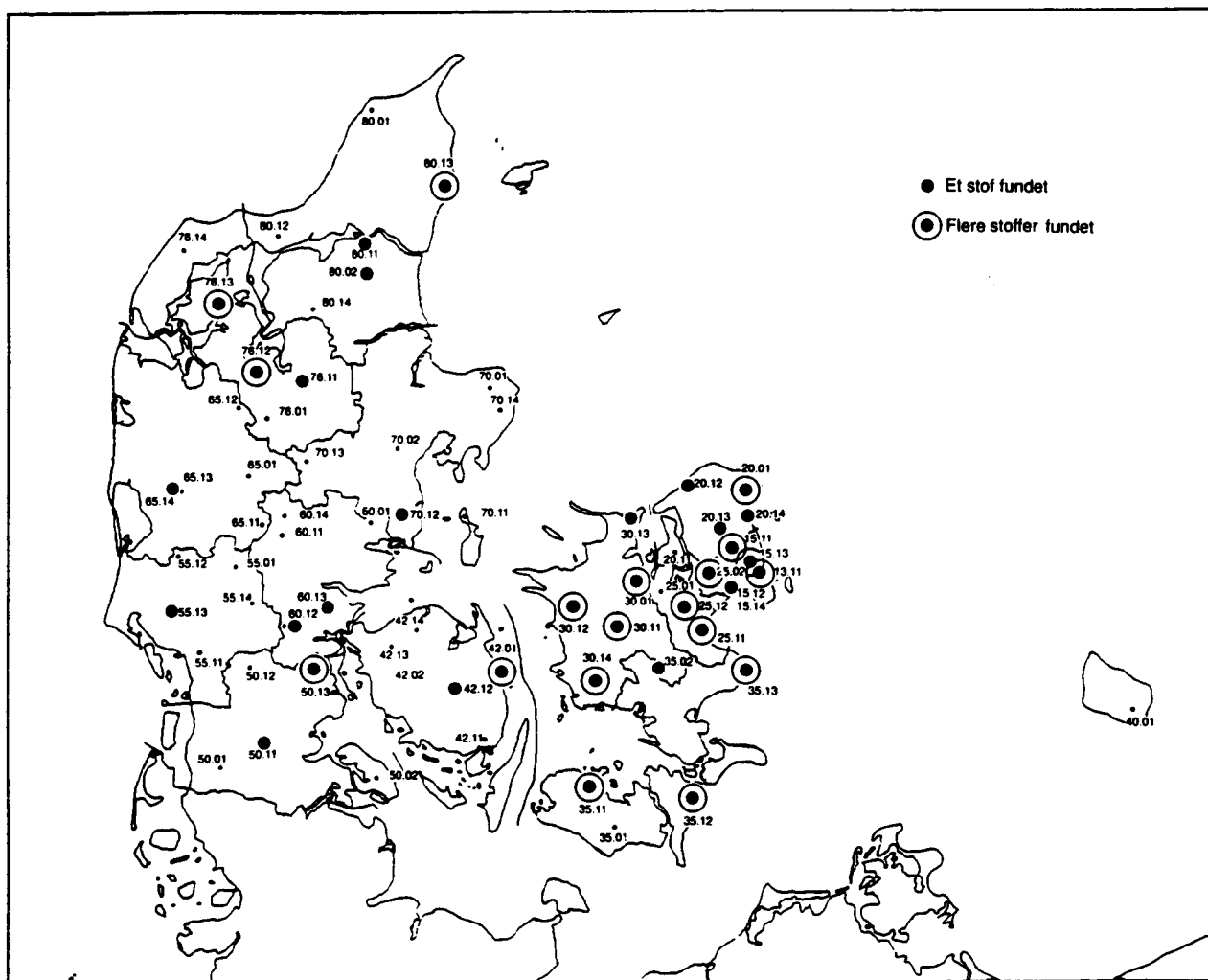
De klorerede opløsningsmidler findes ikke naturligt i grundvandet. Tilstedeværelse af sådanne stoffer betyder derfor, at grundvandet er forurenet, oftest fra punktkilder som farve- og lakindustri, plastindustri, renserier og lossepladser, eller fra arealer, hvor stofferne har været anvendt ved affedtning og rengøring.

129 fund af aromater

Opløste eller emulgerede aromatiske kulbrinter som benzen, xylener og naftalen er målt som enkeltstof 129 gange i 71 filtre.

56 fund af benzen

Benzen er målt i 56 filtre, hvoraf 26 fund stammer fra Storstrøms Amt, særlig i overvågningsområdet Sibirien. Amtet skriver, at der kan være sket olieforurening ved borearbejdet, men at genfund af benzen i vandprøver udtaget i 1992 taler imod dette. En årsag til de mange fund kan være utætte olie/benzintanke, men årsagen til benzenfundene er endnu ikke fastlagt. Benzenfund i 17 filtre i 6 boringer i Viborg Amt formodes at stamme fra forurening med olie i forbindelse med borearbejde.



Figur 8.1.

Områder med fund af miljøfremmede organiske mikroforureninger. Hvor områderne er markeret med cirkel omkring markeringen, er der konstateret flere stoftyper. (Toluen er dog ikke medtaget på figuren, da lim anvendt i filtre og borerør i en periode kan afgive dette stof. Toluen er fundet i 3 områder som eneste organiske mikroforurening.)

21 fund af klorfenoler

Der er målt klorfenoler som enkeltstof i 21 tilfælde i vandprøver udtaget fra 13 filtre. I de 13 filtre, hvor der er konstateret klorfenoler, er der i 4 filtre også konstateret pesticider, (dichlorprop og MCPA). Fyns Amt har i tre filtre målt 2 og 4-methylfenol samt 2,6-dimethylfenol, hvor der i to af filtrene blev målt pesticider. Det er muligt at disse methylfenolfund skyldes nedbrydnings-produkter fra de påviste pesticider.

AOX

Det naturlige indhold af AOX i uforurennet grundvand er normalt 1-15 $\mu\text{g Cl/l}$. Langt hovedparten af AOX-målingerne fra overvågningsområderne ligger i intervallet 1-7 $\mu\text{g/l}$, mens indholdet er 15-30 $\mu\text{g Cl/l}$ i 10 filtre og mere end 30 μg i 4. VOX indholdet er i uforurennet grundvand normalt $<0,5 \mu\text{g Cl/l}$.

I tabel 8.2 er angivet de vejledende og højst tilladelige værdier værdier for indhold af mikroforurenende stoffer i drikkevand.

Stofgrupper	Vejledende grænseværdi	Højst tilladelige værdi
Opløste eller emulgerede kulbrinter	u.d. *	10 $\mu\text{g/l}$
Fenoler og klorfenoler	u.d. *	0.5 $\mu\text{g/l}$
Klorerede opløsningsmidler	1 $\mu\text{g/l}$ *	

* u.d. = under detektionsgrænse.

Tabel 8.2

Vejledende og højst tilladelige værdier værdier for indhold af mikroforurenende stoffer i drikkevand.

Den geografiske placering af områder med fund af organiske mikroforureninger fremgår af figur 10.1. Hovedparten af de konstaterede fund, både mængdemæssigt og udbredelsesmæssigt, er konstateret på Sjælland, særlig i Hovedstadsområdet.

Der er på landsplan konstateret organiske mikroforureninger i 35 områder, mens der på Sjælland er der konstateret organiske mikroforureninger i 18 områder ud af 19, svarende til at der er fundet forurenende stoffer i ca 90% af områderne på øen.

På Lolland-Falster er der fundet mikroforurenende stoffer i 2 områder, mens der i Jylland og på Fyn er der målt organisk mikroforurening i 15, (2 eller flere stoffer er fundet i 7 områder), fenoler i 6 områder, methylfenoler i 4 områder, klorerede opløsningsmidler i 7 områder, hvoraf der i et' desuden forekommer fenoler, benzen og xylener.

Hovedstadsområdet

Den mest almindelige organiske mikroforurening er de klorerede organiske opløsningsmidler, der også, særlig i hovedstadsområdet, er fundet mange steder udenfor overvågningsområderne, både i sekundære og primære grundvandsreservoirer.

Kommune	Vandværksnavn	Vandværks nr.	Miljøfrem. stof	Bemerk.
BALLERUP	Ballerup	151.01	Cyanid	Lave konc.
BRØNDBY	Brøndbyvester	153.01	Org. opl. midler	
	Vesterled	153.11	Org. opl. midler	Afværgeforanstalt.
DRAGØR	Dragør	155.01	Org. opl. midler	Afværgeforanstalt.
GENTOFTE	Bregnegård	157.01	Org. opl. midler	Lave konc.
GLADSAKE	Søborg	159.01	PAH	
	Sagsvård	159.02	Org. opl. midler	Boring som afværge
GLOSTRUP	Glostrup Hoved	161.01	Org. opl. midler	Lave konc.
HERLEV	Herlev	163.01	Org. opl. midler	Vandværk lukket
ALBERTSLUND	Vridalselille	165.01	Org. opl. midler	Lave konc.
	Vesterled	165.11	Org. opl. midler	Boring nedlagt
HVIDOVRE	Hvidovre	167.02	Org. opl. midler	Afværgeforanstalt.
NØJE TAASTRUP	Klovtofte	169.01	Org. opl. midler	
	Hedehusene Vestre	169.12	Org. opl. midler	
	Hedehusene Østre	169.13	Org. opl. midler	Vandværk lukket
	Flongvejen	169.14	Org. opl. midler	
	Flong 1/s	169.15	Org. opl. midler	
	Ny Flong	169.16	Org. opl. midler	Spor
RØDovre	Rødovre	175.01	Org. opl. midler	
SØLLERØD	Nerum	181.02	Org. opl. midler	Boring nedlagt
TÅRNBY	Tårnby	185.01	Org. opl. midler	
VALLENSBÆK	Vallensbæk Strand	187.11	Org. opl. midler	

Tabel 8.3

Fra Københavns Amts rapport, 1992: Oversigt over fællesvandværker, hvor der er konstateret miljøfremmede stoffer i mindst en af værkets boringer.

I forbindelse med vurderingen af råvandskvaliteten fra vandværker, der bl.a. er placeret udenfor overvågningsområderne, skriver Københavns Amt og Københavns og Frederiksberg kommuner:

"Den største trussel mod grundvandet og grundvandskvaliteten i amtet i dag kan, når der ses bort fra overpumpning i grundvandsmagasinerne og de følgevirkninger, der sker i den forbindelse, være forurenende stoffer fra industrikvarterer og lossepladser.

"(Københavns Amt, 1991)

Råvandskontrol

"Siden der i 1987 blev gennemført en råvandskontrol i amtet og frem til i dag, er der i amtet konstateret miljøfremmede stoffer i mindst 1 råvandsboring (drikkevandsboring) på 22 fællesvandværker, jævnfør tabel 8.3. Det skal bemærkes, at der på nogle vandværker er konstateret så lave koncentrationer, at afhjælpende foranstaltninger er unødvendige, idet den fastsatte kravværdi på 1 µg/l ikke overskrides.

Den stofgruppe, som er fundet hyppigst ved analysering, er de chlorerede opløsningsmidler, trichlorethylen og tetrachlorethylen."(Københavns Amt, 1991).

Frederiksberg

Københavns Kommune og Frederiksberg Kommune har målt chlorerede opløsningsmidler og/eller andre miljøfremmede stoffer i næsten samtlige boringsfiltre i opland 13.11 - Frederiksberg. I 1992

rapporten gør kommunerne opmærksom på, at en nærmere tolkning vil blive foretaget i 1993. Kommunerne skriver imidlertid i 1991 rapporten, at alle overvågningsboringerne er placeret i forbindelse med ældre industrikvarterer, og at de konstaterede miljøfremmede stoffer antagelig stammer fra industriel aktivitet. Om de volumenmoniterende boringer ved Fredriksberg Kommunes Vandværk skriver kommunerne, i forbindelse med en undersøgelse, Fredriksberg Kommune har udført omhandlende udbredelsen af triklorethylen i det primære kalkmagasin, (Københavns og Fredrikbergs kommuner, 1991):

"Det skal bemærkes, at drikkevandskvaliteten ikke på noget tidspunkt har overskredet de i Miljøstyrelsens bekendtgørelse nr. 515 af 29. august 1989, fastsatte værdier vedrørende trichlorethylen-indhold"

og

"Der er etableret separationspumpning i den indvindingsboring på P. Andersens Vejs vandværk, hvori der p.t. kan spores en trichlorethylenforurening på ca. 23 - 29 $\mu\text{g}/\text{l}$ i den øvre del af kalken. Boringens ydelse udgør p.t. ca. 90 m^3/time , som opblandes med 220 m^3/time uforurenede grundvand, og værkets samlede produktion indgår i ledningsnettet sammen med vand fra Københavns Vandforsyning."

Esbjerg

Grundvandsproblemerne i Ribe amt er uændrede i forhold til sidste år, på nær problematikken omkring vandmangel, specielt i Esbjergområdet. Ribe Amt, 1992, skriver:

"Der er siden sidste års opgørelse konstateret en større forurening af et af Esbjergs Vandforsynings vigtige kildefelter med organiske opløsningsmidler, bl.a. trichlorethylen. Forureningen har bevirket, at indvindingen fra det forurenede kildefelt er blevet reduceret med 50% eller ca. 1 mill. m^3 , hvilket medfører, at der overpumpes på en del af forsyningsområdets øvrige kildefelter. Denne situation er naturligvis meget uholdbar og kan kun accepteres ganske kortvarigt, hvorfor der arbejdes på højtryk for at finde og etablere nye indvindingsfelter i nabokommunerne."

