

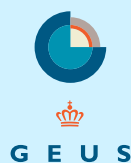


Danmarks Miljøundersøgelser
Miljøministeriet

Miljøfremmede stoffer og tungmetaller i vandmiljøet

Tilstand og udvikling, 1998-2003

Faglig rapport fra DMU, nr. 585



MILJØMINISTERIET

Miljøstyrelsen

[Tom side]



Danmarks Miljøundersøgelser
Miljøministeriet

Miljøfremmede stoffer og tungmetaller i vandmiljøet

Tilstand og udvikling, 1998-2003

Faglig rapport fra DMU, nr. 585
2006

Susanne Boutrup (red.)

Patrik Fauser

Marianne Thomsen

Ingela Dahlöf

Martin M. Larsen

Jakob Strand

Ole Sortkjær

Thomas Ellermann

Danmarks Miljøundersøgelser

Per Rasmussen

Lisbeth F. Jørgensen

Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse

Mette Wolstrup Pedersen

Lis Morthorst Munk

Miljøstyrelsen

Datablad

Titel:	Miljøfremmede stoffer og tungmetaller i vandmiljøet.
Undertitel:	Tilstand og udvikling, 1998-2003.
Forfattere:	S. Boutrup ¹ (red.), P. Fauser ² , M. Thomsen ² , I. Dahlöf ³ , M.M. Larsen ³ , J. Strand ³ , O. Sortkjær ⁴ , T. Ellermann ⁵ , P. Rasmussen ⁶ , L.F. Jørgensen ⁶ , M. W. Pedersen ⁷ , L. M. Munk ⁷
Afdelinger:	¹ Forsknings-, Overvågnings- og Rådgivningssekretariatet, ² Afdeling for Systemanalyse, ³ Afdeling for Marin Økologi, ⁴ Afdeling for Ferskvandsøkologi, ⁵ Afdeling for Atmosfærisk Miljø, ⁶ Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, ⁷ Miljøstyrelsen
Serietitel og nummer:	Faglig rapport fra DMU nr. 585
Udgiver:	Danmarks Miljøundersøgelser© Miljøministeriet
URL:	http://www.dmu.dk
Udgivelsestidspunkt:	Juni 2006
Faglig kommentering:	Jens M. Andersen, DMU; relevante fagdatacentre
Finansiell støtte:	Ingen ekstern finansiering.
Bedes citeret:	Boutrup, S. (red.), Fauser, P., Thomsen, M., Dahlöf, I., Larsen, M.M., Strand, J., Sortkjær, O., Ellermann, T., Rasmussen, P., Jørgensen, L.F., Pedersen, M.W., Munk, L.M. 2006: Miljøfremmede stoffer og tungmetaller i vandmiljøet. Tilstand og udvikling, 1998-2003. Danmarks Miljøundersøgelser. 140 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 585. http://faglige-rapporter.dmu.dk .
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse.
Sammenfatning:	Denne rapport indeholder resultater fra 1998-2003 af overvågning af miljøfremmede stoffer og tungmetaller i vandmiljøet som en del af det nationale program for overvågning af vandmiljø (NOVA-2003) i Danmark. Rapporten indeholder en beskrivelse af kilderne til stofferne samt deres forekomst i grundvand, vandløb, søer, havet og en vurdering af betydningen af stoffernes forekomst. Grundlaget for rapporten er de årlige rapporter, som udarbejdes af fagdatacentre for de enkelte emneområder. Disse rapporter er baseret på data indsamlet og rapporteret af amterne.
Emneord:	Miljøfremmede stoffer, pesticider, tungmetaller, uorganiske sporstoffer, imposex, miljøtilstand, grundvand, vandløb, søer, havet, terrestrisk natur, habitatområder, atmosfærisk nedfald, spildevand, gylle.
Layout:	Grafisk Værksted, Silkeborg
ISBN:	978-87-7772-936-2
ISSN (elektronisk):	1600-0048
Sideantal:	140
Internet-version:	Rapporten findes kun som PDF-fil på DMU's hjemmeside http://www2.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_fagrapporter/rapporter/FR585.pdf
Købes hos:	Miljøministeriet Frontlinien Rentemestervej 8 2400 København NV Tel. 70 12 02 11 frontlinien@frontlinien.dk www.frontlinien.dk

Indhold

Forord 5

Sammenfatning 6

Summary 8

1 Indledning og formål 10

2 Indsats mod forurening med tungmetaller og miljøfremmede stoffer 11

2.1 Internationale tiltag 11

2.2 Nationale tiltag 11

3 Overvågningen af vandmiljøet 13

3.1 Behovsstyret overvågning 13

3.2 Oversigt over overvågningsprogrammet 1998-2003 14

3.3 Spildevand og slam 14

3.4 Luft 18

3.5 Landbrugsoplande 19

3.6 Grundvand 21

3.7 Vandløb 22

3.8 Søer 23

3.9 Marine områder 24

4 Kvalitetskrav for vandområder 27

5 Sikring af analysekvalitet 29

6 Sammenfatning af overvågningsresultater for de enkelte stofgrupper 30

6.1 Tungmetaller 30

6.2 Pesticider 31

6.3 Phenoler og chlorphenoler 33

6.4 Alkylphenoler 33

6.5 Blødgørere - phthalater 34

6.6 Anioniske detergenter 34

6.7 Opløsningsmidler 35

6.8 Polyaromatiske kulbrinter 35

6.9 P-triester 36

6.10 Alifatiske aminer 36

6.11 PCB, dioxiner og chlorerede pesticider 36

6.12 Organotinforbindelser 37

6.13 Medicinstoffer 38

6.14 Perspektivering 38

7	Tungmetaller og andre uorganiske sporstoffer	41
8	Pesticider	55
9	Phenoler og chlorphenoler	67
10	Alkylphenoler	72
11	Phthalater - blødgørere	77
12	Anioniske detergenter	82
13	Opløsningsmidler	84
14	Polyaromatiske kulbrinter – PAH	90
15	P-triester	96
16	Alifatiske aminer	99
17	PCB, dioxiner og chlorerede pesticider	101
18	Organotinforbindelser	105
19	Medicinstoffer i gylle og dambrug	110
20	Referencer	113
	Bilag	118

Danmarks Miljøundersøgelser

Faglige rapporter fra DMU

Forord

Miljøfremmede stoffer og tungmetaller har i en årrække været højt prioriteret på den miljøpolitiske dagsorden. Det skyldes at forskellige stoffer ikke bare påvirker natur og miljø men også kan have sundhedsmæssige effekter på mennesker.

Det nationale overvågningsprogram blev etableret i 1988 for at følge effekterne af Vandmiljøplan I. Derfor var der i de første år størst fokus på næringsstoffer og organisk stof. Ved en revision af overvågningsprogrammet i 1998 skete der en opprioritering af overvågningen af miljøfremmede stoffer og tungmetaller. Denne rapport sammenfatter resultaterne af denne del af overvågningen i NOVA-2003 i 1998-2003.

Overvågningen af miljøfremmede stoffer og tungmetaller omfatter målinger ved kilder til stoffernes forekomst i vandmiljøet, herunder renseanlæg, udvaskning fra dyrkede marker og atmosfærisk deposition. Status for og udvikling af stoffernes forekomst i vandmiljøet omfatter målinger i grundvand, vandløb, søer og marine områder.

Rapportens kapitel 1-5 giver en introduktion til tilrettelæggelsen og strategien for overvågningen af miljøfremmede stoffer og tungmetaller. Kapitel 6 indeholder en sammenskrivning og vurdering af resultaterne af overvågningen, og i kapitel 7-19 er resultaterne af de enkelte stofgrupper uddybet. Disse kapitler indeholder en beskrivelse af stoffernes forekomst, anvendelse og miljøkarakteristika samt en præsentation og vurdering af overvågningsresultaterne. I det omfang der foreligger grænseværdier, er resultaterne vurderet i forhold til disse.

Sammenfatning

Overvågningen har vist, at helt overordnet er koncentrationen af miljøfremmede stoffer og tungmetaller i de fleste tilfælde lave og uden miljømæssig betydning. Overvågningen har imidlertid også dokumenteret, at der er områder, hvor der er miljømæssige påvirkninger, eller hvor danske grænseværdier og kvalitetskrav er overskredet.

Pesticider mest udbredt i grundvand og fersk overfladevand

I grundvand og fersk overfladevand blev der fundet pesticider, mens de øvrige organiske miljøfremmede stoffer stort set ikke blev fundet. Pesticiderne blev fundet oftere i søer end i vandløb, men koncentrationerne var generelt lavere i søerne end i vandløbene.

Ophobning i det marine miljø

Der blev kun i enkelte tilfælde fundet andre organiske miljøfremmede stoffer end pesticider i vandløb og søer. Selv de stoffer, der er fundet hyppigst i udløb fra renselanlæg eller er udledt i størst mængde, er kun fundet i få prøver fra vandløb og søer. Det gælder eksempelvis blødgøreren DEHP. Til gengæld blev en række af stofferne fundet i sediment, muslinger og fisk i det marine miljø. Der var typisk tale om vanskeligt nedbrydelige og akkumulerbare stoffer, bl.a. DEHP som blev fundet udbredt i sediment i kyst- og fjordområder. Nogle af de stoffer, der blev fundet i sediment, muslinger og fisk, bliver ikke længere anvendt i Danmark. Det gælder bl.a. DDT. I nogle tilfælde optrådte stofferne i så høje koncentrationer, at de kan udgøre en miljømæssig risiko.

Tungmetaller i vandmiljøet

Tilførslen af tungmetaller via nedbør og luft til land- og vandområder har været faldende siden 1990'erne. I fersk overfladevand var koncentrationerne i 2003 lave i forhold til danske kvalitetskrav, mens de fleste metaller i det marine miljø blev fundet i koncentrationer, der var højere end de niveauer, der karakteriserer god tilstand i henhold til OSPAR's kvalitetskriterier. I grundvand var koncentrationen af enkelte naturligt forekommende metaller så høj, at de kan udgøre et sundhedsmæssigt problem, hvis vandet anvendes til drikkevand.

Kønsforandringer hos snegle

Som supplement til målingerne af koncentrationerne af de miljøfremmede stoffer er effekten af TBT (tributyltin) i det marine miljø undersøgt. TBT har bl.a. været anvendt i bundmaling til skibe. Stoffet virker specifikt på snegle ved at kunne føre til hormonforstyrrelser og kønsforandringer. Kønsforandringerne blev fundet meget udbredt med størst hyppighed i nærheden af havne, hvor belastningen med TBT har været størst.

Perspektivering

Resultaterne fra overvågningen af miljøfremmede stoffer og tungmetaller har, ud over anvendelsen til at beskrive udviklingen og tilstanden i vandmiljøet, haft en konkret anvendelse i forbindelse med Vandrammedirektivets basisanalyse. Endvidere har resultaterne dannet grundlag for en optimering af overvågningen af miljøfremmede stoffer og tungmetaller i forbindelse med revisionen af NOVA-2003, idet de stoffer der ikke eller kun i ubetydeligt omfang var blevet fundet, blev taget ud af programmet.

Vandrammedirektivet forpligter medlemslandene til at overvåge en række prioriterede miljøfremmede stoffer og tungmetaller. De fleste af stofferne er med i det danske overvågningsprogram. De stoffer der endnu ikke er med i overvågningen, vil først blive inddraget efter at det ved en screeningsundersøgelse er dokumenteret at det er relevant at inddrage dem. Denne strategi anvendes for alle "nye" stoffer.

Overvågningen af miljøfremmede stoffer og tungmetaller omfatter primært måling af stofkoncentrationer i forskellige medier. Koncentrationsmålingerne var i det marine program i NOVA-2003 suppleret med undersøgelse af effekt i form af kønsforandringer hos snegle. Ved revisionen af NOVA-2003 blev der derudover implementeret enkelte andre effektundersøgelser i det marine program.

Summary

The Danish Nationwide Monitoring and Assessment Programme for the Aquatic Environment (NOVA-2003) run over the period 1998-2003. The programme monitored the air, wastewater treatment plants and other point sources, agricultural catchments, the groundwater, watercourses, lakes and marine waters. The Danish monitoring programme was established in 1987 in order to follow development in the aquatic environment and record the effects of the reduction in discharges. In 1998 monitoring of hazardous substances and heavy metals was added to the programme. The monitoring results were reported yearly and the present report gives an overview of the results for the entire period.

The overall picture shows that hazardous substances and heavy metals are generally found in low concentrations and with no environmental significance. The monitoring results have further documented that some areas are impacted or the Danish permitted limits or quality criteria have been exceeded.

Pesticides found most frequently in groundwater and fresh surface water

Pesticides were found in groundwater and fresh surface water while other organic hazardous substances were hardly present. Pesticides were found more frequently in lakes than in watercourses, but concentrations were generally lower in the lakes than in the watercourses.

Accumulation in the marine environment

Among the organic hazardous substances only pesticides occurred in a few cases in watercourses and lakes. Even the substances which were found most often in outlets from wastewater treatment plants or substances discharged in large amounts were found in only a few samples from watercourses and lakes. This applies, for example, to the softener DEHP.

A number of substances were found in sediment, mussels and fish from marine areas. It was typically slowly degradable and accumulative substances such as DEHP, which were found widely in sediment in fjords and coastal areas. Some of the substances which occurred in sediment, mussels and fish are not used in Denmark any longer. DDT is one example. Some of the substances occurred in such high concentration that they may pose an environmental risk.

Heavy metals in the aquatic environment

The amount of heavy metals transported to inland areas and surface waters has been decreasing since the 1990s. In 2003 heavy metal concentrations in fresh surface waters were low compared to the Danish quality criteria, while most metals in marine areas were found in concentrations exceeding the level described by the OSPAR quality crite-

ria as a good environmental state. Concentrations of a few naturally occurring metal in groundwater were so high that they could pose health problems, if the water is used for drinking water.

Sexual changes in snails

The effect of TBT (tributyltin) in marine waters has been investigated in supplement to the measurements of concentrations of hazardous substances. TBT has been used as antifouling agent in ship painting. The substance acts specifically on snails by causing hormone disturbances and sexual changes. The sexual changes were widespread with the highest frequencies close to harbours, where there was the largest TBT impact.

1 Indledning og formål

Denne rapport sammenfatter resultaterne af seks års overvågning af organiske miljøfremmede stoffer, tungmetaller og andre uorganiske sporstoffer i Det Nationale Program for Overvågning af Vandmiljøet i perioden 1998-2003, også kaldet NOVA-2003.

Rapporten er udarbejdet af Danmarks Miljøundersøgelser (DMU) i samarbejde med Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS) og Miljøstyrelsen på baggrund af data indsamlet af amterne og Københavns og Frederiksberg Kommuner. DMU har forestået dataindsamlingen vedrørende atmosfæren og de åbne havområder.

Organiske miljøfremmede stoffer kan være såvel menneskeskabte som naturligt forekommende. Dette er PAH-forbindelser et godt eksempel på. PAH'er dannes ved ufuldstændig forbrænding af organisk materiale, hvad enten det er en naturlig forbrænding, eller det er menneskeskabt afbrænding af olieprodukter. PAH'er er naturligt forekommende, men findes også mange steder i højere koncentrationer end de naturlige som følge af menneskelig aktivitet.

Det samme er tilfældet for tungmetallerne og række andre uorganiske sporstoffer, som behandles sammen med tungmetallerne i rapporten. Tungmetallerne og sporstofferne indgår i jordens mineraler og er således naturligt forekommende stoffer. En række metaller og sporstoffer findes i forhøjede koncentrationer i miljøet som følge af menneskelige aktiviteter.

Naturligt forekommende stoffer - såvel organiske som uorganiske - var med i overvågningen, hvis de kunne findes i miljøet i koncentrationer, hvor de er farlige for miljøet.

Formålet med rapporten er at give en samlet oversigtlig beskrivelse af forekomsten af tungmetaller og miljøfremmede stoffer i vandmiljøet og at redegøre for sandsynlige miljøeffekter af forekomsterne, bl.a. ved sammenligning med fastsatte kvalitetskrav.

2 Indsats mod forurening med tungmetaller og miljøfremmede stoffer

2.1 Internationale tiltag

I starten af 1990'erne blev det erkendt, at der var behov for foranstaltninger over for flere stoffer end det begrænsede antal, der hidtil havde været i fokus. I 1995 kom der på Nordsøkonferencen i Esbjerg et væsentligt gennembrud i bestræbelserne på at mindske forureningen af vandmiljøet med miljøfremmede stoffer. Dette blev udtrykt i følgende målsætning i Esbjerg-deklarationen §17:

Forhindring af forurening af Nordsøen skal ske ved fortsat at reducere udledninger, udslip til luften og diffuse bidrag af miljøfarlige stoffer for derved at bevæge sig mod målet om at bringe disse til ophør inden for én generation (25 år) med det endelige mål at opnå koncentrationer i miljøet nær baggrundsværdierne for naturligt forekommende og koncentrationer tæt på nul for menneskeskabte syntetiske stoffer.

Efterfølgende vedtog deltagerne på ministermøder i 1998 tilsvarende målsætninger for Nordsø-området og det baltiske område samt mere konkrete strategier for at følge op på Esbjerg-deklarationens målsætning. Det skete gennem politisk tilslutning til Oslo-Paris-konventionen (OSPAR) og Helsingfors Kommissionen (HELCOM).

Med vedtagelsen af UNEP's globale handlingsplan for havet i Washington i 1995 blev der taget initiativ til en global regulering af de svært nedbrydelige eller ikke nedbrydelige organiske stoffer (POP'er).

En uddybning af indholdet i de internationale marine aftaler kan findes i Dahllöf & Andersen (2005).

2.2 Nationale tiltag

Parallelt med de internationale tiltag blev der i Danmark taget initiativer til at mindske forbruget af pesticider. Målet med den første Pesticidhandlingsplan fra 1986 var, at det samlede forbrug af pesticider samt hyppigheden af behandlinger med pesticider skulle halveres inden 1. januar 1997. Derudover skulle forbruget omlægges mod mindre farlige stoffer. I en status for handlingsplanen i 1997 blev det konkluderet, at salget af aktivstoffer var faldet med 36%, men at behandlingshyppigheden stort set var uændret. I 1999 var salget af aktivstoffer faldet svarende til 59% i forhold til 1986. Med Pesticidhandlingsplan II fra 2000 blev der sat mål om at mindske belastningen yderligere, bl.a. ved at etablere randzoner langs målsatte vandløb og søer og udpege særligt pesticidfølsomme områder (*Miljø- og Energiministeriet & Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, 2000*). I den

seneste Pesticidhandlingsplan 2004-2009 er der sat fokus på fortsat at mindske brugen af pesticider og af behandlingshyppigheden.

I 1998 udgav Miljøstyrelsen den første liste over uønskede stoffer. Listen er et signal om og en vejledning til producenter, produktudviklere, indkøbere og andre aktører inden for kemikalieområdet, hvor brugen på længere sigt bør mindskes eller helt stoppes. Listen er efterfølgende blevet revideret i 2000 og 2003 (*Miljøstyrelsen, 2004a*). En række af de uønskede stoffer er med i overvågningen i NOVA-2003.

3 Overvågningen af vandmiljøet

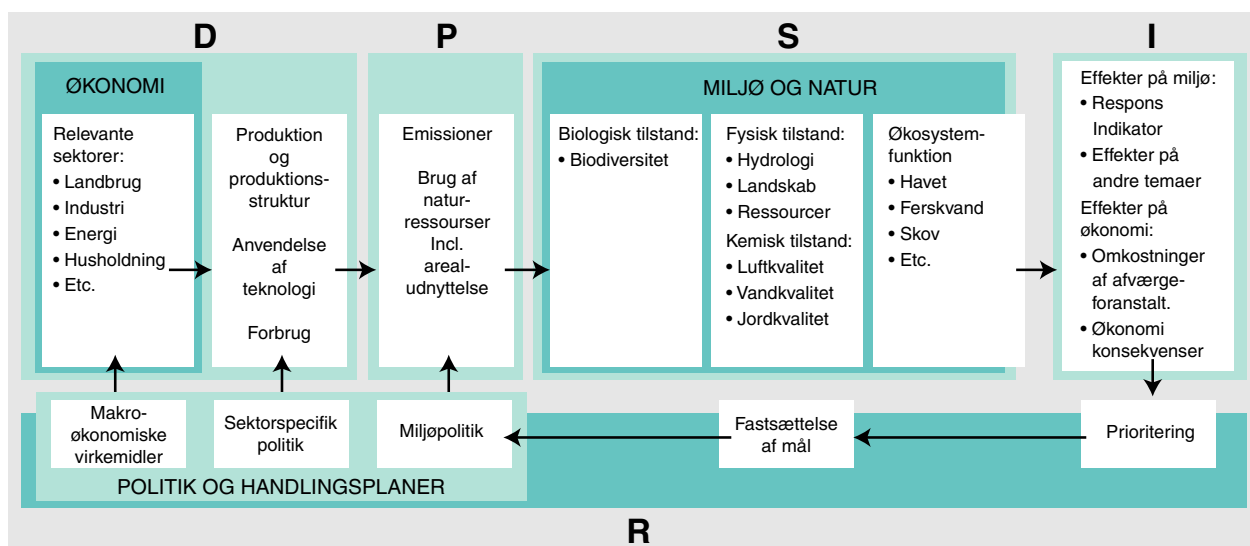
Formålet med overvågningen af miljøfremmede stoffer og tungmetaller har været at beskrive forekomst og udvikling i grundvand, ferske og marine vandområder. Overvågningen har omfattet kilderne til forekomsten, dvs. punktkilder samt luft som transportvej.

Overvågningen skulle imødekomme Danmarks forpligtigelser i forhold til internationale direktiver og konventioner, samt nationale behov for f.eks. at følge effekten af indsatsplaner.

3.1 Behovsstyret overvågning

Figur 3.1 DPSIR diagram med principbeskrivelse af miljøsammenhænge og beslutningsproces på et videnbaseret grundlag. DPSIR står for "Driving forces", "pressures", "state", "impact" og "responses".

Overvågningsprogrammet er tilrettelagt ud fra det såkaldte DPSIR-koncept (figur 3.1). Ideen i konceptet er kvantitativt at beskrive sammenhængene mellem de samfundsmæssige aktiviteter, der involverer brugen af stofferne, emissioner og udledning af stofferne til omgivelserne, tilstanden i omgivelserne, virkningen i omgivelserne og endelig effekten af den indsats, der gøres for at undgå miljøpåvirkningerne.



Resultaterne af overvågningen af miljøfremmede stoffer og tungmetaller i NOVA-2003 indgår i dokumentationen af den effekt indsatsplaner og reguleringer har haft på miljøet. Omkring en tredjedel af de ca. 260 stoffer i overvågningen var begrundet i Nordsøkonferencer, OSPAR eller HELCOM, og lidt under en tredjedel i Drikkevandsdirektivet. Derudover blev en række stoffer overvåget, fordi der er fastsat kvalitetskrav til overfladevand. Endelig var enkelte stoffer med for at fastlægge baggrundsniveauet i grundvand eller for at skaffe viden om forekomsten af stoffer, som var under mistanke for at udgøre et miljøproblem. I Programbeskrivelsen for NOVA-2003, bilag 1 (*Miljøstyrelsen, 2000*), er det for de enkelte stoffer anført, hvad grundlaget har været for at medtage dem. På DMU's hjemmeside (www.dmu.dk) findes en samlet oversigt over de forpligtelser, der er til at overvåge og rapportere stofferne via national lovgivning eller i internationale aftaler (*Miljøstyrelsen, 2001a*).

Ved overvågningen af miljøfremmede stoffer og tungmetaller i NO-VA-2003 blev der primært fokuseret på påvirkninger (P) og tilstand (S) og i mindre udstrækning på effekter (I), jf. figur 3.1.

3.2 Oversigt over overvågningsprogrammet 1998-2003

Tungmetallerne bly, cadmium, kobber, kviksølv, nikkel og zink indgik i alle dele af overvågningen, mens overvågningen af uorganiske sporstoffer kun foregik i grundvand.

Omfanget af overvågningen af de organiske miljøfremmede stoffer var i vid udstrækning bestemt af stoffernes fysiske og kemiske egenskaber. Stoffer med lipofile¹ egenskaber indgik primært i overvågningen af slam, sediment og biota, mens stoffer med hydrofile² egenskaber primært indgik i overvågningen af spildevand, overfladevand og grundvand.

Omfanget af overvågningen har været forskelligt for de forskellige typer af vandområder (tabel 3.1). Prøvetagningen har været hyppigere i vandområder med store tidslige variationer, fx i vandløb, hvor der er målt 6-12 gange hvert år. I andre dele af miljøet er variationen mindre, fx i marint sediment, hvor der er målt to gange i løbet af den 6-årige programperiode.

3.3 Spildevand og slam

Overvågningen af miljøfremmede stoffer og tungmetaller i spildevand har været tilrettelagt primært med henblik på at tilvejebringe en oversigt over tilførsler til vandområder fra forskellige typer af punktkilder samt at opfylde de internationale forpligtelser. Overvågningen omfattede målinger ved renseanlæg, virksomheder med egen udledning og regnbetingede udledninger fra fælleskloakerede og separat-kloakerede områder. Desuden indgik oplysninger fra ferskvandsdambrug og saltvandsbaseret fiskeopdræt samt udledninger fra spredt bebyggelse.

De målte indhold af tungmetaller og miljøfremmede stoffer i spildevand og slam er præsenteret i bilag 1 og angivet som gennemsnit af koncentrationerne ved de undersøgte spildevandsanlæg.

¹ lipofil: fedtelskende. Lipofile stoffer er opløselig fedt og de fleste organiske opløsningsmidler. Stofferne bindes i vid udstrækning til partikler.

² hydrofil: vandelskende. Hydrofile stoffer kan opløses i vand.

Tabel 3.1 Oversigt over NOVA-2003 overvågningsprogrammet for miljøfremmede stoffer, tungmetaller og andre uorganiske sporstoffer for perioden 1998-2003.

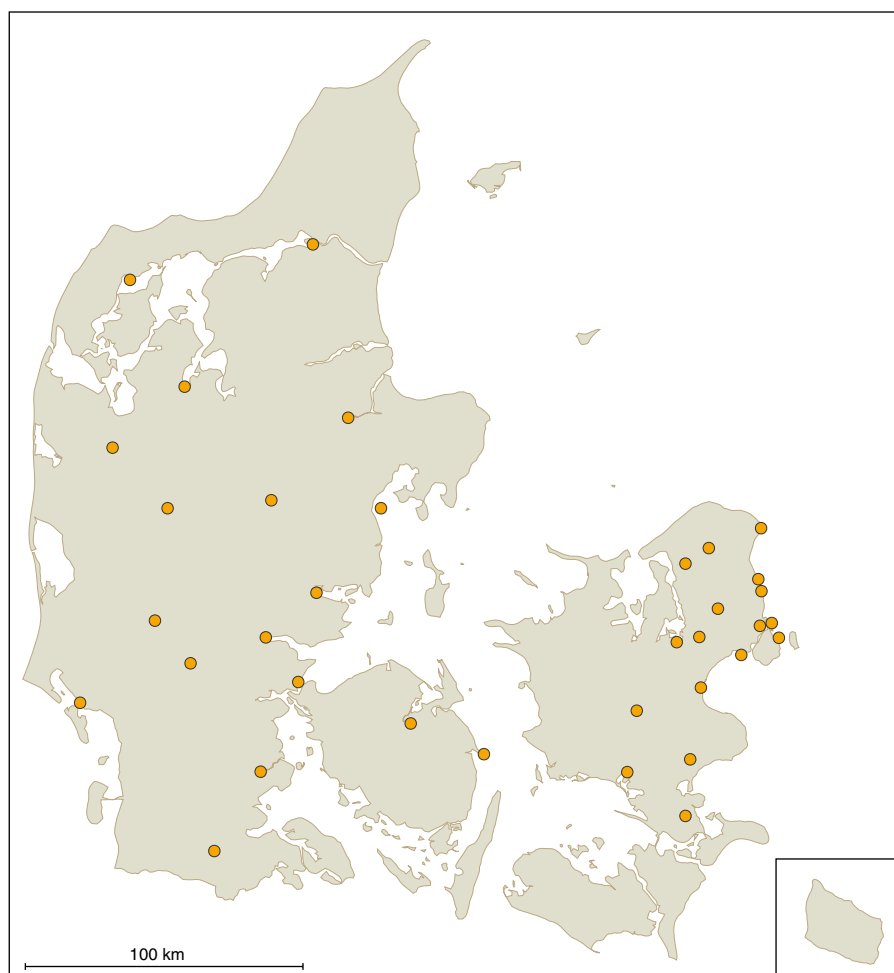
	Punktkilder			Gylle	Atmosfære	Grundvand	Vandløb	Søer	Marine områder		
	Spildevand	Slam	Regnvand						Havvand	Sediment	Biota
Tungmetaller	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Uorganiske sporstoffer						x					
Pesticider	x	x	x	x		x	x	x	x		
Phenoler og chlorphenoler	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x
Alkylphenoler	x	x	x	x		x	x	x		x	
Blødgørere	x	x	x	x		x	x	x		x	x
Anioniske detergenter	x	x				x	x	x	x		
Opløsningsmidler	x	x	x			x	x		x		
Ether (MTBE)	x	x	x			x	x	x			
PAH	x	x	x	x			x	x		x	x
P-triester	x	x		x							
Alifatiske aminer	x	x									
PCB	x	x								x	x
Chlorerede pesticider	x	x				x	x			x	x
Dioxiner og furaner		x									
Organotinforbindelser										x	x
Medicinstoffer				x							

Omkring en tredjedel af de stoffer, der er målt for på de 38 renseanlæg, er omfattet af et forbud, et delvist forbud, frivillige aftaler eller af POP-konventionen³. En del af disse reguleringer er af nyere dato og har derfor ikke påvirket måleresultaterne. Cirka en fjerdedel af stofferne er blevet reguleret via lovgivningen inden NOVA-2003 periodens start, dvs. før 1998.

Som hovedregel har der været gennemført to målerunder på hvert af de undersøgte renseanlæg. Første målerunde blev gennemført i perioden 1998-2000 og anden målerunde i perioden 2001-2003. Én målerunde har bestået af analyser på 4 ugeblandprøver, som hver bestod af 5 døgnprøver. Indholdet af stoffer er bestemt ved analyse af ugeblandprøven. Resultaterne er derfor udtryk for den gennemsnitlige udledning over tid uden information om de maksimale koncentrationer.

³ POP-konventionen (Persistent Organic Pollutant). International konvention, hvis formål er at forbyde produktion og forbrug af 12 svært nedbrydelige organiske stoffer.

Figur 3.2 Placering af de 38 renseanlæg, der er med i overvågning af miljøfremmede stoffer og tungmetaller.



Databehandling

Der er beregnet middelværdier af koncentrationerne af stoffer i udløb og slam samlet for alle anlæg. Hvis et stof er målt ved fem eller færre anlæg, er det ikke medtaget i datapræsentationen. Hvis mere end 10% af analyseresultaterne for et stof har været under detektionsgrænsen, er der ikke beregnet en middelværdi.

Den samlede nationale middelværdi af koncentrationen i udløbet er beregnet som en middelværdi fra det enkelte renseanlæg og derefter en national middelværdi ud fra alle disse renseanlæg. Middelværdien er ikke vægtet efter renseanlæggets størrelse, da det har vist sig ikke at have indflydelse på niveauet på landsplan. 95%-fraktilen for koncentrationerne i udløb og i slam er beregnet på baggrund af spredningen i middelværdierne for de enkelte anlæg.

Ved beregningerne er analyseresultater under detektionsgrænsen indregnet ud fra følgende to kriterier:

- hvis mere end 50% af analyserne er over detektionsgrænsen, er resultater under detektionsgrænsen sat til $\frac{1}{2}$ gange detektionsgrænsen
- hvis færre end 50% af analyserne er over detektionsgrænsen, er resultater under detektionsgrænsen sat til nul.

I de tilfælde, hvor et analyseresultat ved beregning af en middelværdi er sat til nul, vil der højst sandsynligt ske en mindre underestimering.

Enkelte stoffer er på enkelte anlæg fundet i meget høje middelmiddelværdier. Dette medfører stor spredning på den beregnede nationale middelværdi, samt at middelværdien bliver meget høj i forhold til medianværdien. I tilfælde, hvor den beregnede middelværdi er en faktor 10 større end medianen, er middelværdien for det pågældende stof markeret med en stjerne i datapræsentationen i bilag 1.

Den samlede årligt udledte mængde af stoffer fra renseanlæg er beregnet ved at multiplicere den nationale middelværdi af koncentrationen af stofferne i udløbet i perioden 1998-2003 med den gennemsnitlige samlede årligt udledte vandmængde. Usikkerheden på beregningerne er forholdsvis stor.

Virksomheder med separat udledning

Overvågningen af virksomheder med direkte udledning af spildevand til et vandområde omfattede udledningen fra 14 virksomheder, herunder også udledninger fra deponeringsanlæg og afværgeforanstaltninger i forbindelse med jordforureninger. Udledningerne var udvalgt, så de i videst muligt omfang kunne give et repræsentativt billede.

Der er gennemført to målerunder på hver virksomhed. Hver målerunde har bestået af analyser af 4 ugeblandprøver, som hver bestod af 5 døgnprøver. Derudover er øvrige data fra amternes tilsyn med udledningerne og fra virksomhedernes egenkontrol inddraget.

For de 14 virksomheder er de udledte stofmængder beregnet efter samme metodik som for renseanlæggene som et gennemsnit i 2001-2003. Der er stor usikkerhed knyttet til beregningerne, da de enkelte udledere ikke indgår i overvågningen hvert år.

Regnbetingede udledninger

Ved regnbetingede udløb er overvågningen gennemført med henblik på at give en samlet vurdering af disse udløbs betydning for tilførslen af stofferne til vandområderne. I perioden 1998-2000 er der målt på overløb fra et fælleskloakeret opland i Nordjyllands Amt (Frejlev) og i perioden 2001-2003 på udløb fra et separatkloakeret opland i Nordjyllands Amt (Sulsted) og et fælleskloakeret opland i Københavns Kommune (Toftøjevej).

De estimerede udledte stofmængder fra overløb fra fælleskloakerede områder er baseret på målingerne ved det fælleskloakerede opland i Nordjyllands Amt multipliceret med den samlede årligt udledte vandmængde fra overløb fra alle fælleskloakerede oplande.

Spredt bebyggelse

Den samlede udledning af tungmetaller fra spredt bebyggelse er estimeret ud fra oplysninger om antal ejendomme, forventet antal PE

pr. ejendom, renseforanstaltninger på ejendommene samt forventede rensegrader. Mængden af tungmetaller pr. PE (personækvilant) er estimeret ud fra målinger på ni renseanlæg, som alene får tilført hus-spildevand. Der er ikke tilstrækkeligt fagligt grundlag til at kunne foretage tilsvarende estimater for miljøfremmede stoffer.

Dambrug

Fra ferskvandsdambrug blev der indsamlet oplysninger om det samlede forbrug af medicin og hjælpestoffer, mens der for saltvands-baserede fiskeopdræt alene var oplysninger om samlet forbrug af medicin.