Det fremgår af landsopgørelsen for mikroforurenende stoffer og af undersøgelser udført af amterne i forbindelse med afværgeforanstaltninger ved affaldsdepoter, at både de sekundære og primære grundvandsmagasiner i de bynære områder er forurenede eller truet af forurening. Det er ofte de chlorerede opløsningsmidler, der er fundet i grundvandet under byer og industrikvarterer, og som nu truer vitale grundvandsinteresser. Som for eksempel ved Esbjerg, hvor indvindingen er blevet reduceret med 1 mill. m^3 pr år, eller i Københavns Amt, hvor der er målt klorerede opløsningsmidler i 22 vandværker placeret i 14 af amtets 18 kommuner. Amtet har således påvist klorerede opløsningsmidler i 67 boringer, der nu er taget ud af drift, hvilket betyder at en grundvandsindvinding på ca 20 mill. m^3 er truet, og at der allerede nu er nedlagt boringer, der havde en produktion på ca 6,5 mill m^3 pr. år.

På denne baggrund kan det derfor frygtes, at der også under mange andre større byer med industriel aktivitet kan være sket en nedsivning af organiske mikroforurenende stoffer med forurening af grundvandsmagasinerne til følge.

GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l	GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l
13.11.01.01	201.3809	18.2		2.650	35.12.05.01	238.625	28.0	19910918	1.5
13.11.02.04	201.3821	6.8		0.293	35.12.05.02	238.625	15	19910918	0.1
15.11.01.02	193.1371	65.5	19901112	0.028	35.12.06.01	238.626	13.6	19911009	0.2
15.11.05.01	200.3437	54.0	19901114	0.019	35.13.02.01	218.989	28	19910902	0.1
15.11.05.02	200.3437	31	19901114	17	35.13.04.01	218.990	28	19901112	0.9
15.11.08.01	200.1462	60	19901120	0.022	35.13.06.01	218.992	28.0	19910904	0.2
15.14.01.01	207.2819	27.5	19911022	0.009	35.13.07.01	218.993	28.0	19901113	0.1
15.14.02.01	207.2820	14.5	19911022	0.008	35.13.07.02	218.993	16.0	19901113	0.1
20.13.02.01	193.1383	45.0	19910506	0.1	35.13.08.01	218.994	28.0	19901023	0.3
20.13.04.02	193.1398	10.15	19910508	0.2	35.13.09.01	218.995	28	19910911	0.1
20.13.05.01	193.1397	10.8	19910508	0.1	50.11.01.03	159.978	37.0	19910521	0.1
20.13.06.02	193.1396	15.45	19910508	0.2	50.11.01.03	159.978	37.0	19910913	0.01
30.01.07.01	198.549	16.0	19901211	0.023	50.11.06.03	159.983	30.5	19900904	0.1
30.12.03.03	203.569	13.5	19901213	0.030	50.11.06.03	159.983	30.5	19900918	0.1
35.11.03.01	230.231	12.1	19911002	<0.1	76.12.09.01	55.859	5.0	19911104	0.015
35.11.06.01	230.234	10.9	19910124	0.3	76.12.09.02	55.859	1.5	19911105	0.014
35.11.07.01	230.235	11.4	19901024	0.2	76.12.11.01	55.861	11.0	19911104	0.019
35.11.08.01	230.236	15.0	19911002	0.5	76.12.11.02	55.861	3.0	19911104	0.013
35.11.09.01	230.237	11	19901030	0.6	76.12.12.01	55.860	13.0	19911105	0.013
35.12.02.01	238.662	57.0	19910924	0.3	76.12.12.02	55.860	4.0	19911105	0.012
35.12.02.02	238.662	38.0	19910924	0.1	76.13.01.02	37.1039	17.5	19910930	0.013
35.12.02.03	238.622	26.0	19910925	0.3	76.13.01.03	37.1039	9.45	19910930	0.015
35.12.02.03	238.622	26.0	19911001	0.2	76.13.01.04	37.1039	6.45	19910930	0.013
35.12.03.01	238.630	56.8	19910916	0.5	76.13.02.01	37.1038	29.75	19911002	0.015
35.12.03.02	238.630	44.3	19910930	0.3	76.13.02.02	37.1038	20.4	19911002	0.018
35.12.03.04	238.623	19.5	19910917	0.2	76.13.02.03	37.1038	11.8	19911002	0.012
35.12.03.05	238.623	14.0	19910917	0.9	76.13.03.02	37.1037	22.2	19911001	0.013
35.12.04.01	238.624	57.0	19910923	0.9	76.13.03.03	37.1037	15.45	19911001	0.010
35.12.04.02	238.624	27.0	19910923	1.0	76.13.03.04	37.1037	3.2	19911001	0.010
35.12.04.02	238.624	27.0	19911001	1.3	80.13.09.01	18.243	41.0	19910818	0.019

Tabel 8.4

Benzen

GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l	GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l
13.11.01.01	201.3809	18.2		0.066	76.13.01.02	37.1039	17.5	19910930	0.037
13.11.04.01	201.3823	23.5		6.590	76.13.01.03	37.1039	9.45	19910930	0.032
13.11.05.02	201.3791	16.5		0.195	76.13.01.04	37.1039	6.45	19910930	0.025
15.14.02.01	207.2820	14.5	19911022	0.04	76.13.02.01	37.1038	29.75	19911002	0.032
15.14.02.02	207.2820	11.5	19911122	0.039	76.13.02.02	37.1038	20.4	19911002	0.047
25.12.01.01	206.1042	33	19901127	0.259	76.13.02.03	37.1038	11.8	19911002	0.027
35.02.09.03	216.624	21.67	19911001	1.0	76.13.03.01	37.1037	36.5	19911001	0.023
35.11.08.01	230.236	15.0	19911002	<0.1	76.13.03.02	37.1037	22.2	19911001	0.038
35.12.04.02	238.624	27.0	19910923	0.1	76.13.03.03	37.1037	15.45	19911001	0.023
35.12.04.02	238.624	27.0	19910923	0.1	76.13.03.04	37.1037	3.2	19911001	0.030
35.12.05.01	238.625	28.0	19910918	<0.1	80.12.14.02	24.783	7.5	19901105	0.150
40.01.05.01	247.391	30.0	19910416	0.2	80.13.02.01	18.118	33.0	19901113	0.150
70.12.18.01	99.470	27.2	19901031	0.08	80.13.08.01	18.242	8.0	19901113	0.22
76.12.09.01	55.859	5.0	19911104	0.038	80.13.12.01	18.246	11.0	19901113	0.42
76.12.09.02	55.859	1.5	19911105	0.040	80.14.02.01	40.553	17.5	19901112	0.19
76.12.11.01	55.861	11.0	19911104	0.058	80.14.03.01	40.911	9.0	19901112	0.49
76.12.11.02	55.861	3.0	19911104	0.036	80.14.06.01	40.914	11.0	19901112	0.24
76.12.12.01	55.860	13.0	19911105	0.060	80.14.11.01	40.847	43.3	19901112	0.31
76.12.12.02	55.860	4.0	19911105	0.028					

Tabel 8.5

Toluen

GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l
13.11.02.04	201.3821	6.8		0.075
13.11.04.01	201.3823	23.5		0.350
15.13.09.01	201.71D	24	19910618	0.082
15.14.02.01	207.2820	14.5	19911022	0.017
15.14.02.02	207.2820	11.5	19911022	0.014

GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l
35.12.04.01	238.624	57.0	19910923	<0.1 påvist
35.12.04.02	238.624	27.0	19910923	0.8
35.12.04.02	238.624	27.0	19911001	0.6
76.12.11.01	55.861	11.0	19911104	0.015

Tabel 8.6 O-xylen

GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l
15.13.09.01	201.71D	24	19910618	0.093
13.11.02.04	201.3821	6.8		0.097
13.11.04.01	201.3823	23.5		0.496
76.12.12.02	55.860	4.0	19911105	0.024
76.13.01.02	37.1039	17.5	19910930	0.031
76.13.01.03	37.1039	9.45	19910930	0.173
76.13.01.04	37.1039	6.45	19910930	0.026

GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l
76.13.02.02	37.1038	20.4	19911002	0.035
76.13.03.02	37.1037	22.2	19911001	0.031
76.13.03.04	37.1037	3.2	19911001	0.026
76.12.09.01	55.859	5.0	19911104	0.033
76.12.09.02	55.859	1.5	19911105	0.038
76.12.11.01	55.861	11.0	19911104	0.045
76.12.11.02	55.861	3.0	19911104	0.017

Tabel 8.7 M-xylen.

GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l
25.02.01.01	199.943	32.81	19910318	0.016
15.13.09.01	201.71D	24		0.009
13.11.02.04	201.3821	6.8		0.05
13.11.04.01	201.3823	23.5		0.188
76.12.12.02	55.860	4.0	19911105	0.024
76.13.01.02	37.1039	17.5	19910930	0.031
76.13.01.03	37.1039	9.45	19910930	0.173
76.13.01.04	37.1039	6.45	19910930	0.026
76.13.02.02	37.1038	20.4	19911002	0.035

GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l
76.13.03.02	37.1037	22.2	19911001	0.031
76.13.03.04	37.1037	3.2	19911001	0.026
76.12.09.01	55.859	5.0	19911104	0.033
76.12.09.02	55.859	1.5	19911105	0.038
76.12.11.01	55.861	11.0	19911104	0.045
76.12.11.02	55.861	3.0	19911104	0.020
76.12.12.01	55.860	13.0	19911105	0.045
30.11.01.03	210.752	38.0	19910313	0.015
30.11.01.02	210.752	43.0	19910312	0.015

Tabel 8.8 P-xylen

GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l
15.14.02.02	207.2820	11.5		0.032
35.11.08.01	230.236	15.0	19911002	<0.1 påvist
35.12.02.03	238.622	26.0	19910925	<0.1 påvist
35.12.03.02	238.630	44.3	19910930	0.1

GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l
35.12.04.01	238.624	57.0	19910923	0.1
35.12.04.02	238.624	27.0	19910923	0.4
35.12.04.02	238.624	27.0	19911001	0.4
35.12.05.01	238.625	28.0	19910918	0.1

Tabel 8.9 M+P-xylen

GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l	GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l
13.11.01.01	201.3809	18.2		0.006	35.12.04.02	238.624	27.0	19910923	<0.1 påvist
13.11.02.04	201.3821	6.8		0.053	70.12.07.01	99.465	11.1	19901031	0.05
13.11.04.01	201.3823	23.5		0.247	76.12.09.01	55.859	5.0	19911104	0.004
15.12.01.02	207.2826	27		0.004	76.12.09.02	55.859	1.5	19911105	0.005
15.12.04.01	207.2829	18.5		0.004	76.12.11.01	55.861	11.0	19911104	0.016
15.12.07.01	207.2832	10.3		0.006	76.12.11.02	55.861	3.0	19911104	0.007
15.12.07.02	207.2832	8.1		0.003	76.12.12.01	55.860	13.0	19911105	0.006
15.14.01.01	207.2819	27.5		0.004	76.12.12.02	55.860	4.0	19911105	0.002
15.14.02.01	207.2820	14.5		0.006	76.13.01.01	37.1039	33.5	19910930	0.007
15.14.02.02	207.2820	11.5		0.004	76.13.01.02	37.1039	17.5	19910930	0.008
25.02.03.01	199.96	14.8	19901128	0.018	76.13.01.03	37.1039	9.45	19910930	0.007
25.12.01.01	206.1042	33	19901127	0.009	76.13.01.04	37.1039	6.45	19910930	0.008
25.12.03.01	206.1172	10.4	19901120	0.014	76.13.03.02	37.1037	22.2	19911001	0.020