3.4 Luft

Luftovervågningen i NOVA-2003 omfattede målinger af tungmetaller i våddeposition og luftens indhold af partikelbundne tungmetaller. Målingerne har så vidt muligt fulgt fælles europæiske retningslinier (EMEP⁴).

Der er målt ved seks hovedstationer, og våddepositionen af tungmetaller er målt ved yderligere tre stationer (figur 3.3). Målestationerne var placeret, så de gav en rimelig geografisk dækning. Ud fra tidsse-rierne kan udviklingstendenser, og hermed effekten af tiltag til at begrænse emissionerne, vurderes. Det er antaget, at den gennemsnitlige deposition ved målestationerne er repræsentativ for de danske land- og vandområder. Den samlede deposition er beregnet som summen af våd- og tørdepositionen.

Våddeposition af tungmetaller

Målingerne af våddepositionen er sket ved at opsamle nedbørs-mængden gennem en måned og analyse den for indholdet af tungmetaller. Den årlige våddeposition er beregnet som summen af de månedlige depositioner.

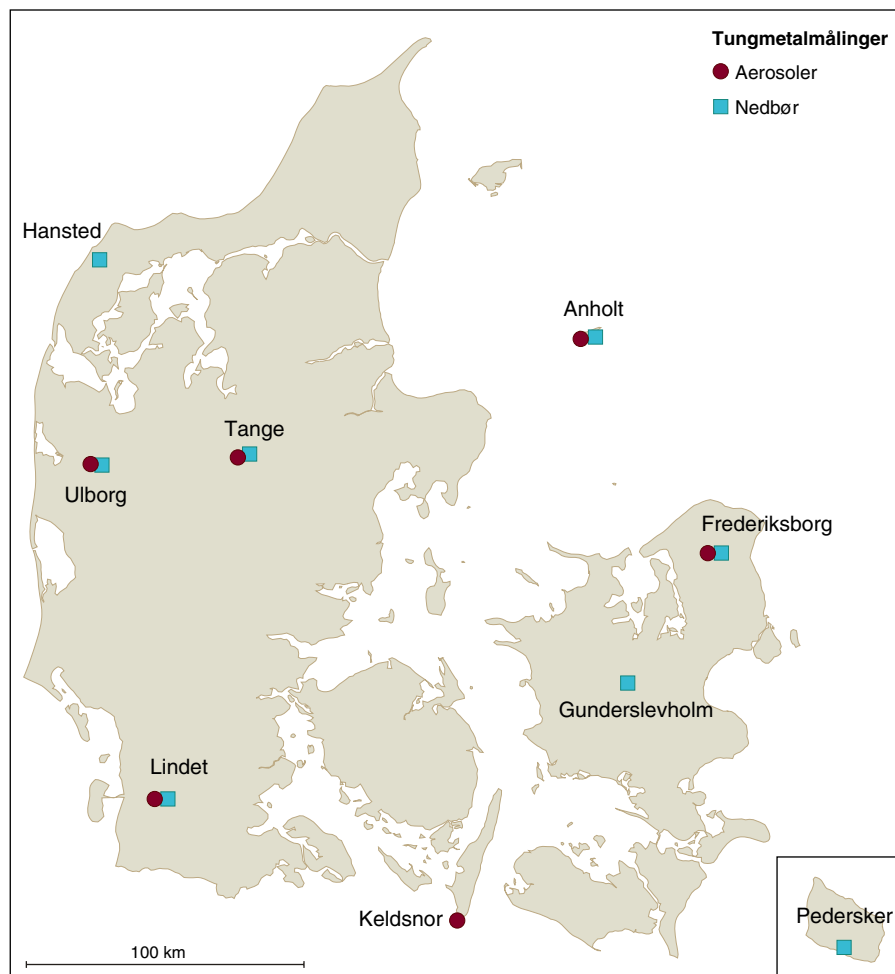
Tørdeposition af tungmetaller

Luftens indhold af partikulært bundne tungmetaller blev opsamlet med filterpack opsamlere på 6 målestationer, hvor luftens indhold af partikler blev opsamlet gennem et døgn ved at suge luft gennem partikelfiltre. Døgnprøverne er opsamlet året rundt.

Tørdeposition af de partikelbundne tungmetaller er beregnet på baggrund af de målte mængder af tungmetaller på filtrene og de beregnede hastigheder for deposition af luftens partikler under antagelse af en gennemsnitlig partikeldiameter på 0,8 µm (ACDEP-modellens tørdepositionsmodul er beskrevet af *Ellermann et al.*, 2005).

⁴ Co-operative programme for Monitoring and Evaluation the Long-range Transmission of Air Pollutants in Europe (se f.eks. *Ellermann et al.*, 2004)

Figur 3.3 Målestationer for tungmetaller i partikler i luften (aerosoler) og i nedbøren (våddeposition) (Ellermann et al., 2004)



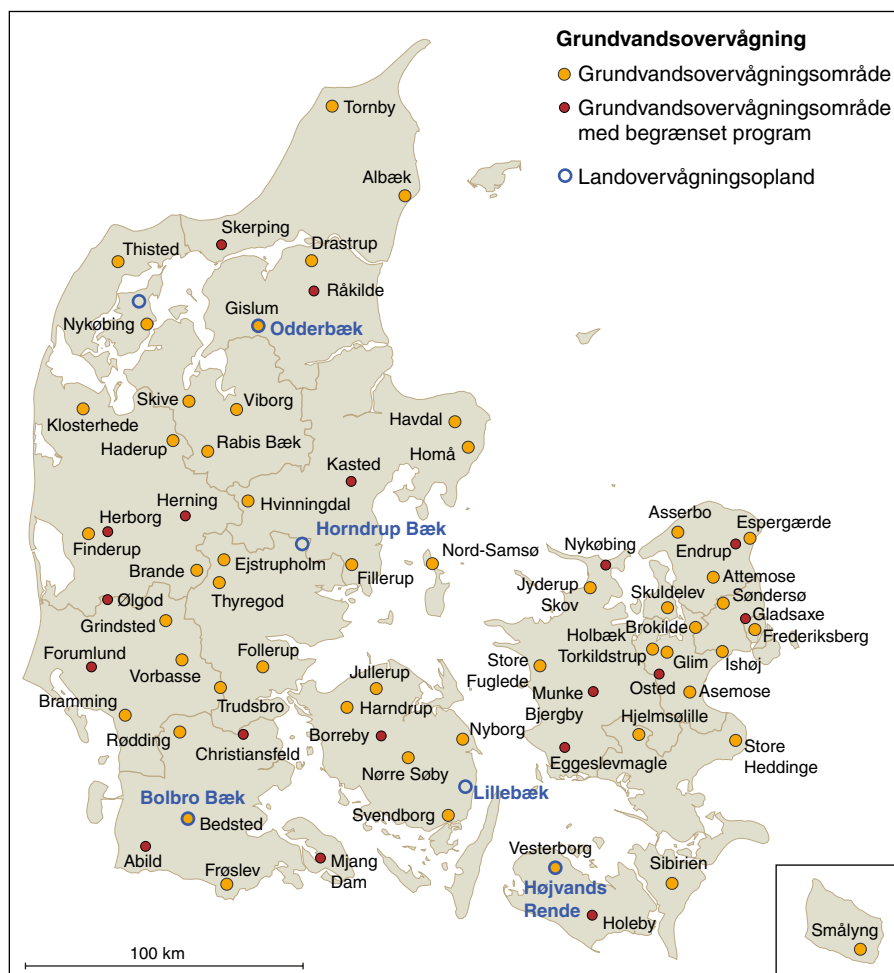
Årsmiddelkoncentrationerne i luften er bestemt ved at beregne gennemsnittet af døgnresultaterne. For krom og cadmium, hvor koncentrationerne ofte var under detektionsgrænsen, er de årlige gennemsnitlige koncentrationer dog beregnet efter en transformation af data til log-normal fordeling af målingerne over detektionsgrænsen (typisk 40-160 målinger for hver målestation).

3.5 Landbrugsoplande

Overvågningen i landovervågningsoplandene (LOOP) omfattede målinger af pesticider i jordvand, drænvand, grundvand og vandløb. Desuden indgik målinger af tungmetaller og organiske forureninger i grundvand og vandløb. Endelig omfattede programmet målinger i gylle.

Overvågningen i LOOP foregik i fem små landbrugsdominerede vandløbsoplande, hvert på 5-15 km². Oplandene var udvalgt, så de repræsenterede landsgennemsnittet bedst muligt med hensyn til jordbund, klima, bedriftstyper, antal husdyr og deres fordeling samt afgrødefordeling. Der var oplande i Nordjyllands, Århus, Sønderjyllands, Fyns og Storstrøms amter (figur 3.4).

Figur 3.4 Grundvandsovervågningsområder (GRUMO) og landovervågningsområder (LOOP) i NOVA-2003.



Måleprogram

Strategien for overvågningen af miljøfremmede stoffer og tungmetaller i LOOP har primært været at følge stoffernes skæbne fra de er blevet anvendt på til de er forekommet i de forskellige dele af vandkredsløbet.

Ved interview er der i perioden 1993-2004 indhentet oplysninger fra ca. 160 ejendomme indenfor LOOP om anvendelsen af pesticider på marker, som til sammen dækker ca. 5.000 ha landbrugsjord. For en del marker, hvor der blev taget prøver af grundvandet under marken, blev der også indhentet information om forbruget i de foregående år.

Målingerne af pesticider i vandløb og drænvand er gennemført med flest prøver indenfor sprøjtesæsonen, hvor der måtte forventes de højeste koncentrationer af pesticider. Målingerne af de øvrige stoffer i drænvand og vandløb (tungmetaller og andre miljøfremmede stoffer) er gennemført månedligt. Resultaterne herfra er behandlet sammen med data fra den øvrige grundvandsovervågning, jf. kap. 3.6. Resultaterne fra vandløbene er behandlet sammen med data fra den øvrige vandløbsovervågning, jf. kap. 3.7.

Undersøgelserne af gylle blev gennemført som en begrænset undersøgelse i 2001 efterfulgt af en mere omfattende undersøgelse i 2002. I

2002 blev der undersøgt 45 prøver af gylle fra fire forskellige besætningstyper i de 5 LOOP oplande: 17 prøver fra konventionelle kvægbrug, 8 prøver fra økologiske kvægbrug, 18 prøver fra konventionelle svinebrug og 2 prøver fra blandede konventionelle besætninger. Resultaterne er vurderet på baggrund af fundprocenter og den gennemsnitlige koncentration i prøver med koncentrationer over detektionsgrænsen.

Undersøgelsen af grundvand i LOOP omfattede overfladenært grundvand i 1-5 m's dybde.

3.6 Grundvand

Overvågningen af grundvandet omfattede 70 grundvandsovervågningsområder (GRUMO) med over 1100 indtag, samt ca. 120 indtag i fem landovervågningsoplande, jf. kap. 3.5. Områderne er spredt ud over landet og dækker bredt de forskellige geologiske forhold i Danmark (figur 3.4). Derudover er resultaterne fra boringskontrollen ved vandværkernes ca. 10.000 borerer blevet inddraget (*Miljø- og Energiministeriet, 2001*).

Overvågningen af grundvandet i Danmark skal sikre en løbende opbygning af viden om grundvandets kvalitet og egnethed til produktion af drikkevand, og viden om i hvilken grad grundvandets kvalitet medfører forurening af vand- og vådområder, som grundvandet strømmer til. Især i drikkevandssammenhænge er forekomsten af miljøfremmede stoffer uønsket, og grænseværdierne er for nogle stoffer identisk med de detektionsgrænser, der kunne analyseres med, da grænseværdierne blev fastsat. For en del af de tungmetaller og uorganiske sporstoffer, som forekommer naturligt i grundvandsmagasiner, er grænseværdierne for drikkevand typisk fastsat ud fra sundhedsmæssige betragtninger.

Overvågningen af tungmetaller og uorganiske sporstoffer skal beskrive indholdet generelt og desuden vise betydningen for grundvandets kvalitet af de forskellige geologiske forhold og anvendelser af arealer. Endelig skal overvågningen dokumentere forekomst, koncentration og udvikling af ikke-naturligt betingede høje koncentrationer i grundvandet. Alle de stoffer, der var med i overvågningen, har haft udbredt anvendelse i Danmark eller forekommer naturligt.

Strategien for overvågning af grundvand var baseret på kategorisering af grundvandet som ungt eller gammelt, ud fra tritium- eller CFC-datering⁵. "Gammelt" grundvand, dvs. grundvand dannet før 1950 er typisk kun undersøgt for organiske miljøfremmede stoffer én gang i perioden 1998-2003, da disse stoffer ikke formodes at være anvendt på det tidspunkt, hvor grundvandet blev dannet. Gammelt grundvand er undersøgt for naturligt forekommende stoffer 2 gange i perioden.

"Ungt" grundvand kan være påvirket af de seneste 50 års aktiviteter og er typisk undersøgt mindst 2 gange i perioden. Visse stoffer, ek-

⁵ Datering af alder ud fra vandets isotopsammensætning i CFC-gasser

sempelvis pesticider, er der undersøgt for hvert år eller flere gange om året. I landovervågningsoplandene, hvor grundvandsindtagene var placeret terrænnært, er der udtaget prøver op til 4 gange årligt.

Vandværkernes boringskontrol er udført i den enkelte boring hvert 3. til 5. år, afhængig af vandindvindingens størrelse.

Resultatvurdering

Resultaterne fra grundvandsovervågning i såvel GRUMO, LOOP som vandværkernes boringskontrol er beskrevet ud fra hyppigheden, som de enkelte stoffer er fundet med i de undersøgte filtre og ved median- og maksimumkoncentrationer for perioden 1998-2003. Fundprocenterne er opgjort som procenter af fund henholdsvis over og under grænseværdien for stofferne i drikkevand i det omfang, der findes grænseværdier.

For pesticiderne er der lavet en årlig opgørelse af hyppigheden af filtre eller boringer med fund af et eller flere pesticider over og under grænseværdien for pesticider i drikkevand.

3.7 Vandløb

Strategien for overvågning af miljøfremmede stoffer og tungmetaller i vandløb har været tilrettelagt med henblik på at:

- dokumentere den generelle baggrundsforekomst af miljøfremmede stoffer og tungmetaller
- dokumentere forekomsten af miljøfremmede stoffer i vandløb i forbindelse med brugen i oplandet, f.eks. i sprøjtesæsonen for pesticider, hvor tab til vandløb kan forekomme ved vinddrift og uhensigtsmæssig rengøring af sprøjtemateriel
- fastlægge forekomsten af miljøfremmede stoffer og tungmetaller i forbindelse med naturlige episodiske hændelser i oplandet - f.eks. store mængder af nedbør og snesmeltning
- kvantificere transporten og dermed tabet af miljøfremmede stoffer og tungmetaller fra hele oplandet.

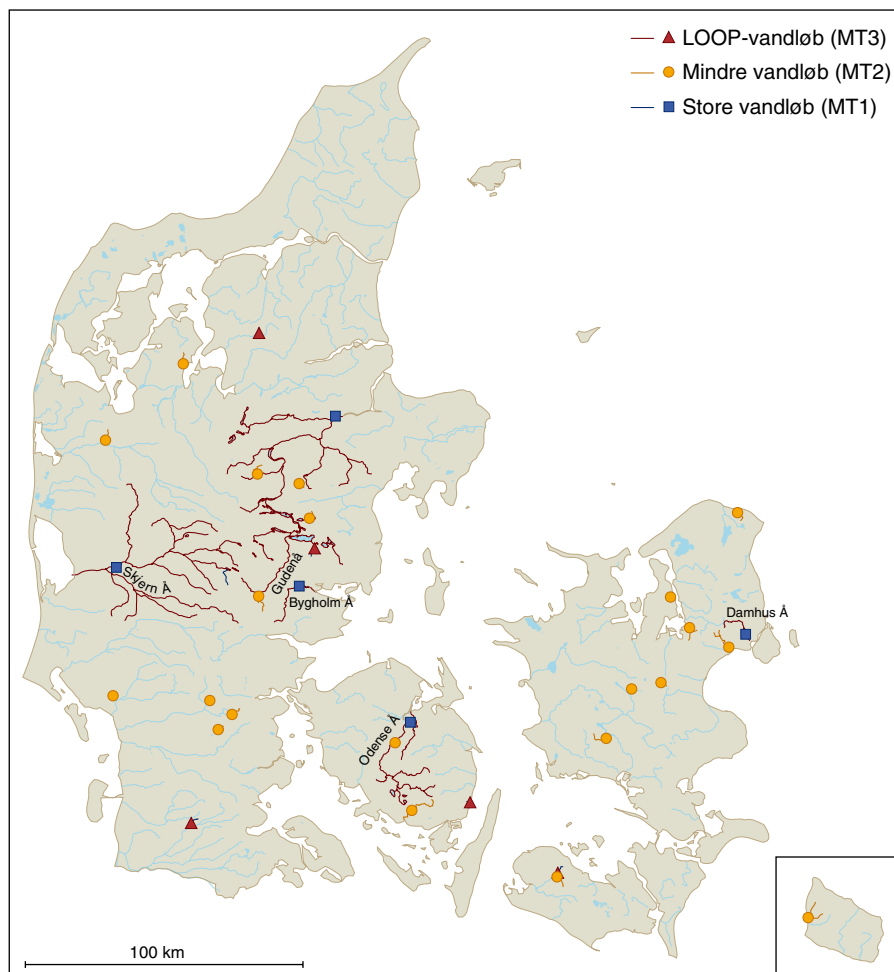
Overvågningen i vandløb omfattede tre forskellige typer af vandløb jævnt fordelt over hele landet: fem udvalgte "store" vandløb (MT1), 21 mindre vandløb i områder med forskellige jordbundsforhold (MT2) og endelig vandløbene i landovervågningsoplandene (LOOP) (MT3), jf. kap. 3.5 (figur 3.5).

Oplandene til de fem store vandløb udgør 11% af det samlede danske opland. Overvågningen i disse vandløb omfattede tungmetaller, pesticider og andre organiske miljøfremmede stoffer, og resultaterne af de månedlige målinger er brugt til at kvantificere transporten af stofferne til de marine områder.

Overvågningen i de mindre vandløb har haft fokus på det dyrkningsrelaterede tab af pesticider. Strategien for prøvetagning blev tilrettelagt med henblik på at optimere "fangsten" af udslip af pesticider til vandløbene. I vandløb i områder med forskellige jordbundsforhold blev der udtaget seks årlige prøver fordelt indenfor sprøjteperioderne

om foråret og om efteråret. I vandløbene i LOOP blev der udtaget 16 årlige prøver med seks i sprøjtesæsonen og de resterende som månedlige prøver på nær i juli og august.

Figur 3.5 Vandløb hvor koncentrationen af miljøfremmede stoffer og tungmetaller er målt.



Vurdering af resultater

Vurderingen af resultaterne af overvågningen af pesticider i vandløb er baseret på hyppigheden af fund af de enkelte stoffer og på de maksimale koncentrationer. Vurderingen af de øvrige miljøfremmede stoffer og tungmetaller er baseret på medianværdier af de målte koncentrationer. De fundne koncentrationer er desuden sammenlignet med kvalitetskrav til stofferne i overfladevand i det omfang der foreligger kvalitetskrav.

Forekomsten af tungmetaller i vandløb er alene beskrevet ud fra målingerne i 2001, da metoden blev ændret i 2000.

3.8 Søer

Overvågningen af miljøfremmede stoffer og tungmetaller i søer skulle beskrive stoffernes generelle forekomst. Der forventedes ikke at være store tidslige variationer i forekomsten i de enkelte søer, og antallet af prøver fra søerne har derfor været væsentligt lavere end antallet af prøver fra vandløb. Tilførslen af miljøfremmede stoffer og

tungmetaller til en sø vil kunne måles i en længere periode, hvor lang tid vil være bestemt af vandets opholdstid i søen og af omsætning og sedimentation.

Otte søer blev undersøgt for miljøfremmede stoffer med seks vandprøver i 2001 og i 2003 og for tungmetaller med seks vandprøver i 2001. Prøvetagningen har været fordelt så der blev udtaget to prøver i juni og juli og en prøve i august og september. Overvågningen omfattede otte udvalgte søer som vist i figur 3.6.

Figur 3.6 Søer med måling af miljøfremmede stoffer og tungmetaller.



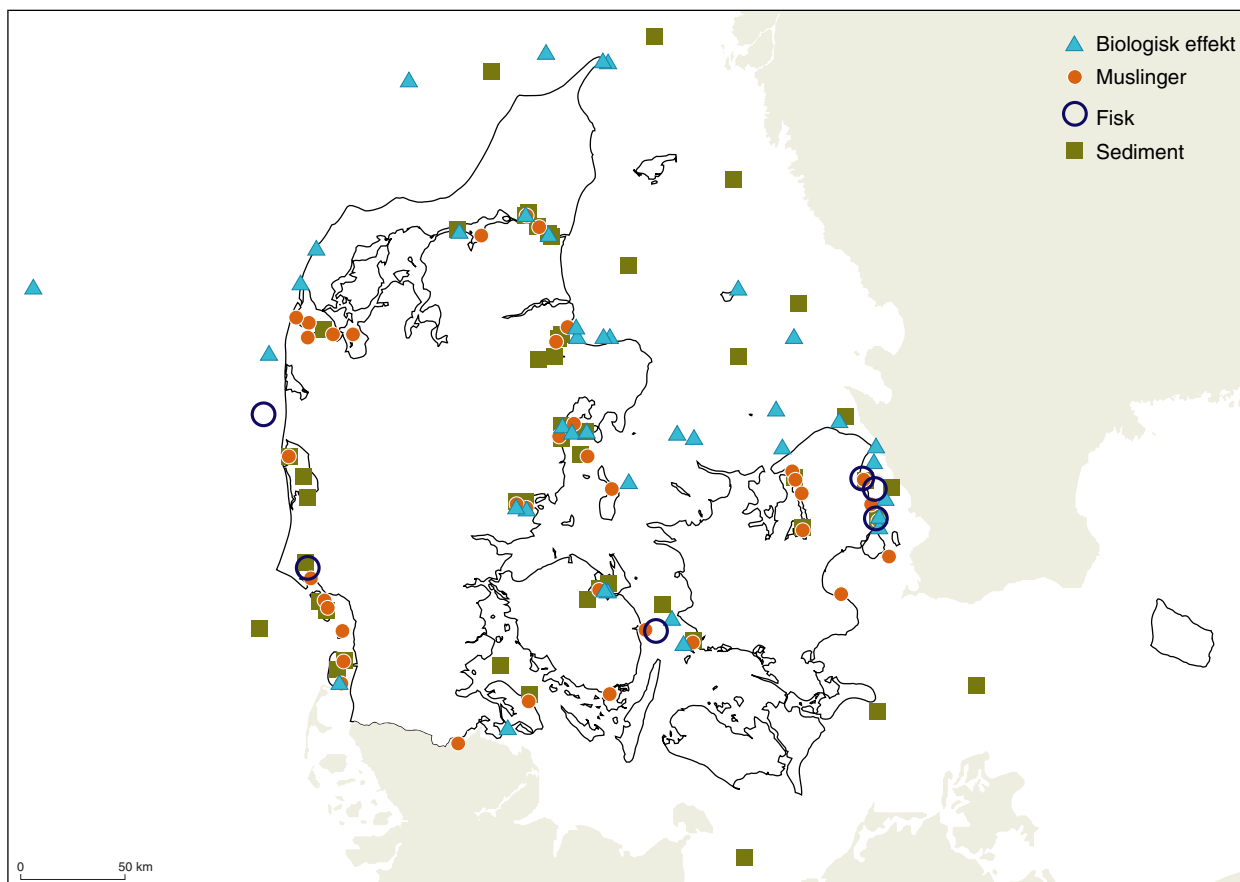
Resultatvurdering

Vurderingen af resultaterne fra overvågningen i søerne er foretaget ud fra samme principper som for vandløb.

3.9 Marine områder

Beskrivelsen af den geografiske udbredelse og tidslige variation i forekomsten af miljøfremmede stoffer og tungmetaller i det marine miljø er baseret på målinger af indhold i muslinger og fisk samt i sediment. Vandfasen er undersøgt for enkelte vandopløselige miljøfremmede stoffer, som ikke eller kun i mindre grad ophobes i levende organismer (biota) eller sediment. I vandfasen er indholdet af tungmetaller og miljøfremmede stoffer undersøgt hvert 2. eller 3. år.

I alt 19 stationer indgik i overvågningen af miljøfremmede stoffer og tungmetaller i det marine miljø (figur 3.7). Omfanget af overvågningen har været tilrettelagt under hensyntagen til lokale forhold.



Figur 3.7 Marine stationer med måling af miljøfremmede stoffer og tungmetaller.

Blåmuslinger, skrubber og rødspætter er egnede til at beskrive niveauet for indholdet af tungmetaller og miljøfremmede stoffer i fjord- og kystområder, da de er stationære og forekommer vidt udbredte. Desuden filtrerer blåmuslinger store mængder vand og kan derfor optage og ophobe de forurenende stoffer fra vandet. En måling af koncentrationen i vandfasen giver alene et øjebliksbillede af koncentrationen, hvorimod koncentrationen i biota afspejler koncentrationen over en længere periode.

Skrubber og rødspætter indgik i overvågningen på få stationer, hvor der tidligere er målt på disse fisk. Der er udtaget prøver én gang hvert år, alle prøver er indsamlet i oktober-november måned.

I 2000 og i 2003 blev sediment undersøgt på tre lokaliteter langs en gradient fra en punktkilde. Prøverne af sediment blev fortrinsvis udtaget i områder med en sedimentationsrate på 1-2 mm pr. år. En prøve af den øverste cm vil derfor indeholde de seneste 5-10 års aflejringer. Analyserne er lavet på den fraktion af sedimentet, som er mindre end 2 mm i diameter. I enkelte prøver blev der også analyseret på en fraktion < 63 µm.

Prøver af muslinger og sediment blev så vidt muligt indsamlet så geografisk tæt på hinanden at man kan forvente, at prøverne fra de to stationer er påvirkede af de samme kilder.

Organiske tinforbindelser (antibegroningsmidler) fra skibsmaling kan føre til kønsforandringer hos snegle. Undersøgelser af disse forandringer er de eneste biologiske påvirkninger, der er undersøgt i NOVA-2003. Der er indsamlet prøver af sediment til undersøgelse af organotinforbindelser og snegle til overvågning af kønsforstyrrelser (imposex) på de samme stationer eller på stationer så tæt på hinanden som muligt.

Muslinger og fisk

Der foreligger data fra 14 stationer med muslinger og 3 stationer med fisk (dog kun 1 med organoklorforbindelser).

Tidsserierne for metaller i fisk omfatter data for op til 25 år. Data for blåmusling (*Mytilus edulis*) eller sandmusling (*Mya arenaria*) omfatter tre uafhængige delprøver pr. station pr. år. Hver delprøve består af 25-50 muslinger. Data for skrubbe (*Platichthys flesus*) eller rødspætte (*Pleuronectes platessa*) består af 25 individer pr. station pr. år for metaller og 10 individer pr. station pr. år for organoklorforbindelser.

Indholdet af alle de organiske og uorganiske miljøfarlige stoffer i muslingerne er angivet pr. kg tørstof. I fiskene er koncentrationen af organoklorforbindelser angivet pr. kg fedtindhold, og for metallerne pr. kg tørstof. Eneste undtagelse er kviksølv, der er angivet pr. kg vådvægt for at kunne sammenligne med data fra før 1998.

Udviklingen i indholdet af miljøfremmede stoffer og tungmetaller er vurderet ud fra en statistisk baseret analyse anbefalet af ICES (International Council for the Exploration of the Sea). I analysen indgår stationer, hvor der er mindst 5 års målinger på enten muslinger eller fisk.

Sediment

Der er analyseret 1-2 prøver pr. station med to prøvetagninger på seks år.

I 1985 og 1990/91 blev der foretaget en international undersøgelse af koncentrationerne af tungmetaller i Nordsøen, Skagerrak og Kattegat (Pedersen, 1996). Fem af stationerne fra denne undersøgelse falder sammen med stationerne i NOVA-2003, og måleresultaterne har derfor kunnet bruges til at vurdere, om der er sket en udvikling.

4 Kvalitetskrav for vandområder

De målte indhold af tungmetaller og miljøfremmede stoffer er vurderet i forhold til kvalitetskrav, kvalitetskriterier eller grænseværdier eller forslag hertil.

Overfladevand

Kvalitetskrav for tungmetaller og miljøfremmede stoffer findes i Bekendtgørelse nr. 921 af 8. oktober 1996 om kvalitetskrav for vandområder og krav til udledning af visse farlige stoffer til vandløb, søer eller havet (*Miljø- og Energiministeriet, 1996*). Derudover har Miljøstyrelsen for visse stoffer udmeldt forslag til vandkvalitetskriterier til brug for amternes endelige fastsættelse af vandkvalitetskrav.

Normalt vil udledningen fra et renseanlæg blive fortyndet mindst 10 gange i det vandområde, vandet ledes ud til. Der vil dog være undtagelser, f.eks. ved udledning til vandløb med en lille sommervandføring. Udledninger til marine områder vil til gengæld ofte have en større fortynding. Ved vurderingen af om krav til vandmiljøet generelt set kan forventes opfyldt, er der i denne rapport regnet med en 10 ganges fortynding.

Grundvand og drikkevand

Bekendtgørelse nr. 871 af 21. september 2001 om vandkvalitetskrav og tilsyn med vandforsyningsanlæg indeholder grænseværdier som gælder for drikkevand (*Miljø- og Energiministeriet, 2001*). Der er ikke fastsat grænseværdier gældende for grundvand, og grundvandet er derfor vurderet i forhold til grænseværdierne for drikkevand.

Marin biota og sediment

Der er ikke fastsat danske grænseværdier for tungmetaller eller organiske miljøfremmede stoffer i sediment eller biota i det marine miljø.

Resultaterne af overvågningen i marin biota er primært vurderet i forhold til de vejledende økotoxikologiske vurderingskriterier, "Ecotoxicological Assessment Criteria" (EACs), udarbejdet af OSPAR-kommissionen (*OSPAR, 1998*). EAC-værdien er opgivet som et koncentrationsinterval.

Den øvre grænse ($EAC_{Høj}$) er fastlagt således at hvis koncentrationen overstiger denne værdi, kan langtidspåvirkninger medføre risiko for effekter på de mest følsomme arter i økosystemet. Hvis koncentrationen ligger indenfor intervallet, kan det ikke udelukkes, at der kan forekomme effekter, mens der sandsynligvis ikke vil opstå skader på miljøet, hvis koncentrationen er lavere end den nedre grænse (EAC_{Lav}).

Koncentrationen af metaller i muslinger er vurderet i forhold til det vejledende norske klassificeringssystem udarbejdet af Statens Forurensningstilsyn (*SFT, 1997*). Systemet inddeler forureningsgraden (miljøtilstanden) i en femdelt klassificering:

- I. Ubetydeligt til lidt forurenet (god tilstand)
- II. Moderat forurenet (mindre god tilstand)
- III. Markant forurenet (noget dårlig tilstand)
- IV. Stærkt forurenet (dårlig tilstand)
- V. Meget stærkt forurenet (meget dårlig tilstand).

Slam

Bekendtgørelse nr. 623 om anvendelse af affald til jordbrugsformål af 30. juni 2003 (Slambekendtgørelsen) (*Miljøministeriet, 2003*) fastsætter grænseværdier for nogle tungmetaller og miljøfremmede stoffer. Slammets indhold af de pågældende stoffer skal være lavere end grænseværdien for at slammet må udbringes på markjord.

5 Sikring af analysekvalitet

For at sikre analysekvaliteten skal laboratorierne i videst muligt omfang være akkrediterede til de analyser, der indgår i overvågningen. Ved starten af NOVA-2003 var det imidlertid ikke muligt at få en række analyser af tungmetaller og miljøfremmede stoffer lavet som akkrediterede analyser. Det blev derfor besluttet, at Miljøstyrelsen skulle udpege laboratorier til de enkelte analyser i de enkelte typer af prøver. Miljøstyrelsen har udpeget laboratorierne på baggrund af resultatet af præstationsprøvninger. I de tilfælde, hvor der ikke har været gennemført en præstationsprøvning, er udpegningen sket på baggrund af tilsvarende dokumentation. Miljøstyrelsens liste over udpegede laboratorier er opdateret en gang årligt.

Flere af stofferne i NOVA-2003 havde ikke tidligere været analyseret i de prøvetyper, hvor de skulle analyseres. Der skulle derfor først udvikles analysemetoder, inden der kunne udpeges laboratorier. Problemerne blev løst i løbet af programperioden, så der i de sidste år har været udpeget laboratorier til alle stoffer. For enkelte stoffer viste det sig, at omkostningerne ved at løse de analyse-mæssige problemer ville overstige nytteværdien af analyseresultaterne. Det gælder eksempelvis for fluoreddikesyre i spildevand og sølv i grundvand. Disse stoffer er derfor udeladt af NOVA-2003.

For enkelte stoffer har det vist sig, at det ikke var muligt at imødekomme kravene til detektionsgrænser. Der er løbende taget stilling til om detektionsgrænsen kunne hæves, eller om analyseresultatet ville være uinteressant med en højere detektionsgrænse, og målingerne derfor skulle stilles i bero indtil detektionsgrænsekravet kunne opfyldes.

Kravene til udførelse af prøvetagningen i NOVA-2003 er beskrevet i tekniske anvisninger (*Kronvang et al., 1998; Kaas & Markager, 1999; GEUS, 1999; Miljøstyrelsen, 1999c*). Der er tale om bindende retningslinier som skulle sikre, at prøvetagningen blev udført korrekt og ensartet.

6 Sammenfatning af overvågningsresultater for de enkelte stofgrupper

Udledning fra renselanlæg er en væsentlig årsag til, at tungmetaller og organiske miljøfremmede stoffer findes i vandmiljøet. Metallerne er samlet set den gruppe der i 1998-2003 blev udledt i størst mængde (tabel 6.1). Blandt de organiske miljøfremmede stoffer var det den alifatiske amin dimethylamin, der blev udledt i størst mængde.

Tabel 6.1 Samlet gennemsnitlig årlig udledning af metaller og organiske miljøfremmede stoffer fra renselanlæg i 1998-2003, samt fundhyppighed og middelkoncentration. Tabellen indeholder de 20 stoffer, der blev udledt i størst mængde.

Stof	Stofgruppe	Udledning fra rensanoløb (kg/år)	Fundhyppighed (% af analyserede prøver)	Middelkoncentration (µg/l)
Zink	Metal	69.147	100	91
Kobber	Metal	5.066	88	6,7
Nikkel	Metal	4.817	93	6,4
Dimethylamin	Alifatisk amin	2.695	92	3,6
TCP	P-triester	1.581	99	2,1
Bly	Metal	1.402	64	1,9
DEHP	Blødgører	1.361	57	1,8
Arsen	Metal	981	42	1,3
Phenol	Phenol	368	82	0,5
Toluen	Aromatisk kulbrinte*	341	44	0,5
MTBE	Ether	323	51	0,4
Tributylphosphat	P-triester	276	89	0,4
Nonylphenoler	Alkylphenol	228	68	0,3
Diethylamin	Alifatisk amin	160	11	3,6
Diethylphthalat	Blødgører	158	31	0,2
Bisphenol A	Phenol	155	45	0,2
Dibutylphthalat	Blødgører	95	15	0,1
Xylen	Aromatisk kulbrinte*	76	13	0,1
Cadmium	Metal	72	34	0,09
Kviksølv	Metal	66	32	0,09

*) beskrevet under opløsningsmidler

Resultatet af undersøgelserne af forekomsten af de enkelte stoffer i miljøet er i det følgende resumeret stofgruppevis.