Tabel 8.10 Naphtalen

GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l	GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l
15.11.09.01	200.19	48.0		0.621	55.13.06.01	121.958	16.5	19891120	0.290
20.12.05.01	186.712	15.4	19910521	4.9	55.13.06.01	121.958	16.5	19900123	0.400
20.12.05.01	186.712	15.4	19911112	5.2	55.13.06.01	121.958	16.5	19900424	0.700
20.12.05.02	186.712	9.4	19910521	7.2	55.13.06.01	121.958	16.5	19910403	2.000
20.12.05.02	186.712	9.4	19911112	3.4	55.13.06.01	121.958	16.5	19911030	1.800
25.12.12.01	206.1183	6.00	19910522	0.834	55.13.07.01	121.955	21.5	19890530	0.090
30.01.07.01	198.549	16.0	19901211	0.412	55.13.07.01	121.954	21.5	19901105	0.130
35.11.07.01	230.235	11.4	19901024	0.1	55.13.07.01	121.954	21.5	19910204	0.090
35.13.07.02	218.993	16.0	19901113	0.2	55.13.07.01	121.954	21.5	19911029	0.140
50.13.03.01	121.956	13.75	19890601	0.02	55.13.08.02	121.960	33.5	19900425	0.860
55.13.01.01	121.957	17.75	19890530	0.250	55.13.08.02	121.960	33.5	19901009	1.250
55.13.01.01	121.957	17.75	19900123	0.230	55.13.08.02	121.960	33.5	19901218	1.280
55.13.01.01	121.957	17.75	19900424	0.230	55.13.08.02	121.960	33.5	19910402	1.900
55.13.01.01	121.957	17.75	19900611	0.140	55.13.08.02	121.960	33.5	19911028	1.600
55.13.01.01	121.957	17.75	19910205	0.150	55.13.08.02	121.960	33.5	19900727	1.09
55.13.01.01	121.957	17.75	19911029	0.200	55.13.08.03	121.960	16.5	19890601	0.150
55.13.02.01	121.953	18.0	19901105	0.190	55.13.08.03	121.960	16.5	19901009	0.080
55.13.02.01	121.953	18.0	19910205	0.190	55.13.08.03	121.960	16.5	19910402	0.100
55.13.02.01	121.953	18.0	19911029	0.220	55.13.08.03	121.960	16.5	19900725	0.07
55.13.04.01	121.959	11.0	19890531	0.100	55.13.08.03	121.960	16.5	19901212	0.06
55.13.04.01	121.959	11.0	19901105	0.080	55.13.09.01	121.955	20.0	19901009	0.090
55.13.04.01	121.959	11.0	19910204	0.080	55.13.09.01	121.955	20.0	19901218	0.070
55.13.04.01	121.959	11.0	19910130	0.070	55.13.09.01	121.955	20.0	19910304	0.100
55.13.05.01	121.952	18.5	19891121	0.740	55.13.09.01	121.955	20.0	19901030	0.070
55.13.05.01	121.952	18.5	19900123	0.710	55.13.09.02	121.955	14.0	19890531	0.57
55.13.05.01	121.952	18.5	19900424	0.740	60.13.12.02	125.1761	8.10	19901127	0.15
55.13.05.01	121.952	18.5	19901105	0.740	65.14.02.03	93.611	30.4	19910911	0.09
55.13.05.01	121.952	18.5	19910204	0.680	76.11.05.02	56.896	21.5	19911202	0.16
55.13.05.01	121.952	18.5	19911031	0.880	76.11.06.01	66.1571	12.0	19911202	0.43
55.13.06.01	121.958	16.5	19890531	0.850	76.11.06.02	66.1571	8.0	19911202	0.35
					55.13.08.03	121.960	16.5	19911028	0.070

Tabel 8.11 Trichlormethan (kloroform).

GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l	GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l
13.11.05.02	201.3791	16.5		0.024	25.11.04.01	212.1044	9	19901113	0.069
15.11.05.01	200.3437	54.0	19901117	1.625	30.01.07.01	198.549	16.0	19901211	0.110
25.02.05.02	200.3424	8	19910318	0.014	30.14.03.01	215.747	30.5	19901212	0.046
25.11.03.01	212.988	18	19901112	0.066	30.14.02.01	215.749	29.5	19901212	0.025

Tabel 8.12 Tetrachlormethan

GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l	GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l
13.11.01.01	201.3809	18.2		0.153	15.13.02.01	201.3804	46	19910618	0.025
13.11.02.03	201.3821	13.8		1.134	15.13.06.01	200.3438	29.5	19910618	0.219
13.11.02.04	201.3821	6.8		0.418	30.13.03.03	191.188	4.0	19910410	0.007
13.11.04.01	201.3823	23.5		0.068	35.13.02.03	218.987	12	19901022	0.1
13.11.05.01	201.3791	22.5		0.171	35.13.06.02	218.992	10.0	19910903	4.3
13.11.05.02	201.3791	16.5		2.326	35.13.09.02	218.995	13.0	19910904	<0.1 påvist

Tabel 8.13 Trichlorethen

GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l	GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l
15.13.06.01	200.3438	29.5	19910617	0.053	35.13.08.02	218.994	12.0	19901023	0.3
35.13.03.02	218.988	15	19901022	0.2	35.13.09.02	218.995	13.0	19910911	1.0
					35.13.10.02	218.996	13.0	19910911	<0.1 påvist

Tabel 8.14 Tetrachlorethen

GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l	GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l
13.11.01.01	201.3809	18.2		0.164	25.12.12.02	206.1183	41.5	19901127	0.033
13.11.03.02	201.3822	8.2		0.018	25.12.12.03	206.1183	6.3	19910522	0.834
13.11.04.01	201.3823	23.5		0.196	30.01.07.01	198.549	16.0	19901211	0.028
13.11.04.02	201.3823	13.9		0.030	30.11.03.02	210.754	7.0	19901203	0.031
13.11.04.03	201.3823	7.7		0.030	30.11.03.03	210.754	4.5	19901203	0.038
13.11.05.02	201.3791	16.5		0.027	30.12.01.01	203.567	17.0	19901029	0.030
15.11.01.01	193.1371	76.5	19901112	0.028	30.12.01.02	203.567	12.5	19901029	0.030
15.11.01.02	193.1371	65.5	19901112	0.028	30.12.02.01	203.568	17.0	19901031	0.027
15.11.06.01	193.1379	74.0	19901112	0.031	30.12.03.01	203.569	20.75	19901030	0.028
15.11.06.02	193.1379	50.0	19901112	0.032	30.12.03.02	203.569	16.25	19901030	0.033
15.13.02.01	201.3804	46	19910618	0.044	30.12.03.03	203.569	13.5	19901213	0.015
15.13.06.01	200.3438	29.5	19910617	0.012	30.12.04.02	203.570	10.6	19901031	0.032
25.02.03.01	199.96	14.8	19901128	0.058	30.14.02.01	215.749	29.5	19901212	0.030
25.02.05.02	200.3424	8	19910318	0.007	30.14.03.01	215.747	30.5	19901212	0.029
25.02.07.02	200.3424	26	19911128	0.032	35.13.03.02	218.988	15	19901022	0.2
25.11.03.01	212.988	18	19901112	0.03	35.13.05.02	218.991	7.0	19910903	<0.1 påvist
25.11.04.01	212.1044	9	19901113	0.028	35.13.09.02	218.995	13.0	19910904	<0.1 påvist
25.12.01.01	206.1042	33	19901127	0.042	76.12.12.01	55.860	13.0	19911105	0.045

Tabel 8.15 1,1,1-Trichlorethan

GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l
13.11.02.04	201.3821	6.8		0.174
13.11.03.02	201.3822	8.2		0.207
13.11.05.01	201.3791	22.5		0.178
15.11.08.01	200.1462	60		0.1
15.13.09.01	201.71D	24		<0.0 spor
25.12.05.01	206.1197	14.8	19901126	0.344
30.11.03.02	210.754	7.0	19901203	0.196
30.11.03.03	210.754	4.5	19901203	0.115
30.12.02.01	203.568	17.0	19901031	0.142
30.12.03.01	203.569	16.25	19901030	0.190

Tabel 8.16 Phenol

GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l
42.01.04.01	147.804	30		0.16
60.12.02.01	133.829	38.0	19901106	0.22
76.12.10.01	55.425	70	19901212	0.034
80.02.05.04	34.1718	13.4	19901023	0.055
80.11.06.01	34.1705	15.0	19901029	0.087
80.11.11.01	34.1739	11.5	19901029	0.057
80.13.02.01	18.118	33.0	19901113	0.050
80.13.04.01	18.221	41.5	19901113	0.070
80.13.12.01	18.246	11.0	19901113	0.040
30.11.04.01	210.755	5.0	19901204	0.175

GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l
76.12.10.01	55.425	70	19901212	0.037

Tabel 8.17

3-methylphenol og 2,3-dimethylphenol.

GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l
76.12.10.01	55.425	70	19901212	0.06

GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l
42.01.09.01	147.856	13.8		0.08

Tabel 8.18 2-methylphenol

GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l
76.12.10.01	55.425	70	19901212	0.076

GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l
42.01.04.01	147.804	30		0.07
50.13.09.02	142.372	13.0	19910617	0.06

Tabel 8.19 4-methylphenol

GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l
20.01.03.01	187.1233	18.0	19910612	0.07

GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l
20.01.03.01	187.1233	18.0	19910612	0.11
50.13.09.02	142.372	13.0	19910617	0.05

Tabel 8.20 3,4-dimethylphenol

GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l
50.13.09.08	142.678	40.0	19910617	0.06

GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l
42.12.08.01	147.2066	20.5		0.07

Tabel 8.21 2,6-dimethylphenol

GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l
15.14.01.01	207.2819	27.5		0.13

GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l
15.14.01.01	207.2819	27.5		1.2

Tabel 8.22 4-chlor,2-methylphenol og 6-chlor,2-methylphenol

GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l
13.11.04.01	201.3823	23.5		0.063

GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l
13.11.04.02	201.3823	13.9		0.448

Tabel 8.23 2,4-dichlorphenol

GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l
13.11.04.01	201.3823	23.5		0.238

GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l
13.11.04.02	201.3823	13.9		2.007

Tabel 8.24 2,6-dichlorphenol

GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l
20.14.04.01	188.919	16.7	19910528	0.05

GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l
20.14.08.02	187.1248	27.1	19910405	1.4

Tabel 8.25 2,4,6-trichlorphenol

GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l
20.01.03.01	187.1233	18.0	19910612	0.38

GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l
50.13.09.08	142.678	40.0	19910617	0.31

Tabel 8.26 2,3,4,6-tetrachlorphenol

GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l
15.11.05.02	200.3437	31		0.03

GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l

Tabel 8.27 Pentachlorphenol

GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l	GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l
13.11.02.02	201.3821	23.7	19910828	6.8	25.11.04.01	212.1044	9	19901113	7.7
13.11.02.03	201.3821	13.8	19910828	6.6	25.11.10.01	212.1051	3.8	19910319	5.0
13.11.02.04	201.3821	6.8	19910828	5.9	25.12.02.01	206.64	51	19910312	4
13.11.03.02	201.3822	8.2	19910828	3.2	25.12.09.01	206.1173	5.2	19901126	11.3
13.11.04.01	201.3823	23.5	19910827	8.4	25.12.10.01	206.248	51.2	19910212	4.4
13.11.04.02	201.3823	13.9	19910827	8.5	25.12.12.03	206.1183	6.3	19910522	30.9
13.11.04.03	201.3823	7.7	19910827	4.3	30.01.02.01	198.547	3.95	19911009	26.6
13.11.05.01	201.3791	22.5	19910826	4.8	30.11.01.01	210.752	49.0	19910311	4.8
13.11.05.02	201.3791	16.5	19910826	8.3	30.11.01.02	210.752	43.0	19910312	6.5
13.11.06.01	201.3792	19.5	19910826	6.9	30.11.02.03	210.753	9.0	19910311	21.2
13.11.06.02	201.3792	10.5	19910826	8.7	30.11.03.02	210.754	7.0	19910203	3.3
13.11.07.01	201.3793	10.5	19910827	3.5	30.11.04.01	210.755	5.0	19901204	7.3
20.01.01.01	187.1175	61.5	19900912	3.0	30.11.04.02	210.755	4.0	19901204	11.9
20.01.02.02	187.1230	38.35	19900911	4.5	30.11.04.03	210.755	3.0	19901205	7.7
20.01.02.03	187.1230	30.8	19900911	3.9	30.12.01.01	203.567	17.0	19901029	7.1
20.01.02.04	187.1230	18.3	19900911	7.9	30.12.01.02	203.567	12.5	19901029	5.1
20.01.03.01	187.1233	18.0	19900912	2.2	30.12.02.01	203.568	17.0	199011031	4.9
20.01.03.02	187.1233	14.5	19900912	3.0	30.12.03.02	203.569	16.25	19901030	3.6
20.01.05.01	187.26	98.2	19900912	3.2	30.13.01.01	191.185	12.0	19910507	12.9
20.01.06.01	187.1241	93.0	19900912	3.9	30.13.01.02	191.185	7.5	19910507	13.3
20.11.02.01	199.979	25.5	19900827	2.2	30.13.01.03	191.185	2.5	19910514	25.2
20.11.03.01	199.998	24.5	19900828	1.4	30.13.02.01	191.186	12.75	19910417	19.1
20.11.03.02	199.998	21.0	19900827	1.6	30.13.03.01	191.188	35.0	19910416	7.4
20.11.04.01	199.997	33.5	19900827	3.0	30.13.03.02	191.188	23.0	19910416	8.9
20.11.04.02	199.997	29.5	19900827	2.4	30.13.03.03	191.188	4.0	19910410	18.4
20.11.04.03	199.997	25.0	19900827	1.9	30.13.04.01	191.152	33.9	19910415	8.6
20.11.05.01	199.1010	24.95	19900828	3.9	30.13.04.02	191.152	19.4	1991415	6.5
20.11.05.02	199.1010	14.65	19900828	9.8	30.13.05.01	191.36A	43.0	19910514	4.1
20.11.06.01	199.1009	24.0	19900905	1.2	30.14.01.02	215.746	15.25	19910318	4.8
20.11.06.02	199.1009	16.0	19900905	2.0	30.14.02.02	215.749	11.5	19910319	3.7
20.11.07.01	199.1008	16.7	19900829	14.0	30.14.02.03	215.749	10.0	19910319	5.9
20.11.07.01	199.1008	16.7	19911106	14	30.14.04.01	215.748	12.5	19910320	6.6
20.11.08.01	199.1007	27.9	19900829	8.3	30.14.04.02	215.748	9.75	19910320	4.3
20.11.08.02	199.1007	19.15	19900829	8.5	30.14.06.01	215.501	22.0	19910513	8.1
20.12.01.01	186.534	37.4	19900910	6.0	35.01.01.01	240.297	44	19911008	4.9
20.12.02.01	186.443	23.7	19900910	6.0	35.01.04.02	240.298	29.1	19911008	7.8
20.12.03.01	186.709	29.4	19911112	6.7	35.01.04.04	240.298	14.85	19911007	6.4
20.12.03.01	186.709	29.4	19900903	7.9	35.01.05.03	240.366	6.1	19911009	12.0
20.12.03.02	186.709	23.8	19900903	5.9	35.02.05.01	216.631	63.8	19911001	2.0
20.12.05.01	187.712	15.4	19911112	10.0	35.02.09.03	216.624	21.67	19911001	3.3
20.12.05.01	186.712	15.4	19900904	11.0	35.11.03.01	230.231	12.1	19911002	7.1
20.12.05.02	186.712	9.4	19911112	13.0	35.11.08.01	230.236	15.0	19911002	4.2
20.12.05.02	186.712	9.4	19900904	16.0	35.12.01.01	238.439	43.5	19910930	3.0
20.13.02.01	193.1383	45.0	19900926	1.4	35.12.02.01	238.622	57.0	19910924	7.7
20.13.02.02	193.1387	41.5	19900926	1.3	35.12.02.02	238.622	38.0	19910924	3.3
20.13.03.01	193.1382	43.5	19900926	2.1	35.12.02.03	238.622	26.0	19910925	3.8
20.13.03.02	193.1382	41.5	19900926	2.2	35.12.03.01	238.630	56.8	19910916	2.9
20.13.03.03	193.1382	35.5	19900926	2.1	35.12.03.02	238.630	44.3	19910930	8.3
20.13.04.01	193.1398	18.75	19900924	3.4	35.12.03.03	238.630	38.7	19910916	6.3
20.13.04.02	193.1398	10.15	19900924	3.0	35.12.03.04	238.623	19.5	19910917	3.0
20.13.05.01	193.1397	10.8	19900924	3.5	35.12.03.05	238.623	14.0	19910917	3.4
20.13.06.01	193.1396	21.95	19900924	1.8	35.12.04.01	238.624	57.0	19910923	2.0
20.13.06.02	193.1396	15.45	19900924	1.9	35.12.04.02	238.624	27.0	19910923	11.0
20.14.01.01	188.143	74.2	19900821	2.4	35.12.05.01	238.625	28.0	19910918	11.0
20.14.02.01	188.917	69.5	19900822	6.0	35.12.05.02	238.625	15.0	19910918	3.6
20.14.02.02	188.917	59.5	19900822	5.1	35.12.06.01	238.626	13.6	19911009	11.0
20.14.02.03	188.917	51.5	19900822	5.6	35.13.02.01	218.989	28.0	19910902	4.9
20.14.02.04	188.917	46.2	19900822	5.3	35.13.05.01	218.991	28.0	19910902	1.2
20.14.04.01	188.919	16.7	19900910	6.5	35.13.05.02	218.991	7.0	19910903	5.0
20.14.04.02	188.919	11.7	19900910	4.1	35.13.06.01	218.992	28.0	19910904	2.6
20.14.05.01	188.921	12.9	19901001	4.6	35.13.06.02	218.992	10.0	19910903	26.0
20.14.06.01	188.922	24.0	19901001	5.8	35.13.09.01	218.995	28.0	19910911	1.5
20.14.06.02	188.922	20.0	19901001	7.7	35.13.09.02	218.995	13.0	19910904	11
20.14.07.01	187.1247	21.5	19900925	3.3	35.13.10.02	218.996	13.0	19910911	6.6
20.14.08.02	187.1248	32.75	19900925	2.5	40.01.01.01	247.349	7.5	19910416	1.9
20.14.09.01	187.1250	10.4	19900925	2.8	40.01.02.01	247.380	30.0	19901113	3.8
20.14.10.01	187.1249	18.85	19900925	2.7	40.01.02.02	247.380	15.0	19901113	3.8
25.01.06.01	206.1163	29.85	19901121	3.4	40.01.03.01	247.333	25.0	19901106	2.9
25.01.06.03	206.1163	19	19910305	5.2	40.01.03.02	247.333	8.4	19910415	2.3
25.01.10.04	206.1166	22	19910306	5.4	40.01.04.01	247.382	29.5	19901105	3.4
25.02.04.01	200.3402	21.32	19910514	4.2	40.01.04.02	247.382	8.4	19901105	2.5
25.11.03.01	212.988	18	19901112	3.7	40.01.05.01	247.391	30.0	19910409	18.0

Tabel 8.28

AOX, fortsættes.

GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l	GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l
40.01.05.02	247.391	10.5	19910409	13.0	65.11.01.01	104.1992	23.7	19910918	1.6
40.01.06.02	247.550	15.75	19901107	2.6	65.11.01.02	104.1992	14.35	19901017	1.0
40.01.08.01	247.329	25.0	19910410	12	65.11.01.03	104.1992	6.85	19901017	4.2
40.01.08.02	247.329	7.5	19910410	7.6	65.11.02.01	104.1993	7.85	19901023	5.4
40.01.09.01	247.347	3.0	19910416	4.4	65.11.02.02	104.1993	4.6	19901023	4.2
40.01.10.01	247.253	21.0	19901114	9.3	65.11.02.03	104.1993	2.75	19901024	12.0
42.01.01.01	147.229	24.0	19900925	2.1	65.11.03.01	104.1994	20.5	19910918	3.6
42.01.04.01	147.804	30.0	19900924	2.8	65.11.03.02	104.1994	12.2	19901024	3.6
42.01.05.01	147.161	17.0	19900924	3.6	65.11.03.03	104.1994	4.0	19901024	12.0
42.01.07.01	147.854	11.6	19900925	3.1	65.11.04.01	104.1995	56.0	19910918	3.3
42.01.09.01	147.856	13.8	19900919	6.9	65.11.04.02	104.1995	50.0	19910918	1.9
42.02.02.04	145.2087	16.9	19900919	6.0	65.11.05.01	104.1997	105.0	19910903	1.1
42.02.06.01	145.2085	18.12	19900918	3.5	65.12.01.01	65.1068	20	19910923	2.2
42.11.01.01	165.170	38.58	19900917	1.8	65.12.01.02	65.1068	17	19910923	1.4
42.11.02.01	164.931	46.0	19900912	2.5	65.12.01.03	65.1068	4.5	19901030	39.0
42.11.03.01	164.932	47.0	19900911	2.1	65.12.02.01	65.1067	18	19910909	4.9
42.11.05.01	164.933	47.0	19900911	2.2	65.12.02.02	65.1067	15.0	19901030	3.4
42.11.06.01	164.934	36.0	19900912	2.7	65.12.02.03	65.1067	5.0	19901030	6.2
42.12.01.01	146.521	42.0	19900905	2.5	65.12.03.01	65.1069	38	19910923	2.4
42.12.02.01	146.2062	54.0	19900905	3.4	65.12.03.02	65.1069	32	19910923	2.7
42.12.03.01	146.2063	45.0	19900905	2.6	65.13.01.01	94.2616	14.0	19901114	3.1
42.12.05.01	155.763	50.0	19900903	2.5	65.13.01.02	94.2516	10.0	19901114	2.9
42.12.06.02	155.764	14.4	19900903	4.1	65.13.01.03	94.2516	6.5	19901114	2.6
42.12.07.01	146.2065	27.0	1990926	2.0	65.13.02.01	94.2514	19.0	19910925	4.2
42.13.01.01	135.925	70.0	19900829	1.5	65.13.02.02	94.2514	12.7	19901113	2.0
42.13.02.01	135.1103	88.2	19900827	2.1	65.13.03.01	94.2515	13.45	19901113	4.0
42.13.02.02	135.1103	55.0	19900827	2.0	65.13.03.02	94.2515	12.0	19901113	3.6
42.13.03.02	135.1104	62.2	19900829	2.1	65.13.03.03	94.2515	7.6	19901113	4.6
42.13.04.01	135.1107	45.0	19900828	2.0	65.13.04.01	94.2517	20.6	19910917	3.5
42.13.05.02	135.1108	22.6	19900828	6.4	65.13.05.01	94.2521	31.5	19910924	8.2
42.13.06.02	135.1109	20.8	199000926	2.9	65.13.05.02	94.2521	24.4	19910924	4.1
42.14.01.01	136.387	47.25	19900822	2.5	65.14.01.01	93.609	26.7	19910925	4.6
42.14.02.01	136.838	58.0	19900821	2.0	65.14.01.02	93.609	16.0	19901120	7.1
42.14.03.02	136.839	37.2	19900821	1.8	65.14.01.03	93.609	8.0	19901120	8.0
42.14.06.01	136.840	49.5	19900822	2.1	65.14.02.01	93.611	43.0	19910911	2.3
50.11.04.01	159.981	4.0	19900904	7.8	65.14.02.02	93.611	37.0	19910911	3.6
50.11.04.02	159.981	1.8	19900903	14.0	65.14.02.03	93.611	30.4	19910911	5.8
50.11.05.03	159.982	1.5	19910528	21.0	65.14.03.01	93.610	35.7	19910910	3.0
50.11.05.03	159.982	1.5	19910814	30.0	65.14.03.02	93.610	22.0	19910910	6.1
55.01.09.01	114.1437	5.12	19901112	18.0	65.14.03.03	93.610	9.0	19901121	16.0
55.11.01.01	131.1052	11.5	19901127	14.0	65.14.04.01	93.612	68.0	19910916	2.7
55.12.07.02	103.1406	19.5	19901121	4.2	65.14.04.02	93.612	60.0	19910916	3.8
55.13.06.01	121.958	16.5	19901218	5.2	65.14.05.01	93.614	141.0	19910917	1.4
55.13.08.03	121.960	16.5	19901218	7.9	65.14.05.02	93.614	112.0	19910917	6.2
55.14.01.01	123.870	20.0	19901203	2.8	65.14.05.03	93.614	82.0	19910917	1.7
60.01.01.01	107.800	129.0	19901008	2.3	65.13.01.02	94.2516	10	19901114	1.6
60.01.02.01	107.701	67.0	19901008	1.3	70.01.01.01	71.295	15.0	19911113	4.2
60.01.03.01	107.632	8.0	19901009	1.1	70.01.02.01	71.296	15.0	19911113	1.7
60.01.04.01	107.1207	68.1	19901009	4.9	70.01.12.01	71.466	14.85	19911113	2.9
60.01.07.03	107.1213	29.5	19901008	1.8	70.01.14.01	71.468	16.6	19911112	2.2
60.11.01.01	105.1273	33.5	19901015	2.1	70.01.15.01	71.469	11.6	19911112	2.7
60.11.02.01	105.879	55.0	19901016	1.4	70.02.01.01	89.1055	30.0	19911126	2.0
60.11.03.01	105.1262	35.4	19901017	2.9	70.02.05.02	79.777	11.5	19911126	2.4
60.11.04.01	105.602	40.8	19901017	1.5	70.02.06.01	79.527	29.9	19911125	3.1
60.11.10.01	105.1395	37.7	19901015	1.0	70.02.06.02	79.527	16.9	19911125	1.8
60.11.11.01	105.1380	6.6	19901016	2.9	70.02.09.01	79.772	12.5	19911118	5.2
60.12.01.01	133.367	17.0	19901105	1.7	70.02.10.01	79.773	15.5	19911118	3.4
60.12.02.01	133.829	38.0	19901106	2.1	70.02.12.01	79.780	15.01	19911127	1.5
60.12.03.01	124.912	22.5	19901112	2.6	70.02.12.02	79.779	10.3	19911127	1.1
60.12.10.03	133.959	13.3	19901105	1.6	70.11.02.01	100.69	15.5	19901105	2.7
60.12.11.02	133.958	12.9	19901106	1.8	70.11.02.02	100.69	7.0	19901105	6.3
60.12.14.01	124.1023	14.5	19901112	2.9	70.11.13.01	100.75	12.7	19901107	5.3
60.13.01.01	125.682	45.0	19901126	1.5	70.11.14.01	100.76	9.1	19901107	6.4
60.13.02.01	125.898	32.0	19901126	4.0	70.11.15.01	100.77	11.1	19901106	6.7
60.13.12.02	125.1761	8.1	19901127	1.7	70.11.17.01	100.79	13.2	19901105	3.7
60.13.14.01	125.1765	15.8	19901127	1.4	70.11.18.01	100.80	11.1	19901105	6.2
60.14.02.01	96.1833	29.0	19901002	1.3	70.11.20.01	100.36	14.0	19901106	5.1
60.14.10.02	96.1974	23.1	19901001	3.1	70.11.24.01	100.85	11.0	19901106	9.7
60.14.14.02	96.1977	15.5	19901001	51.0	70.11.25.01	100.88	38.4	19901107	2.8
60.14.16.01	96.1979	14.1	19901002	1.3	70.12.02.01	98.916	60.0	19901031	1.5
65.01.02.01	85.1319	95.0	19910925	1.7	70.12.05.01	99.463	23.25	19901029	1.8
65.01.06.01	85.1003	51.5	19910925	1.8	70.12.07.01	99.465	11.1	19901031	2.1

Tabel 8.28

AOX, fortsættes.

GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l	GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l
70.12.14.01	99.468	26.95	19901029	2.7	76.14.02.01	30.934	22.0	19901203	3.6
70.12.16.01	99.469	23.0	19901029	3.2	76.14.03.01	30.935	32.0	19901205	2.9
70.12.18.01	99.470	27.2	19901031	3.6	76.14.03.02	30.935	21.0	19901205	3.1
70.12.19.01	99.471	19.4	19901031	2.4	76.14.04.01	30.936	32.0	19901203	1.4
70.12.20.01	99.472	30.25	19901029	2.5	76.14.04.02	30.936	21.5	19901203	1.6
70.12.20.02	99.473	15.95	19901030	4.9	76.14.06.01	30.768	22.0	19901205	3.4
70.12.21.01	99.407	20.0	19901031	4.6	80.01.01.01	5.398	37.9	19901022	2.6
70.13.01.01	87.1034	14.29	19901022	1.1	80.01.02.01	5.428	49.0	19901022	3.7
70.13.07.01	87.1038	38.62	19901022	1.9	80.01.05.01	5.918	5.5	19901022	3.7
70.13.09.01	86.1631	36.9	19901023	2.8	80.02.01.01	34.1724	8.4	19901023	1.4
70.13.10.01	86.1632	36.2	19901024	2.4	80.02.05.01	34.1718	27.0	19901023	2.1
70.13.11.01	86.1574	61.0	19901024	2.3	80.02.05.04	34.1718	13.4	19901023	5.2
70.13.13.01	86.1634	42.3	19901022	1.7	80.02.07.01	34.1735	13.08	19901023	1.6
70.13.14.01	87.1039	60.8	19901023	1.4	80.02.09.01	34.1603	51.54	19901023	2.9
70.13.15.01	86.1635	51.1	19901023	1.3	80.11.01.01	34.1646	38.0	19910807	2.0
70.14.01.02	71.482	54.62	19910422	1.8	80.11.02.01	34.1647	10.0	19910807	11.0
70.14.03.01	71.484	49.52	19910423	3.2	80.11.03.01	34.1650	48.0	19910812	2.3
70.14.03.02	71.484	38.97	19910423	2.4	80.11.04.01	34.1651	14.0	19910812	5.6
70.14.04.01	71.470	15.4	19910422	6.0	80.11.06.01	34.1705	15.0	19901029	7.2
70.14.15.01	71.480	15.8	19910423	9.2	80.11.07.01	34.1706	21.0	19910826	4.3
76.11.01.01	56.891	72.0	19901126	1.3	80.11.08.01	34.1736	51.0	19910806	2.4
76.11.01.02	56.891	63.0	19911204	1.6	80.11.08.02	34.1736	26.0	19910806	2.0
76.11.02.01	56.894	32.0	19911204	1.4	80.11.08.03	34.1736	18.0	19910806	3.2
76.11.02.02	56.894	26.0	19911204	4.1	80.11.09.01	34.1737	1.0	19901029	9.2
76.11.03.01	56.892	65.5	19911203	1.4	80.11.11.01	34.1739	11.5	19901029	9.2
76.11.03.02	56.892	47.0	19911203	2.1	80.11.12.01	34.1740	4.5	19910806	16.0
76.11.04.01	56.895	18.5	19911203	3.6	80.11.13.01	34.1741	18.0	19901029	3.8
76.11.04.02	56.895	15.5	19911203	3.6	80.11.14.01	34.1742	16.0	19901030	4.1
76.11.05.01	56.896	23.0	19911202	2.8	80.11.15.01	34.1743	61.0	19910807	1.8
76.11.05.02	56.896	21.5	19911202	5.0	80.11.15.02	34.1743	36.0	19901030	4.0
76.11.06.01	66.1571	12.0	19911202	8.9	80.11.15.03	34.1743	21.0	19910807	3.8
76.11.06.02	66.1571	8.0	19911202	12.0	80.11.16.01	34.1744	9.0	19901030	5.3
76.12.02.01	55.524	30.5	19901210	1.1	80.11.17.01	34.1745	9.0	19910812	3.8
76.12.03.01	55.807	88.0	19901210	2.3	80.11.18.01	34.1746	10.0	19901030	3.4
76.12.04.01	55.437	13.0	19901210	2.8	80.12.05.01	24.214	14.2	19901105	2.9
76.12.05.01	55.278	35.0	19901211	1.6	80.12.13.02	24.782	47.0	19910813	1.7
76.12.06.01	55.491	73.0	19901211	2.8	80.12.14.01	24.783	18.0	19910813	2.7
76.12.07.01	55.854	37.0	19901212	2.1	80.12.14.02	24.783	7.5	19901105	4.4
76.12.08.01	55.774	48.0	19901211	2.8	80.12.15.01	24.784	7.0	19901105	5.8
76.12.09.01	55.859	5.0	19911104	1.6	80.12.16.01	24.785	17.0	19901105	5.2
76.12.09.02	55.859	1.5	19911105	3.6	80.12.16.02	24.785	9.0	19910813	5.8
76.12.10.01	55.425	70.0	19901212	2.1	80.13.02.01	18.118	33.0	19901113	4.1
76.12.11.02	55.861	3.0	19911104	1.3	80.13.03.01	18.119	42.0	19910819	3.5
76.12.12.01	55.860	13.0	19911105	3.0	80.13.04.01	18.221	41.5	19901113	3.6
76.12.12.02	55.860	4.0	19911105	4.4	80.13.07.01	18.241	68.0	19910819	11.0
76.13.01.10	37.1039	33.5	19910930	2.5	80.13.07.03	18.241	23.0	19910819	6.1
76.13.01.02	37.1039	17.5	19910930	3.4	80.13.08.01	18.242	8.0	19901113	5.5
76.13.01.03	37.1039	9.45	19910930	9.9	80.13.09.01	18.243	41.0	19910818	13.0
76.13.01.04	37.1039	6.45	19910930	13.0	80.13.09.03	18.243	21.5	19910819	6.0
76.13.02.01	37.1038	29.75	19911002	2.8	80.13.10.01	18.244	14.0	19901113	6.6
76.13.02.02	37.1038	20.4	19911002	2.8	80.13.12.01	18.246	11.0	19901113	4.9
76.13.02.03	37.1038	11.8	19911002	2.1	80.14.02.01	18.553	17.5	19901112	5.0
76.13.03.01	37.1037	36.5	19911001	1.1	80.14.03.01	40.911	9.0	19901112	4.8
76.13.03.02	37.1037	22.2	19911001	2.5	80.14.05.01	40.913	14.0	19910820	3.4
76.13.03.03	37.1037	15.45	19911001	2.3	80.14.06.01	40.914	11.0	19901112	5.8
76.13.03.04	37.1037	3.2	10011001	11.0	80.14.07.01	40.915	9.0	19910826	4.9
76.13.04.01	38.430	18.5	19901127	6.6	80.14.08.01	40.916	15.0	19910826	4.5
76.13.05.01	37.665	20.0	19901127	1.7	80.14.09.01	40.917	17.5	19910826	4.8
76.14.01.01	30.933	48.0	19901204	3.0	80.14.10.01	40.918	104.0	19910820	1.5
76.14.01.02	30.933	33.0	19901204	4.8	80.14.11.01	40.847	43.3	19901112	1.3
76.14.01.03	30.933	22.0	19901204	6.0					

Tabel 8.28

AOX, fortsat.

GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l	GRUMO nr.	DGU nr.	top af filter	prøve-dato	værdi µg/l
13.11.02.02	201.3821	23.7	19910828	2.0	40.01.01.01	247.349	7.5	19910416	0.68
13.11.02.03	201.3821	13.8	19910828	2.4	50.11.02.02	159.979	3.7	19900905	0.52
13.11.02.04	201.3821	6.8	19910828	2.2	50.11.03.03	159.980	16.0	19900903	0.55
20.12.03.01	186.709	29.4	19900903	0.65	50.12.01.02	141.879	34.0	19910610	0.51
20.12.05.01	186.712	15.4	19900904	2.5	50.12.07.01	141.907	46.5	19910610	0.67
20.12.05.01	187.712	15.4	19911112	4.4	55.13.06.01	12.958	16.5	19901218	1.0
20.12.05.02	186.712	9.4	19900904	2.6	80.11.08.01	34.1736	51.0	19910806	0.56
35.13.06.02	218.992	10.0	19910903	25.0	80.13.10.01	18.244	14.0	19901113	2.0
35.13.09.02	218.995	13	19910904	1.0					

Tabel 8.29

VOX

Diskussion

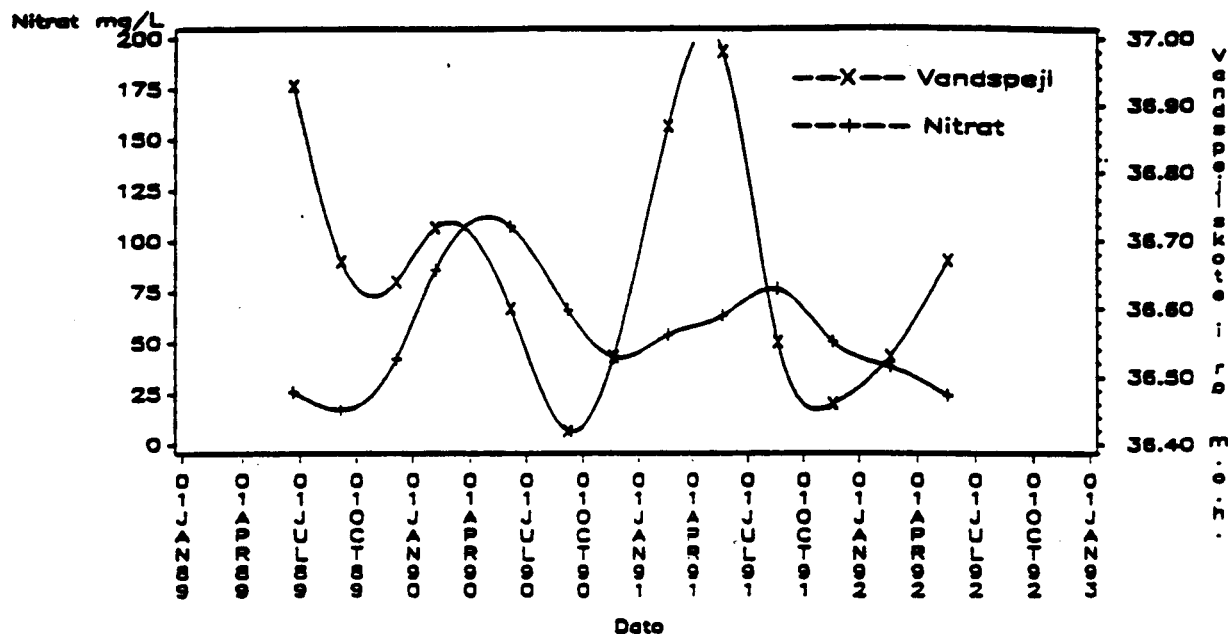
Det er nu tredje gang grundvandsovervågningen i forbindelse med Vandmiljøplanens Overvågningsprogram rapporteres. Der er i år fokuseret på data fra grundvandsovervågningsområderne, der i et vist omfang er suppleret med oplysninger fra de seks landovervågningsområder. Grundvandsovervågningsområderne er små indvindingsområder, inden for hvilke der foregår en særlig intens overvågning. Uden for disse områder kortlægges grundvandets kvalitet gennem vandværkernes boringskontrol og drikkevandskontrol. I det hidtidige program for grundvandsovervågningsområderne er der i tre år indsamlet kvartårslige oplysninger om grundvandets kemiske hovedkomponenter. For en del boringer i grundvandsovervågningsområderne er der dog et hul i dataserien i 1991, som skyldes, at manglende sikkerhedsforhold for de installerede montejustpumper skulle bringes i orden.

Der er udført analyser for de "specielle" stoffer, som der ikke analyseres så hyppigt for, en enkelt gang for hovedparten af de prøvetagningssteder, hvorfra der kan indsamles grundvandsprøver af tilstrækkelig god kvalitet. I en del tilfælde, hvor der har været rejst tvivl om måleværdiernes troværdighed, er der blevet udtaget og målt på en ny vandprøve, og flere sådanne genmålinger er planlagt. Mens målinger og fortolkninger af fordelingen af grundvandets hovedkomponenter kun er behæftet med ringe usikkerhed, må fortolkningen af fordelingen af de stoffer, for hvilke der kun er målt en gang, og som forekommer i størrelsesordenen nannogram, nødvendigvis være mere kvalitativ.

Indholdet af de naturligt forekommende hovedkomponenter i grundvandet afhænger af det kemiske miljø i grundvandsreservoirene. Dette kemiske miljø beskrives her ved hjælp af den hydrokemiske klassifikation (HK-klassifikation), der blev introduceret i sidste års rapport. Beskrivelsen er opdelt således, at overvågningsområder med et geologisk fællespræg er omtalt under ét, idet både hovedreservoirer og sekundære reservoirer er beskrevet.

9.1 Nitrat

Med udgangspunkt i opdelingen i 32 reservoirtyper er det analyseret, hvordan koncentrationsudviklingen for nitrat har været gennem de sidste tre år. Med de foreliggende data fra overvågningsområderne om grundvandets nitratindehold er det ikke muligt at påvise nogen generel tendens til ændringer. I langt de fleste overvågningsområder har grundvandets nitratindehold været konstant gennem måleperioden, både i de sekundære reservoirer og i hovedreservoirerne. Kun i enkelte filtre er der i måleperioden sket en tydelig udvikling i retning af et større gennemsnitligt nitratindhold i det overfladenære grundvand. Dette indebærer, at der som helhed og som forventet endnu ikke er konstateret nogen effekt af vandmiljøplanen i grundvandsovervågningsområderne, idet vandet kan være mange år om at nå fra rodzonen til den dybde i grundvandsreservoirerne, hvorfra vandprøverne udtages.