6.1 Tungmetaller

Emissionen af tungmetaller til luften er faldet siden 1990, og den atmosfæriske deposition er faldet tilsvarende. Faldet har været mest

markant for bly, hvilket i vid udstrækning tilskrives udfasning af bly fra benzin.

Ved at sammenligne den atmosfæriske deposition af metaller til landområder og indre farvande og et estimat af udledningen med spildevand finder man, at den atmosfæriske deposition af de enkelte metaller har været 3-20 gange højere end udledningen med spildevand i Danmark.

I udløb fra renseanlæg blev kobber som det eneste metal i nogle tilfælde fundet i koncentrationer, der var højere end Miljøstyrelsens forslag til kvalitetskriterium for kobber i overfladevand, men ikke i forhold til gældende vandkvalitetskrav. Kobber var også det tungmetal, hvor der blev fundet det mindste fald i emissionen til luften.

For grundvands vedkommende blev de højeste koncentrationer af tungmetaller og de hyppigste overskridelser af grænseværdierne for drikkevand fundet i det overfladenære grundvand i landovervågningsoplandene. Arsen skilte sig ud ved at være fundet i højeste koncentrationer i dybereliggende grundvand. De høje arsenkoncentrationer er formentlig geologisk betingede. Metaller tilbageholdes i nogen grad ved vandværkernes vandbehandling, og metallerne er derfor ikke nødvendigvis et problem i forhold til anvendelsen til drikkevand. Visse steder giver de høje koncentrationer af nikkel og arsen dog problemer.

I vandløb var koncentrationen af tungmetaller lav i forhold til kvalitetskravene i overfladevand. Koncentrationen i søerne var generelt lavere end i vandløb. Kviksølv udgjorde en undtagelse, idet koncentrationerne i søerne syntes at ligge på niveau med og i nogle tilfælde højere end i vandløb. Dette skyldes en ophobning af kviksølv fra tidligere udledninger i søsedimentet, hvorfra kviksølvet langsomt frigives.

I muslinger i det marine miljø var middelindholdet af de fleste metaller på et niveau svarende til "mindre god tilstand". Niveaue for bly svarede til "god tilstand", mens indholdet af kobber svarede til "dårlig tilstand". På de fleste stationer har der ikke været signifikant udvikling i koncentrationen i perioden 1998-2003, dog har der på enkelte stationer været signifikant stigende koncentrationer af kobber, cadmium, bly og kviksølv. På en enkelt station er koncentrationen af nikkel faldet signifikant.

6.2 Pesticider

Pesticidforurening i grundvand skyldes i de fleste tilfælde BAM og gruppen af triaziner. BAM stammer fra nedbrydning af dichlobenil (Prefix og Casoron G) og chlorthiamid (Casoron). Moderstofferne til BAM har været anvendt til bekæmpelse af ukrudt på udyrkede arealer f.eks. langs veje, stier, fortove og jernbane/stationsarealer. Anvendelsen af de to pesticider blev forbudt i 1997. Gruppen af triaziner omfatter de aktive stoffer atrazin, hexazinon, terbutylazin og simazin. Anvendelsen af de to førstnævnte er udfaset, mens de to sidstnævnte fortsat må anvendes. Simazin er blandt de pesticider, der har været anvendt i størst mængde i landovervågningsoplandene og på offent-

lige arealer. Ud over moderstofferne er der fundet en række nedbrydningsprodukter af triaziner.

I grundvand har hyppigheden af pesticidfund i 2001-2003 været uændret på ca. 27%, og ca. 10% af indtag har overskredet grænseværdien for drikkevand på 0,1 µg/l. Andelen af vandværksboringer med overskridelse af grænseværdien for drikkevand er i samme periode faldet til ca. 5%. Andelen af vandværksboringer, der overskrider grænseværdien, er lavere end andelen af indtag i grundvandsovervågningen (GRUMO-indtag) med overskridelse af grænseværdien fordi vandværksboringer med for høje koncentrationer af pesticider løbende er taget ud af drift.

I vandløb og søer var det i vid udstrækning de samme pesticider, der blev fundet hyppigst. Disse pesticider er i nogen udstrækning også de pesticider, som blev fundet hyppigst i grundvand (tabel 6.2).

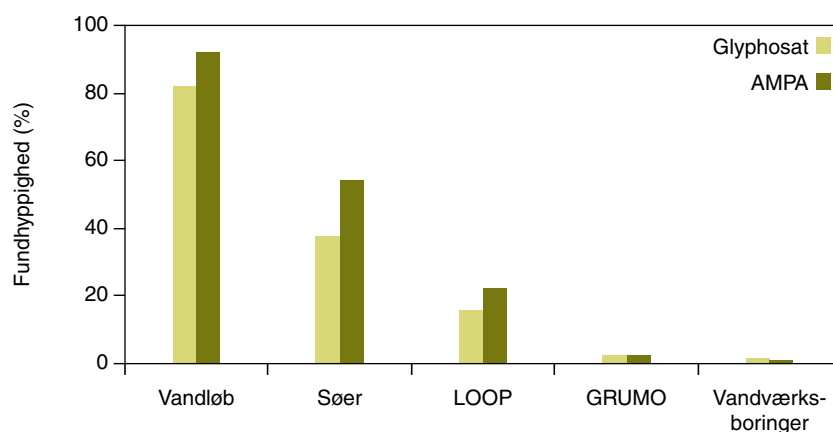
Tabel 6.2 Oversigt over de hyppigst fundne pesticider og nedbrydningsprodukter i vandløb og søer i 1998-2003 samt grundvand i GRUMO, LOOP og ved vandværkernes boringer opgjort samlet for perioden 19993-2003. Fundprocenterne er angøet i parentes. I vandløb og søer er fundprocenten opgjort i forhold til antallet af analyserede prøver, i grundvand i forhold til antallet af analyserede indtag/boringer. Data fra Bøgestrand (red.), 2004; Jensen et al., 2004 og GEUS, 2004.

Vandløb (168 prøver)	Søer (48 prøver)	GRUMO (ca. 1.000 indtag)	LOOP (50-100 indtag)	Vandværker (220-5.500 boringer)
AMPA (91%)	TCA (61%)	BAM (20%)	4-nitrophenol (39%)	BAM (21%)
BAM (83%)	AMPA (54%)	DEI-atrazin (9,0%)	DEI-atrazin (30%)	4-nitrophenol (3,2%)
Glyphosat (82%)	BAM (54%)	DIP-atrazin (7,4%)	DIP-atrazin (23%)	4CPP (2,6%)
TCA (52%)	4-nitrophenol (50%)	DE-atrazin (6,8%)	AMPA (23%)	Atrazin (2,6%)
MCPA (32%)	Glyphosat (38%)	4-nitrophenol (6,6%)	Bentazon (21%)	DE-atrazin (2,6%)
Terbutylazin (32%)	DNOC (26%)	Atrazin (5,3%)	Glyphosat (16%)	Bentazon (1,9%)
Bentazon (32%)	MCPA (23%)	Dichlorprop (4,3%)	DE-atrazin (15%)	Mechlorprop (1,9%)

Glyphosat og AMPA er fundet hyppigst i såvel drænvand som vandløb og søer. Stofferne blev også fundet hyppigt i grundvand, om end det ikke var de hyppigst fundne og med en væsentlig lavere hyppighed end i overfladevand (figur 6.1). Hyppigheden var større i det yngre overfladenære grundvand i landovervågningsoplandene end i det dybereliggende grundvand. Det samlede salg af glyphosat var stigende i løbet af 1990'erne. I 2003 tegnede glyphosat sig for 32% af det samlede salg af pesticider til landbrugsformål og 46% af det samlede salg af herbicider.

Koncentrationen af pesticider i drænvand under marker var med enkelte undtagelser lavere end grænseværdien for pesticider i drikkevand. I overfladevand er der generelt fundet lave koncentrationer, med lavere mediankoncentrationer i søerne end i vandløbene. Til gengæld var fundhyppigheden højere i søerne end i vandløbene. Maksimumkoncentrationerne i søerne var på niveau med eller lidt under maksimumkoncentrationerne i de undersøgte større vandløb, og i de undersøgte små vandløb generelt højere end i både store vandløb og søer.

Figur 6.1 Hyppigheden af fund af glyphosat og AMPA i vandløb og søer i 2003 samt i grundvand i LOOP, GRUMO og vandværksboringer i 1998-2003. Hyppigheden af fund i vandløb og søer er opgjort som % af analyserede prøver med fund og i grundvand som % analyserede indtag med fund.



Der er fastsat danske kvalitetskrav til otte forskellige pesticider i overfladevand. I et enkelt tilfælde blev der i vandløb fundet koncentrationer, som var højere end de danske kvalitetskrav for fire forskellige pesticider. For enkelte stoffer, hvortil der ikke er fastsat kvalitetskrav (dinoseb, isoproturon og propinicol), blev der i nogle tilfælde fundet så høje koncentrationer, at det vurderes, at det ikke kan skyldes normal anvendelse af stofferne, men sandsynligvis skyldes direkte udslip til vandløbet, evt. med skyllevand fra rengøring af sprøjteudstyr.

6.3 Phenoler og chlorphenoler

Phenoler og chlorphenoler blev fundet i små mængder i udløb fra renseanlæg. Pentachlorphenol indgik som den eneste af phenolerne i overvågning af overfladevand. Stoffet blev ikke fundet i havvand eller i fire af de fem vandløb. I et enkelt vandløb blev der i enkelte tilfælde fundet pentachlorphenol i koncentrationer, som var væsentlig højere end det gennemsnitlige niveau i udløb fra punktkilder, men i alle tilfælde lavere end kvalitetskravet i overfladevand.

I grundvand blev der fundet både phenol og chlorphenoler. Forekomsten var hyppigst i det overfladenære grundvand i landovervågningsoplandene. I enkelte tilfælde var koncentrationen højere end grænseværdien for stofferne i drikkevand.

I gruppen af phenoler og chlorphenoler var phenol det stof, der blev fundet hyppigst i grundvand. En kilde hertil kan være, at phenol kan dannes naturligt ved omsætning af organisk stof. Desuden kan det på baggrund af det fundne høje indhold af phenol i gylle ikke udelukkes, at den hyppige forekomst af phenol i overfladenært grundvand skyldes nedsivning efter udbringning af gylle på landbrugsjord. 2,4-dichlorphenol kan dannes ved nedbrydning af pesticider i gruppen af fenoxysyrer, hvilket kan være årsagen til, at stoffet kan findes i grundvand.

6.4 Alkylphenoler

Alkylphenolerne, nonylphenoler og nonylphenolethoxylater blev fundet i udløb og slam fra renseanlæg samt i gylle. Nonylphenoler

blev fundet i det meste af det undersøgte slam og var samtidig blandt de hyppigst fundne stoffer i udløb fra renseanlæg.

I vandløb blev der i enkelte tilfælde fundet nonylphenoler, men ikke i de undersøgte søer. Der var ikke indikation på, at der har været tilledning af nonylphenoler eller -ethoxylater.

I grundvand blev nonylphenoler fundet hyppigst i det overfladenære grundvand, hvilket kan hænge sammen med tilførsel med gylle eller slam eller udprøjtning af pesticider. Der blev ikke fundet overskridelse af grænseværdien for nonylphenoler og -ethoxylater i drikkevand.

Nonylphenoler blev fundet udbredt i sediment i fjord- og kystområder. Der er ikke fastsat kvalitetskrav eller tilsvarende for nonylphenoler i sediment, og det er derfor ikke muligt at vurdere den miljømæssige risiko af de fundne koncentrationer.

6.5 Blødgørere - phthalater

Blødgørere blev fundet udbredt i spildevand og slam med di(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP) som den dominerende. DEHP var blandt de stoffer, der blev fundet hyppigst og i størst mængde i udløb fra renseanlæg. Miljøstyrelsens forslag til kvalitetskriterium for DEHP i overfladevand på 0,1 µg/l har sandsynligvis i nogle tilfælde været overskredet, mens de fundne koncentrationer i slam var væsentligt lavere end slambekendtgørelsens grænseværdi for udbringning af slam på landbrugsjord. Ved ca. 2/3 af renseanlæggene er tilførslen af DEHP til renseanlæggene faldet fra 1998-2000 til 2001-2003.

På trods af den hyppige forekomst af DEHP i udløb fra renseanlæg blev stoffet kun i meget begrænset omfang fundet i vandløb og søer. Den hyppigste forekomst var i Damhusåen. De fundne koncentrationer i vandløb og søer var tæt på detektionsgrænsen på 0,5 µg/l.

DEHP blev fundet udbredt i sedimentet i kyst- og fjordområder. Der er ikke fastsat kvalitetskriterier for DEHP i marint sediment. Det er derfor ikke muligt at vurdere den miljømæssige risiko af de fundne koncentrationer.

I grundvand blev dibutylphthalat (DBP), som er den mest vandopløselige af phthalaterne, fundet med størst hyppighed i det overfladenære grundvand. DBP blev desuden fundet i gylle og slam. En forklaring på forekomsten i det overfladenære grundvand kan derfor være udvaskning efter udbringning af gylle eller slam på marker. I enkelte tilfælde blev der i såvel det overfladenære som det dybereliggende grundvand fundet koncentrationer, som var højere end grænseværdien for drikkevand.

6.6 Anioniske detergenter

LAS er fundet i 69% af de undersøgte slamprøver. Salget af LAS er faldet i de senere år. Det har afspejlet sig i et fald i middelkoncentrationen af LAS i indløb til renseanlæg og i slam fra spildevand. Indholdet af LAS i slam faldt i perioden 1997-2002 med ca. 62%. Indhol-

det af LAS i slam var væsentligt lavere end slambekendtgørelsens grænseværdi for udbringning på landbrugsjord.

LAS blev kun fundet i få prøver af udløb fra renseanlæg, og kun i et enkelt af de undersøgte vandløb (Damhusåen). Forekomsten i Damhusåen kan ikke umiddelbart tilskrives udledning af spildevand fra renseanlæg.

Indholdet af LAS i gylle var langt lavere end grænseværdien for LAS i slam. Det er vurderet, at indholdet af LAS i gylle ved udbringning på landbrugsjord ikke inden for de første 50 år vil medføre overskridelse af de nuværende økotoksikologiske jordkvalitetskriterier (*Scott-Fordsmand et al., 1995*).

6.7 Opløsningsmidler

Gruppen af opløsningsmidler omfattede aromatiske kulbrinter, halogenerede alifatiske og aromatiske kulbrinter samt etheren MTBE. Stofferne blev med enkelte undtagelser fundet i meget ringe omfang i udløb fra renseanlæg og i overfladevand. Chloroform og toluen blev fundet i henholdsvis 50% og 44% af de analyserede prøver fra udløb fra renseanlæg. De fundne koncentrationer vurderes ikke til at være problematiske i forhold kvalitetskravene til overfladevand.

I slam var de aromatiske kulbrinter de hyppigst fundne opløsningsmidler og samtidig den stofgruppe, der blev fundet i højeste koncentrationer. De aromatiske kulbrinter var samlet set blandt de stoffer, der blev fundet hyppigst i slam.

I grundvand var toluen det hyppigst fundne opløsningsmiddel i såvel det overfladenære grundvand i landovervågningsoplandene som i det dybereliggende grundvand i grundvandsovervågningen og ved vandværkerne. Chloroform blev fundet hyppigt i det dybereliggende grundvand, men ikke i det overfladenære grundvand. Undersøgelser har vist, at chloroform kan dannes naturligt, f.eks. under skovjorde (*Engvild, 2000*). Dette kan være en forklaring på, at chloroform kun findes i det dybereliggende grundvand. I enkelte tilfælde blev der i grundvandet fundet koncentrationer, der var højere end grænseværdien for drikkevand.

6.8 Polyaromatiske kulbrinter

De polyaromatiske kulbrinter (PAH) blev alle fundet i langt de fleste prøver af slam fra renseanlæg, men kun i en lille del af prøverne fra udløbene fra renseanlæg. Indholdet af PAH i slam har i nogle tilfælde været for højt til at slammet ville kunne udbringes på marker.

Indholdet af PAH-forbindelser i gylle var væsentligt lavere end i slam. De lette PAH-forbindelser blev fundet med størst hyppighed, mens de tunge forbindelser ikke eller kun i ringe omfang blev påvist.

I grundvand blev der i enkelte tilfælde fundet naphthalen i koncentrationer under grænseværdien i drikkevand. I vandløb og søer blev der fundet koncentrationer tæt på detektionsgrænsen af en række

PAH-forbindelser. Det nationale kvalitetskrav for PAH i overfladevand er fastsat generelt ud fra de mest problematiske af PAH'erne. Det betyder at kvalitetskravet er meget lavt (0,001 µg/l) og lavere end detektionsgrænsen (0,01 µg/l).

I marine kystnære og åbne farvande blev PAH fundet udbredt i både sediment og muslinger. Anthracen blev i visse områder fundet i muslinger i koncentrationer, der kan medføre effekter. I sediment blev såvel lette som tungere PAH-forbindelser fundet i koncentrationer, der måske kan medføre effekter.

6.9 P-triestere

Trichlorpropylphosphat (TCPP) var det mest dominerende stof blandt P-triesterne i såvel spildevand som slam. Stoffet blev fundet i stort set alle undersøgte prøver og var blandt de stoffer, der blev udledt fra renseanlæg i størst mængde. Der er meget begrænset viden om effekten af P-triestere i miljøet. For en enkelt af P-triesterne er der fastsat et kvalitetskrav til overfladevand, og de målte koncentrationer i spildevand var langt lavere end dette. P-triestere har ikke været med i andre dele af overvågningen i NOVA-2003.

6.10 Alifatiske aminer

Alifatiske aminer er ikke en stofgruppe, der har været i fokus, da der ikke er tale om stoffer som bioakkumuleres eller som er karakteriseret ved stor giftighed. Diethylamin og dimethylamin, som indgik i overvågningen ved renseanlæg, blev i vid udstrækning fundet i såvel slam som spildevand, men den miljømæssige effekt heraf vurderes samlet set at være ringe. Middelkoncentrationerne af diethylamin og dimethylamin i udløb fra renseanlæg var lavere end kvalitetskravene for de to stoffer i overfladevand.

6.11 PCB, dioxiner og chlorerede pesticider

PCB, chlorerede pesticider og furaner nedbrydes meget langsomt, og vil derfor kunne findes i omgivelserne længe efter at brugen eller udledningen af stofferne er ophørt. PCB blev fundet udbredt i slam. Det fortæller, at selv om brugen af PCB er forbudt, findes PCB fortsat i urensset spildevand. I det omfang, der kunne ses en udvikling i indholdet af PCB i marint sediment, var der tale om faldende koncentration.

Dioxiner og furaner blev fundet i stort set alt det undersøgte slam. De fleste stoffer forekom med meget lave middelkoncentrationer. Fire stoffer afveg herfra med markant højere middelkoncentrationer, blandt andet som følge af enkelte tilfælde af meget høje koncentrationer. Koncentrationen i slam er for tre af disse fire stoffer i perioden 1998-2003 faldet på de fleste renseanlæg.

PCB og chlorerede pesticider blev ikke fundet i hverken udløb fra renseanlæg eller vandløb.

Chlorerede pesticider blev fundet i muslinger i det marine miljø, men ikke i sediment. Forekomsten af chlorerede pesticider i det marine miljø skyldes tidligere tiders tilførsler.

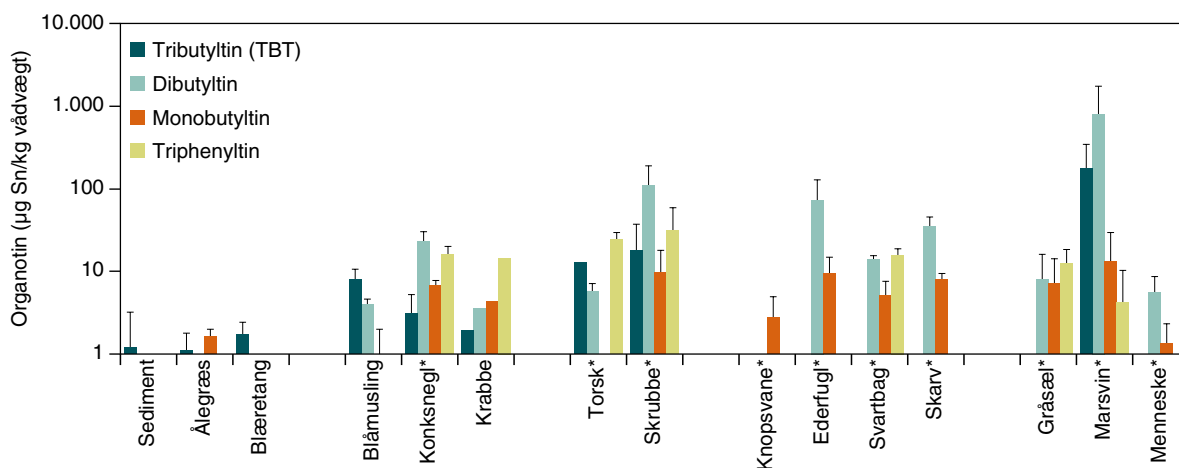
6.12 Organotinforbindelser

Blandt organotinforbindelserne har særligt tributyltin (TBT) været i fokus på grund af dets specifikke virkning på kønsorganerne hos snegle.

TBT blev fundet udbredt i såvel sediment som muslinger i kystnære områder med de højeste koncentrationer nær havneområder. Tilsvarende blev effekten i form af imposex og forekomst af sterile hunsnegle fundet med størst hyppighed nær havneområder.

TBT har vist sig også at være særdeles giftig overfor larvestadier af f.eks. muslinger og snegle, hvilket er en faktor, der kan hæmme rekrutteringen af nye generationer. Da mange arter af snegle ikke har fritsvømmende larvestadier, vanskeliggøres rekrutteringen yderligere. En forringet rekruttering kan medføre en skævvridning af populationsstrukturer, hvis ikke sneglene forsvinder helt. Det er mere usikkert om der forekommer effekter på populationer i større afstande fra havnene.

TBT og andre organiske tinforbindelser ophobes i alle led af havets fødekæde f.eks. i bløddyr, fisk, fugle og pattedyr, selv i mennesker (figur 6.2). De højeste koncentrationer er målt i marsvin. TBT optages fortrinsvis gennem føden. De enkelte arters evne til at nedbryde og udskille stofferne har stor betydning for hvor høje niveauer, de akkumulerer.



Figur 6.2 TBT og andre organiske tinforbindelser ophobes i forskellige led af havets fødekæde. De højeste koncentrationer er målt i marsvin. De her præsenterede data er fra Bælthavet med undtagelse af gråsåeler som er fra den svenske del af Østersøen og mennesker fra Fyn. * angiver om prøver af lever er analyseret. Bemærk den logaritmiske skala.

6.13 Medicinstoffer

Kun gylle blev i NOVA-2003 undersøgt for medicinstoffer, og heraf kun antibiotika. Der blev fundet antibiotika i 30 af 45 prøver. De højeste koncentrationer blev fundet i gylle fra svin.

Forbruget af medicin og hjælpestoffer i dambrug har ifølge indberetninger fra dambrugerne været på samme niveau i perioden 1998-2003. En undersøgelse af forekomsten af antibiotika i vandmiljøet omkring dambrug har vist, at antibiotika brugt i dambrugene i flere tilfælde kunne påvises i vandfasen i vandløbene nedstrøms for dambrugene (*Pedersen et al., 2004*). I sedimentet i dambrugene blev der ligeledes fundet antibiotika. Koncentrationen i dambrugssedimentet af et enkelt antibiotikum var ca. 3 gange højere end koncentrationen i svinegylle.

Pedersen et al., 2004 undersøgte for resistensudvikling i forbindelse med antibiotika-behandling. Resistensniveauet blandt de undersøgte fiskepatogene bakterier var lavt i dambrugene og på samme niveau som i vandløb, som er upåvirkede af dambrug.

6.14 Perspektivering

Optimering af overvågningen af miljøfremmede stoffer og tungmetaller

De seks års overvågning af miljøfremmede stoffer og tungmetaller i NOVA-2003 viste, at en række stoffer ikke eller kun i ubetydeligt omfang kunne findes i miljøet. Disse stoffer blev udeladt ved revisionen af overvågningen, således at programmet blev optimeret til at omfatte stoffer, som der var vished for, at det ville være relevant at overvåge. Stoflisten blev slanket fra at omfatte ca. 250 stoffer til at omfatte ca. 190. Den største udfasning af stoffer var blandt pesticiderne. Der blev inddraget enkelte nye stoffer, som tidligere undersøgelser havde bekræftet var relevante at inddrage, heriblandt bromerede flammehæmmere.

Strategi for "nye" stoffer

Ved revisionen af programmet blev der indført screeningsundersøgelser af "nye" stoffer parallelt med den "rutinemæssige" overvågning. Resultaterne af screeningsundersøgelserne skal danne grundlag for stillingtagen til, om det er relevant at inddrage de undersøgte stoffer i den rutinemæssige overvågning. Eksempelvis skal der gennemføres screeningsundersøgelse for de få stoffer på Vandrammedirektivets liste over prioriterede stoffer, som ikke allerede er med i overvågningen. Der gennemføres i 2005/06 screeningsundersøgelser for organotinforbindelser og PFAS (perfluorerede alkylerede stoffer) samt beryllium i grundvand og i 2006/07 for lægemidler og triclosan.

Effekter på snegle og fisk

De kønsforandringer der blev fundet hos snegle ved overvågningen i NOVA-2003, kan direkte relateres til påvirkning af TBT. Ved andre

undersøgelser er der fundet kønsforandringer hos fisk i vandløb, men der er ikke fundet en tilsvarende sammenhæng med udledning af miljøfremmede stoffer til de undersøgte vandløb, omend udenlandske undersøgelser indikerer, at der skulle være en sammenhæng. Undersøgelsen er udført af Århus Amt i samarbejde med Syddansk Universitet (*Århus Amt, 2001*).

Overvågningen blev i 2004 udvidet til at omfatte flere effektundersøgelser. Fundene af tohovedet ålekvaabeyngel i sommeren 2005 var et af de første resultater heraf. Fundene af tohovedet ålekvaabeyngel tilskrives påvirkninger af miljøfremmede stoffer, men det er ikke muligt at udpege et eller flere specifikke stoffer som årsagen.

Miljø og sundhed

Overvågningsprogrammet er tilrettelagt alene med henblik på at beskrive tilstand og udvikling i natur og miljø. Flere af stofferne i overvågningen har imidlertid også været i fokus i forhold til påvirkning af mennesker, bl.a. i forhold til fertilitet. Vi kan som mennesker få stofferne gennem luften, drikkevandet eller føden.

Overvågningen blev i 2004 udvidet med undersøgelser af organiske miljøfremmede stoffer i nedbør og luft. I de større byer er luften siden begyndelsen af 1980'erne blevet undersøgt for indhold af partikler og en række sundhedsskadelige stoffer alene af hensyn til menneskers sundhed. Drikkevandet bliver undersøgt ved vandværkernes kontrol. Fødevarestyrelsen overvåger fødevarer for indhold af kemiske forureninger, heriblandt en række af de stoffer der indgår i miljøovervågningen.

Vandrammedirektivet og andre direktiver

Vandrammedirektivet er et EU-direktiv som har til formål at sikre beskyttelse af vandløb, søer, kystvande og grundvand.

Resultaterne fra overvågningen af miljøfremmede stoffer og tungmetaller har været et af grundlagene for den vurdering af miljøtilstanden i vandforekomsterne, som amterne har lavet i forbindelse med Vandrammedirektivets basisanalyse. I forhold til Vandrammedirektivet vil den operationelle overvågning af vandområder, som er i risiko for ikke at opfylde de fastsatte miljømål i 2015, blive tilrettelagt med udgangspunkt i basisanalysen. Det gælder også en vurdering af i hvilket omfang den operationelle overvågning skal omfatte miljøfremmede stoffer og tungmetaller.

Overvågningen af miljøfremmede stoffer og tungmetaller i NOVA-NA (det nationale program for overvågning af vandmiljø og natur i 2004-2009) vil bl.a. imødekomme Vandrammedirektivets forpligtelse til kontrolovervågning. I de tilfælde hvor vandområder, der er med i NOVANA, er i risiko for ikke at opfylde deres miljømål, vil NOVANA imødekomme dele af forpligtelsen til operationel overvågning.

Den marine overvågning gennemføres koordineret med de lande, som grænser op til de pågældende marine områder. Det gælder for Østersøen via HELCOM-konventionen, for Nordsøen via OSPAR-

konventionen og for Vadehavet via Vadehavssamarbejdet. I Vadehavet omfatter undersøgelsen ud over sediment, muslinger og fisk også undersøgelse af indholdet af en række miljøfremmede stoffer i fugleæg (*Essink et al., 2005*).

Forskningsbehov

Tohovedet ålekvabbeyngel tilskrives påvirkning med miljøfremmede stoffer ligesom kønsforandringerne hos snegle. Tilsvarende omfatter NOVANA effektundersøgelser i form af undersøgelser af celleskader hos muslinger og målinger af aktiviteten af afgiftningenszymer i fisk. Disse effekter tilskrives ligeledes påvirkninger af miljøfremmede stoffer. Der er identificeret og dokumenteret sammenhæng mellem TBT og kønsforandringer hos snegle, men det er ikke tilsvarende identificeret, hvilke stoffer der udløser de andre effekter, der indgår i overvågningen. Der er et forskningsmæssigt behov for at få identificeret disse sammenhænge.

P-triestere er den stofgruppe blandt de organiske miljøfremmede stoffer, der bliver udledt i størst mængde fra renseanlæggene. Der er meget ringe viden om stoffernes effekt i miljøet. I lyset af den store udledning er der behov for at få klarlagt om stofferne har nogen effekt på miljøet.

Introduktionen af pesticider som minimidler, dvs. pesticider som er virksomme i meget lave koncentrationer, og derfor anvendes i lavere koncentrationer end de traditionelle pesticider, giver anledning til at overveje, om der skal tages nye metoder i brug til prøveopsamling. En mulighed kan være passiv sampling, hvor et stof i en periode opfanges fra vandet og bindes til en adsorbent, så man til sidst opnår målbare koncentrationer.

7 Tungmetaller og andre uorganiske sporstoffer

Tungmetaller og andre uorganiske sporstoffer findes i jordens geologiske udgangsmateriale og frigives herfra ved kemiske, fysiske og biologiske nedbrydningsprocesser. Stofferne er således en naturlig del af de terrestriske og akvatiske økosystemer, og det naturlige indhold af metaller i jorden er på grund af geologiske variationer yderst varieret.

Siden midten af det forrige århundrede har menneskets industrielle aktiviteter resulteret i, at metaller bundet i fossile brændstoffer og andre geologiske materialer er frigivet til miljøet. Dette har resulteret i, at tungmetaller forekommer i miljøet i koncentrationer, der ligger over baggrundsniveauet. Forbruget af råmaterialer har medført en global spredning af tungmetaller via atmosfærisk nedfald eller lokal forurening, eksempelvis på grund af anvendelse af restprodukter som slagger og flyveaske fra kraftvarmeværker og affaldsforbrændingsanlæg (*Miljøstyrelsen, 1999a*) samt gødning.

Stofferne kan findes i vandområder i koncentrationer, som er væsentligt højere end det naturlige baggrundsniveau. I forbindelse med oppumpning af store vandmængder kan sænkning af grundvandspejlet betyde, at der frigives tungmetaller og andre uorganiske sporstoffer til grundvand og overfladevand.

Tungmetallerne kan inddeles i tre grupper:

- de toksiske, der har sundheds- og miljømæssigt skadelige effekter, selv ved små koncentrationer (As, Pb, Cd, Hg)
- de essentielle, der omfatter stoffer, som er nødvendige for alle levende organismer i små mængder, men som er sundhedsskadelige og økotoksiske i større koncentrationer (Ni, Cr, Cu, Zn)
- stoffer, som normalt ikke optræder i så høje koncentrationer, at de udgør et problem, men som under særlige omstændigheder kan have både human- og økotoksikologiske effekter (*GEUS, 2004*).

Cadmium og kviksølv er blandt Liste I-stofferne og på vandrammedirektivets liste over prioriterede stoffer (*Miljø- og Energiministeriet, 1996; Europa-parlamentet, 2001*). Det betyder, at udledningen af disse metaller skal begrænses mest muligt med mål om at udledningen ophører. De øvrige metaller er blandt Liste II-stoffer. Udledningen af Liste II-stoffer skal begrænses, så koncentrationen i miljøet ikke overstiger fastsatte kvalitetskrav.

7.1 Overvågningsprogrammet

I tabel 7.1 er vist hvilke tungmetaller og uorganiske sporstoffer, der var med i overvågningen af de forskellige typer af vandområder og forureningskilder.

Tabel 7.1 Oversigt over tungmetaller og uorganiske sporstoffer i NOVA-2003. Ved de industrielle udledninger er der alene analyseret for de metaller, der er relevant for den pågældende industri.

	Luft	Marint			Grund- vand	Vand- løb, søer	Punktkilder			
		Sediment	Biota	Vand			Spilde- vand	Slam	Regn- betinget	Indus- tri
Aluminium (Al)					x					x
Antimon (Sb)					x					x
Arsen (As)	x				x	x	x	x	x	x
Barium (Ba)					x					x
Beryllium (Be)							x	x	x	x
Bly (Pb)	x	x	x		x	x	x	x	x	x
Bor (B)					x					x
Cadmium (Cd)	x	x	x		x	x	x	x	x	x
Kobber (Cu)	x	x	x		x	x	x	x	x	x
Kobolt (Co)										x
Krom (Cr)	x				x	x	x	x	x	x
Kviksølv (Hg)		x	x		x	x	x	x	x	x
Molybdæn (Mo)					x		x	x	x	x
Nikkel (Ni)	x	x	x		x	x	x	x	x	x
Selen (Se)					x					x
Sølv (Ag)					x					x
Tellur (Te)										x
Thallium (Th)					x					x
Tin (Sn)					x					x
Uran (U)										x
Vanadium (Va)					x					x
Zink (Zn)	x	x	x		x	x	x	x	x	x
Jern (Fe)	x				x					x
Mangan (Mn)	x				x					x

7.2 Forureningskilder

Metaller bliver anvendt indenfor et stort antal industrigrene, hvor der fremstilles eller forarbejdes emner i metal, som f.eks. støberier, valseværker, maskinfabrikker, metalvarefabrikker, elektrotekniske virksomheder, skibsværfter og virksomheder med overfladebehandling (metallisering og lakering).

Vejtrafik er en væsentlig kilde til spredning af cadmium, krom, kobber, nikkel, zink og bly, idet metallerne indgår i blandt andet bremsebelægninger. Slagger og flyveaske, der bl.a. anvendes i asfaltbelægninger, indeholder ligeledes en række metaller, der kan sive mod grundvandet.

Anvendelse af handelsgødning, husdyrgødning og slam fra rensningsanlæg og fra produktion af eksempelvis genbrugspapir kan ligeledes være kilder til forhøjede koncentrationer af tungmetaller i

miljøet. Landbrugsjord er blevet tilført cadmium med handelsgødning, fordi råfosfat til gødning ofte har et betydeligt cadmiumindhold. Denne tilførsel er dog reduceret fra 4,4 t Cd/år i midten af firserne til 0,2 t Cd/år i 2003 (*Miljøstyrelsen, 2004b*).

Kviksølv anvendes i termometre, tandfyldninger, lamper og elektronisk udstyr, og det frigives fra naturlige kilder som vulkaner, klipper og jord.

Sænkning af grundvandsspejlet kan resultere i iltning af eksempelvis pyrit (FeS_2) i jorden under dannelse af svovlsyre. Herved går jern og andre tungmetaller i opløsning og kan forurene både grundvand og overfladevand, i form af frigivelse af tungmetaller til grundvandet, fx. nikkel i Køge Bugt området, og i form af fx. okkerforurening af vandløb.

Metallerne kan spredes i miljøet som luftbåren forurening, efter udledning med spildevand og efter udvaskning fra jorden. Forsuret regnvand kan medføre øget udvaskning af metaller fra de øvre jordlag.

I erkendelse af at tungmetaller kan udgøre en risiko for planter, dyr og mennesker har Danmark sammen med de øvrige OECD-lande gennemført en række tiltag for at regulere brugen og spredningen af tungmetaller, f.eks. regulering i brugen af cadmium-nikkelbatterier, udfasning af bly fra benzin i 1994 og fastsættelse af krav til det maksimale indhold af tungmetaller i handelsgødning og i slam, der udbringes på jorden.

Emission til atmosfæren

Der bliver hvert år lavet en opgørelse over emissionen til atmosfæren af bly, cadmium, kviksølv, arsen, chrom, kobber, nikkel og zink fordelt på sektorerne energi, produktion og konstruktion, transport, industri og øvrige (*Illerup et al., 2004*).

For alle metaller er der sket en reduktion i emissionen i perioden 1990 – 2003 (tabel 7.2). Reduktionen er størst for bly (97%), mens den er mindst for kobber (15%) og zink (38%).

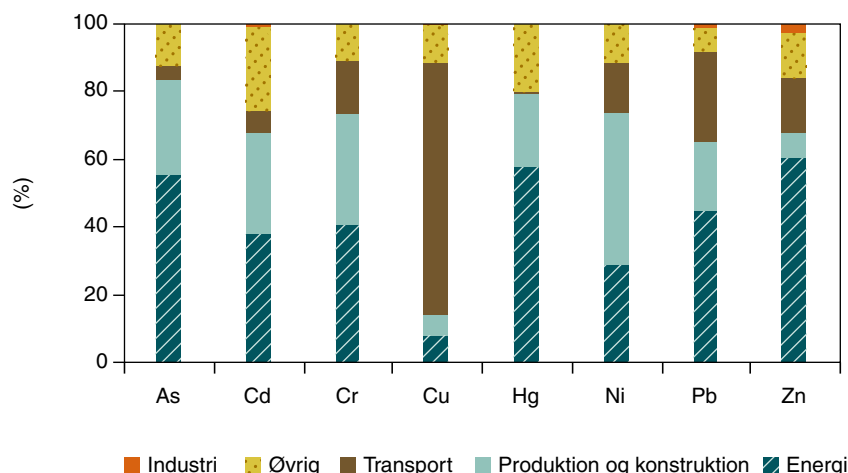
Tidligere var transport den primære kilde til blyemissionen, men det gradvise skift til blyfri benzin har betydet, at det i dag er affaldsforbrænding, der er den væsentligste kilde (figur 7.1).

De væsentligste kilder til cadmium- og kviksølv-emissionen er affaldsforbrænding og metalforarbejdning.

Tabel 7.2 Emissioner af tungmetaller til atmosfæren i Danmark i 1990 og 2003 (*Illerup et al., 2004*).

Emissioner	Pb	Cd	Hg	As	Cr	Cu	Ni	Zn
1990 (t/år)	122	1,14	3,34	1,50	6,33	10,2	25,2	35,5
2003 (t/år)	3,95	0,57	1,24	0,73	1,14	8,76	10,5	22,2
Reduktion (%)	97	50	63	51	82	15	59	38

Figur 7.1 Fordeling af danske emissioner til luft af tungmetaller i sektorerne energi, produktion og konstruktion, transport, industri og øvrig i 2002 (Illerup et al., 2004).



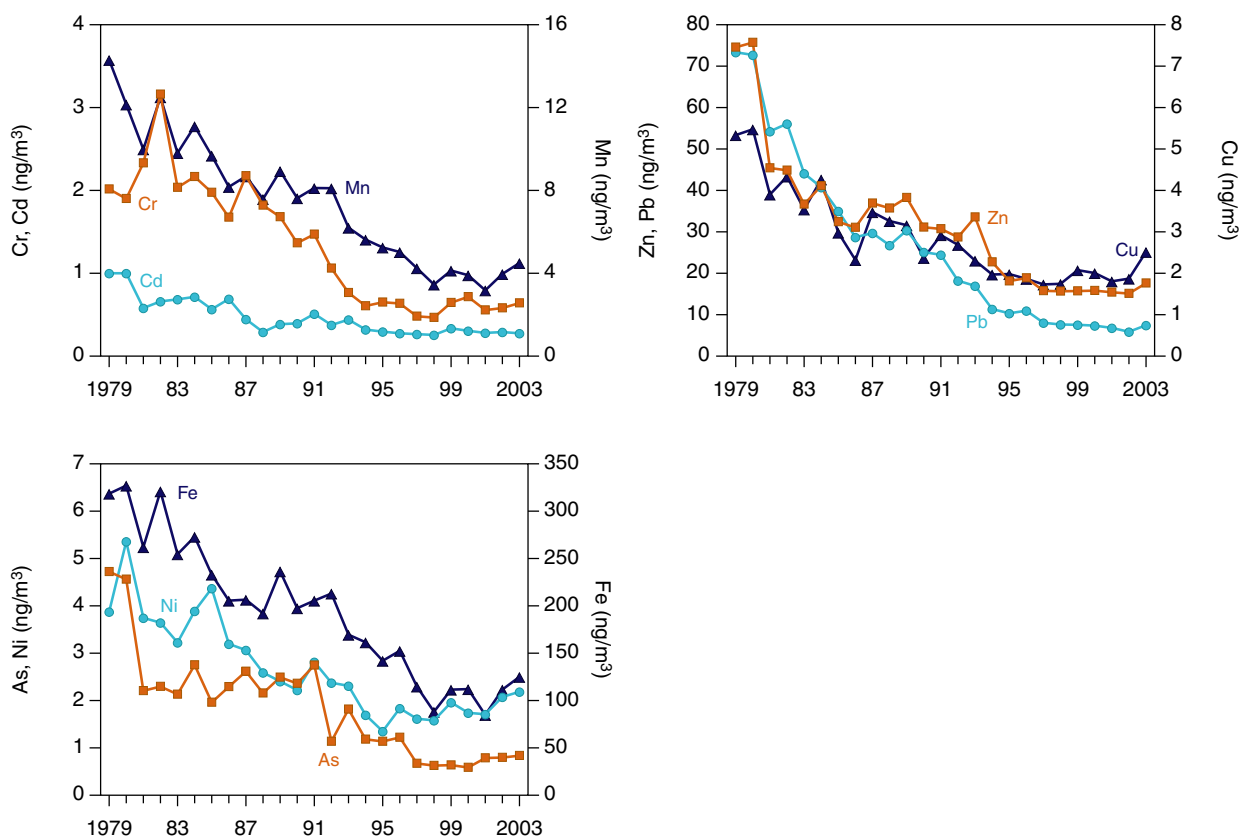
For alle metaller undtagen kobber er emissionsbidraget fra energisektoren større end ca. 30% af de totale emissioner (figur 7.1). Reduktionen i emissionen af tungmetaller skyldes primært, at der på stationære forbrændingsanlæg, inklusive affaldsforbrænding, sker en bedre rensning af afkastet fra forbrændingsprocessen. Det største bidrag til emission af kobber kommer fra transport, hvilket skyldes kobberholdige additiver i smøreolie. Der er dog stor usikkerhed på denne opgørelse

Deposition fra luften

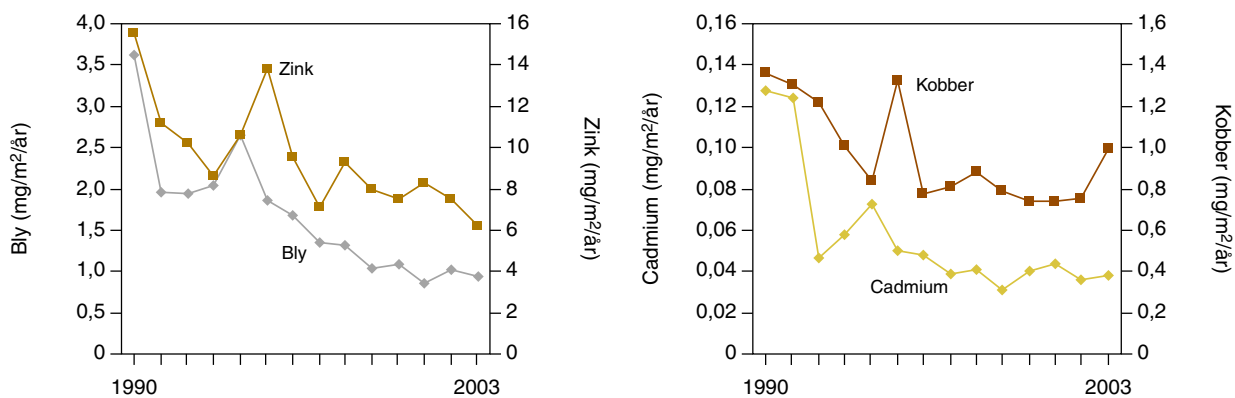
Tungmetaller, der frigives ved forbrænding, vil være bundet til meget små partikler eller være på gasform (kviksølv). Med tiden kan partiklerne koagulere og danne større partikler, men partiklerne vil overvejende være så små (dvs. mindre end 1 μm), at de kan spredes over store afstande. På grund af den store mobilitet i atmosfæren er tungmetallforurening ikke kun et lokalt problem, og en stor del af de tungmetaller, der findes i atmosfæren over Danmark, stammer fra antropogene kilder uden for Danmark. Partikler i størrelsesordenen 2 - 20 μm fra f.eks. havsprøjt og jordstøv har større tilbøjelighed til at deponere, og de transporteres derfor ikke over større afstande. Tungmetalindholdet i partikler af denne størrelse er dog relativt lav.

Udviklingen i luftens indhold af udvalgte metaller og deres deposition er målt siden 1989 (Ellermann et al., 2004) (figur 7.3 og 7.4).

Luftens indhold af metaller er siden 1979 faldet markant for alle metaller (figur 7.2). Våddepositionen er også tydeligt faldet for bly, zink og cadmium (figur 7.3). Depositionen af kobber er faldet i mindre grad, svarende til at emissionerne heller ikke er reduceret meget i samme periode (tabel 7.2). Det er dog væsentligt at påpege, at de estimerede emissioner i tabel 7.2 er danske, mens de viste eksempler på våddeposition og koncentration i figur 7.2 og 7.3 er stærkt påvirkede af emissioner i udlandet. En opdeling af emissioner fra kildeområder i Øst-, Vesteuropa samt Danmark viser, at der er god overensstemmelse mellem faldet i emissionerne og såvel luftkoncentrationer (partikler) som depositioner (figur 7.4).

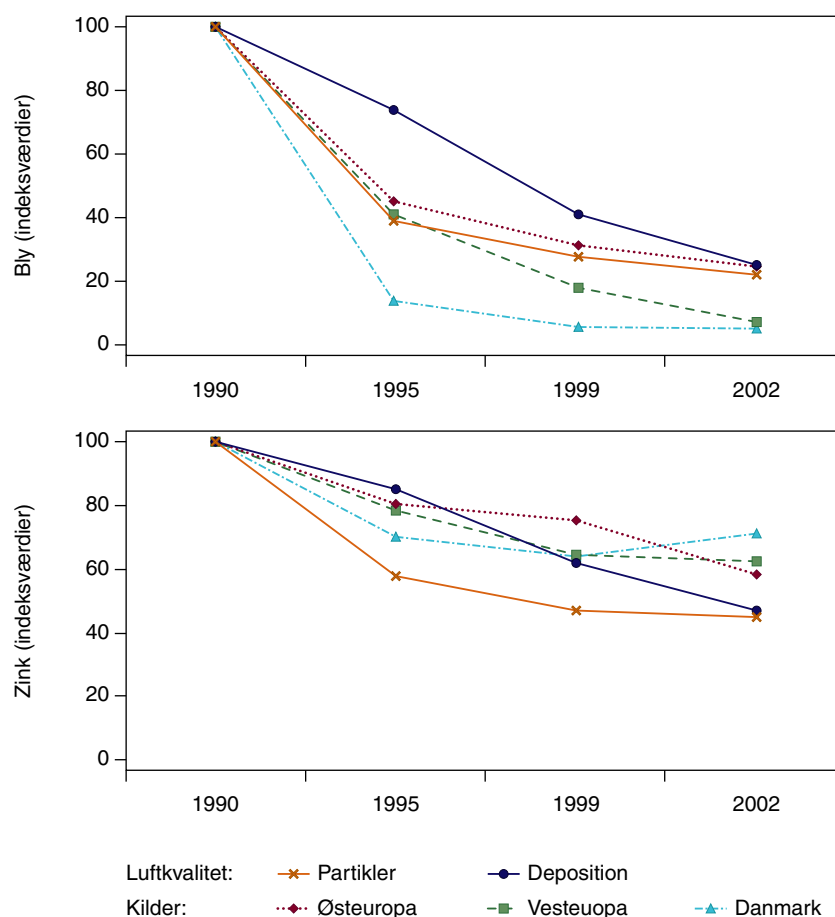


Figur 7.2 Udvikling i luftens koncentration af tungmetaller i perioden 1979-2003. Kurverne repræsenterer gennemsnit af målinger ved Keldsnor og Tange (Ellermann et al., 2004).



Figur 7.3 Våddepositionen i mg metal pr m² pr år for bly, zink, cadmium og kobber over en 14 årig periode (Ellermann et al., 2004).

Figur 7.4 Målinger i Danmark af våddeposition og partikelkoncentration i luften sammenlignet med emissioner fra lande i Øst- og Vesteuropa samt Danmark. Måleresultaterne repræsenterer middelværdier over treårsperioder omkring de angivne år. Alle resultater er normeret til 100 i 1990. Emissionsdata er fra Vestreng, 2003 (Ellermann *et al.*, 2004).



Variationen i depositionen fra år til år skyldes ud over variationer i aktuelle emissioner også variationer i meteorologiske forhold som vindretning, nedbør, antallet af byger, samt sammenfald mellem regnhændelse og forekomst af luftmasser med højt indhold af tungmetaller.

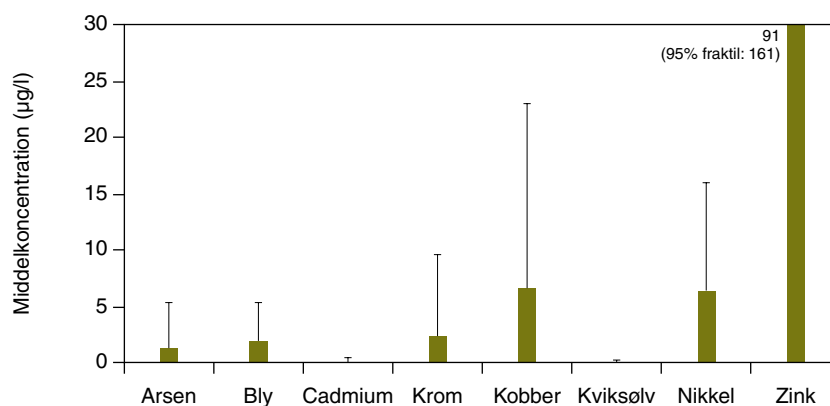
Spildevand og slam

Der er fundet stor spredning på indholdet af tungmetaller i udløb fra renseanlæg (figur 7.5). Spredningen afspejler forskelle i spildevands sammensætningen fra anlæg til anlæg afhængig bl.a. af hvilke industrier, der er tilsluttet de enkelte anlæg.

Kobber, nikkel og zink er fundet i udledningerne på de højeste koncentrationsniveauer. Zink er påvist i alle udløbsprøver, mens cadmium og kviksølv er påvist med laveste hyppighed med fund i ca. 1/3 af de analyserede prøver (bilag 1).

Udledningen af metaller fra renseanlæg har generelt ikke resulteret i overskridelse af kvalitetskrav for overfladevand eller forslag til kvalitetskriterier, jf. bilag 1. For kobber indikerer de målte koncentrationer dog, at der kan have været forhøjede niveauer i forhold til Miljøstyrelsens forslag til kvalitetskriterium på 1,0 µg/l for overfladevand.

Figur 7.5 Middelkoncentration og 95%-fraktil af metaller i udløb fra renseanlæg i perioden 1998-2003. Antal analyser: 265-281.



Udledningen af tungmetaller fra industri direkte til vandmiljøet refererer til ganske få virksomheder. De industrielle udledninger har samlet set kun bidraget i mindre omfang med tilførsel af tungmetaller til vandmiljøet (tabel 7.3), men med store lokale variationer.

Tabel 7.3 Samlet gennemsnitlig årlig udledning af tungmetaller fra renseanlæg i perioden 1998-2003, fra industri i perioden 2001-2003, estimeret årlig udledning i regnbetingede overløb fra fælleskloakerede områder (*Miljøstyrelsen, 2005a*) samt skønnet årlig udledning fra spredt bebyggelse.

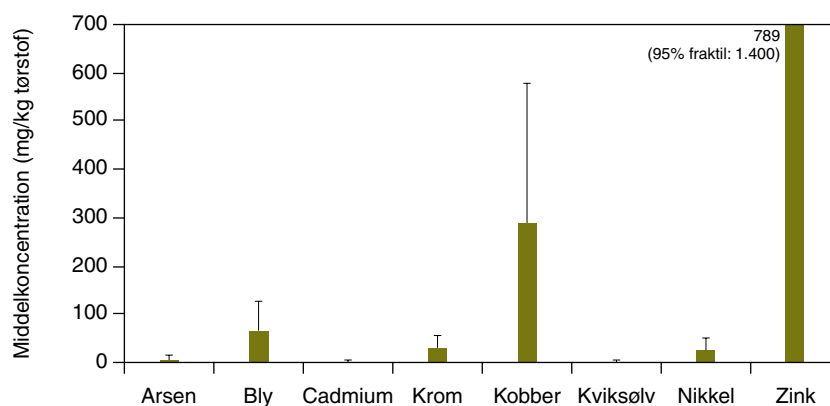
	Udløb fra renseanlæg (kg/år)	Udledning fra industri (kg/år)	Overløb fra fælles- kloakerede områder ¹⁾ (kg/år)	Skønnet udledning fra spredt bebyggelse (kg/år)
Pb	1402	8,49	368 – 2579	223
Cd	72	4,10	3.7 – 55	12
Hg	66	0,94	0.2 – 7.4	6
As	981	4,52	55 – 553	105
Cr	1762	36,5	18 – 1474	167
Cu	5066	73,5	147 – 7368	1090
Ni	4817	128	37 – 737	329
Zn	69147	277	3684 – 18420	6017

1) Skønnes ud fra den gennemsnitlige samlede udledte vandmængde i et normalår for perioden 1998-2003 og skønnet koncentration (*Miljøstyrelsen, 2002*).

I slam var indholdet af tungmetaller langt højere end i spildevand, fordi de fleste tungmetaller i høj grad bindes til det organiske stof i slammet. Som i spildevand var der stor spredning på slamkoncentrationerne (figur 7.6).

I indløb til renseanlæg er der sket en reduktion i den tilførte kviksølv mængde fra perioden 1998-2000 til perioden 2001-2003. Det har ikke været muligt på baggrund af de foreliggende data at vurdere, om der har været en tilsvarende reduktion for andre metaller i tilførsel til eller udløb fra renseanlæg eller i spildevandsslam.

Figur 7.6 Middelkoncentration og 95%-fraktil af metaller i slam i perioden 1998-2003. Antal analyser: 73-75.



Tværgående sammenligning af kilder

En sammenligning af den samlede våddeposition af tungmetaller på landjorden, søer og vandløb (43.000 km²) og indre danske farvande (31.500 km²) med et estimat af udledningen fra punktkilder til overfladevand og emissionen til luften er vist i tabel 7.4.

For bly, cadmium, arsen, krom, kobber og zink var våddepositionen over land og vand større end emissionen til luften. Dette indikerer, at en stor del af tungmetallerne i atmosfæren er transporteret langvejs fra kilder udenfor Danmark, og de er deponeret i Danmark. Udledningen til overfladevand fra punktkilder er på niveau med emissionen til luften.

Tabel 7.4 Estimeret samlet deposition til land og de indre danske farvande i 2003, udledninger fra punktkilder i perioden 1998-2003 (jvf. tabel 7.3), og emissioner fra forskellige sektorer i 2003 (jvf. tabel 7.2).

	Estimeret samlet deposition ¹ (t/år)	Estimat af udledninger med spildevand (t/år)	Emissioner til luften i Danmark (t/år)
Bly	82	3,1	4,0
Cadmium	3	0,12	0,57
Kviksølv	ikke angivet	0,077	1,2
Arsen	10	1,4	0,73
Krom	10	2,7	1,1
Kobber	78	10	8,8
Nikkel	20	5,7	11
Zink	490	85	22

¹ Ellermann et al., 2004

7.3 Vandløb

Zink, nikkel og kobber er de metaller, der er fundet i vandløb med de højeste mediankoncentrationer, mens kviksølv og cadmium er fundet med mediankoncentrationer tæt på eller under detektionsgrænsen (tabel 7.5).

Tabel 7.5 Mediankoncentrationer af tungmetaller i fem store vandløb i 2001 (Bøgestrand (red.), 2002).

	Gudenå	Skjern Å	Bygholm Å	Odense Å	Damhusåen	Gennemsnits median konc. (µg/l)
	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)
Pb	0,23	0,21	u.d.	u.d.	2,2	1,28
Cd	0,016	0,062	u.d.	u.d.	3,4	0,046
Hg	0,002	0,002	u.d.	u.d.	u.d.	0,002
As	1,0	0,76	u.d.	u.d.	2,2	1,3
Cr	1,9	2,0	u.d.	1,15	1,1	1,5
Cu	1,0	1,1	0,67	1,1	7,3	2,2
Ni	2,9	4,3	u.d.	1,6	7,4	4,1
Zn	7,4	13	u.d.	6,4	31	14

u.d.: under detektionsgrænsen.

Koncentrationsniveauet var for alle metaller lavest i Bygholm Å, som er karakteriseret ved, at oplandet primært er landbrugsområde. De højeste koncentrationer er fundet i Damhusåen, som ligger i et byområde.

I 12 tilfælde var enkeltmålingerne højere end kvalitetskravene til overfladevand (tabel 7.6), de højeste koncentrationer var op til 15 gange højere end kvalitetskravene. Blykoncentrationen var højere end kvalitetskravet i ca. 10% af de analyserede prøver og arsenkoncentrationen i 5%.

Tabel 7.6 Antal overskridelser af kvalitetskrav til metaller i overfladevand i fem store vandløb i 2001 (Bøgestrand (red.), 2002).

	Antal målinger	Antal målinger over detektionsgrænsen	Antal overskridelser	Maks. konc. (µg/l)	Kvalitetskrav til over- fladevand (µg/l)
Pb	60	36	7	50	3.2
As	60	36	3	12	4
Cr	60	43	1	80	10
Cu	60	51	1	14	12 (1,0 + 0,25) ¹

¹⁾ Forslag til vandkvalitetskrav fra Miljøstyrelsen på 1 µg/l tilføjet til baggrundskoncentration estimeret til 0,25µg/l (DHI, 2000)

7.4 Søer

Der er i NOVA-2003 målt for otte tungmetaller i fem søer (Borup Sø, Damhussøen, Furesø, Bastrup Sø og Arreskov Sø) i 1999 og 2001.

Der er generelt fundet lave metalkoncentrationer i de undersøgte søer (tabel 7.7). Med undtagelse af kviksølv er der fundet lavere koncentrationer i søerne end i de undersøgte vandløb. De højere kviksølvkoncentrationer i søerne kan sandsynligvis forklares ved, at der fra sedimentet i søerne frigives kviksølv, som stammer fra tidligere spildevandsudledninger (Jensen et al., 2004).

Der er ikke i nogen af de undersøgte søer fundet koncentrationer højere end danske kvalitetskrav til overfladevand eller norske grænseværdier for økotoksikologiske effekter i ferskvand.

Tabel 7.7 Minimum-, median- og maksimumkoncentrationer af tungmetaller i fem søer i 1999 og 2001. Til sammenligning er anført danske kvalitetskrav til overfladevand og norske grænseværdier for økologiske effekter i ferskvand (*Miljø- og Energiministeriet, 1996; Statens Forurensningstilsyn, 1997*).

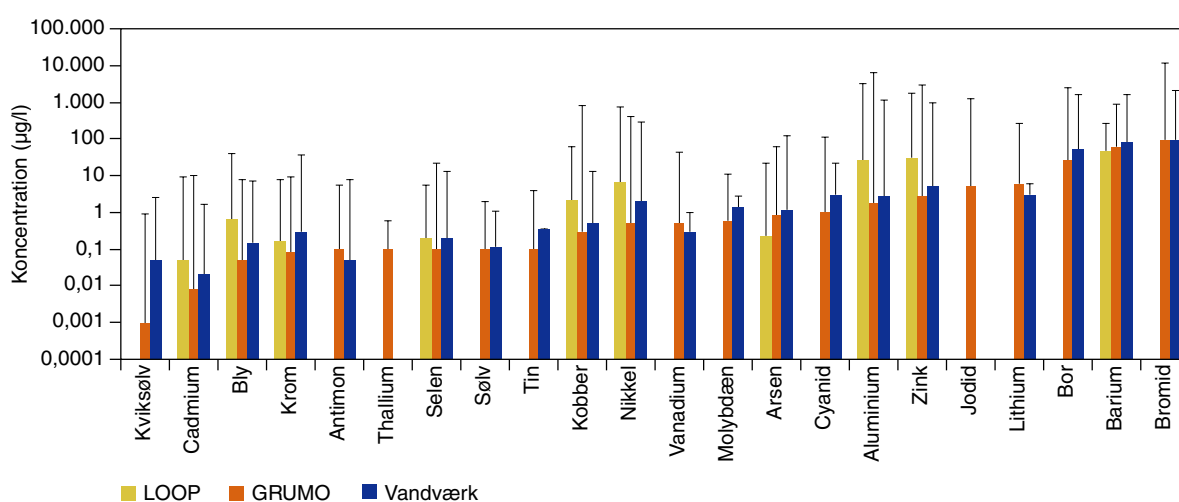
Stof	Antal prøver	Min.konc. (µg/l)	Median konc. (1999-2001) (µg/l)	Max. konc. (µg/l)	Kvalitetskrav til overfladevand (µg/l)	Norske grænseværdier for effekter (µg/l)
Pb	96	0,15	0,28–0,49	0,58	3,2	1
Cd	96	u.d.	0,019–0,002	0,14	5	0.1
Hg	96	u.d.	0,0018–0,0006	0,20	1	-
As	96	u.d.	1,00–0,96	3,1	4	5
Cr	96	0,04	0,31–0,21	2,5	10	5
Cu	96	0,23	0,66–0,57	2,1	12	3
Ni	96	0,18	0,87–0,88	2,5	160	15
Zn	96	0,8	3,7–1,5	7,9	110	20

u.d.: under detektionsgrænsen.

7.5 Grundvand

Metallerne bly, kobber, nikkel, aluminium og zink er fundet i grundvand i koncentrationer, som generelt var højere i det overfladenære grundvand i LOOP end i det dybereliggende grundvand i GRUMO og vandværkernes borer (figur 7.7).

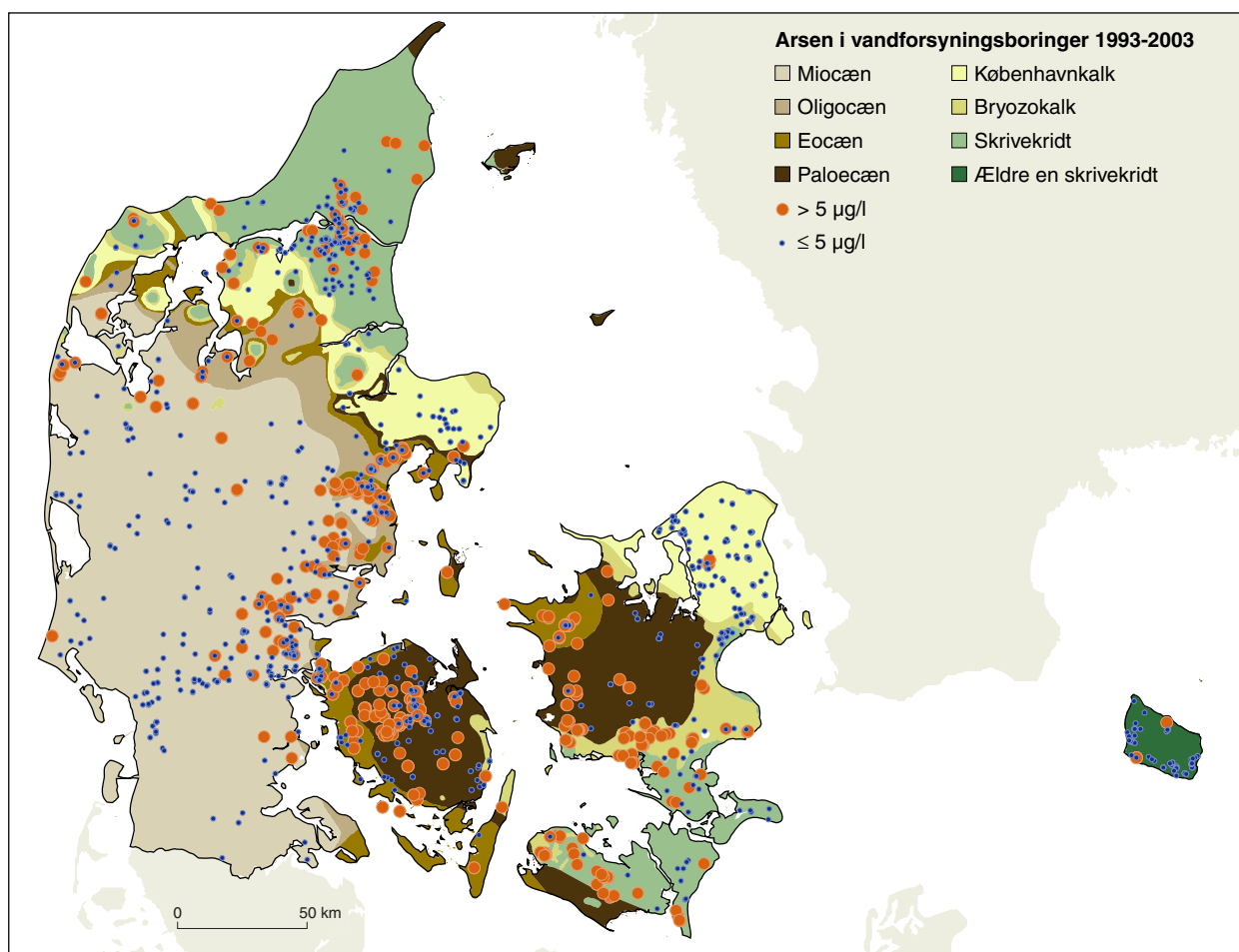
Nikkel er dog også fundet i høje koncentrationer i det dybereliggende grundvand. Det skyldes primært iltning af sulfidminerale (f.eks. bravoit og pyrit), enten i forbindelse med sænkning af grundvandspejlet eller ved udskiftning af luften i den umættede zone under tætte lerlag via åbne borer, den såkaldte barometerånding (*Jensen et al., 2003*). En efterfølgende retablering af grundvandspejlet kan yderligere øge frigivelsen af nikkel til grundvandet i en periode.



Figur 7.7 Median- og max-koncentrationer af tungmetaller og andre uorganiske sporstoffer i grundvandet i LOOP, GRUMO og vandværksboringer i perioden 1993-2003. Bemærk at skalaen er logaritmisk.

Arsen er det mest problematiske af de målte metaller i grundvand i forhold til grundvandets anvendelse til drikkevand. Arsen er generelt fundet i højere koncentrationer i det dybereliggende grundvand end i det overfladenære med den hyppigste overskridelse af grænseværdien for drikkevand i grundvandet i Storstrøms, Fyns og Århus amter (figur 7.8). Arsen i grundvandet i Danmark har formentlig i alle tilfælde naturlig oprindelse, idet det findes naturligt i sedimenter af marin oprindelse og mobiliseres typisk i dybtliggende reduceret grundvand. Da arsen er giftigt og kræftfremkaldende, er grænseværdien for drikkevand med drikkevandsbekendtgørelsen gældende fra 2001 sænket fra 50 µg/l til 5 µg/l, og samtidig er stoffet gjort obligatorisk i boringskontrollen (*Miljø- og Energiministeriet, 2001*).

For en række af de øvrige metaller er der ligeledes fundet overskridelse af grænseværdierne i drikkevand. Overskridelserne er fundet med de størst hyppigheder for bly, cadmium, nikkel og zink i LOOP (tabel 7.8).



Figur 7.8 Arsenindhold i vandværksboringer 1998 – 2003, vist i forhold til aflejringer ældre end istiderne (GEUS, 2004). Det skal bemærkes, at analyse for arsen først blev obligatorisk i 2004, og at ikke alle vandværksboringer er med på figuren.

Tabel 7.8 Hyppighed af fund over grænseværdien for drikkevand af tungmetaller i grundvand i GRUMO, LOOP og vandværkernes boringskontrol i perioden 1998-2003.