Figur 9.1.

Tidsserier for nitrat og grundvandsstand fra boring nr. 103.1408, filter 1. Fra overvågningsområdet Grindsted, Ribe Amt, 1992.

Heller ikke i landovervågningsoplandene er der sporet en sådan effekt. Med en kort måleserie over tre år er det vanskeligt at skelne kortvarige fluktuationer fra en langtidstendens, også i de tilfælde hvor nitratkoncentrationen i grundvandet fra et givet filter har varieret gennem tiden.

Fluktuationer i grundvandets nitratindholdet er forventelige og er kraftigst i de mest overfladenære grundvandsforekomster, dels på grund af direkte påvirkning fra udvaskning og dels på grund af den årstids- og nedbørsbestemte nitratmineralisering og opløsning. En sådan årstidsvariation er for eksempel påvist af Ribe Amt og illustreret i figur 9.1.

Også gennem de oplysninger om det mest overfladenære grundvand, der tilvejebringes gennem landovervågningsprogrammet, er de voldsomme nitratfluktuationer i nydannet grundvand vel dokumenteret. Disse fluktuationer understreger den nære sammenhæng mellem elementerne i det hydrologiske kredsløb: nedbør, evapo-transpiration, overfladisk afstrømning, dræning, oppumpning og infiltration, samt de kemiske aspekter af nitrattilførsel og frigivelsen fra rodzonen.

Betydningen af landbrugsmæssigt tilført nitrat for koncentrationen i grundvandet er klart dokumenteret af Ribe Amt (1992), der kan sætte koncentrationsforskelle i det overfladenære grundvand direkte i forbindelse med gødningspraksis i områdets specifikke dyrkningsfelter. Højt nitratindhold korrelerer således ikke overraskende med intensiv anvendelse af husdyrgødning.

*Højt nitratindhold
hysdyrgødning*

Der er som nævnt ikke nogen påviselig ændring af det landsdækkende billede af i hvilken grad grundvandet indeholder nitrat. På

landsplan er det fortsat området omkring Limfjorden, Himmerland og på Djursland, hvor de største nitratkoncentrationer findes. De seneste tørre somre har reduceret plantedækkets optagelse af kvælstof, således at indholdet i jorden har været relativt stort i efterårsperioden. Da efterårene har været lune, har mineraliseringen af kvælstof, hvorved der dannes nitrat, kunnet foregå i jorden gennem en usædvanlig lang periode. Betydningen af disse klimatiske effekter i forhold til gødskningspraksis lader sig først fuldt afklare, når der også foreligger data fra en årrække med mere sædvanlige klimatiske betingelser.

Transporthastighed

Kraftig oppumpning af grundvand kan øge transporthastigheden af ungt nitratholdigt grundvand mod pumpeboringerne. I nogle områder kan dette medføre, at nitratinholdet i det oppumpede grundvand stiger, således som det også er vist i Miljøindikatorer, 1992. Denne effekt ses mange steder, især uden for overvågningsområderne, omkring vandværker, og den er særlig stor ved en del nye vandværker, som dokumenteret af Nordjyllands amt (1992). Ved sådanne vandværker er der målt stigninger i nitratinholdet i det oppumpede grundvand på over 5 mg/l pr. år. For nogle amter betyder denne sammenhæng, at der er udarbejdet planer og iværksat konkrete initiativer for på frivilligt grundlag at indgå aftaler om ændret arealbenyttelse. Disse initiativer ligger på linie med ønsket om en differentieret indsats for beskyttelse af grundvandet, som foreslået af Vandrådet (Miljøstyrelsen, 1992) og ved "Koncensuskonferencen" (Undervisningsministeriets Forskningsafdeling 1991).

9.2 Klorid

Dybere mod vest

Vurderingen af grundvandets indhold af klorid er baseret på oplysninger fra overvågningsområderne som analyser fra boringer i den øvrige del af landet, bl.a. data fra DGU's grundvandskemiske database. Ud over den hidtil kendte tilknytning af klorid til kystegne og ved kraftig oppumpning af grundvand, ligger det niveau, hvor der naturligt forekommer højt kloridindhold, dybere jo længere mod vest man kommer i Danmark.

Nogle grundvandsreservoirer med ferskvand strækker sig således ud under Vesterhavet. Dette afspejler at successionen af lavpermeable aflejringer fra den ældre del af tertiærtiden mod vest ligger stedse dybere. Under dette niveau er grundvandet i store træk saltholdigt, mens det oven over hovedsagelig er ferskt. På

Sjælland kan der forekomme salt grundvand mellem højtliggende lavpermeable lag selv om der er fersk grundvand under disse. Set i dette lys illustrerer kortet i sidste års rapport, DGU 1991, over områder hvor klorid udgør et indvindingsmæssigt problem, fordelingen af store generelle kloridproblemer, mens der her ud over synes yderligere at forekomme punktvis påvirkning af grundvandet.

Overvågningsprogrammets forholdsvis detaljerede beskrivelse af grundvandets sammensætning viser videre, at der i vandet fra mange prøvetagningssteder er et usædvanligt højt kloridindhold

mange meter over dansk normal nul, uden at dette kan være forårsaget af pumpning. Det forhøjede kloridindhold kan her skyldes koncentreret forurening fra overfladen og forekommer da også i mange tilfælde i umiddelbar nærhed af større vejanlæg, oplagspladser og lignende.

9.3 Uorganiske sporstoffer

De uorganiske sporstoffer, hvoraf der nu findes mindst en analyse fra hovedparten af overvågningsprogrammets prøvetagningsfiltre, har fordelingsmæssigt været en overraskelse. Flere af de sporstoffer, som der analyseres for, må af kemiske grunde forventes at forekomme sammen, og iøvrigt også sammen med nogle af hovedkomponenterne. Der er derfor udført en såkaldt multi-komponent korrelations analyse, hvoraf det ville fremgå, hvilke stoffer der var fordelt efter indbyrdes afhængighed eller samme ydre betingelser. Denne analyse var mest karakteristisk ved manglende korrelation. En tilsvarende analyse, hvor også den bjergartstype prøvetagningsfilteret er placeret i indgik, gav et tilsvarende resultat. Kun fordelingen af nikkel og zink samt til en vis grad molybdæn og arsen synes ved denne angrebsvinkel at korrelere svagt med hinanden.

Mangler korrelation

Geografisk fordeler de enkelte uorganiske sporstoffer sig efter hvert sit mønster på landsplan. Dog viser der sig i denne fordeling enkelte markante overrepræsentationer, som for eksempel overvægt af forhøjet zinkindhold vest for isens hovedstiltandslinie. Først når stofkoncentrationernes størrelse inddrages i bedømmelsen af fordelingen fremstår der en svag tendens mod sammenhæng mellem fordelingen af disse stoffer. Det er bekymrende, at denne sammenknyttende faktor synes at være høj hydraulisk ledningsevne i grundvandsreservoirene, idet der netop i disse lag foregår en hurtig grundvandsstrømning.

Der forekommer indhold af naturligt forekommende uorganiske sporstoffer i målbare koncentrationer i alle reservoirtyper, både hovedreservoirer og sekundære reservoirer, med høj hydraulisk ledningsevne. Disse stoffer er oftest påvist i dybdeintervallet ned til 30 m under terræn, men der er yderligere en del forekomster ned til 70 m under terræn. Denne hyppighedsfordeling skal sammenholdes med, at antallet af prøvetagningsfiltre netop også er størst i dybdeintervallet ned til 30 m under terræn, figur 2.3 i indledningen.

Om de målte koncentrationer af de naturligt forekommende uorganiske sporstoffer afspejler en naturlig balance mellem reservoirbjergarter og grundvand kan ikke udledes af fordelingen af disse stoffer. Forekomsten af nogle af disse kan dog skyldes den afsmittende virkning fra forurening på jordoverfladen. Derimod viser fordelingen af de uorganiske sporstoffer cyanid, kviksølv, bly og cadmium, af hvilke de to første ikke anses for at forekomme naturligt i nævneværdig grad, at det påviste indhold af miljøfremmede stoffer tenderer til at forekomme i større dybder end de stoffer, der forekommer naturligt. Der er derfor grund til at antage, at relativt høje koncentrationer af disse stoffer i nogle

tilfælde kan skyldes forurening. Denne tolkning støttes yderligere af, at det er i de samme overvågningsområder, at de miljøfremmede og forhøjede indhold af de naturligt forekommende uorganiske sporstoffer er påvist.

Pumpeproblem

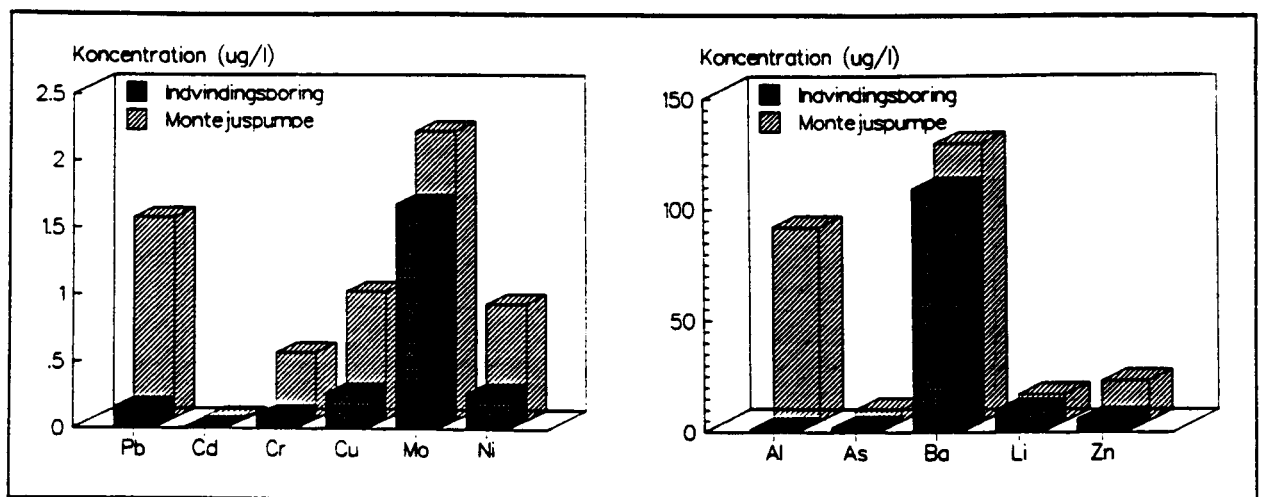
Vejle amt (1992) mener dog, at kviksølv kan forekomme naturligt i forbindelse med brunkulsaflejringer. Fyns amt (1992) har vurderet analyser baseret på, hvilken type pumpe grundvandet er udtaget med. Amtet tolker på denne baggrund, at indholdet af nogle stoffer er pumpeafhængigt, idet renpumpningen er bedst i indvindingsboringerne, figur 9.2. Analyserne repræsenterer dog heller ikke helt det samme grundvand.

Barium

Et ikke umiddelbart forklarligt kuriosum med hensyn til stofkoncentrationernes troværdighed er, at bariumindholdet i vandprøver, som er indsamlet i overvågningsområder etableret af staten, generelt er mindre end i områder etableret af amterne.

Langt de fleste målelige koncentrationer af uorganiske sporstoffer i grundvandet ligger under grænseværdien for det pågældende stof i drikkevand, omend ofte ganske tæt under denne værdi.

Det overvågningsområde, der er alvorligst påvirket med uorganiske sporstoffer er Skive, hvor filtre helt ned til 88 m under terræn yder grundvand med små koncentrationer af cyanid. Dette overvågningsområde er lokaliseret omkring den udtørrede Tastum sø, langs hvis bredder der tidligere har ligget en del teglværker.



Figur 9.2

Sammenhæng mellem boringstype og sporstofindhold (middelværdier), fra Fyns Amt, 1992. Baseret på data fra 9 "eksisterende indvindingsboringer med dykpumper" og 45 "nye boringer med montejustumper". Den gennemsnitlige filterdybde for indvindingsboringerne og boringerne med montejustumper er henholdsvis 37 og 30 m under terræn.

En sammenligning mellem overvågningsområdet Borreby på Fyn og overvågningsområdet Endrup i Nordsjælland illustrerer problemet med at foretage sammenlignende vurderinger mellem overvågningsområderne, så længe analyseprogrammet ikke er fuldt gennemført. I Borreby er der kun analyseret for uorganiske sporstoffer i 4 filtre ud af 14 mulige. I alle 4 filtre er der fundet målbart indhold af kviksølv, altså en fund"succes" på 100%. I de sammenlignende tabeller indgår Borreby kun med 4 fund på linie med Endrup. I Endrup er der imidlertid gennemført et fuldt måleprogram med i alt 11 analyser, svarende til en fundmængde på kun 36%.

De overvågningsområder, hvor et indhold af disse uorganiske stofgrupper i grundvandet er påvist, fremgår af tabel 9.1.