	Grænseværdi for drikkevand (µg/l)	GRUMO		LOOP		Boringskontrol	
		Mindst én analyse over (%)	Alle analyser over (%)	Mindst én analyse over (%)	Alle analyser over (%)	Mindst én analyse over (%)	Alle analyser over (%)
Pb	5	1	< 1	39	0	< 1	0
Cd	2	< 1	1	3	0	0	0
Hg	1	0	0	i.m.	i.m.	< 1	0
As	5	15	5	8	0	17	3
Cr	20	0	0	0	0	< 1	0
Cu	100	< 1	0	0	0	0	0
Ni	20	6	1	56	5	4	1
Zn	100	6	1	46	8	2	0

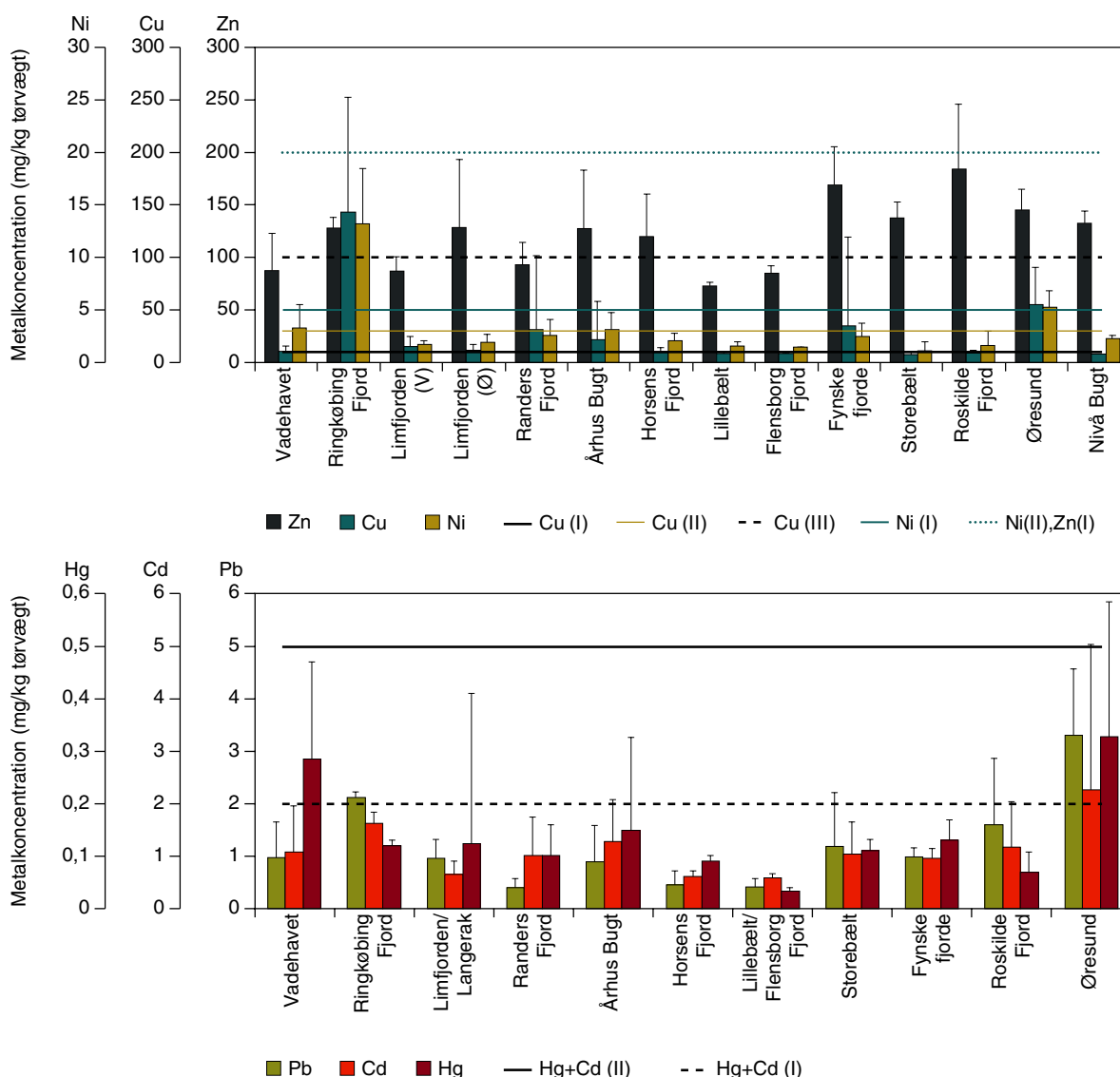
i.m. ikke målt

I større vandværker med vandbehandling og velfungerende sandfiltre tilbageholdes uorganiske sporstoffer i nogen grad, hvorfor overskridelser i grundvandet af grænseværdierne for drikkevand ikke nødvendigvis er problematisk for drikkevandskvaliteten. Der er igangsat forskning med henblik på at optimere vandværkernes vandbehandling, således at bl.a. udfældningen af arsen i vandværkernes sandfiltre forbedres.

7.6 Marine områder

Blyindholdet i muslinger var ved alle målinger lavere end det niveau, der klassificeres som "ubetydeligt til lidt forurenet" i den norske klassificering af forureningsgrader (*Statens Forurensningstilsyn, 1997*) (figur 7.9). For de øvrige metaller er der fundet middelværdier svarende til "moderat forurenet", og for kobber middelværdier op til klassificeringen "stærkt forurenet". De højeste kobberkoncentrationer er fundet i sandmuslinger fra Ringkøbing Fjord. Det skal bemærkes, at der ikke er blåmuslinger i Ringkøbing Fjord, og at sandmuslingers levevis adskiller sig fra blåmuslinger, hvorfor klassifikationsgrundlaget for blåmuslinger måske ikke er direkte anvendeligt. I Øresund er der fundet en kviksølv- og cadmiumkoncentration i muslinger svarende til "markant forurenet", og der er også her fundet den højeste blykoncentration.

På de fleste af de undersøgte stationer kan der ikke ses en udvikling i metalindholdet i muslinger i perioden 1998-2003. Koncentrationen af cadmium, kobber, bly og kviksølv har været stigende på enkelte stationer, mens nikkelkoncentrationen har været aftagende på en enkelt station (tabel 7.9).



Figur 7.9 Koncentrationer af de 6 målte tungmetaller i blåmuslinger (sandmuslinger i Ringkøbing Fjord) i 2003. De vandrette linier refererer til SFTs klassificeringssystem af forureningsgraden; I: Ubetydeligt til lidt forurenet (god tilstand), II: Moderat forurenet (mindre god tilstand), III: Markant forurenet (noget dårlig tilstand), IV: Stærkt forurenet (dårlig tilstand), V: Meget stærkt forurenet (meget dårlig tilstand) (Ærtebjerg *et al.*, 2004).

Tabel 7.9 Antal muslingestationer med signifikant stigende, signifikant faldende eller ingen signifikant udvikling i perioden 1998-2003 (Ærtebjerg *et al.*, 2004).

	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn	Hg
Ingen udvikling	12	12	13	11	14	13
Stigende koncentration	2	2	0	3	0	1
Faldende koncentration	0	0	1	0	0	0

Ved sammenligning af sedimentets indhold af tungmetaller med resultaterne fra en baggrundsundersøgelse fra 1985 og 1990 ser det ud til, at sedimentets indhold af kobber og nikkel er generelt faldet, mens indholdet af cadmium og kviksølv er øget i visse områder, og mindsket i andre (Pedersen, 1996). For øvrige metaller er der ikke væsentlige forskelle.

I Østersøen er der i sedimentet fundet bly- og cadmiumkoncentrationer, hvor der ifølge OSPARs vejledende kvalitetskriterier (*OSPAR, 1998*) kan være risiko for, at langtidspåvirkninger medfører effekter på de mest følsomme arter. Zink-, kobber- og kviksølv-koncentrationerne var på et niveau, hvor langtidseffekter på økosystemet ikke kan udelukkes.

Indholdet af tungmetaller i skrubber er målt på 3 stationer siden 1975. I de fleste tilfælde har der ikke været nogen signifikant udvikling i metalindholdet, på en station i Øresund er der fundet stigende indhold af cadmium og faldende indhold af kviksølv.

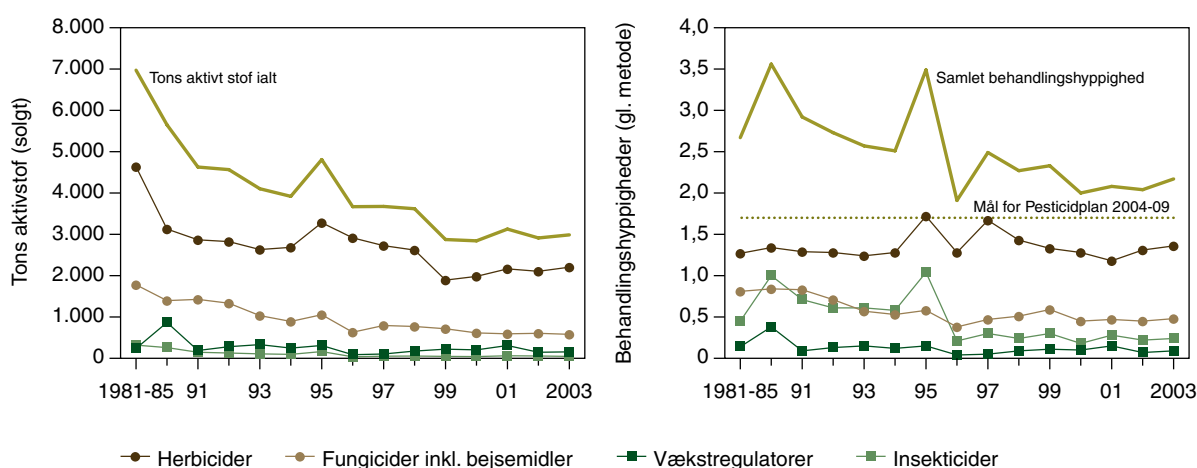
8 Pesticider

Pesticider er en samlebetegnelse for midler til ukrudtsbekæmpelse (herbicer), insektbekæmpelse (insekticider), svampebekæmpelse (fungicider) og til væksthæmning (stråforkortere). Midler til ukrudts- og insektbekæmpelse samt stråforkortere har udbredt anvendelse i landbrug, frugtavl og skovbrug. Ukrudtsmidler har desuden udbredt anvendelse på udyrkede arealer som f.eks. sportspladser, fortove, jernbaneterræn og golfbaner.

Ikke alle pesticider bliver fuldstændig nedbrudt efter brugen, og derfor findes både pesticider og deres nedbrydningsprodukter spredt i miljøet.

Figur 8.1 Udviklingen i mængden af solgt aktivstof og behandlingshyppigheder fra 1990-2003 i forhold til referenceperioden 1981-85 (Grant *et al.*, 2004).

I Pesticidhandlingsplanen fra 1987 var det et krav, at salget af aktivstoffer skulle halveres inden 1997 i forhold til referenceperioden 1981-85. Dette reduktionsmål blev på landsplan nået i 1999. I 2003 var mængden af aktivstof reduceret med 58% i forhold til referenceperioden (figur 8.1).



I Pesticidhandlingsplanen fra 2003 blev der sat et mål om at reducere behandlingshyppigheden fra 2,04 i 2002 til 1,7 inden 2009. I 2003 var behandlingshyppigheden på landsplan 2,17 (figur 8.1). Behandlingshyppigheden varierer meget mellem de fire pesticidgrupper. Herbicerne udgjorde i 2003 63% af den samlede behandlingshyppighed, fungiciderne 22%, insekticider 11% og vækstregulatorer 4%. Også målt i mængde solgt aktivstof er herbicerne den dominerende gruppe.

8.1 Overvågningsprogrammet

Overvågning af pesticider sker i alle dele af vandmiljøet (tabel 8.1). I grundvand og vandløb overvåges primært herbicer, der anvendes i landbrug eller skovbrug, og i spildevand og slam fra renseanlæg samt i marine områder de såkaldte driner (aldrin, dieldrin, endrin, isodrin) samt lindan. Drinerne hører til gruppen af tungnedbrydelige chlorerede pesticider, og er beskrevet i kapitel 17.

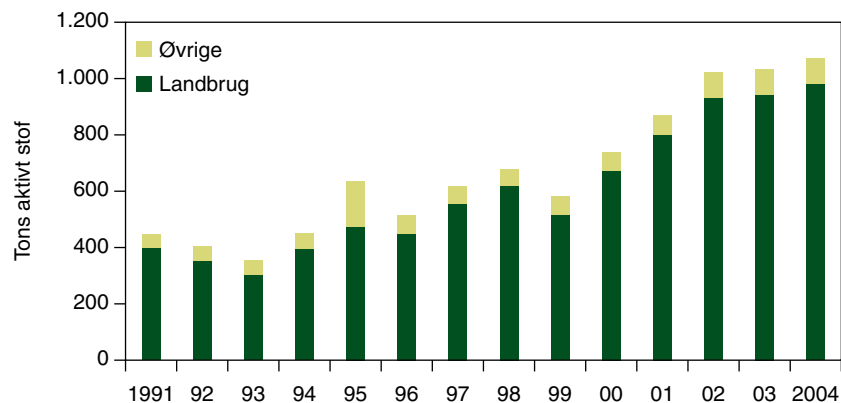
8.2 Forureningskilder

Pesticidanvendelse i landbrug

Miljøstyrelsen laver årlige opgørelser af de solgte mængder pesticider samt behandlingshyppigheden opgjort som det antal gange, det dyrkede areal kunne være behandlet, hvis den godkendte dosis for hvert pesticid var blevet anvendt. Behandlingshyppigheden beregnes teoretisk på baggrund af salgsstatistik, afgrødefordeling og det dyrkede areal.

Glyphosat og AMPA er blandt de pesticider og nedbrydningsprodukter, der er fundet hyppigst i vandmiljøet. Det samlede salg af glyphosat har været stigende i løbet af 1990'erne (figur 8.2). I 2003 tegnede glyphosat sig for 43% af det samlede salg af herbicider og 32% af det samlede salg af pesticider til landbrugsformål (Miljøstyrelsen, 2005c).

Figur 8.2 Udvikling i salget af glyphosat i perioden 1991-2004. (Miljøstyrelsens bekæmpelsesmiddelstatistik).



I landovervågningsoplandene (LOOP) er der lavet årlige opgørelser af den faktiske pesticidanvendelse og behandlingshyppighed på markerne, bl.a. ved interviewundersøgelser med den enkelte landmand. Behandlingsindekset i LOOP var i 2003 for de hyppigst dyrkede afgrøder meget lig behandlingshyppigheden på landsplan (Grant *et al.*, 2004).

I tabel 8.2 er angivet de 15 aktivstoffer, der blev anvendt i størst mængde i 2003 i LOOP samt andelen af det areal i oplandet, der er behandlet med de enkelte pesticider.

Tabel 8.1 Oversigt over pesticider i NOVA-2003. Ved de industrielle udledninger er der alene analyseret for de pesticider, der er relevant for den pågældende industri.

	Vandløb	Grundvand	Søer	Punktkilder	Marin
Aldrin	x			x	x
AMPA	x	x	x	x	
Atrazin	x	x	x	x	x
Azinphos-ethyl	x				
Azinphos-methyl	x				
Bentazon	x	x	x		
Bromoxynil	x	x	x	x	
Carbofuran	x	x	x	x	
Chloreddikesyre				x	
2-(4-chlorphenoxy)propionsyre				x	
Clopyralid				x	
Chloridazon	x	x	x		
Chlorsulfuron	x	x	x		
Cyanazin	x	x	x		
2,4-D	x	x	x	x	
Dalapon	x	x	x		
DDT	x			x	x
DDE	x			x	x
2,6-dichlorbenzamid (BAM)	x	x	x	x	
2-(2,6-dichlorphenoxy)propionsyre				x	
Desethylatrazin	x	x	x		
Desethyldeisopropylatrazin	x	x	x		
Desethylterbuthylazin	x	x	x		
Desisopropylatrazin	x	x	x		
Dichlobenil	x	x	x	x	
Dichlorprop	x	x	x	x	
Dichlorvos	x				
Dieldrin	x			x	x
Dimethoat	x	x	x	x	
Dinoseb	x	x	x	x	
Diuron	x	x	x		x
DNOC	x	x	x	x	
Endosulfan	x				
Endrin	x			x	x
Esfenvalerat (pyrethorid)	x		x	x	
Ethofumesat	x	x	x	x	
Ethylenthiourea (ETU)	x	x	x		
Fenitrothion	x				
Fenpropimorph	x	x	x	x	
Fluazifop-p-butyl				x	
Fluoreddikesyre				x	
Furathiocarb				x	
Glufosinat-ammonium				x	

	Vandløb	Grundvand	Søer	Punktkilder	Marin
Glyphosat	x	x	x	x	
Haloxypop-ethoxy ethyl				x	
Hexazinon	x	x	x		
Hydroxyatrazin	x	x	x		
3-hydroxycarbofuran	x	x	x		
Hydroxysimazin	x	x	x		
Hymexazol				x	
Isodrin				x	
Gamma-Lindan (HCH)	x			x	x
Ioxynil	x	x	x		
Irgarol					x
Isodrin	x				x
Isoproturon	x	x	x		
Lenacil	x	x	x		
Malathion	x				
Maleinhydrazid	x	x	x		
MCPA	x	x	x	x	
Mechlorprop	x	x	x	x	
Mercaptodimethur				x	
Metabenzthiazuron	x				
Metamitron	x	x	x	x	
Metazachlor	x				
Metoxuron	x				
Metribuzin	x	x	x		
Metsulfuron methyl	x	x	x		
Mevinphos	x				
4-nitrophenol	x	x	x		
Parathion	x				
Parathion-methyl	x			x	
Pendimethalin	x	x	x		
Permethrin				x	
Phenmedipham				x	
Pirimicarb	x	x	x	x	
Propachlor	x				
Propaquizafop				x	
Propiconazol	x	x	x	x	
Simazin	x	x	x	x	x
Terbuthylazin	x	x	x		
Thiram	x	x	x	x	
Trichloredikesyre (TCA)	x	x	x	x	
Trifluralin	x		x	x	

Tabel 8.2 Opgørelse af de 15 aktive stoffer, som blev anvendt i størst mængde i fem landovervågningsoplande i 2003. Stofmængden er givet som et gennemsnit for hele oplandsarealet. Arealet behandlet med det enkelte stof er angivet i %.

	g stof ha ⁻¹ opland	behandlet areal i opland %
Glyphosat	118	16
Prosulfocarb	114	15
MCPA	78	10
Pendimethalin	60	14
Metamitron	40	2,3
Mencozeb	39	0,5
Chlormequat-chlorid	39	5
Terbutylazin	34	8
Pirimicarb	28	1,5
Captan	25	0,6
Fenpropimorph	20	15
Pyridat	19	6
Biternatol	16	0,3
Bentazon	16	5
loxynil	16	26

Brug af pesticider på offentlige arealer

I 1998 indgik Miljø- og Energiministeriet, Amtsrådsforeningen og Kommunernes Landsforening en aftale om udfasning af brugen af pesticider på offentlige arealer. Dette har resulteret i, at pesticidforbruget i amterne og staten i 1999 var reduceret med henholdsvis 79% og 42% i forhold til forbruget i 1995 (*Kristoffersen et al., 2001*). I kommunerne blev forbruget reduceret med 74% fra 1995 til 2000. Forbruget bestod i 1999 overvejende af midler med glyphosat som det aktive stof.

En opgørelsen i 2002 viste, at kommuner, amter og stat var nået langt med udfasningen af brugen af pesticider på de offentlige arealer. Forbruget var faldet fra 28,8 tons aktivt stof i 1995 til ca. 6,3 tons aktivt stof i 2002 og udgjorde i 2002 under 2 promille af det samlede pesticidforbrug i Danmark.

Anden pesticidanvendelse

Pesticider anvendes udbredt i haver og på arealer, hvor plantevækst er uønsket. Specielt anvendelse på udyrkede arealer så som langs veje og stier har været i fokus på grund af hyppige fund af BAM, som er nedbrydningsprodukt af de aktive stoffer dichlobenil og chlorthiamid i ukrudtbekæmpelses-midlerne Prefix og Casoron. Brugen af disse to stoffer har været forbudt siden 1997.

Atrazin har været almindeligt anvendt som ukrudtsmiddel langs jernbaner. Nogle af de første danske fund af pesticider i grundvand tilbage i 1994 var fund af atrazin, hvor årsagen blev tilskrevet denne anvendelse. Brugen af atrazin blev udfaset i 1994.

Spildevand

Pesticidovervågning i spildevand har kun omfattet én industriel udledning. I hovedparten af målingerne herfra blev der ikke fundet pesticider, og samlet set blev der kun udledt små mængder (bilag 1).

I udløbet fra et enkelt separatkloakeret villaområde i Nordjyllands Amt er der fundet AMPA og glyphosat i koncentrationsintervaller på henholdsvis 0,17-0,85 µg/l og 0,082-9 µg/l (*Nordjyllands Amt, 2004*).

Drænvand

I 2000-2002 er der ved analyse af prøver fra fire drænarealer i landovervågningsoplandene fundet pesticider i drænvandet alle fire steder (tabel 8.3).

Fire af de fundne stoffer er stoffer, som det er tilladt at anvende: i-oxynil, pendimethalin, glyphosat og dets nedbrydningsprodukt AMPA. De øvrige stoffer, der blev fundet i drænvand, eller deres moderstoffer har senest været tilladt i 1997, dog med undtagelse af isoproturon, som har været forbudt siden 2001.

Tabel 8.3 Fund af pesticider i drænvand fra fire dræn i 2000-2002. Resultaterne fra de fire dræn er adskilt ved en linie. I to dræn er der ikke undersøgt i 2000 (felter med gråt) (*Grant et al., 2003*).

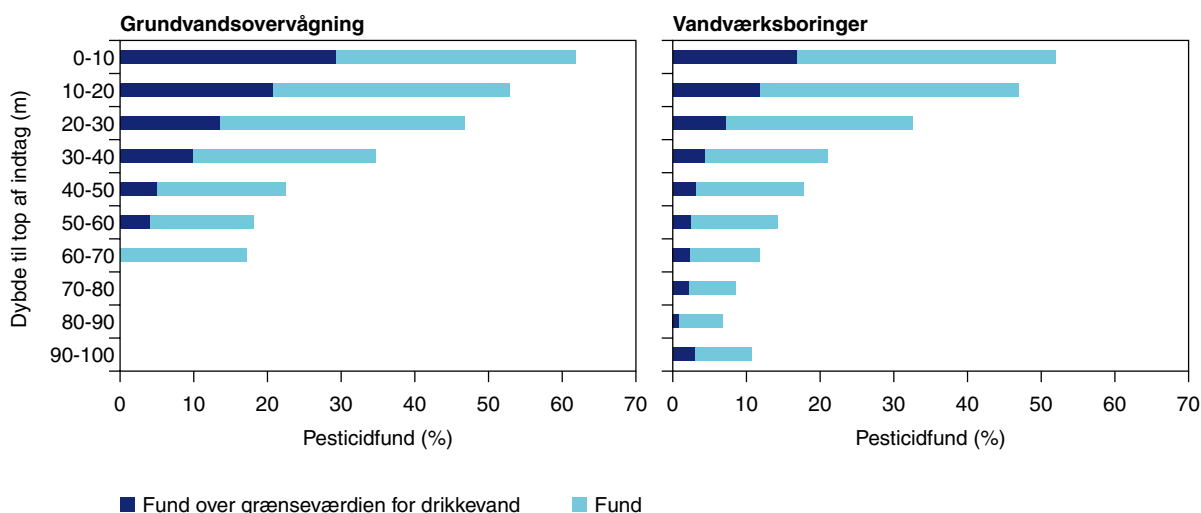
	2000		2001		2002		Anvendt på mark
	Antal fund/prøver	Max. konc. µg/l	Antal fund/prøver	Max. konc. µg/l	Antal fund/prøver	Max. konc. µg/l	
Glyphosat			1/6	0,016	1/4	0,058	1995
AMPA			1/6	0,012	1/4	0,14	1995
Desethyldeisopropylatrazin			5/6	0,21	4/4	0,19	1994
Glyphosat			3/6	0,023			1999
AMPA			3/6	0,030			1999
BAM			1/6	0,031			Ikke 89-01
Desethyldeisopropylatrazin			4/6	0,11	3/4	0,067	Ikke 89-01
4-nitrophenol			1/6	0,015			Ikke 89-01
Glyphosat					1/6	0,017	1999
Ionyxil	1/5	0,023					Ikke 98-01*
Pendimethalin	1/5	0,040					2000
Isoproturon	3/5	23	4/12	0,082			2000
TCA	1/5	0,077	1/12	0,014			Ikke 98-01*
DNOC	1/5	0,075					Ikke 98-01*
AMPA	1/5	0,014					Ikke 98-01*
4-nitrophenol	1/5	0,79	1/12	0,078			Ikke 98-01*
Desethyldeisopropylatrazin	2/2	0,059	5/6	0,068			1992
Desethylatrazin	2/2	0,041	6/6	0,031	2/2	0,028	1992
Hydroxyatrazin	2/2	0,020	6/6	0,031	2/2	0,028	1992
Desisopropylatrazin			1/6	0,032			1992

*) der foreligger ikke oplysninger om pesticidanvendelse på marken forud for 1998.

Resultaterne af drænvandsundersøgelserne er, da der kun indgår 4 dræn, ikke repræsentative for drænvand, men alene for de marker, hvorfra udvaskningen er sket

8.3 Grundvand

I perioden 1998 til 2003 er der fundet pesticider i ca. 50% af det højtliggende grundvand i intervallet 0-20 meter under terræn. Antallet af fund falder med tiltagende dybde (figur 8.3).

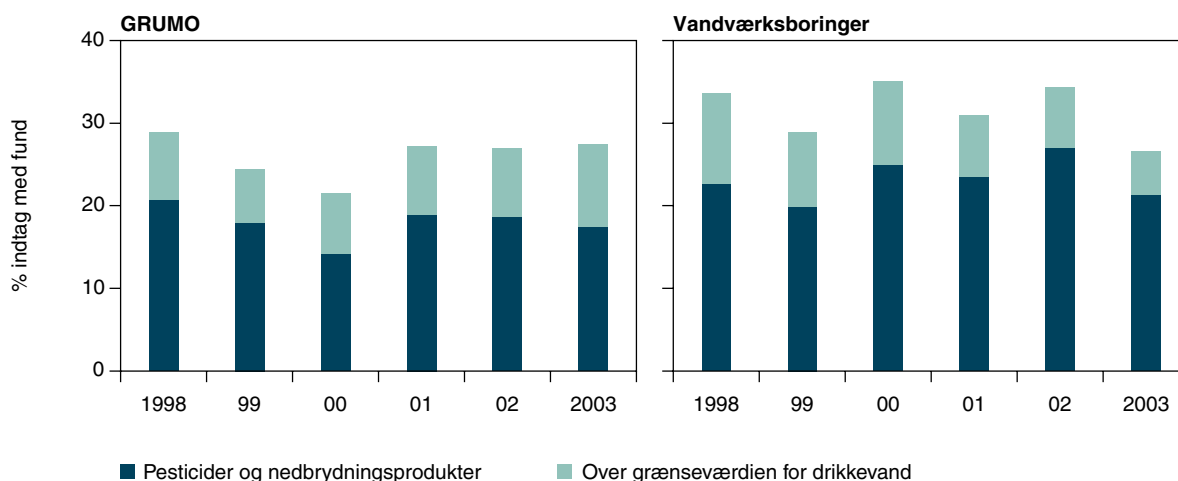


Figur 8.3 Fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandsovervågningen og ved vandværkernes borningskontrol fra forskellige dybdeintervaller i 1998-2003. Der forekommer spredte fund under de viste intervaller (GEUS, 2004).

Grænseværdien for pesticider i drikkevand er for hvert enkelt stof 0,1 µg/l og for summen 0,5 µg/l. Grænseværdien er ikke fastsat ud fra sundhedsmæssige hensyn, men som et signal om at pesticider er uønskede i drikkevand.

I grundvandsovervågningen har andelen af indtag med fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i 2001 stabiliseret sig på ca. 27% (figur 8.4). Andelen af indtag med fund over grænseværdien for drikkevand på 0,1 µg/l var ca. 10% i perioden 2001-2003. I perioden 1998-2003 er der samlet set fundet pesticider i mere end 40% af de undersøgte indtag, og andelen af indtag i grundvandsovervågningen, hvor koncentrationen i samme periode en eller flere gange har været over grænseværdien var ca. 15% (GEUS, 2004).

I vandværksboringerne er den årlige andel af boringer med overskridelse af grænseværdien for drikkevand i samme periode faldet fra ca. 10% til ca. 5%, især fordi boringer med pesticidindhold er blevet lukket.



Figur 8.4 Indtag med pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandsovervågningen og ved vandværkernes boringskontrol 1998-2003 (GEUS, 2004).

BAM, triaziner og triazin-nedbrydningsprodukter er fundet hyppigt i grundvandsovervågningen (tabel 8.4). Triazin-nedbrydningsproduktet deethylisopropylatrazin er fundet i stadigt stigende omfang. Disse stoffer er sammen med mechlorprop, dichlorprop og bentazon ligeledes fundet hyppigt i vandværkernes indvindingsboringer. BAM er ikke blandt de hyppigst fundne pesticider i landovervågningsoplandene, 4-nitrophenol er her det hyppigst fundne.

Deethylisopropylatrazin er som det hyppigst fundne af triazinnedbrydningsprodukterne fundet i ca. 30% af indtagene i det højtliggende unge grundvand i LOOP, i ca. 9% af de undersøgte indtag i grundvandsovervågningen og i ca. 3% af de analyserede boringer i vandværkernes boringskontrol. Atrazin blev sidste gang anvendt lovligt i Danmark i 1994. Det skønnes, at der i rodzonen må være opbygget en pulje af stoffet, som langsomt nedbrydes og frigives (GEUS, 2003).

BAM er fundet hyppigt sammen med andre pesticider og nedbrydningsprodukter i højtliggende grundvandsmagasiner, og stoffet kan derfor anvendes som indikator for andre pesticider i f.eks. små vandforsyningsanlæg, der ofte indvinder grundvand fra højtliggende magasiner. De relativt hyppigere fund af BAM i grundvandsovervågningen og vandværkernes boringskontrol end i landovervågningsoplandene skyldes, at moderstofferne primært har været anvendt på udyrkede arealer.

4-nitrophenol er et nedbrydningsprodukt af parathion. Parathion er et insekticid, som har været anvendt i perioden 1956-1990 bl.a. ved dyrkning af kartofler og roer (Miljøstyrelsen, 1997a). Parathion er ikke fundet i grundvandet, mens 4-nitrophenol er blandt de hyppigst fundne stoffer i såvel LOOP, GRUMO som vandværkernes boringskontrol.

Tabel 8.4 De hyppigst fundne stoffer i landovervågningen, grundvandsovervågningen og vandværkernes boringskontrol. Der er for hvert program anført de 15 hyppigst fundne. Tallene i kursiv er data om stoffer, som er blandt de hyppigst fundne i et af de andre programmer (GEUS, 2004).

	Landovervågning (1993-2003)				Grundvandsovervågning (1993-2003)				Boringskontrol (1992-2003)			
	Antal ana- lyser	Indtag med ana- lyser	Indtag med fund	Indtag med fund ≥0,1 µg/l	Antal analyser	Indtag med ana- lyser	Indtag med fund	Indtag med fund ≥0,1 µg/l	Antal ana- lyser	Indtag med ana- lyser	Indtag med fund	Indtag med fund ≥0,1 µg/l
	(antal)	(antal)	(%)	(%)	(antal)	(antal)	(%)	(%)	(antal)	(antal)	(%)	(%)
2,6-dichlorbenzamid, BAM	777	91	8,8	1,1	5.851	1.058	20	8,1	12.019	5.681	21	5,6
Atrazin, deethylisopropyl-	445	47	30	10,6	3.871	952	9,0	2,6	i.a.			
Atrazin, desisopropyl-	843	94	23	8,5	5.653	1.053	7,4	1,4	9.012	5.449	1,9	0,1
Atrazin, deethyl-	866	100	15	2,0	5.678	1.053	6,8	1,4	9.147	5.500	2,6	0,1
4-nitrophenol	501	54	39	3,7	3.794	944	6,6	0,3	290	218	3,2	-
Atrazin	1.145	118	6,8	1,7	7.975	1.123	5,3	1,2	11.695	5.825	2,6	0,2
Dichlorprop	1.137	118	6,8	-	7.972	1.121	4,3	1,1	11.987	5.875	1,7	-
Bentazon	912	103	21	1,0	5.681	1.054	4,3	1,3	9.097	5.498	1,9	0,4
Mechlorprop	1.133	118	11	-	7.970	1.121	3,4	0,7	11.945	5.869	1,9	0,2
AMPA	517	62	23	9,7	4.062	959	2,6	0,7	404	315	1,0	0,3
Glyphosat	520	62	16	11	4.972	960	2,6	0,2	405	292	1,7	-
Atrazin, hydroxy-	709	77	7,8	-	4.973	1.013	2,6	0,2	7.464	4.858	0,7	0,1
Ethylentiurea	487	48	-	-	4.178	952	2,2	0,3	88	80	-	-
Simazin	1.132	118	2,5	-	7.964	1.121	2,1	0,4	11.782	5.862	1,3	0,1
Metribuzin	616	63	7,9	-	4.488	997	1,9	0,6	799	559	-	-
Metamitron	825	95	12	-	5.293	1.034	0,2	-	i.a.			
MCPA	1.137	118	9,3	-	7.948	1.121	1,2	0,2	11.752	5.865	0,5	0,1
Isoproturon	930	103	8,7	2,9	5.652	1.052	0,2	-	8.878	5.462	0,3	-
4-CPP	20	13	7,7	-	188	133	3,6	3,0	1.550	946	2,6	0,4
Simazin, hydroxy-	473	51	2,0	-	3.194	907	0,2	-	358	250	1,6	0,4
Hexazinon	790	77	3,9	-	5.638	1.050	1,9	0,6	9.271	5.504	1,5	0,2

8.4 Vandløb

Der er målt for ca. 65 pesticider eller nedbrydningsprodukter i vandløb hvert år i perioden 2000–2003. Samtidig er der gennemført undersøgelser, der belyser pesticiders forekomst i dræn og vandløb, ikke mindst en større undersøgelse af Lillebæk og Oddebæk (Miljøstyrelsen, 2003a).

Antallet af fund af pesticider og nedbrydningsprodukter varierer kun lidt år for år og ligger mellem 16 og 24% af de analyserede prøver (tabel 8.5).

Tabel 8.5 Antal prøver og pesticidfund i vandløb i 2000-2003.

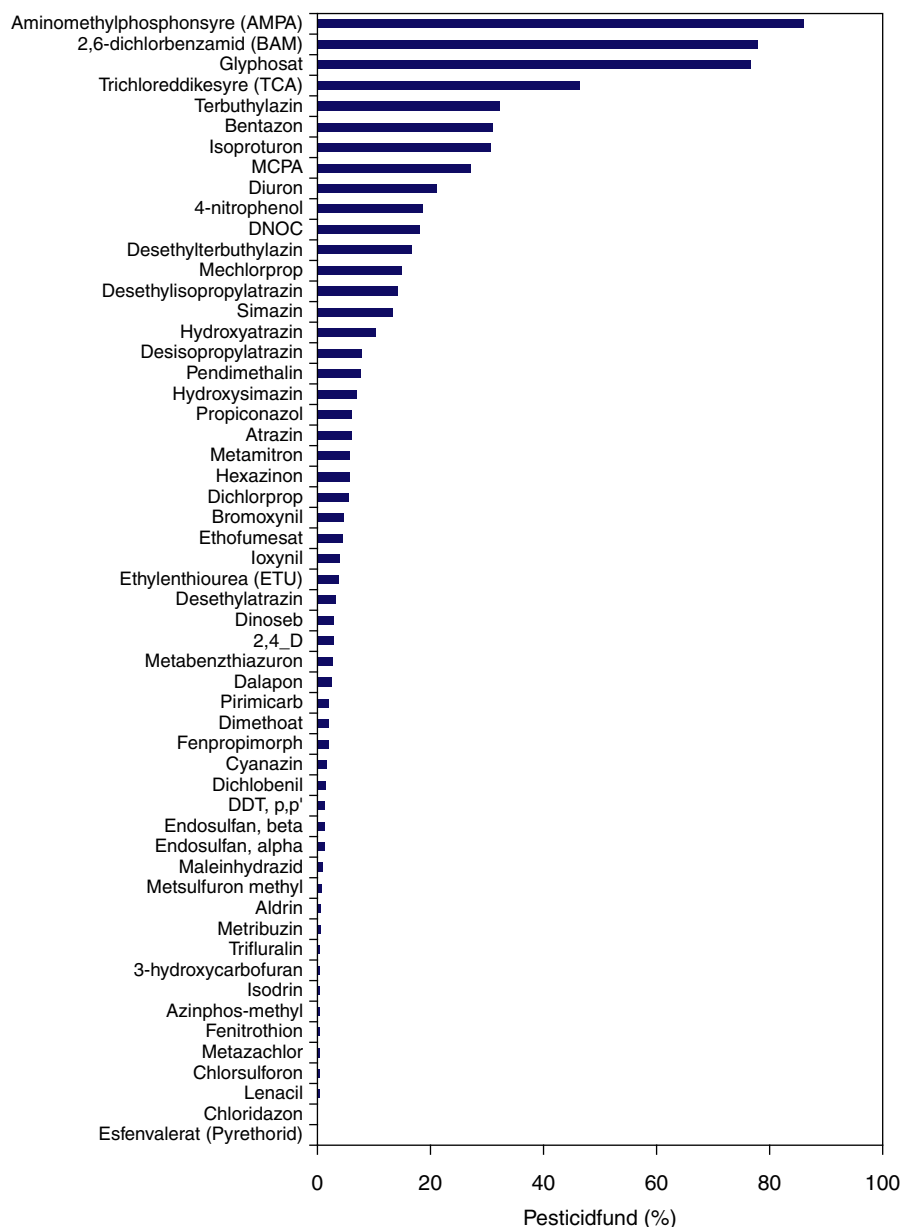
	2000	2001	2002	2003
Antal prøver	235	263	226	168
Antal pesticider fundet i en eller flere prøver	47	43	45	40

Der har været betydelige variationer i fundprocenterne for de enkelte pesticider i de fire år, der er analyseret, men det været de samme 19 pesticider eller nedbrydningsprodukter heraf, der har været dominerende.

Enkelte pesticider som fenpropimorph, propiconazol, simazin og MCPA er fundet med stigende hyppighed i løbet af de 4 år, mens der for atrazin og dets nedbrydningsprodukter hydroxyatrazin, desethylisopropylatrazin samt isoproturon har der været tale om et fald i fundprocenterne. For hovedparten var der variationer år for år, men der var ingen trend i udviklingen af fundprocenten.

Glyphosat og dets nedbrydningsprodukt, AMPA er fundet i henholdsvis 77 og 86% af alle prøver (figur 8.5). BAM blev i 2003 fundet i 83% af alle analyserede prøver og AMPA i 92%. Mange af de øvrige pesticider er kun fundet i meget få prøver, 19 af de analyserede stoffer er slet ikke fundet i de undersøgte vandløb.

Figur 8.5 Hyppighed af pesticidfund i undersøgte vandløb i perioden 2000-2003 (Bøgestrand (red.), 2004).



Der er generelt fundet højere maksimumkoncentrationer i de små vandløb end i de store vandløb (tabel 8.7). Kun i få tilfælde er der fundet koncentrationer, der er højere end de danske kvalitetskrav til overfladevand (tabel 8.6). Det skete i 2001 for simazin, atrazin og fenitrothion, og i 2002 og 2003 i et enkelt tilfælde for TCA.

Glyphosat, AMPA og BAM er fundet i både drænvand i LOOP og i vandløb. De fundne maksimumskoncentrationer i drænvand er lavere end maksimumskoncentrationerne i vandløb.

Tabel 8.6 Kvalitetskrav til overfladevand.

Azinphosmethyl	0,01 µg/l
2,4-D	10 µg/l
Endosulfan	0,001 µg/l
Fenitrothion	0,01 µg/l
Parathion	0,01 µg/l
Simazin	1 µg/l
Trifluralin	0,1 µg/l
Atrazin	1 µg/l

Tabel 8.7 Maksimumkoncentrationer af hyppigt fundne pesticider i store vandløb, små vandløb og søer (Data fra Jensen *et al.*, 2004).

	Store vandløb (µg/l) (n=5)	Små vandløb (µg/l) (n=20)	Søer (µg/l) (n=8)
Glyphosat	1,8	1,4	0,38
AMPA	1,1	0,52	0,29
BAM	0,18	0,61	0,16
Terbutylazin	0,58	1,26	0,03
Isoproturon	0,13	2,1	0,06
Diuron	0,07	0,36	0,22
Bentazon	0,03	1,2	0,07
Fenpropiomorph	0	0,11	0,02
Dimethoat	0,03	0,12	0,07

For nogle af de stoffer, der ikke er fastsat danske kvalitetskrav for, er der fastsat norske (Ludvigsen *et al.*, 2001) eller hollandske kravværdier (Crommentuijn *et al.*, 1997). Der er i enkelte tilfælde fundet koncentrationer, som er højere end disse kravværdier. Stofferne dinoseb, isoproturon og propinicol er i nogle tilfælde fundet i så høje koncentrationer, at det vurderes, at det ikke kan skyldes normal anvendelse af stofferne, men sandsynligvis direkte udslip til vandløbet.

8.5 Søer

Samtlige 48 pesticider og nedbrydningsprodukter blev i de undersøgte otte søer fundet i en eller flere prøver. I langt de fleste tilfælde var koncentrationen dog på niveau med detektionsgrænsen på 0,01 µg/l, mediankoncentrationerne var på 0,01-0,02 µg/l. Kun for otte

stoffer var mediankoncentrationerne over detektionsgrænserne. Det gjaldt for BAM, AMPA, desethyl-isopropylatrazin, diuron, DNOC, glyphosat, hydroxyatrazin og TCA. Maksimumkoncentrationerne i søerne er på niveau med eller lidt under maksimumkoncentrationerne i større vandløb (tabel 8.7). De hyppigst fundne stoffer er BAM, AMPA, maleinhydrazid, TCA og glyphosat med fundhyppigheder på mellem 75 og 40%. Glyphosat, AMPA og diuron er fundet i de højeste koncentrationer på henholdsvis 0,38, 0,23 og 0,22 µg/l (Jensen *et al.*, 2004).

Flere af pesticiderne blev fundet i alle prøver i 2003 (tabel 8.8). Det er de samme stoffer, der er fundet i de fleste af de undersøgte søer. TCA, AMPA og BAM blev fundet i 7 af de undersøgte 8 søer, mens glyphosat, DNOC og 4-nitrophenol blev fundet i 6 af søerne. Flere af disse stoffer eller deres moderstoffer er forbudte eller udfasede, eksempelvis blev dichlobenil og chlorthiamid forbudt i 1997, og TCA har været forbudt i mere end 10 år.

Der er ikke fundet koncentrationer højere end kvalitetskravene til overfladevand i nogen af de undersøgte søer.

Tabel 8.8 Fundprocent af de mest almindeligt forekommende pesticider og nedbrydningsprodukter i de otte undersøgte søer (Jensen *et al.*, 2004).

	Arreskov	Bastrup	Bryrup	Borup	Damhus	Furesø	Hinge	Søgård
Glyphosat		20	16	100		50	33	83
AMPA	50	40	16	100		75	66	83
TCA	83	80		33	100	80	16	100
MCPA				66			16	100
DNOC	33	40	50	16	50			16
BAM	50	20	66		100	70	50	66
4-nitrophenol	33		66		100	60	33	100
Total antal stoffer	10	9	8	6	12	8	11	24

9 Phenoler og chlorphenoler

Phenoler og chlorphenoler er stoffer, som dannes ved nedbrydning af naturligt organisk stof, ved nedbrydning af pesticider eller som er syntetisk fremstillede. De kan have såvel økotoksikologiske som humantoksikologiske effekter.

9.1 Overvågningsprogrammet

Overvågningen af phenoler og chlorphenoler omfattede i alt 15 stoffer. Heraf var otte alene med i programmet for industrielle udledere, mens de resterende var med i alle dele af punktkildeprogrammet (tabel 9.1). Pentachlorphenol blev som det eneste stof undersøgt i alle dele af vandmiljøet. Phenol, cresoler og 4-chlor-3-methylphenol var med i den indledende undersøgelse af gylle.

Bisphenol A og pentachlorphenol er på EU's liste over stoffer med dokumentation for hormonforstyrrende effekt. De to stoffer er ligeledes på Listen over uønskede stoffer 2004 (se kap. 2.2).

Tabel 9.1 Oversigt over phenoler og chlorphenoler i NOVA-2003. Ved de industrielle udledninger er der kun analyseret for de phenoler og chlorphenoler, der er relevant for den pågældende industri.

	Grundvand	Vandløb	Punktkilder				Marin
			Spildevand	Slam	Industri	Regnvand	Vand
Bisphenol A			x	x	x	x	
Phenol	x		x	x	x	x	
2-methylphenol					x		
4-methylphenol					x		
2,4-dimethylphenol					x		
4-chlor-2-methylphenol					x		
4-chlor-3-methylphenol			x	x	x	x	
6-chlor-2-methylphenol					x		
2,4-dichlorphenol	x		x	x	x	x	
2,6-dichlorphenol	x				x		
4,6-dichlor-2-methylphenol					x		
2,4,5-trichlorphenol			x	x	x	x	
2,4,6-trichlorphenol			x	x	x	x	
2,3,4,4-tetrachlorphenol					x		
Pentachlorphenol	x	x	x	x	x	x	x

Phenolerne og chlorphenolerne er alle med undtagelse af pentachlorphenol letopløselige i vand. Pentachlorphenol er meget lipofilt og har dermed stor evne til adsorption til partikler og evne til at blive bundet i slam og sediment.

9.2 Forureningskilder

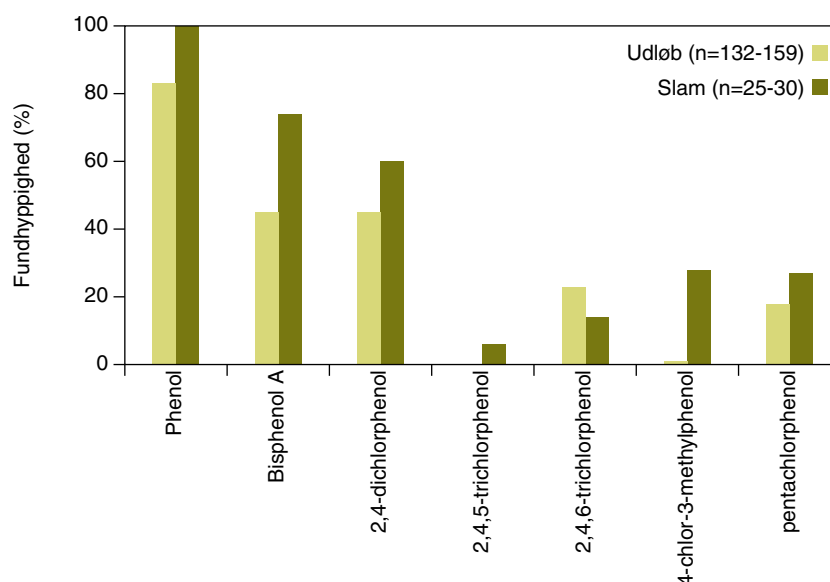
Phenoler indgår i mange industrielt producerede varer, bisphenol A anvendes eksempelvis i isolationsmaterialer, hærdere og udfyldningsmidler samt som blødgører og bindemiddel. Phenoler kan desuden dannes ved nedbrydning af almindeligt organisk stof i naturen. Stofferne findes bl.a. i spildevand, der løber til renseanlæg, i gylle og i tjære.

Chlorphenoler anvendes i den kemiske industri bl.a. ved produktion af pesticider, og de kan dannes i omgivelserne ved nedbrydning af pesticider. Et eksempel herpå er 2,4-dichlorphenol, som dannes ved nedbrydning af 2,4-D, dichlorprop og mechlorprop, som tidligere har haft udbredt anvendelse til ukrudtsbekæmpelse, men som i dag kun er tilladt i meget begrænset omfang (*Miljøstyrelsen, 2005b*). Pentachlorphenol har i perioden 1956-1979 været anvendt til træimprægnering i mængder på op til 4.300 kg/år (*Miljøstyrelsen, 1997a*). 4-chlor-3-methylphenol anvendes bl.a. i midler til overfladebehandling af papir og pap, i køle- og smøremidler, i poler- og plejemidler samt i maling.

Spildevand og slam

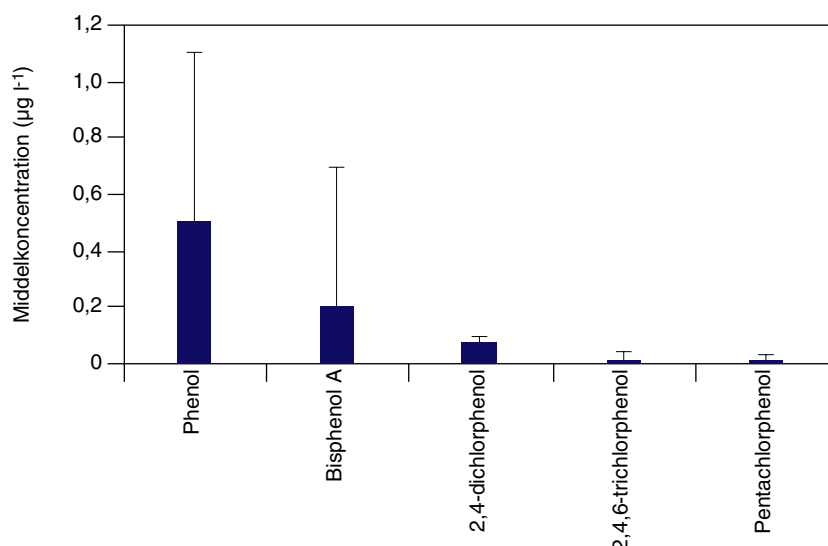
I udløb fra renseanlæg er phenol og bisphenol A de hyppigst fundne blandt phenoler (figur 9.1). Phenol er samtidig det stof, der er fundet i højeste koncentrationer i udløbsvand (figur 9.2). Den samlede udledning af phenol er opgjort til 368 kg/år og af bisphenol A til 155 kg/år (bilag 1).

Figur 9.1 Fundhyppighed fund af phenoler og chlorphenoler i udløb fra renseanlæg og slam i perioden 1998-2003. Hyppigheden er opgjort som % prøver med fund af antallet af analyserede prøver. n=antallet af prøver.



Blandt chlorphenolerne er 2,4-dichlorphenol fundet hyppigst, dog i meget lave koncentrationer. Der blev udledt ca. 53 kg 2,4-dichlorphenol pr. år og under 10 kg/år af de øvrige chlorphenoler (figur 9.2 og bilag 1).

Figur 9.2 Middelkoncentration og 95%-fraktil af phenoler og chlorphenoler i udløb fra renselanlæg i perioden 1998-2003.



I slam var middelkoncentrationen af phenol i perioden 1998-2003 på 29 mg/kg TS, men medianværdien 10 gange mindre (bilag 1). Forskellen mellem middelkoncentrationen og medianværdien skyldes, at der er fundet enkelte meget høje koncentrationer, 95%-fraktilen er således 126 mg/kg TS. Indholdet af chlorphenoler i slam var betydeligt lavere med middelkoncentrationer i intervallet 0,004-0,064 mg/kg TS.

De industrielle udledninger af phenoler og chlorphenoler var væsentligt mindre end udledningerne fra kommunale renselanlæg (bilag 1).

For regnvandsbetingede udledninger er der kun få data. I et fælleskloakeret bolig- og industriområde i Københavns Kommune er der fundet værdier for phenol på 0,4-8 µg/l, mens der i et separat regnvandsudløb i et villaområde i Nordjyllands Amt er fundet phenolindhold i intervallet 0,1-0,4 µg/l (median 0,1 µg/l) (Københavns Kommune, 2004; Nordjyllands Amt, 2004).

De fundne koncentrationer af phenol, pentachlorophenol og 2,4-dichlorophenol i udløb fra renselanlæg er væsentligt lavere end de danske kvalitetskriterier for overfladevand på 1.000 µg/l for phenol, 10 µg/l for 2,4-dichlorophenol og 1 µg/l for pentachlorophenol (Miljø- og Energiministeriet, 1996).

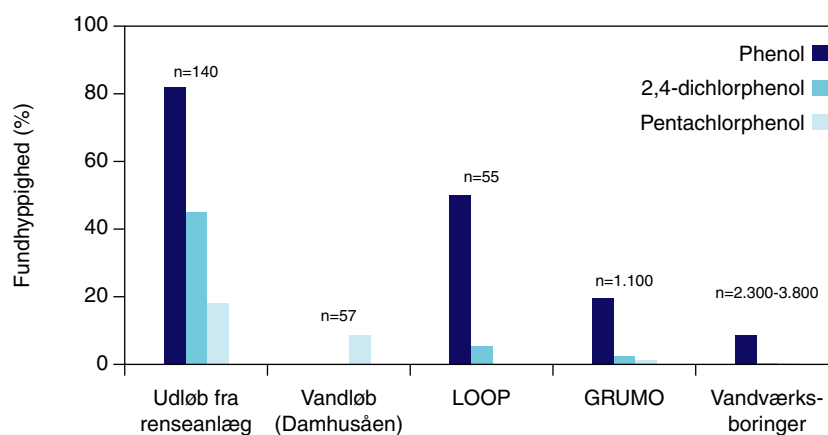
Gylle

I den indledende undersøgelse af gylle blev phenol og m- og p-cresol (methylphenol) fundet i alle undersøgte prøver og det var samtidig de stoffer, der samlet set blev fundet i de højeste koncentrationer. De gennemsnitlige phenolkoncentrationer var i intervallet 255-520 mg/kg TS, m-cresol i intervallet 185-2.600 mg/kg TS og p-cresol i intervallet 1.350-3.270 mg/kg TS. Phenolindholdet i gylle var således langs højere i gylle end i spildevandsslam

9.3 Grundvand

Phenol er fundet i overfladenært grundvand i LOOP i halvdelen af prøverne og i ca. en femtedel af prøverne i GRUMO, mens der er fundet phenol ved vandværkernes boringskontrol i ca. 10% af prøverne (figur 9.3). Der blev fundet samme koncentrationsniveauer i GRUMO og vandværksboringer med fund, mens koncentrationsniveauet i LOOP er højere (figur 9.4). I GRUMO og i vandværksboringerne er der fundet enkelte høje værdier, formentlig som følge af lokale punktkilder.

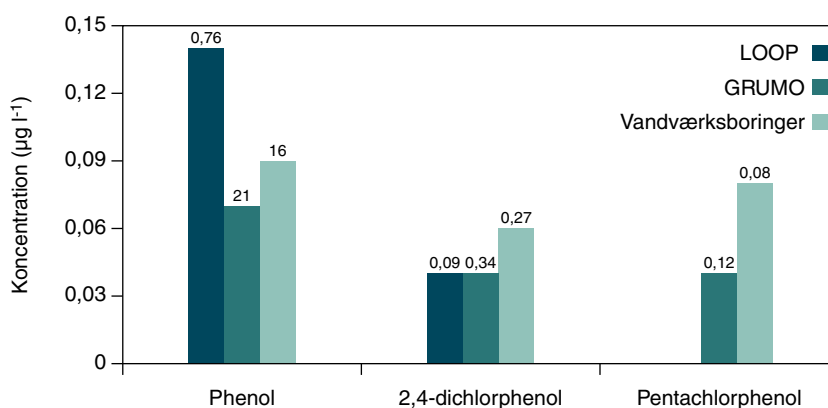
Figur 9.3 Hyppighed af fund af phenol, 2,4-dichlorphenol og pentachlorphenol i udløb fra renseanlæg, Damhusåen og grundvandsindtag i LOOP, GRUMO samt i vandværksboringer i perioden 1998-2003. n angiver antallet af prøver af udløb fra renseanlæg og vandløb samt undersøgte grundvandsindtag i LOOP, GRUMO og vandværksboringer.



Overskridelser af grænseværdien for phenol i drikkevand er fundet med omtrent samme hyppighed (1,4 – 2,1%) i det overfladenære grundvand (LOOP) og det dybereliggende grundvand (GRUMO og vandværksboringer). Det er ikke afklaret, hvor meget naturligt produceret phenol, henholdsvis forureningskilder bidrager til overskridelserne.

2,4-dichlorphenol er fundet hyppigere i det overfladenære end i det dybereliggende grundvand (figur 9.3), men på samme koncentrationsniveau i boringerne med fund (figur 9.4).

Figur 9.4 Mediankoncentration af phenol, 2,4-dichlorphenol og pentachlorphenol i prøver med fund i grundvand i LOOP, GRUMO og i vandværksboringer i perioden 1998-2003. Max-koncentrationer i $\mu\text{g/l}$ er anført ved hver søjle.



Pentachlorophenol er fundet i koncentrationer over grænseværdien for drikkevand på 0,01 $\mu\text{g/l}$ i 0,3-1,4% af de analyserede indtag i dybereliggende grundvand i GRUMO og ved vandværkerne, men der er ikke fundet overskridelser i LOOP områderne (tabel 9.2).

Tabel 9.2 Hyppighed af overskridelse af grænseværdien for phenol, 2,4-dichlorphenol og pentachlorphenol i drikkevand i grundvandet i LOOP, GRUMO og vandværkernes borer (GEUS, 2004).

	Grænseværdi i drikkevand	Andel af analyserede indtag med overskridelse af grænseværdien for drikkevand i 1998-2003 (%)		
		LOOP	GRUMO	Vandværksboringer
Phenol	0,5 µg/l	2,1	1,4	1,4
2,4-dichlorphenol	0,1 µg/l	-	0,9	0,1
Pentachlorphenol	0,01 µg/l	-	1,4	0,3

9.4 Overfladevand

Pentachlorphenol er ikke fundet i fire af de fem undersøgte store vandløb. I Damhusåen er pentachlorphenol fundet i enkelte prøver (figur 9.3) i koncentrationer på 0,02 – 0,57 µg/l. De fundne koncentrationer er lavere end det danske kvalitetskrav til pentachlorphenol i overfladevand på 1 µg/l.

Pentachlorphenol er ikke fundet i havvand.

10 Alkylphenoler

Alkylphenolerne nonyl- og octylphenoler bruges i store mængder i vaske- og rengøringsmidler som nonioniske detergenter i form af ethoxylater. Alkylphenol-ethoxylaterne består af en phenolgruppe og en ethoxylatgruppe, der er en forgrenet kæde af forskellig længde.

Kæden i alkylphenolethoxylaterne nedbrydes forholdsvis let, særligt under anaerobe forhold til enten en kortere kæde (monoethoxylater eller –diethoxylater) eller til den ”rene” alkylphenol-forbindelse uden ethoxylat-kæde. Nonylphenoldiethoxylater (NP2EO), nonylphenol-monoethoxylater (NP1EO) og nonylphenoler (NP) er nedbrydningsprodukter, som er langt mindre nedbrydelige end de langkædede nonylphenolethoxylat-forbindelser, og de findes derfor i højere grad i omgivelserne.

Octylphenoler dannes på tilsvarende måde ved nedbrydning af octylphenolethoxylater. Octylphenolerne blev af analyse-mæssige årsager kun målt i punktkilder i begrænset omfang.

Nonylphenol og 4-tert-octylphenol er på EU's liste over stoffer med dokumenteret hormonforstyrrende effekt. Såvel nonylphenoler som octylphenoler er desuden på Listen over uønskede stoffer 2004 (se kap. 2.2). Der er ikke fastsat kvalitetskrav for stofferne i vandområder, men der er et forslag fra Miljøstyrelsen til kvalitetskriterier for overfladevand.

10.1 Overvågningsprogram

Nonylphenoler og nonylphenolethoxylater indgik i NOVA-2003 i de fleste dele af overvågningen, mens octylphenoler blev kun målt i spildevand (tabel 10.1).

Tabel 10.1 Oversigt alkylphenoler i NOVA-2003. Ved de industrielle udledninger er der kun analyseret for de alkylphenoler, der er relevant for den pågældende industri.

Alkylphenoler	LOOP	Grund-vand	Vand-løb	Søer	Punktkilder				Marin
	Gylle				Spilde-vand	Slam	Indu-stri	Regn-vand	Sedi-ment
Nonylphenoler	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Nonylphenolethoxylater	x	x	x	x	x	x	x		
Octylphenoler					x	x	x		

10.2 Kildetyper og tilførsler

Nonylphenoler anvendes stort set udelukkende i den kemiske industri ved fremstilling af andre kemikalier, herunder nonylphenol-ethoxylater. 40% af den mængde nonylphenolethoxylater, der blev solgt i Danmark i 2002, blev anvendt i vaske- og rengøringsmidler, 9% til binde- og klæbemidler og 7% i landbrugspesticider. Det samlede salg af nonylphenoler i Danmark udgjorde i 2002 120 t, mens sal-

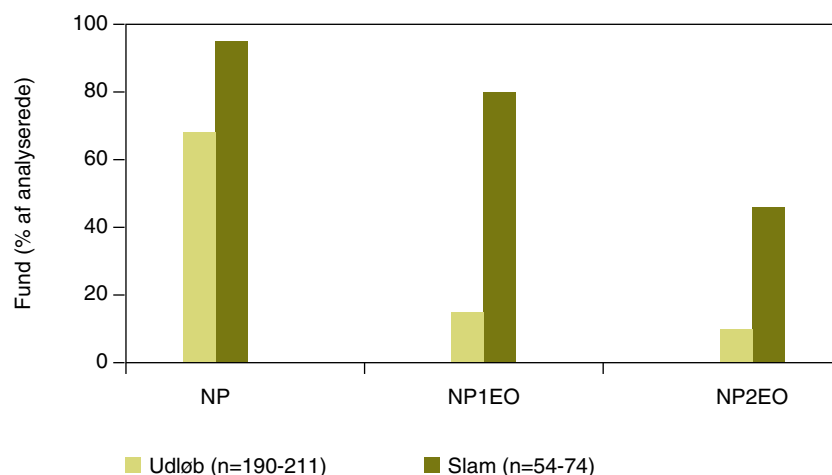
get af nonylphenoethylater udgjorde 215 t (*SPIN-databasen*). Octylphenoethylater anvendes primært i vaskemidler. Salget af octylphenoethylater udgjorde i 2000-2001 12-18% af salget af nonylphenoethylater i Danmark.

På grund af de lipofile egenskaber ophobes stofferne i slam og sediment og kan bioakkumuleres i vandlevende organismer (*OSPAR, 2001*). Nonylphenoler tilføres vandområder med spildevand, og på grund af ophobningen i slam kan de også spredes ved tilførsel af spildevandsslam til marker.

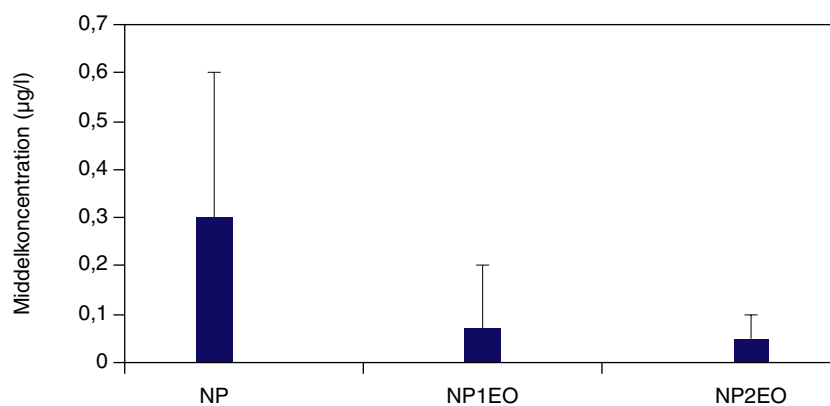
Spildevand og slam

Nonylphenoler og nonylphenoethylater hører til de stoffer, der er fundet hyppigst i udløb fra renseanlæg (figur 10.1), mens ethoxylaterne ikke er fundet i samme hyppige omfang. Tilsvarende er nonylphenoler fundet i højere koncentrationer end nonylphenoethylater (figur 10.2).

Figur 10.1 Fundhyppighed af nonylphenoler (NP), nonylphenol-mono-ethoxylater (NP1EO), nonylphenol-di-ethoxylater (NP2EO) i udløb fra renseanlæg og slam i perioden 1998-2003. Hyppigheden er opgjort som % prøver med fund af antallet af analyserede prøver. n=antallet af analyserede prøver.

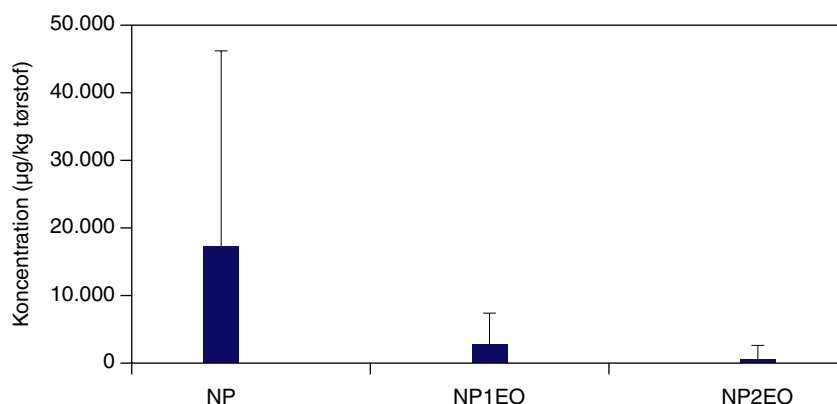


Figur 10.2 Middelkoncentration og 95%-fraktil af nonylphenoler (NP), nonylphenol-mono-ethoxylater (NP1EO), nonylphenol-di-ethoxylater (NP2EO) i udløb fra renseanlæg i perioden 1998-2003.



Stoffernes evne til at blive bundet til partikler afspejler sig i, at de er fundet endnu hyppigere i slam end i spildevand. Nonylphenoler er fundet i højere koncentrationer end nonylphenolethoxylater (figur 10.3), hvilket er i overensstemmelse med, at nonylphenoler er langt mindre nedbrydelige end nonylphenolethoxylater.

Figur 10.3 Middelkoncentration og 95%-fraktiler af nonylphenoler (NP), nonylphenol-monoethoxylater (NP1EO), nonylphenol-di-ethoxylater (NP2EO) i slam i perioden 1998-2003.



Octylphenol er stort set ikke fundet i udløb fra renseanlæg, mens der i slam er fundet octylphenol i 20% af 45 analyserede prøver. Middelkoncentrationen af octylphenol i slam var 49 µg/kg TS, hvilket er væsentligt lavere end niveauet for nonylphenoler.

De industrielle udledninger har kun i ringe omfang bidraget til tilførslen af alkylphenoler til vandmiljøet. Ligeledes må det ud fra de foreliggende undersøgelser forventes, at de regnbetingede udledninger fra fælleskloakerede områder og separatkloakerede udløb kun i mindre grad bidrager til udledning af alkylphenoler (bilag 1).

De fundne indhold af nonylphenoler og nonylphenolethoxylater i udløb fra renseanlæg er lavere end Miljøstyrelsens forslag til kvalitetskriterier for overfladevand på 1 µg/l (*Miljøstyrelsen, 1995*). Derimod var gennemsnitsindholdet i slam højere end slambekendtgørelsens grænseværdi for udbringning på landbrugsjord på 10 mg/kg TS. Det betyder, at kun en del af slammet har kunnet anvendes til gødskning.

Gylle

Nonylphenoler og nonylphenolethoxylater er fundet i henholdsvis to og otte af de 43 undersøgte gylleprøver. Middelkoncentrationen af nonylphenoler i de prøver, hvor stoffet blev fundet, var 1,6 mg/kg TS og tilsvarende 1,3 mg/kg TS for nonylphenolethoxylater. Såvel fundhyppighed som koncentrationsniveau var således væsentligt lavere i gylle end i slam.

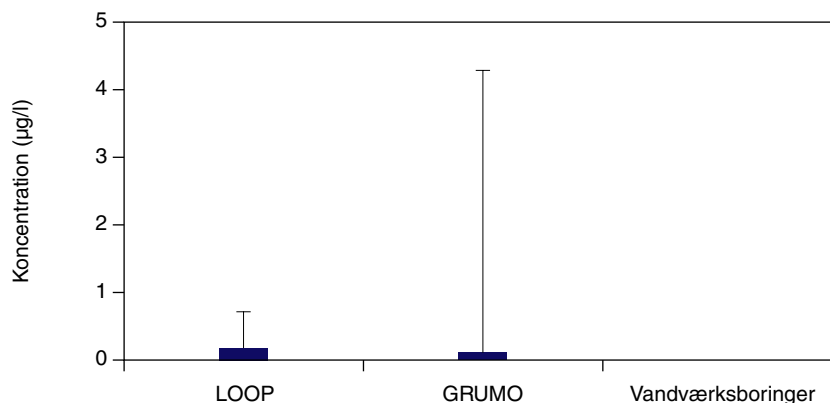
10.3 Grundvand

I grundvand er der ikke fundet nonylphenoler i nogen af de undersøgte vandværksboringer, mens der blev fundet nonylphenoler i 2,4% af de analyserede indtag i GRUMO og 24% i LOOP. Der er ingen af de undersøgte indtag fundet nonylphenolethoxylater.

Den hyppigere forekomst i det overfladenære grundvand end i det dybereliggende grundvand er i overensstemmelse med, at forekomsten af nonylphenoler i grundvand må antages at skyldes nedslivning fra overfladen, eksempelvis efter udbringning af slam på landbrugsjord eller udsprøjtning af pesticider på marker.

Der er ikke fundet koncentrationer højere end grænseværdien for summen af octyl- og nonylphenol i drikkevand på 20 µg/l (figur 10.4).

Figur 10.4 Median- og max-koncentration af nonylphenoler i grundvand i LOOP, GRUMO og vandværksboringer i perioden 1993-2003.