GRUMO Område	Toksiske		Traditionelle		Dybeste filter m.u.t.	Depoter	Reservoir-type *
	Antal fra tabel 6.5	Dybde m.u.t.	Sum fra tabel 6.6	Dybde m.u.t.			
15-11	11	3-74	17	8,4	76	+	H
35-13	6	7-28	19	7,0	28	+	H
40-10	7	8-30	65	15-30	33	-	H
42-01	5	13-60	15	18	68	+	H
42-11	7	18-47	20	47	47	+	H
50-01	5	9-34	15	18	35	-	H
50-11	4	12-30	54	1,5-3,7	69	-	S
60-14	1	23	17	23	35	-	H
65-12	2	4-5	21	4,5	38	-	H
65-13	4	7-13	78	10-13	32	-	H
65-14	3	8-37	21	8	141	-	S
76-12	7	35-88	17	70	88	-	H
76-13	2	6-13	37	6-13	36	-	S
80-02	4	13	24	13	51	-	H

* H = Hovedreservoir, S = Sekundære reservoirer

Tabel 9.1

Sammenfald af forekomst af toksiske og traditionelle tungmetaller i grundvandsprøver fra overvågningsområderne.

I fire af de 14 overvågningsområder, hvor der er fundet både toksiske og traditionelle uorganiske sporstoffer, er der registreret depoter eller lossepladser, mens de øvrige ligger i områder, der overvejende drives som landbrug. Det er derfor nærliggende at antage, at denne type forurening måske kan tilføres med blandt andet gødning og slam.

Kvalitetskravene til drikkevand er baseret på princippet om, at vand, der er en basal bestanddel i alt levende, skal være fri for forurening. Drikkevandet i Danmark fremstilles næsten udelukkede af grundvand, ofte sammenblandet fra flere borer, og kun underkastet en simpel vandbehandling. Da der vil kunne forekomme mange stoffer i grundvandet, er der fastsat differentierede krav om både højest tilladte og et lavere vejledende indhold af stoffer i det behandlede vand, der pumpes ud i ledningsnettet som

drikkevand. Kravene til grundvandets kvalitet er derfor indirekte. Da der imidlertid er en lang række stoffer, der ikke fjernes fra vandet ved processerne på vandværkerne, kan koncentrationen i det drikkevand, som vandværkerne leverer disse tilfælde, kun ændres ved opblanding med andet og renere grundvand.

9.4 Pesticider

For pesticider, hvis økotoksiske effekt er veldokumenteret, er der krav om, at indholdet af et enkelt stof i drikkevand skal være særligt lavt (under 0,1 µg/l). Da pesticider ikke fjernes fra vandet på vandværkerne, stilles der krav om øget opmærksomhed til grundvandets eventuelle indhold af pesticider. Det er derfor væsentligt at afklare i hvilket omfang pesticider transporteres med nedsivningsvand mod grundvandet, og til indvindingsboringerne, samt i hvilket omfang de omdannes undervejs.

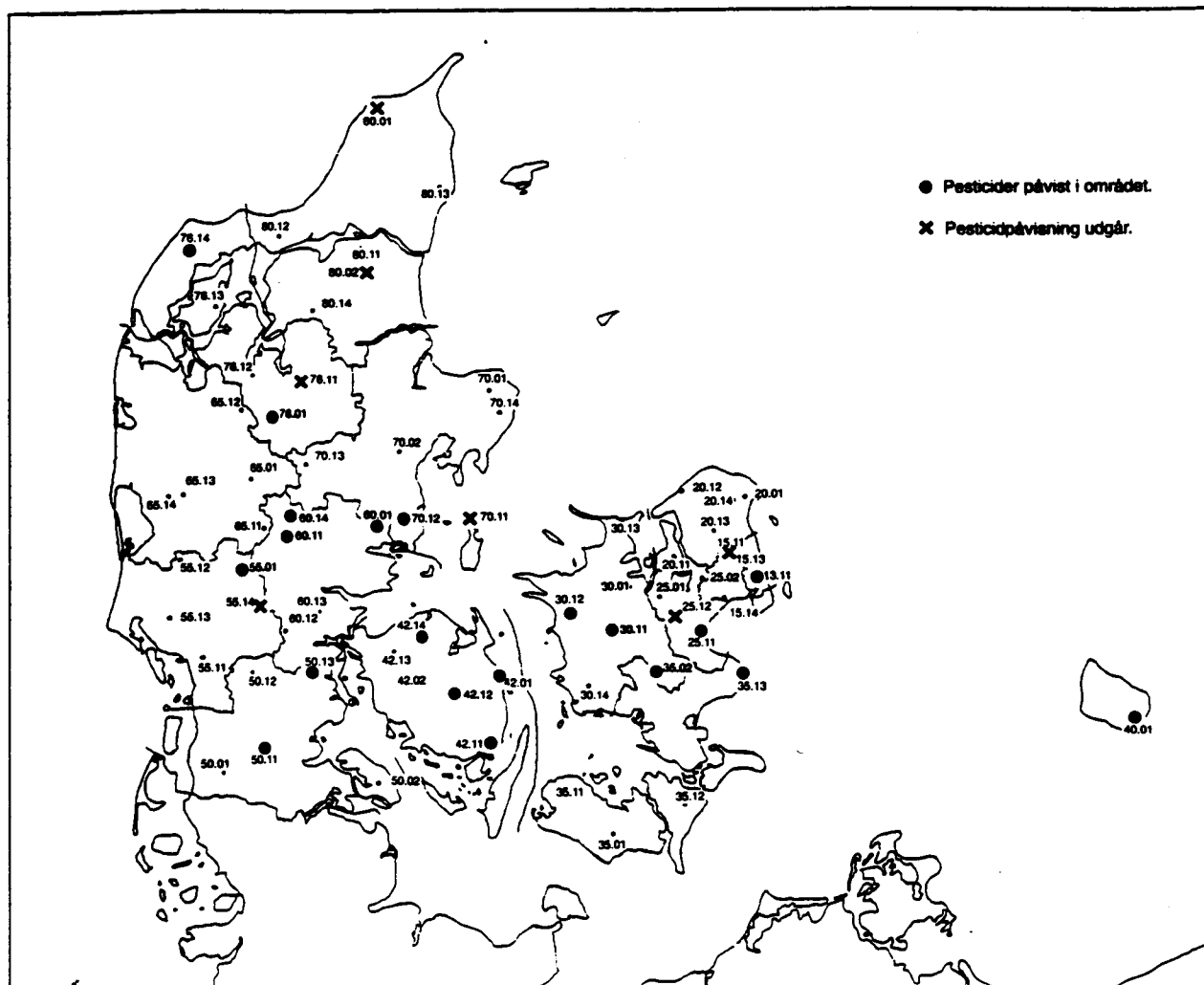
Der er til dette års indberetning af data foretaget analyser på 30 grundvandsprøver fra filtre, hvor der tidligere er påvist pesticider, med henblik på at øge troværdigheden af resultaterne. I 9 tilfælde blev der fundet de samme pesticider i de ny prøver. Dette er en løbende proces, og der er derfor stadig en del pesticidpåvisninger, der planlægges bekræftet med nye analyser. Der foreligger imidlertid nu, efter tre års analysearbejde, oplysninger om analyser for pesticider i grundvandsprøver fra 527 af de 817 prøvetagningssteder, der er egnede til denne type analyser, (der indgår 1064 prøvetagningssteder i overvågningen som helhed).

Der er påvist pesticider i grundvandsprøverne fra 7% af de filtre, for hvilke der er foretaget analyse, svarende til 36 filtre ud af 528 filtre. Denne hyppighed af fund er af samme størrelsesorden som i sammenlignelige undersøgelser i udlandet. I betragtning af det intensive landbrug i Danmark er den relativt "lave" procent endda bemærkelsesværdig.

De fleste danske pesticidpåvisninger stammer fra grundvand fra de øverste 20 meter under terræn og afspejler den forventede aftagende hyppighed og koncentration med dybden. Dette skal dog tages med forbehold, da der er foretaget langt flere analyser i netop dette dybdeinterval end længere nede. Den statistiske usikkerhed er mindst i det dybdeinterval, hvor der er mange analyser.

I enkelte tilfælde kan det ikke udelukkes at pesticidpåvisningerne skyldes, at der er trængt pesticidholdigt vand ned fra overfladen langs boringerne. De fleste pesticidpåvisninger må dog på basis af de geologiske forhold, de gentagne målinger og grundvandets ringe alder tolkes som repræsentative for grundvandet.

Den geografiske fordeling af pesticidfundene i overvågningsområderne er vist i figur 9.3. Det er påfaldende, at der i store dele af de områder, hvor nitratinholdet i grundvandet er stort, og hvor der er relativ god forbindelse fra dyrkningslaget til grundvandet, ikke er påvist pesticider. Der er også tilfælde, hvor grundvandet indeholder pesticider selv på stor dybde.



Figur 9.3.

Pesticid påvisninger i grundvandsovervågningsområderne.

Datamængden fra overvågningsområderne er imidlertid for lille til, at der kan drages sikre konklusioner om det geografiske aspekt af fordelingen af pesticiderne.

9.5 Organiske mikroforureninger

Der er på grundvandsprøverne fra overvågningsområderne udført analyser for eventuelt indhold af en lang række andre mulige forurenende organiske stoffer (organiske mikroforureninger), som kendes fra undersøgelser af gamle industrigrunde, depoter og lossepladser. Mange af disse stoffer er sparsomt eftervist, men for de stofgrupper, hvor datamængden er relativt stor tegner der sig et alvorligt billede, da denne type forurening oftest er koncentreret i og omkring byområderne og deres vandforsyninger. Værst er denne situation i Frederiksberg- og Københavns Kommune samt i Københavns Amt. I dette område er klorerede opløsningsmidler antagelig det største enkeltstående kvalitetsproblem i grundvandet. Dette er erkendt ikke blot inden for overvågningsområderne, men

9.6 Sammenfatning

Grundvandsovervågningen omfatter analyser for et stort antal stoffer, hvoraf nogle er naturligt forekommende, men hvis koncentration kan ændres, som følge af udnyttelsen af grundvandet. Andre stoffer kan forekomme naturligt, men kan også være tilført på grund af forurening. Endelig er der en del stoffer, der kun kan påvises som følge af forurening.

Det kalejdoskopiske billede der fremstår af forekomst og fordeling af de mange undersøgte stoffer lader sig ikke på landsplan referere til fælles årsager. Tværtimod fremstår der et billede af, at grundvand grundlæggende præges af stofindholdet i de øverste jordlag, det trænger ned igennem. Hvad end der findes af forurenende stoffer på jordoverfladen, i dyrkningslaget, i grøfterne og så videre, vil disse stoffer i et vist omfang opløses i det infiltrerende vand og transporteres nedad mod grundvandet. Denne erkendelse af betydningen af den første prægning under dannelsen af grundvandet blev allerede observeret af Ødum og Christensen (1936).

Mens det infiltrerende vand siver mod grundvandszonen, og siden som grundvand strømmer horisontalt og nedad, vil ændringer i det kemiske miljø i grundvandet og reaktioner med sedimenter samt bakteriologisk aktivitet kunne omsætte eller binde en del af forureningen. Bakteriologisk omsætning og nedbrydning kan i nogle grundvandsmiljøer reducere indholdet af en del organiske stoffer, således at deres koncentration i grundvandet aftager med dybden. Mange stoffer kan yderligere adsorberes på lerminerale i lerholdige aflejringer, på organisk stof og på jernoxider. Men en del forurenende stoffer hverken bindes eller omsættes.

Der fremstår en foruroligende tendens, når de lokale forhold og jordoverfladens prægning af det nydannede grundvand sammenholdes med observationen af, at de uorganiske sporstoffer især er påvist i grundvand i de reservoirer, der har den højeste hydrauliske ledningsevne. Grundvandet synes nok at bevæge sig nedad gennem den geologiske lagserie over en bred front. Lokalt følger det derimod overvejende lag og passager med højere hydraulisk ledningsevne uden om forhindringer, med lavere permeable lag med stort lerindhold. Disse barrierer, ved hvilke en del af grundvandets indhold af forurenende stoffer skulle kunne omdannes, fjernes eller bindes, synes derfor ikke at være så lateralt sammenhængende og effektive som almindeligvis antaget.

Grundvandet og dets eventuelle indhold af forurenende stoffer transporteres derfor muligvis hurtigere end tidligere antaget mod hovedreservoirerne. En større forståelse af denne dynamik og af de differentierede beskyttelses- og afværgetiltag, som kan sættes i relation hertil, er en af fremtidens mest påtrængende udfordringer indenfor grundvandsområdet.

Som varslingsystem synes grundvandsovervågningen allerede på dette tidlige tidspunkt, at opfylde sin funktion, både med henblik på at beskrive en naturlig udgangstilstand og ved tidligt at opfange

nye udviklingstendenser. Overvågningen er særlig vigtig, når der fremover skal lægges strategi for langsigtede beskyttelsestiltag og arealprioriteringer.