10.4 Vandløb og søer

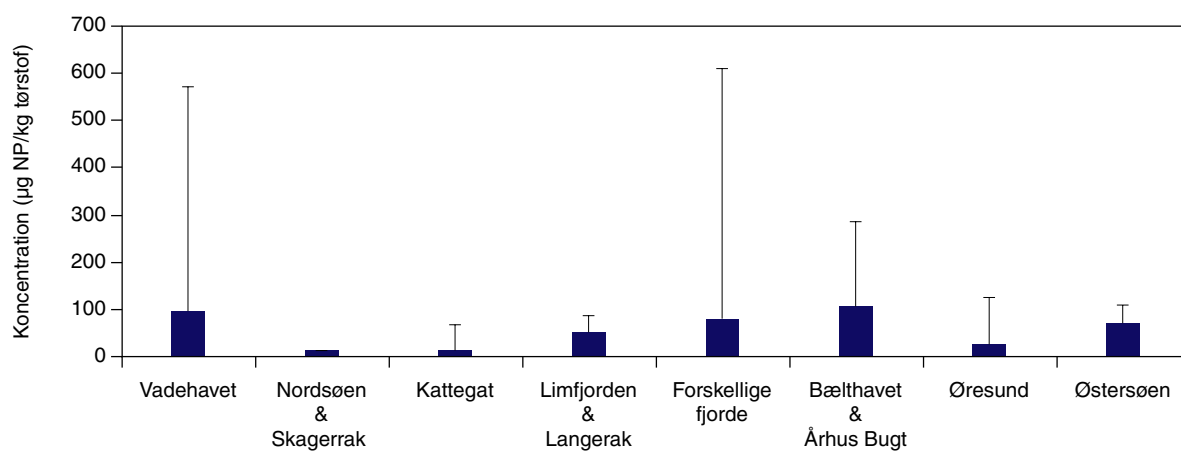
I Damhusåen er der fundet nonylphenoler i ca. 30% af de undersøgte prøver. I tre af de øvrige 4 undersøgte vandløb var der i hvert vandløb et enkelt fund af nonylphenoler. Koncentrationsniveauet i prøverne med fund fra såvel Damhusåen som øvrige vandløb var på 0,05–0,15 µg/l, hvilket var lavere end det koncentrationsniveau, der blev fundet i udløb fra renseanlæg.

Der er ikke fundet nonylphenolethoxylater i nogen af de undersøgte vandløb.

I søerne er der fundet nonylphenoler i ca. 10% af de undersøgte prøver, fundene er fordelt på fem af de otte undersøgte søer, og der var i alle tilfælde tale om koncentrationer tæt på detektionsgrænsen (0,05 µg/l). Nonylphenolethoxylater er ikke fundet i nogen af de undersøgte søer.

10.5 Marine områder

Nonylphenoler er fundet udbredt i sedimentet i kyst- og fjordområder (figur 10.5). De laveste koncentrationer er fundet i de åbne dele af Nordsøen og Skagerak, mens de højeste koncentrationer er fundet i Bælthavet og Århus Bugt samt Vadehavet. Det er ikke muligt at vurdere en eventuel miljømæssig risiko ved de fundne niveauer, da der ikke er fastsat kvalitetskriterier.



Figur 10.5 Median- og maks-koncentration af nonylphenoler i sediment fra kystnære samt åbne dele af danske farvande i 2003.

11 Phthalater - blødgørere

Phthalater anvendes som blødgørere i en lang række forskellige plastprodukter fra tagrender til injektionsslang. Phthalaterne har været medvirkende til, at plastmaterialer har kunnet udvikles til produkter med meget forskellige egenskaber. Phthalaterne har imidlertid sundheds- og miljømæssige effekter, og anvendelsen af phthalater er derfor i dag omfattet af en række begrænsninger. Således er phthalater i legetøj til børn i alderen 0-3 år blevet forbudt efter at dyreforsøg har vist, at phthalater kan nedsætte menneskers forplantningsevne (*Miljø- og Energiministeriet, 1999*).

Blødgørerne har forskellig opløselighed i vand. Mindst vandopløselig er di(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP), mens dibutylphthalat (DBP) har størst vandopløselighed. DEHP og di(2-ethylhexyl)adipat (DEHA) er de mest lipofile og har dermed størst tendens til at blive bundet i slam og sediment.

Blandt phthalaterne er butylbenzylphthalat (BBP), DEHP og DBP på EU's liste over stoffer med dokumentation for hormonforstyrrende effekt og på Listen over uønskede stoffer 2004 (se kap. 2.2)

11.1 Overvågningsprogrammet

NOVA-2003 omfattede i alt syv blødgørere, hvoraf de seks er phthalater og en enkelt er et adipat. Hovedvægten i overvågningen af blødgørere var på punktkilder (tabel 11.1).

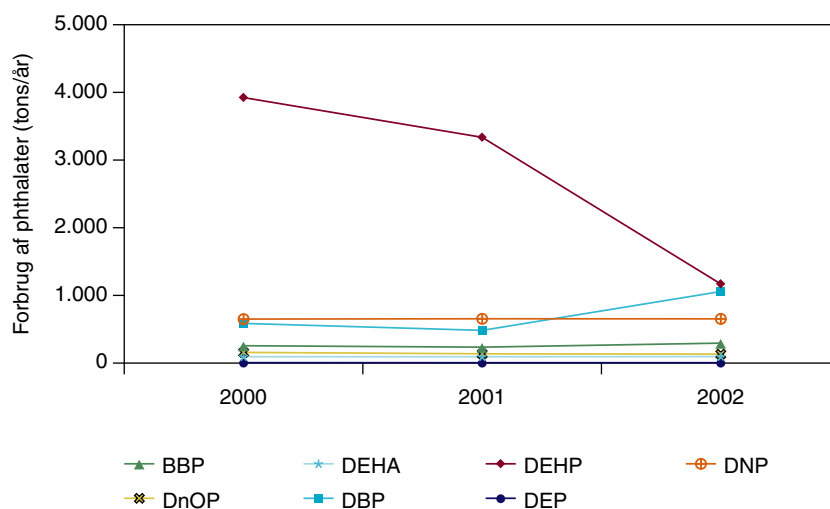
Tabel 11.1 Oversigt over blødgørere i NOVA-2003. Ved de industrielle udledninger er der kun analyseret for de blødgørere, der er relevant for den pågældende industri.

Blødgørere - phthalater	LOOP	Grund-vand	Vand-løb	Søer	Punktkilder				Marin
	Gylle				Spilde-vand	Slam	Indu-stri	Regn-vand	Sedi-ment
Butylbenzylphthalat (BBP)					x	x	x	x	
Di(2-ethylhexyl)adipat (DEHA)	x				x	x		x	
Di(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)			x	x	x	x	x	x	x
Diisononylphthalat (DIP)					x	x	x	x	
Di-n-octylphthalat (DnOP)					x	x	x	x	
Dibutylphthalat (DBP)	x	x			x	x	x	x	
Diethylphthalat (DEP)					x	x	x	x	

11.2 Forureningskilder

DEHP var den af blødgørerne, der blev solgt i størst mængde i 2000, men salget er siden faldet betydeligt til det samme niveau som de øvrige blødgørere. Den samlede mængde er samtidig faldet omtrent tilsvarende (figur 11.1).

Figur 11.1 Udvikling i salget af phthalater i perioden 2000 til 2002 (SPIN-database).



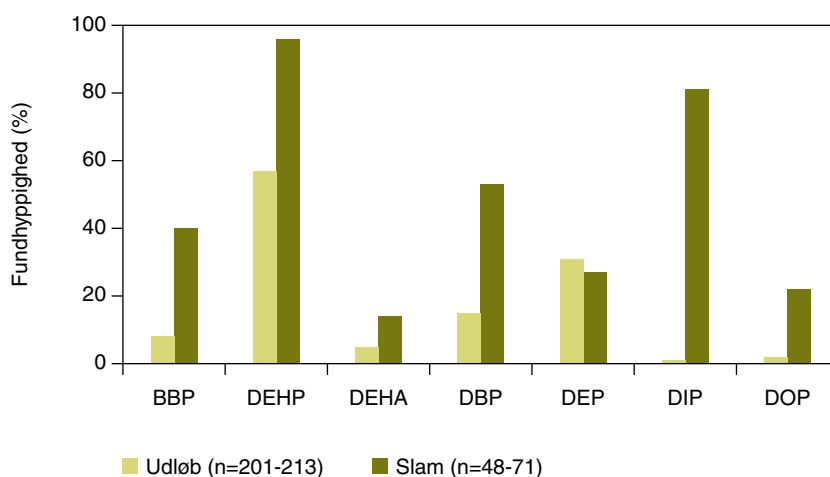
Phthalater bindes ikke kemisk i de plastmaterialer, hvor de anvendes, og de kan derfor afgives enten ved fordampning, ved kontakt med andre materialer eller ved udvaskning. Det betyder, at phthalaterne kan spredes på mange måder og findes stort set overalt i omgivelserne.

Phthalater kan nedbrydes mikrobielt i jord og slam. Nedbrydnings-hastigheden afhænger af iltforholdene, idet hastigheden er signifi-kant lavere under anaerobe forhold end under aerobe forhold. DEHP og DBP er tilsyneladende persistente i slam under anaerobe forhold.

Spildevand og slam

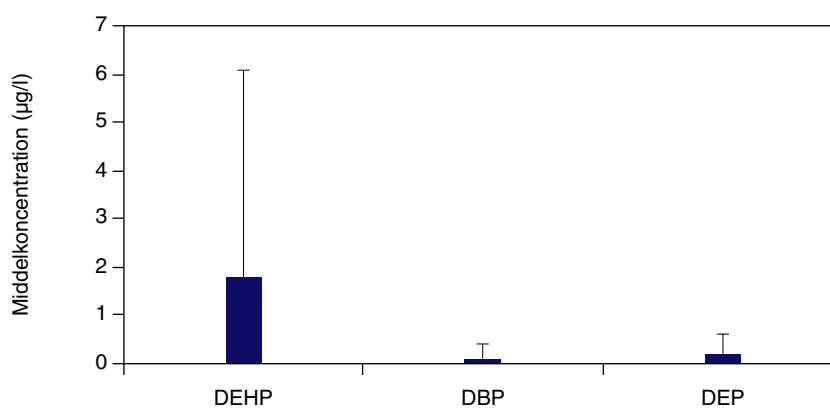
DEHP er den blødgører, der er fundet oftest i såvel udløb fra rense-anlæg som i slam (figur 11.2). Generelt er blødgørerne fundet hyppi-gere i slam end i udløb fra renseanlæg, hvilket hænger sammen med stoffernes lipofile egenskaber.

Figur 11.2 Fundhyppighed af blødgørere i udløb fra renseanlæg og slam i peri-oden 1998-2003. Fundhyppig-heden er opgjort som % prøver med fund af antallet af analyserede prøver. n = antallet af analyserede prøver.

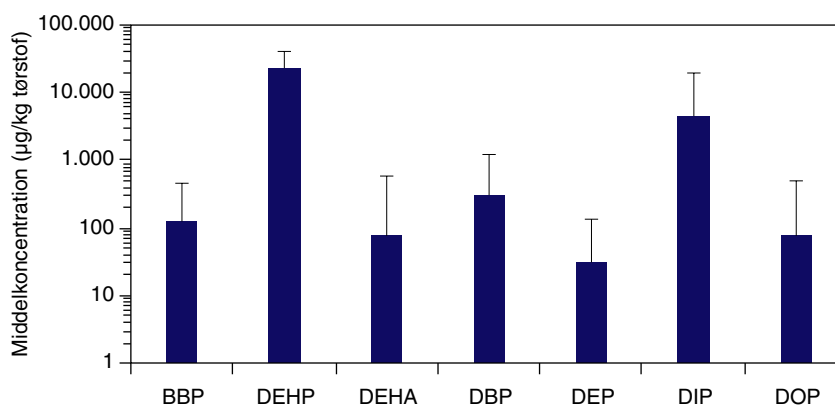


De blødgørere, der er fundet hyppigst i udløb fra renseanlæg og i slam, er også fundet på de højeste koncentrationsniveauer (figur 11.3 og 11.4).

Figur 11.3 Middelkoncentration og 95%-fraktion af blødgørere i udløb fra renseanlæg i perioden 1998-2003. I figuren er kun medtaget de blødgørere hvor mere end 10% af resultaterne er over detektionsgrænsen. Prøveantal: 201-213.



Figur 11.4 Middelkoncentration og 95%-fraktion af blødgørere i slam i perioden 1998-2003. Bemærk at skalaen er logaritmisk. Prøveantal: 48-71.



DEHP er blandt de hyppigst fundne stoffer i udløb fra renseanlæg og blandt de stoffer, der er udledt fra renseanlæg i størst mængde, ca. 1.360 kg/år (bilag 1). Tilførslen af DEHP med spildevandet er ved ca. 2/3 af renseanlæggene reduceret med mellem 3 og 50% fra 1988-2000 til 2001-2003. Dette er i overensstemmelse med reduktionen i salget af DEHP fra 2000 til 2002 (figur 11.1).

Industrielle udledninger har kun i ringe omfang bidraget med tilførsel af blødgørere til vandmiljøet, ca. 1,8 kg/år.

I regnbetingede udledninger fra separatkloakerede områder er der fundet indhold af blødgørere på niveau med koncentrationerne i udløb fra renseanlæg (Nordjyllands Amt, 2004; Miljøstyrelsen, 1997b).

Miljøstyrelsen har udmeldt et forslag til kvalitetskriterium for DEHP i overfladevand på 0,1 µg/l (Miljøstyrelsen, 1995). Selv om udledningen fra et renseanlæg normalt bliver fortyndet mindst 10 gange i det modtagende vandområde, vil der sandsynligvis have været overskridelser af kravforslaget.

Niveauet for indholdet af DEHP i slam er ca. halvdelen af slambe-kendtgørelsens grænseværdi for udbringning på landbrugsjord på 50 mg/kg TS.

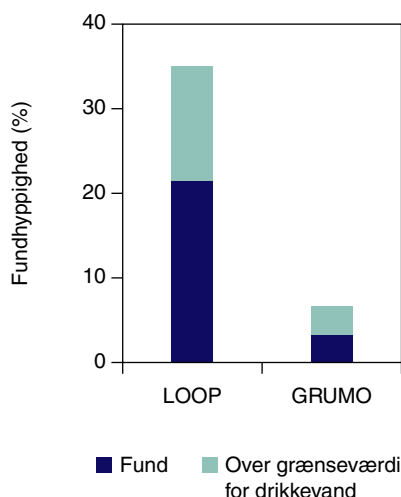
Gylle

I gylle er DEHP fundet i ca. en femtedel af de undersøgte prøver og dibuthylphthalat (DBP) i ca. en tiendedel af prøverne. Middelkoncentrationen af DEHP i de prøver, hvor stoffet blev fundet, var en tiendedel af koncentrationsniveauet i slam, mens middelkoncentrationen af DBP var på samme niveau som middelkoncentrationen i slam.

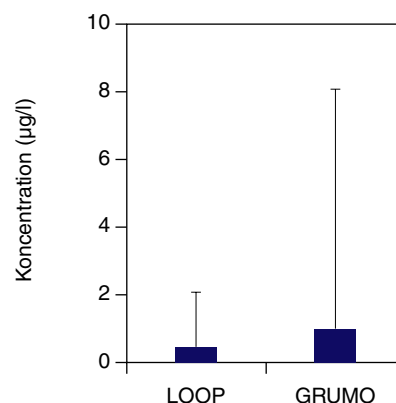
11.3 Grundvand

Blødgøreren DBP er fundet i ca. en tredjedel af de analyserede indtag i overfladenært grundvand i LOOP (figur 11.5), hvilket var væsentlig hyppigere end i det dybereliggende grundvand i GRUMO. I prøver med fund var indholdet af DBP i det dybereliggende grundvand tilsyneladende højere end i det overfladenære grundvand (figur 11.6), men antallet af prøver er for lille til at drage konklusioner herom.

Indholdet af DBP var i ca. 3% af de analyserede indtag i GRUMO over grænseværdien for phthalater i drikkevand på 1 µg/l. DBP blev også i det overfladenære grundvand i LOOP fundet i koncentrationer, der var højere end grænseværdien for drikkevand (figur 11.5).



Figur 11.5 Fundhyppighed af DBP i grundvand i LOOP og GRUMO i perioden 1993-2003. Fundhyppigheden er opgjort som % prøver med fund af antallet af analyserede prøver.



Figur 11.6 Median- og maks-koncentration af DBP i grundvand i prøver med fund i LOOP og GRUMO i perioden 1993-2003.

Vandløb og søer

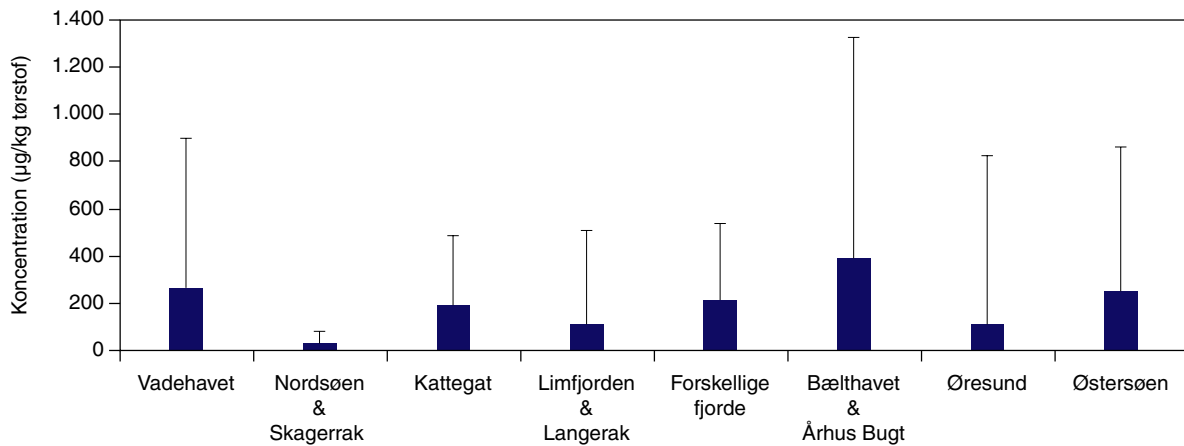
I Damhusåen er DEHP hvert år i perioden 2000-2003 fundet i ca. 20% af de analyserede prøver, i de fire øvrige vandløb er DEHP kun fundet i enkelte prøver. I alle vandløb var de målte koncentrationer tæt på detektionsgrænsen (0,5 – 1,3 µg/l).

DEHP er kun fundet i Damhussøen, hvor fundhyppigheden var ca. 60%. Koncentrationsniveauet var på ca. 2 µg/l, dvs. af samme størrelsesorden som i vandløb.

11.4 Marine områder

I marint sediment er DEHP fundet udbredt i kyst- og fjordområder (figur 11.7). De højeste koncentrationer er fundet i Bælthavet og Århus Bugt, mens de laveste koncentrationer er fundet i de åbne dele af Nordsøen og Skagerrak.

Det er ikke muligt at vurdere en eventuel miljømæssig risiko ved de fundne niveauer for DEHP i marint sediment, da der ikke er fastsat EAC-værdier eller tilsvarende kvalitetskriterier.



Figur 11.7 Median- og maks-koncentration af DEHP i sediment fra kystnære samt åbne dele af danske farvande i 2003.

12 Anioniske detergenter

Anioniske detergenter er overfladeaktive stoffer, der især bruges i vaskemidler. Vaskemiddeleffekten beror på stoffernes evne til at mindske grænsefladespændingen mellem vand og olie, og derved få snavs til at gå i opløsning i vaskevandet. Anioniske detergenter er vandopløselige salte, hvor detergentegenskaben er forbundet med saltets organiske anion.

Lineære alkylbenzensulfonater (LAS) er en gruppe af stoffer med forskellige isomere sulfonatgrupper, som hører til de anioniske detergenter. LAS er nedbrydeligt under iltede forhold både i renseanlæg og i naturen. LAS er giftigt for vandlevende organismer, og på Listen over uønskede stoffer 2004 (se kap. 2.2), da stoffet tilhører gruppen af overfladeaktive stoffer, der ikke nedbrydes fuldstændigt under iltfattige forhold.

12.1 Overvågningsprogrammet

Ved overvågning af anioniske detergenter i NOVA-2003 er der undersøgt for LAS i spildevand, vandløb, søer og havvand (tabel 12.1).

I grundvand er der analyseret for summen af anioniske detergenter med en metode, som giver et analyseresultat, der er forbundet med stor usikkerhed (GEUS, 2002). Resultatet vil derfor ikke blive behandlet i nærværende rapport.

Tabel 12.1 Oversigt over anioniske detergenter i NOVA-2003.

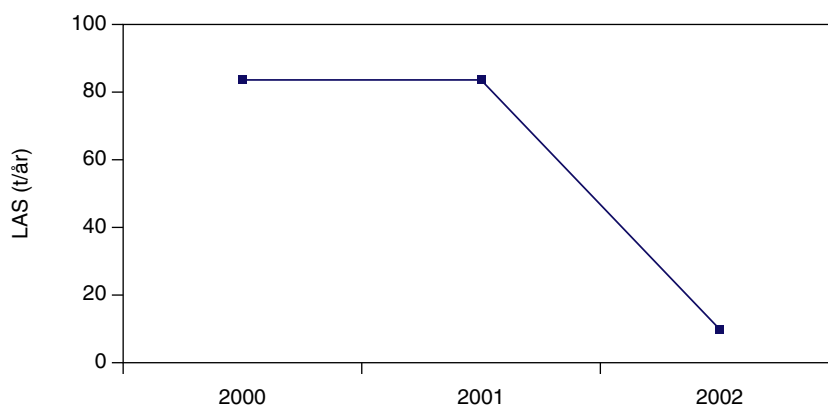
Detergenter	Gylle	Grundvand	Vandløb	Søer	Punktkilder			Marin
					Spildevand	Slam	Industri	Vand
Lineære alkylbenzensulfonater (LAS)	x		x	x	x	X	x	x
Sumparameter – anioniske detergenter		(x)						

12.2 Forureningskilder

LAS udledes med vaskevandet til kloaksystemet og bliver på renseanlæggene nedbrudt eller bundet til slam. Slam er en væsentlig kilde til tilførsel af LAS til omgivelserne.

Miljøstyrelsen gennemførte i 1999 sammen med kommunerne en kampagne for at få forbrugerne til at købe vaske- og rengøringsmidler, der ikke indeholder LAS. Salget af LAS var i 2002 reduceret til ca. en tiendedel af salget i 2001 (figur 12.1).

Figur 12.1 Udvikling i salget af LAS i perioden 2000 til 2002 (SPIN-databasen).



Spildevand og slam

LAS blev primært fundet i slam. Således blev LAS fundet i 69% af slamprøverne, men kun i 6% af prøverne af udløb fra renseanlæg.

Middelkoncentrationen af LAS i slam var i perioden 1998-2003 ca. 850 mg/kg TS, mens 95% fraktilen var ca. 3.300 mg/kg TS. De fundne koncentrationer var generelt væsentligt lavere end Slambekendtgørelsens grænseværdi for udbringning på landbrugsjord på 1.300 mg/kg TS.

I indløbet til renseanlæggene var der fra 1998-2000 til 2001-2003 en reduktion i LAS-indholdet ved mere end 90% af renseanlæggene, dog med stor variation i størrelsen af reduktionen mellem de enkelte anlæg. Samme tendens er fundet i slam.

Gylle

I såvel kvæggylle som svinegylle blev LAS fundet i 65-100% af prøverne. Det gennemsnitlige indhold var 15-20 mg/kg TS, hvilket er langt mindre end i slam.

12.3 Vandløb, søer og marine områder

I Damhusåen blev LAS fundet i 40% af prøverne, mens der kun blev fundet LAS i enkelte prøver fra de øvrige vandløb. Koncentrationsniveauet i prøverne med fund fra såvel Damhusåen som de øvrige vandløb var på 2-10 µg/l, hvilket er på niveau med detektionsgrænsen på 3 µg/l. Miljøstyrelsens forslag til kvalitetskriterium for LAS i overfladevand er på 10 µg/l (DHI, 2000).

I søer blev LAS fundet i fem af 96 prøver, hvoraf de fire fund var fra Damhussøen. Koncentrationsniveauet i prøverne med fund var på niveau med detektionsgrænsen.

Der er ikke fundet LAS i havvand.

13 Opløsningsmidler

De fleste af de opløsningsmidler, som var med i NOVA-2003, er flygtige stoffer, og de er så opløselige i vand, at de kan give miljøproblemer, især i grundvand og vandforsyning.

En undtagelse fra stoffernes fælles egenskab som flygtige og opløselige er den aromatiske halogenerede kulbrinte hexachlorbenzen, som er langsomt nedbrydelig og bioakkumulerbar.

Hexachlorbenzen er på EU's liste over stoffer med dokumenteret hormonforstyrrende effekt. Dichlormethan, trichlormethan og tetrachlorethylen er på Listen over uønskede stoffer 2004 (se kap. 2.2).

13.1 Overvågningsprogrammet

Følgende stofgrupper var med i overvågningen af opløsningsmidler: aromatiske kulbrinter, halogenerede alifatiske kulbrinter, halogenerede aromatiske kulbrinter samt etheren methylterbutyl-ether (MTBE) (tabel 13.1). Overvågningen omfattede i alt 45 opløsningsmidler, heraf var en del kun med i punktkildeprogrammet. De fler-ringede aromatiske kulbrinter biphenyl, naphthalen og methylerede naphthalenforbindelser er omtalt under afsnittet om PAH, kap. 14.

Tabel 13.1 Oversigt over opløsningsmidler: aromatiske kulbrinter, halogenerede alifatiske kulbrinter, aromatiske kulbrinter og MTBE i NOVA-2003. Ved de industrielle udledninger er der kun analyseret for de opløsningsmidler, der er relevant for den pågældende industri.

	Grund- vand	Vand- løb	Punktkilder			Marine områder			
			Spilde- vand	Slam	Indu- stri	Regn- vand	Vand	Biota	Sediment
Aromatiske kulbrinter									
Benzen	x		x	x	x				
Ethylbenzen			x	x	x				
Isopropylbenzen			x	x	x				
Toluen	x		x	x	x				
Xylener	x		x	x	x				
5-tert-butyl-2,4,6-trinitro-m-xilen			x	x	x				
Halogenerede alifatiske kulbrinter									
3-chlorpropen			x	x	x				
1,2-dichlorethan		x	x	x	x		x		
1,1-dichlorethylen			x	x	x				
1,2-dichlorethylen			x	x	x				
Dichlormethan			x	x	x				
1,2-dichlorpropan		x	x	x	x				
1,3-dichlorpropen		x							
1,2-dibromethan	x				x				
Hexachlorbutadien					x				
Hexachlorcyklohexan					x				

	Grund- vand	Vand- løb	Punktkilder				Marine områder		
			Spilde- vand	Slam	Indu- stri	Regn- vand	Vand	Biota	Sediment
Methylchlorid			x	x	x				
Pentachlorethan			x	x	x				
1,1,2,2-tetrachloethan			x	x	x				
Tetrachlorethylen	x		x	x	x		x		
Tetrachlormethan	x				x				
1,1,1-trichlorethan	x		x	x	x				
1,1,2-trichlorethan			x	x	x				
Trichlorethylen	x		x	x	x		x		
Trichlormethan	x		x	x	x		x		
1,1,2-trichlortrifluorethan			x	x	x				
Vinylchlorid	x		x	x	x				
Halogenerede aromatiske kulbrinter									
Benzylchlorid			x	x					
Chlorbenzen			x	x	x				
1-chlornaphthalen			x	x	x				
2-chlornaphthalen			x	x	x				
1-chlor-2-nitrobenzen			x	x	x				
1-chlor-3-nitrobenzen			x	x	x				
1-chlor-4-nitrobenzen			x	x					
4-chlor-2-nitrotoluen			x	x					
2-chlortoluen			x	x	x				
3-chlortoluen			x	x	x				
4-chlortoluen			x	x	x				
2,5-dichloranilin			x	x	x				
3,4-dichloranilin			x	x					
1,2-dichlorbenzen			x	x	x				
1,3-dichlorbenzen			x	x	x				
1,4-dichlorbenzen			x	x	x				
1,2-dichlor-4-nitrobenzen			x	x					
1,4-dichlor-2-nitrobenzen			x	x					
Hexachlorbenzen		x	x	x	x			x	x
1,2,4-trichlorbenzen			x	x	x				
Ether									
Methylterbutyl-ether (MTBE)	x	x +søer	x	x	x	x			

13.2 Forureningskilder

Opløsningsmidler anvendes i virksomheder til rengøring og affedtning samt i farve-lak industriens produkter og i renserier. De aromatiske kulbrinter indgår i olie og benzin. Methylterbutyl-ether (MTBE) er et hjælpestof, der tilsættes benzin i stedet for bly for at øge oktallet og fremme forbrændingen i motoren.

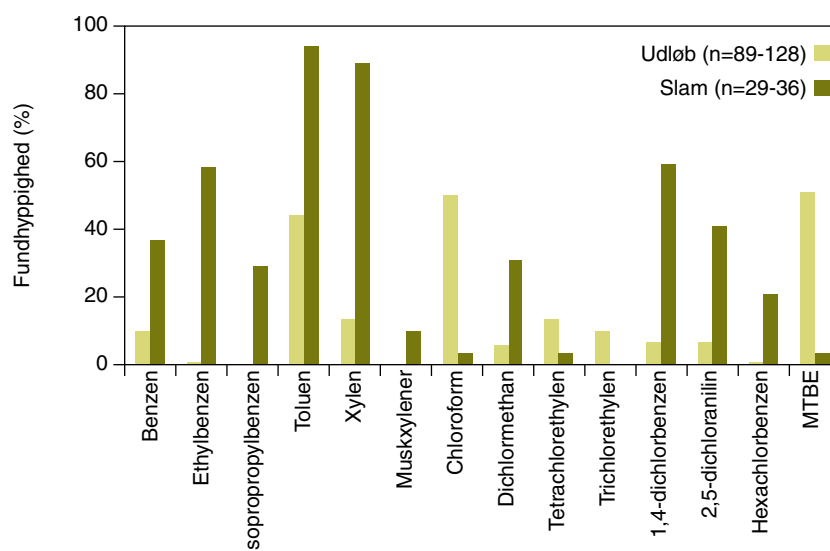
Hexachlorbenzen har været anvendt som bekæmpelsesmiddel (fungicid), det har dog aldrig været godkendt til anvendelse i Danmark (*Miljøstyrelsen, 2004c*). Derudover har stoffet været anvendt som biocid til træbeskyttelse samt til bl.a. fyrværkeri, fremstilling af farve, PVC og syntetisk gummi og som veterinært lægemiddel mod fnat. Både produktion og anvendelse af hexachlorbenzen er stort set ophevet i Europa.

Udvaskning fra jordforureninger med såvel opløsningsmidler som olie- og benzinrester kan være kilder til stoffernes forekomst i vandområderne.

Spildevand og slam

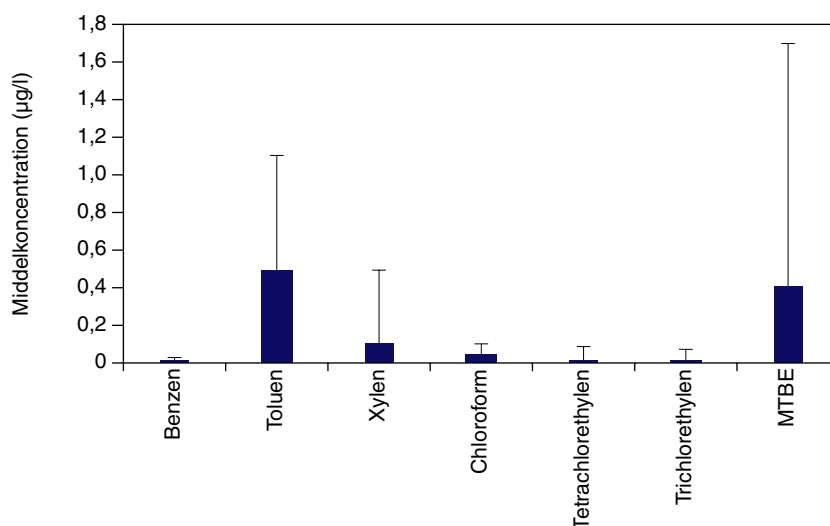
Opløsningsmidlerne er kun i mindre omfang fundet i udløb fra renseanlæg. Blandt de hyppigst fundne er de aromatiske kulbrinter toluen og xylener, og de halogenerede alifatiske kulbrinter chloroform og tetrachlorethylen, som alle er fundet i mere end 10% af de analyserede prøver af udløb fra renseanlæg (figur 13.1). Chloroform, MTBE og toluen er fundet hyppigst i henholdsvis 50% , 50% og 44% af de analyserede prøver.

Figur 13.1 Hyppighed af fund af aromatiske kulbrinter, halogenerede alifatiske kulbrinter, aromatiske kulbrinter og MTBE i udløb fra renseanlæg og slam i perioden 1998-2003. Fundhyppigheden er opgjort som % prøver med fund af antallet af analyserede prøver. n=antallet af prøver.



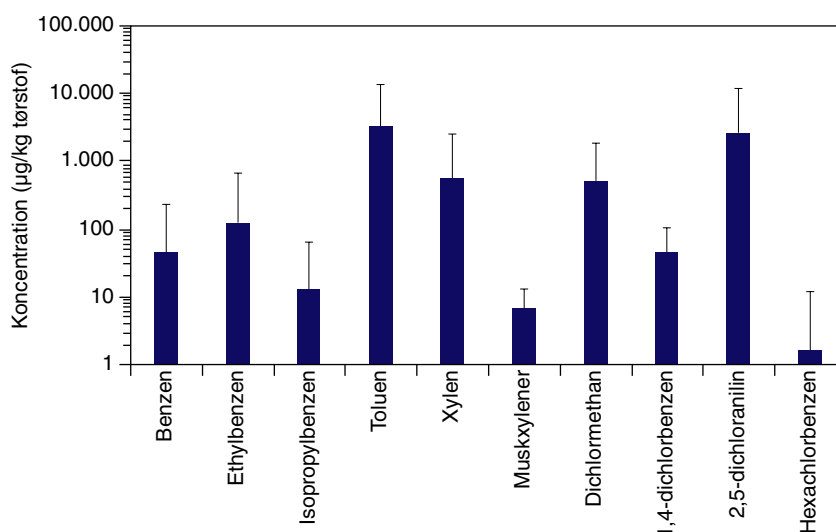
De fundne koncentrationer af aromatiske og halogenerede alifatiske kulbrinter er væsentligt lavere end kvalitetskravene til stofferne i overfladevand (bilag 1). Der er for alle stoffer tale om middelkoncentrationer tæt på detektionsgrænsen på 0,1 µg/l, en undtagelse er toluen som er fundet med en middelkoncentration på 0,5 µg/l (figur 13.2).

Figur 13.2 Middelkoncentration og 95%-fraktil af aromatiske kulbrinter, alifatiske halogenerede kulbrinter og MTBE i udløb fra renseanlæg. I figuren er medtaget opløsningsmidler, som er fundet i mere end 10% af analyserede prøver. Prøveantal: 39-144.



I slam er en række aromatiske kulbrinter (benzen, ethylbenzen, isopropylbenzen, toluen og xylen) samt nogle halogenerede aromatiske kulbrinter (1,4-dichlorbenzen, 2,5-dichloranilin og hexachlorbenzen) fundet med forskellig hyppighed (figur 13.1) og på forskellige koncentrationsniveauer (figur 13.3). Bortset fra dichlormethan er halogenerede alifatiske kulbrinter stort set ikke fundet i slam (bilag 1).

Figur 13.3 Middelkoncentration og 95%-fraktil af aromatiske kulbrinter, alifatiske halogenerede kulbrinter og aromatiske halogenerede kulbrinter i slam i perioden 1998-2003. I figuren er medtaget opløsningsmidler, som er fundet i mere end 10% af analyserede prøver. Bemærk at skalaen er logaritmisk. Prøveantal: 29-42.