Litteratur

- Adriano, D.C., 1986: Trace Elements in the Terrestrial Environment, 533 sider. - Springer-Verlag New York Inc.
- Agertved J., Rügge K. & Barker J. F., 1992: Transformation af the Herbicides MCPP and Atrazin under Natural Aquifer Conditions. - Ground Water, Vol. 30, No. 4, p 500-506.
- Alloway, B.J., 1990: Heavy Metals in Soils, 339 sider. - Blackie and Son Ltd., London.
- Andersen, H.E., Blicher-Mathiesen, G., Grant, R., Bak, J. & Berg, P., 1992: Landovervågnings oplande. Vandmiljøplanens overvågningsprogram 1991. Faglig rapport fra DMU, nr. 64.
- Andersen, L.J., 1966: Tritiumindholdet i grundvandet og dets betydning ved geohydrologiske undersøgelser. - Meddelelser fra Dansk Geologisk Forening, Særtryk af, Bd. 16, Hefte 2, København 1966.
- Andersen, L.J., Kelstrup, N. & Kristiansen, H., 1980: Chemical Profiles in the Karup Water Table Aquifer, Denmark. - Nuclear Techniques in Grouundwater Pollution Research. Proceedings of an Advisory Group Meeting. IAEA, Vienna, 1980, pp.47-60.
- Andersen, L.J. & Sevel, T., 1974: Six Year's environmental Tritium Profiles in the unsaturated Zones, Grønhøj, Denmark. - IAEA - SM - 182/1, 1974, pp.3-20.
- Andrews, J.N. & Kay, R.L.F., 1982: Natural production of tritium in permeable rocks. - Nature, vol. 298 (22/7 1982), pp.361-363.
- Bornholms Amt, 1992: Status for grundvandsovervågning ved Smålyngen, p 6.
- Binzer, K., 1974: Sedimentological and geochemical features of Weichselian tills and pre-Quaternary sediments in Denmark. - Danmarks Geologiske Undersøgelse, Årbog 1973 s. 111-131. København.
- Bolt, G.H. & Bruggenwert, M.G.M., eds., 1976: Developments in Soil Science 5A. Soil Chemistry. A. Basic Elements, 281 sider. - Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.
- Bowen, H.J.M., 1966: Trace Elements in Biochemistry, 241 sider. - Academic Press Inc., London Ltd.
- Deutsche Forschungsgemeinschaft, 1990: Pflanzenschutzmittel im Trinkwasser. - Mitteilung XVI der Kommission für Pflanzenschutz-, Pflanzenbehandlungs- und Vorratsschutzmittel. 82 p.
- Dinesen, B., 1976: Geochemical properties of the marine Younger Miocene af Gram, SW Jutland. - Danmarks Geologiske Undersøgelse, Årbog 1975, s. 5-29. København.
- Druliner D., 1989: Overview of the relations of nonpoint-source agricultural chemical contamination to local hydrogeologic, soil, landuse, and hydrochemical characteristics of the High Plain Aquifer of Nebraska. U.S. Geological Survey toxic substance hydrology program. - Proceedings of the Technical Meeting, Pheonix, Arizona, Sept. 26-30, 1988. USGS Water Investigations Repport 88-4220, p 411-435.
- Duncan D., Pederson D. T., Shepherd T. R. & Carr J. D., 1991: Atrazine Used as a Tracer of

- Induced Recharge. - GWMR, Fall 1991, p 144-150.
- Egboka, B.C.E., Cherry, J.A., Farvolden, R.N. & Frind, E.O., 1983: Migration of contaminants in groundwater at a landfill: a case study. 3, Tritium as an Indicator of Dispersion and Recharge. - *Journal of Hydrology*, vol. 63 (1983), pp.51-80.
- Engesgaard, P. & Jensen, K.H., 1990: Flow and Transport Modeling - Rabis Field Site. - NPo forskning fra Miljøstyrelsen, Nr. B13.
- Eriksson, E., 1967: The Atmospheric Transport of Tritium. *Isotope Techniques in the Hydrologic Cycle, 1967*, pp. 56-57. Editor: Stout, Glenn E. Geophysical Monograph Series No. 11. American Geophysical Union, Washington, D.C.
- Frederiksborg Amt, 1992: Grundvandsovervågning, p 41.
- Fyns Amt, 1990: Notat vedrørende atrazinformaling på Brandsø. Fyns Amt, Vand/miljøafdelingen, J. nr. 8-77-31(429)/1-90, 6p.
- Fyns Amt, 1991: Grundvand vandmiljøovervågning, p 67.
- Gat, J.R. & Tzur, Y., 1966: Modification of the isotopic composition of rainwater by processes which occur before groundwater recharge. - *Isotopes in Hydrology. Proceedings of a Symposium, Vienna, 14-18 November 1966, IAEA and UNESCO*, pp.49-60.
- Helweg A., 1987: Nedbrydning og adsorption af pesticidkemikalier i jordlag under rodzonen og jordluftens sammensætning ned til 2 meters dybde. - *Tidsskr. f. Planteavl, Beretning S 1881*, 78p.
- Helweg A., Fomsgaard L. & Gardshod E., 1991: Nedbrydning af herbicidet mechlorprop (MCP) i jord. Indflydelse af jordtemperatur og jorddybde. - 8. Danske Planteværnskonference, Pesticider/Miljø. - Beretning nr. S. 2110-1991, *Tidsskrift for Planteavl*, p 255-264.
- Heron G. & J. Futtrup, 1991: Undersøgelser ved Vejen losseplads: Nedbrydning af MCP i grundvandszonen. - Lossepladsprojektet, Rapport R2-2. 63 p.
- Jørgensen, N.O., Skjerna, L. & Jørgensen, P.R., 1992: Tungmetaller i udvalgte danske kvartære jordarter. - ATV vintermøde om grundvandsforurening, marts 1992, Wingstedcentret, Bredsten.
- Jørgensen, P., 1990: Spredning af forurening i moræner. - Miljøprojekt 155, Miljøstyrelsen.
- Jørgensen P.R. & J. Fredericia, 1992: Migration of nutrients, pesticides and heavy metals in fractured clayey till. - *Geotechnique*, 42, p 67-77.
- Jørgensen, T.H., 1992: Bidrag til Dansk Amtsvandingeniørforenings møde om special analyser i grundvand d. 19-20. februar 1992 "Resultater af spormetalanalyser i de jyske/funse amter", 9 sider.
- Kristiansen H., 1992: Pesticidrester i grundvand - resultater fra Miljøstyrelsens overvågning af grundvandskvaliteten. - 9. Danske Planteværnskonference. *Tidsskr. Planteavl*, 86 (S-2178), p 173-182.

- Københavns Amt, 1991: Københavns Amt. I "David", 1991: Grundvandsovervågning. Grundvandsressourcens udnyttelse og tilstand. 2. del. Dansk Amtvandingeniørforening. p 71-126.
- Københavns Amt, 1992: Indberetning 1992, Grundvandsovervågningsprogrammet.
- Københavns og Frederiksberg Kommune, 1991: Vandmiljøplanens grundvandsdel, overvågningsområde nr. 13. Statusrapport.
- Larsen, B., 1986: Heavy metal budgets for selected danish sea areas. - Rapp. P.-v. Réum. Cons. int. Explor.
- Matthess, G., 1973: Lehrbuch der Hydrogeologie. Band 2, Die Beschaffenheit des Grundwassers Gebrüder Borntraeger. Berlin. Stuttgart.
- Mattick, J., Duval, T.A. & Phillips, F.M., 1987: Quantification of groundwater recharge rates in New Mexico using bomb ^{36}Cl , bomb- ^3H , and chloride as soil-water tracers. - New Mexico Water Resources Research Institute, WRI Report No. 220, Technical Completion Report, Projekt Nos. 1423638 and 1423654, March 1987.
- Miljøstyrelsen 1990: Vurdering af analyseprogrammet for udvalgte boringer i vandmiljøplanens grundvandsovervågning. - Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 11, 1990.
- Miljøstyrelsen, 1991: Salg af bekæmpelsesmidler 1988, 1989 og 1990. Statistiske oplysninger. - Orientering fra Miljøstyrelsen, nr 5. Miljøministeriet. 20 p.
- Miljøstyrelsen, 1992: Danmarks fremtidige vandforsyning. - Betænkning fra Miljøstyrelsen, nr. 1, 1992.
- Moser, H. & Renert, W., 1980: Isotopenmetoden in der Hydrologie. - Lehrbuch der Hydrologie Band 8. Gebrüder Borntraeger.
- Nordjyllands Amt, 1992: Vandmiljøplanens grundvandsovervågning, p 30.
- Nygaard, E. (red.), 1991: Grundvand. Overvågning og Problemer. - Danmarks Geologiske Undersøgelse, Serie D, Nr. 8.
- Rasmussen, K. & Jørgensen, S.S., 1986: Forurening med plantenæringsstoffer m.v. Metallerne Pb, Hg, Ni og Cr. Miljøforvaltning 4. udg. s. 145-154. - DSR Forlag, Landbohøjskolen, København.
- Raulund-Rasmussen, K. & Borggaard, O.K., 1991: Grundvand under skovene. - Ugeskrift for jordbrug nr. 51/52 s. 838-841.
- Ribe Amt, 1992: Vandmiljø. Overvågning grundvand. 60 p.
- Ringkjøbing Amtskommune, 1991: Vandmiljø. Overvågning grundvand.
- RIVM/RIZA, 1991: Research for man and environment/Institute for Inland Water Management and Waste Water Treatment, 1991: Sustainable Use of Groundwater. - Problems and threats in the European Communities. Den Haag, 26-27 november 1991. Ministerseminar Groundwater. Report no. 600025001.

- Roether, W., 1967: Estimating the tritium input to groundwater from wine samples: groundwater and direct runoff contribution to Central European water. *Isotopes in Hydrology*, IAEA, Wien, 1967, pp.73-91.
- Roskilde Amt, 1992: Grundvandsovervågning. Status for vandmiljøplanens grundvandsdel.
- Sevel, T., Kelstrup, N. & Binzer, K., 1981: Nedsivning. Suså Hydrologi. - Rapport H 6. Dansk Komité for Hydrologi.
- Spalding R. F., Burbach M. E. & Exner M. E., 1989: Pesticides in Nebraska's Ground Water. - *GWMR*, Fall 1989, p 126-133.
- Steichen S., Koelliker J., Grosh D., Heiman A., Yearout R. & Robbins V., 1988: Contamination of Farmstead Wells by Pesticides, Volatile Organics, and Inorganic Chemicals in Kansas. - *GWMR Summer*, p 153-159.
- Storstrøms Amt, 1992: Grundvandsovervågning 1989-1991.
- Sønderjyllands Amt, 1992: Vandmiljø. Overvågning. Teknisk rapport grundvand, p 69.
- Undervisningsministeriets Forskningsafdeling, 1991: Kvælstof, fosfor og organisk stof i jord og vandmiljøet. Rapport fra koncensuskonference.
- Veien, N.K., 1988: Nikkel-allergi og maden. - *Tænk*, Forbrugerrådets blad nr. 8, okt. 1988 s. 24-26.
- Viborg Amt, 1992: Vandmiljøovervågning. Grundvandsovervågning, p 28.
- Vejle Amt, 1991. Vandmiljøplanens grundvandsovervågning. - Grundvandsovervågningsområder og grundvandsproblemområder. - Statusrapport 1991.
- Villumsen, A & Lykke-Andersen, H., 1976: Late- and Post-glacial sediments in the Randers Fjord Area. Geochemical, sedimentological and geoelectric investigations. - *Danmarks Geologiske Undersøgelse*, II række, nr. 107, 125 sider. København.
- World Water and Environmental Engineer, 1992 : Gac talks, pesticides. - *World Water and environmental Engineer*, July/August, p 36-38.
- Zeuthen B., Madsen T. & Helweg A., 1988: MCPA nedbrydning i jord udtaget under rodzonen på tidligere behandlede og ubehandlede lokaliteter. - 5. Danske Planteværnskonference, I, p 23-32.
- Ødum, H. & Christensen, W., 1936: Danske Grundvandstyper og deres geologiske optræden. - *Danmarks Geologiske Undersøgelse III rk.* nr. 26.
- Århus Amtskommune, 1992: Statusrapport 1991 vandmiljø. Overvågning af grundvandet.
- Århus Amtskommune, 1992: Tungmetaller i Århus Amt. Baggrundsværdier i tertiære sedimentter og recente jordbunde.

Dette års rapport over grundvandsovervågningen i Danmark er udarbejdet på grundlag af resultaterne fra overvågningen i 67 grundvandsovervågningsområder og 6 landovervågningsoplande.

Tilsammen giver disse resultater et rimeligt detaljeret billede af grundvandets kvalitet på landsplan.

Beskrivelsen af grundvandskvaliteten i overvågningsområderne er baseret på målinger af grundvandets hovedbestanddele, bl.a. nitrat og klorid, uorganiske sporelementer, pesticider og andre organiske mikroforureninger. Med henblik på at tilvejebringe en oversigt over de regionale forskelle i grundvandskvaliteten er landet opdelt i og beskrevet i forhold til 32 hydrokemisk klassificerede reservoirtyper.

Mens udviklingen i grundvandets indhold af f.eks. nitrat og klorid har været fulgt gennem de foregående år, er der i denne rapport sket en første kortlægning af forekomsten af de uorganiske sporelementer, bl.a. tungmetallers forekomst i grundvandet.

Tilsvarende er der sket en intensiveret kortlægning af forekomsten af pesticider, klorerede opløsningsmidler og andre organiske forureninger i grundvandet.

This report is based on the results of the Danish groundwater monitoring programme and includes data from 67 groundwater monitoring areas, and 6 catchment areas selected for agricultural impact monitoring. The monitoring results give a reasonably detailed description of the groundwater quality on a national scale.

The description of the groundwater quality is based on major components in the groundwater, such as nitrate and chloride, as well as inorganic and organic trace elements.

To illustrate the regional differences in groundwater quality the aquifers are hydrochemically classified.

In addition to the concentration of selected major components in groundwater which were measured during the past years, this report includes, for the first time, measurements of the concentration of inorganic trace elements, such as heavy metals, and organic contaminants including pesticides, chlorinated hydrocarbons and other organic solutes.