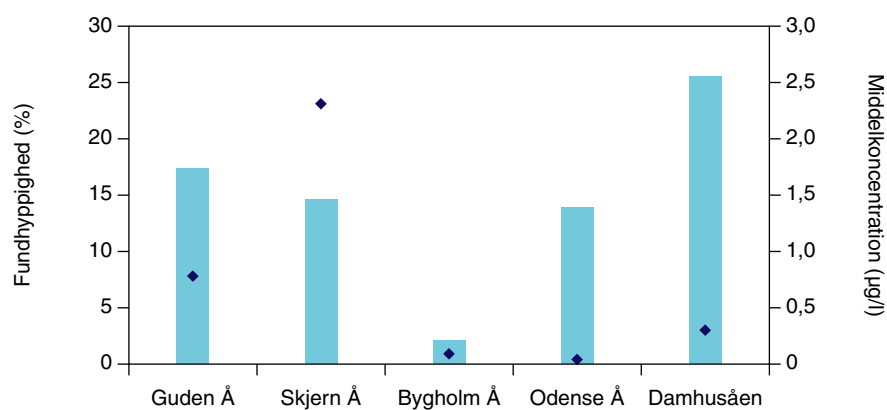
Udledningen af opløsningsmidler fra særskilte industrielle udledninger har været beskeden (bilag 1).

13.3 Vandløb

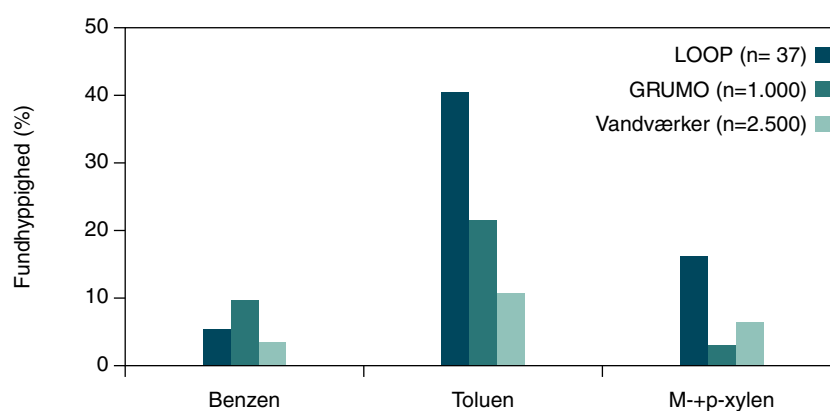
I vandløb er der stort set ikke fundet halogenerede kulbrinter.

MTBE er fundet i ca. 15% af prøverne fra fem vandløb i perioden 2000-2003. Der var store variationer mellem de undersøgte vandløb (figur 13.4).

Figur 13.4 Hyppighed af fund af MTBE i de undersøgte vandløb i perioden 2000-2003 (søjler) samt middelt koncentration i prøver med fund over detektionsgrænsen (prik).



Figur 13.5 Hyppighed af fund af aromatiske kulbrinter i grundvand i LOOP, GRUMO og vandværkernes boringskontrol i perioden 1998-2003. Hyppigheden er opgjort som % indtag med fund i mindst én prøve af antallet af analyserede indtag. n= antallet af analyserede indtag.



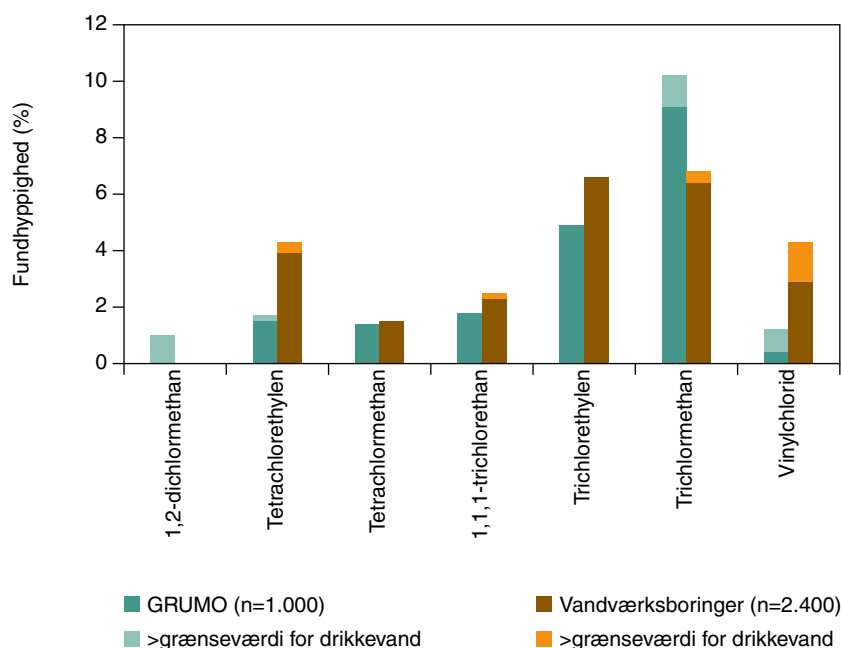
13.4 Grundvand

Toluen er i grundvandet det hyppigst fundne af opløsningsmidlerne i såvel LOOP, GRUMO som vandværkernes indvindingsboringer (figur 13.5).

Blandt de øvrige opløsningsmidler blev trichlormethan (chloroform) fundet hyppigst i GRUMO og i vandværksboringer med overskridelse af grænseværdien for drikkevand på 1 µg/l i 1,1% af de analyserede indtag i GRUMO og i 0,4% af de analyserede vandværksboringer (figur 13.6). Chloroform blev ikke fundet i LOOP

MTBE er fundet i 6% af vandværksboringerne og i 2% af indtagene i GRUMO. Grænseværdien for MTBE i drikkevand på 5 µg/l var overskredet i 0,3-0,4% af prøverne.

Figur 13.6 Hyppighed af fund af alifatiske halogenerede kulbrinter og aromatiske halogenerede kulbrinter i grundvand i GRUMO og vandværkernes boringskontrol i perioden 1998-2003. Hyppigheden er opgjort som % indtag med fund i mindst én prøve af antallet af analyserede indtag.



13.5 Marine områder

Indholdet af hexachlorbenzen blev målt i lever fra fladfisk i marine områder. Fedtprocenten kan have indflydelse på de koncentrationer, der er akkumuleret i en organisme. Såvel fiskenes fedtprocent som indholdet af hexachlorbenzen var på det samme niveau i alle de undersøgte områder (tabel 13.2).

Tabel 13.2 Middelkoncentration og standardafvigelse af hexachlorbenzen i lever fra fladfisk samt % ekstraherbart fedt i leveren.

	Hexachlorbenzen ($\mu\text{g/kg vv}$) middel $\pm$ std. afv.	Ekstraherbart fedt (%) middel $\pm$ std. afv.
København	1,1 $\pm$ 0,2	10,2 $\pm$ 1,6
Vedbæk	0,9 $\pm$ 0,1	9,5 $\pm$ 1,7
Storebælt	1,1 $\pm$ 0,2	11,7 $\pm$ 1,3
Vadehavet	0,7 $\pm$ 0,1	9,6 $\pm$ 0,9
Nordsøen	1,8 $\pm$ 0,3	12,0 $\pm$ 1,4

14 Polyaromatiske kulbrinter – PAH

Polyaromatiske kulbrinter (PAH) er en gruppe af organiske stoffer, der er sammensat af flere benzenringe. Antallet af benzenringe har afgørende betydning for stoffernes forekomst og skæbne i miljøet. Som hovedregel gælder, at jo flere ringe stofferne har, jo mindre nedbrydelige og mindre vandopløselige er de, og jo større tilbøjelighed har de til at blive bundet i slam og sediment.

PAH er en væsentlig bestanddel i mange typer af råolie og stenkulstjære. PAH bliver ofte omtalt som tjærestoffer. PAH dannes desuden ved ufuldstændig forbrænding af organisk stof. Nogle PAH er kræftfremkaldende. Naphtalen er på Listen over uønskede stoffer 2004 (se kap. 2.2).

14.1 Overvågningsprogrammet

Overvågningen af PAH omfattede i alt 23 stoffer. Nogle af stofferne består af flere isomere forbindelser. Udover det i tabel 14.1 skitserede omfang af overvågningen var naphthalen med i overvågningen af grundvand.

14.2 Forureningskilder

Forekomst af PAH i omgivelserne skyldes såvel naturlig dannelse som menneskelig aktivitet, f.eks. forbrænding af brændstof i trafikken, boligopvarmning eller produktion af elektricitet. Spredningen af PAH sker især gennem luften. PAH findes også i forbindelse med tjæreforureninger.

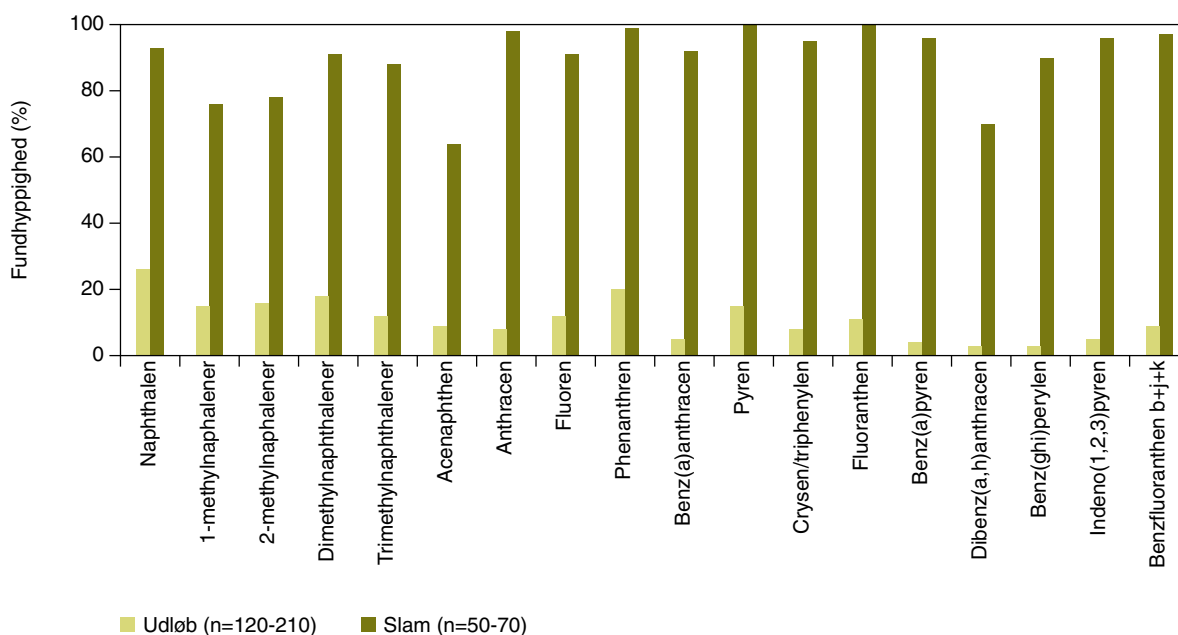
Spildevand og slam

PAH er kun fundet i en mindre andel af udløbene fra renseanlæg (figur 14.1). Den største fundhyppighed ses blandt de "lette" forbindelser (forbindelser med 2-3 benzenringe). I slam er alle PAH-forbindelser fundet i stort set alle prøver uden nævneværdig forskel på fundhyppigheden mellem "lette" og "tunge" PAH.

Middelkoncentrationerne af PAH-forbindelser i udløb fra renseanlæg var under eller på niveau med detektionsgrænsen på 0,01 µg/l (bilag 1). Ved en undersøgelse af udledningen fra separate regnvandsudløb i et villaområde i Nordjyllands Amt (*Nordjyllands Amt, 2004*) blev en række PAH fundet på samme koncentrationsniveau. De fundne koncentrationer var på et lavt niveau i forhold til tidligere undersøgelser fra et motorvejsområde i Bagsværd og fra et forstadsområde i Skovlunde (*Miljøstyrelsen, 1997b*).

Tabel 14.1 Oversigt over polyaromatiske kulbrinter (PAH) i NOVA-2003. Ved de industrielle udledninger er der kun analyseret for de PAH, der er relevant for den pågældende industri.

	Gylle	Vand-løb	Søer	Punktkilder			Marine områder		
				Spilde-vand	Slam	Indu-stri	Regn-bet. udled.	Biota	Sedi-ment
2-ringede									
Biphenyl			x	x	x	x			
Naphthalen	x	x	x	x	x			x	x
1-methyl-naphthalen			x	x	x			x	x
2-methyl-naphthalen	x		x	x	x			x	x
Dimethyl-naphthalener	x		x	x	x			x	x
Trimethyl-naphthalener	x		x	x	x			x	x
3-ringede									
Acenaphthylen	x								
Acenaphthen	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Anthracen		x	x	x	x	x	x	x	x
Fluoren	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Phenanthren		x	x	x	x	x	x	x	x
Dibenzothiophen		x	x	x	x	x	x	x	x
3,6-dimethylphenanthren		x	x					x	x
2-methylphenanthren		x	x	x	x	x	x	x	x
1-methylpyren				x	x	x	x		
2-methylpyren				x	x	x	x		
4-ringede									
Fluoranthren		x	x	x	x	x	x	x	x
Pyren	x	x	x					x	x
Benzo(a)anthracen	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Benzo(a)fluoren				x	x	x	x		
Chrysen/triphenylen	x	x	x	x	x	x	x	x	x
5-ringede									
Benzo(a)pyren	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Benzo(e)pyren		x	x	x	x	x	x	x	x
Dibenzo(a,h)anthracen	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Perylen		x	x					x	x
6-ringede									
Benzo(ghi)perylen	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Benzo(b+j+k)fluoranthener	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Indeno(1,2,3-cd)pyren	x	x	x			x	x	x	x



Figur 14.1 Fundhyppighed af PAH udløb fra renseanlæg og slam i perioden 1998-2003. Fundhyppigheden er opgjort som % prøver med fund af antallet af analyserede prøver. n=antallet af analyserede prøver.

Kvalitetskravet til overfladevand for PAH på 0,001 µg/l gælder for alle PAH med undtagelse af anthracen og de 2-ringede forbindelser. Kvalitetskravet er fastsat på baggrund af de mest problematiske stoffer og er derfor for andre PAH skærpede i forhold til en sandsynlig miljøpåvirkning. Selv om de fundne PAH-koncentrationer i udløb fra renseanlæg generelt er lave, må det forventes, at der har været tilfælde af overskridelse af kvalitetskravene.

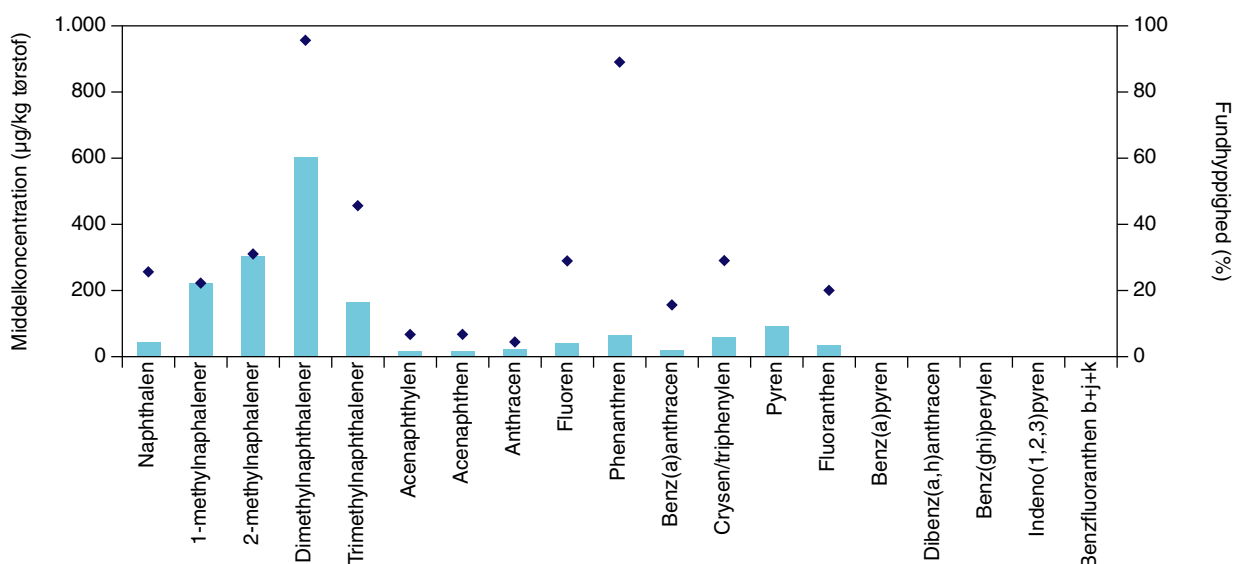
Slambekendtgørelsens grænseværdi for udbringning på landbrugsjord er for PAH på 3 mg/kg TS bestemt som summen af indholdet af acenaphthen, phenanthren, fluoren, fluoranthren, pyren, benzfluoranthener (b+j+k), benz(a)pyren, benz(ghi)perylene og indeno(1,2,3-cd)pyren. Summen af middeldkoncentrationerne af de pågældende PAH i slam var 3,2 mg/kg TS. En del af slammet har derfor sandsynligvis ikke kunnet udbringes på landbrugsjord.

Gylle

Der er fundet PAH i alle de undersøgte prøver af gylle. De lette forbindelser er generelt fundet med størst hyppighed og i de højeste koncentrationer (figur 14.2). Phenanthren er fundet med høj hyppighed uden at der er nogen forklaring på dette.

14.3 Grundvand, vandløb og søer

Naphthalen er fundet i grundvandet i såvel LOOP, GRUMO som vandværkernes boringskontrol med fundhyppigheder på henholdsvis 2,7; 1,7 og 1,4%. Der var i ingen af tilfældene tale om koncentrationer over grænseværdien for drikkevand på 2 µg/l.



Figur 14.2 Middelkoncentration og fundhyppighed af PAH i gylle. Antallet af prøver er 45 fordelt på gylle fra svine-, kvæg-, økologisk kvæg- og blandede besætninger. Søjlerne angiver koncentrationerne og prikkerne fundhyppigheden.

I vandløb og søer er der i enkelte tilfælde fundet spor af flere PAH-forbindelser.

I vandløb er målingerne primært lavet med henblik på at beregne transporten via vandløbene til marine områder. Kun i Damhusåen har der for nogle få stoffer været fundhyppigheder, som er tilstrækkeligt høje (> 50%) til, at der med rimelighed har kunnet beregnes en stoftransport gennem vandløbet (tabel 14.2). Den årlige transport har for disse stoffer været ca. 100 g.

I søerne var mediankoncentrationen for alle stoffer på 0,01 µg/l og maksimum koncentrationen var 0,03 µg/l.

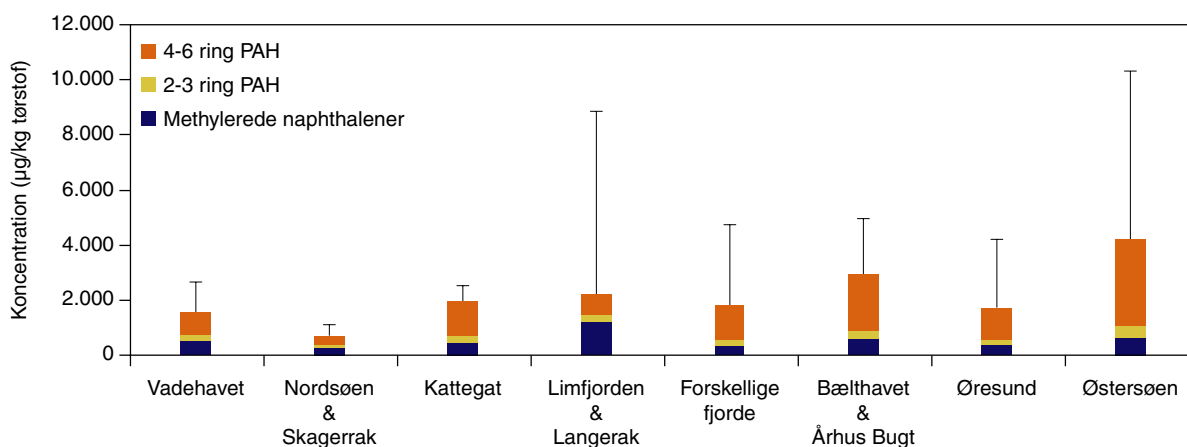
Tabel 14.2 Median- og maks-koncentration samt årlig transport af PAH i Damhusåen i 2001 og 2002. Transporten er kun beregnet for de stoffer, der er fundet i koncentrationer over detektionsgrænsen på 0,01 µg/l i mindst halvdelen af prøverne.

	2001				2002			
	Fund (%)	Median værdi (µg/l)	Maks. værdi (µg/l)	Årlig transport (kg)	Fund (%)	Median værdi (µg/l)	Maks. værdi (µg/l)	Årlig transport (kg)
Acenaphthen	50	0,008	0,025	0,061	50	0,009	0,025	0,099
Benz(b)fluoranthener	50	0,009	0,049	0,069	<50			
Fluoranthen	50	0,008	0,045	0,065	58	0,011	0,033	0,111
Pyren	75	0,017	0,056	0,135	67	0,012	0,031	0,115

14.4 Marine områder

I sediment i marine områder er de tunge PAH (4-6 ringe) fundet med størst hyppighed, dog med undtagelse af de undersøgte områder i Limfjorden, hvor methylerede naphthalener er dominerende (figur 14.3). Koncentrationer af såvel 2-, 3-, 4- som 5-ringede PAH forbin-

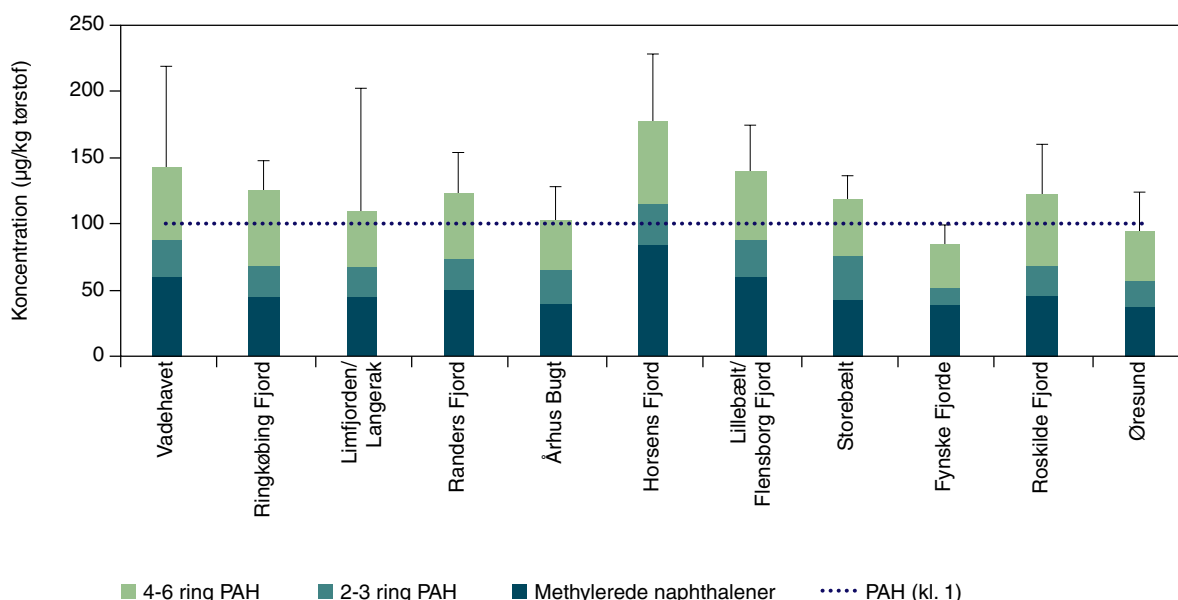
Figur 14.3 Median og maksimumskoncentrationen af PAH i sediment fra kystnære samt åbne dele af danske farvande i 2003.

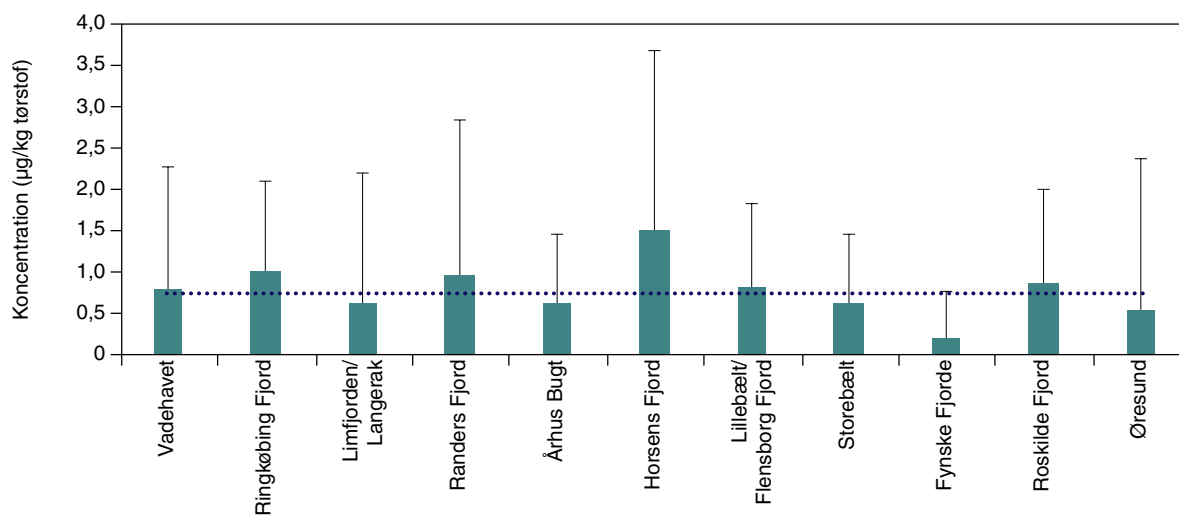


PAH-indholdet i muslinger varierede ikke i samme omfang imellem stationerne som indholdet i sediment (figur 14.4). Det kan skyldes, at muslinger er et mere homogent prøvemateriale end sediment.

Figur 14.4 Middel- og maksimumskoncentration af PAH i muslinger fra kystnære danske farvande sammenholdt med Norges kvalitets-klasse I (Statens Forureningstilsyn, 1997).

PAH-koncentrationerne i muslinger var i de fleste områder på niveau med eller lige over koncentrationen svarende til den norske klassificering "ubetydeligt forurenet". Dog blev anthracen i visse områder fundet i koncentrationer over OSPAR's EAC-lav værdi (figur 14.5), hvilket betyder, at det ikke kan udelukkes, at der har været miljømæssige effekter.





Figur 14.5 Middel- og maks-koncentration af anthracen i muslinger fra kystnære danske farvande sammenholdt med OSPARs EAC-lav værdi (den vandrette stiplede linie).

15 P-triestere

Fosfor-triestere (P-triestere) er en gruppe af fosforholdige organiske stoffer, som især bruges i bygningsmaterialer og elektriske artikler som overfladeaktivt stof, blødgører, brandhæmmer og udfyldningsmiddel. Det mest anvendte af stofferne er TCPP, trichlorpropylphosphat. Der er begrænset viden om stoffernes miljømæssige effekt. Tributylphosphat er som den eneste i gruppen af P-triestere vurderet til at være moderat toksisk overfor vandlevende organismer (*Miljøstyrelsen, 1995*).

P-triestere er opløselige i vand og har moderat evne til at blive bundet til partikler.

15.1 Overvågningsprogrammet

Overvågningen af P-triesterne omfattede fire stoffer i programmerne for punktkilder og gylle (tabel 15.1). To af stofferne blev i den indledende undersøgelse af gylle kun fundet i en enkelt af 29 analyserede prøver, og blev derefter ikke undersøgt yderligere. P-triestere blev herefter alene målt i spildevand og slam.

Tabel 15.1 Oversigt over måleprogrammet for P-triestere i NOVA-2003. Ved de industrielle udledninger er der kun analyseret for de P-triestere, der er relevant for den pågældende industri.

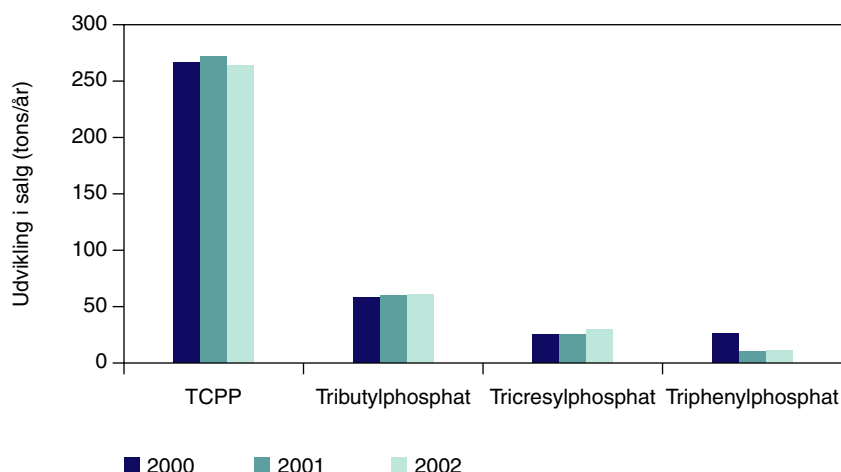
	Gylle	Punktkilder		
		Spildevand	Slam	Industri
Tri-n-butylphosphat	x	x	x	x
Trichlorpropylphosphat		x	x	x
Tricresylphosphat	x	x	x	x
Triphenylphosphat	x	x	x	x

15.2 Forureningskilder

Anvendelsen af P-triestere som flammehæmmere i elektriske og elektroniske produkter medfører, at stofferne afgives til omgivelserne ved afdampning eller anden afgivelse og herefter tilføres til spildevandssystemet (*Miljøstyrelsen, 2003b*). Trichlorpropylphosphat (TCPP) er den af P-triesterne, der afgives i størst mængde. TCPP er ligeledes den af P-triesterne, der i 2000-2002 blev solgt i størst mængde og i væsentlig større mængder end de øvrige P-triestere (figur 15.1).

I undersøgelser udført af Århus Amt er der fundet indikation på, at TCPP efter slamgødskning kan findes i markjord (*Århus Amt, 1998*). TCPP er fundet i sediment i Brabrand Sø, som gennem tiderne har været kraftig påvirket af spildevandsudledning (*Århus Amt, 1996*).

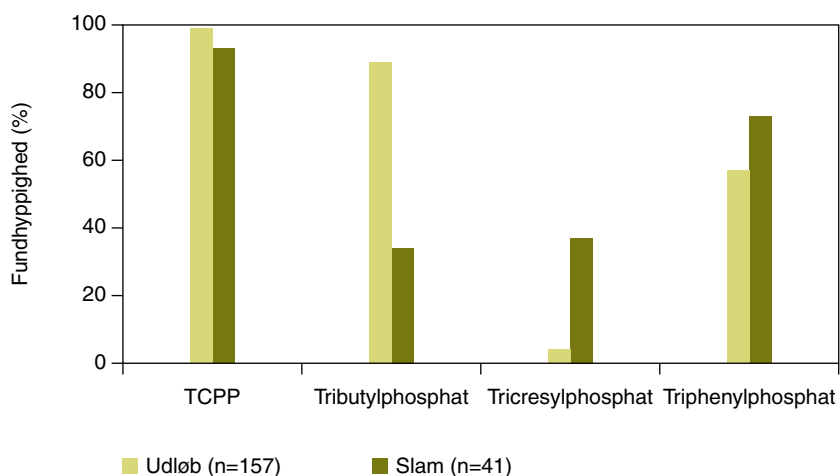
Figur 15.1 Udvikling i salget af P-triesterer i perioden 2000 til 2002 (SPIN-databasen).



Spildevand og slam

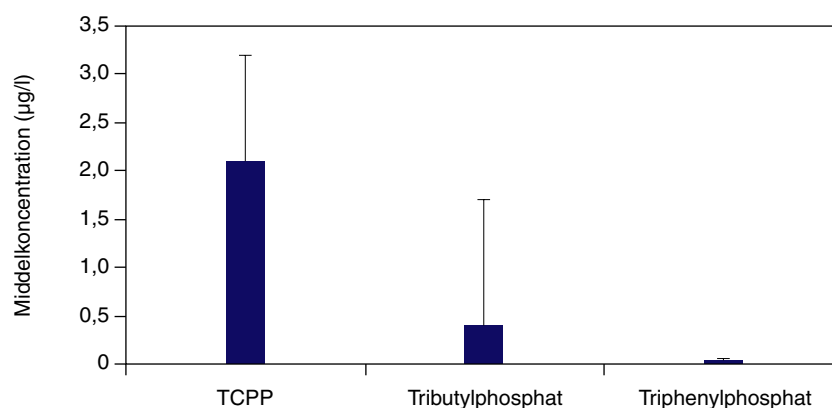
TCPP er fundet i næsten alle prøver i udløb fra renseanlæg og i slam mens de øvrige P-triesterer er fundet med forskellig hyppighed (figur 15.2). P-triesterne TCPP, tributylphosphat og triphenylphosphat er blandt de stoffer, der samlet set blev fundet hyppigst i udløb fra renseanlæg.

Figur 15.2 Hyppighed af fund af P-triesterer i udløb fra renseanlæg og slam i perioden 1998-2003. Hyppigheden er opgjort som % prøver med fund af antallet af analyserede prøver. n= antallet af prøver.

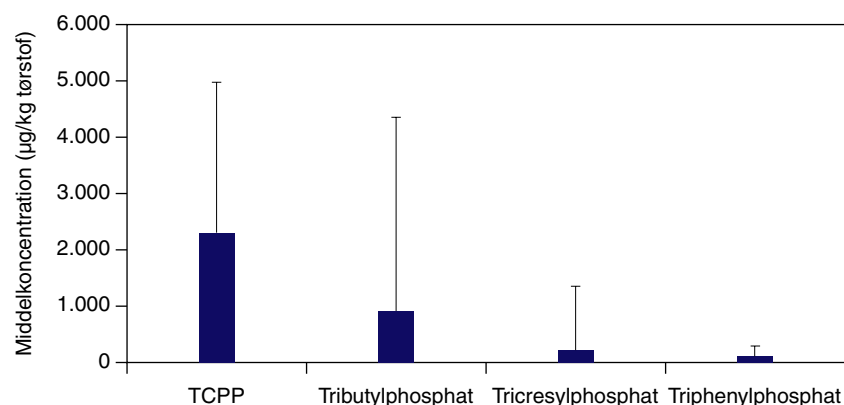


Samtidig med at TCPP er fundet med størst hyppighed, er stoffet fundet med markant højere middelkoncentration end de øvrige P-triesterer (figur 15.3). Samme forhold gør sig gældende i slam (figur 15.4).

Figur 15.3 Middelkoncentration og 95%-fraktil af P-triestere i udløb fra renseanlæg. I figuren er ikke medtaget tricresylphosphat, da det er fundet i mindre end 10% af analyserede prøver.



Figur 15.4 Middelkoncentration og 95%fraktil af P-triestere i slam.



Kvalitetskravet for tributylphosphat i overfladevand er 100 µg/l og et forslag til vandkvalitetskriterium er 10 µg/l (*Miljøstyrelsen, 1995*). De fundne koncentrationer af tributylphosphat er lavere end såvel kvalitetskravet som forslaget til kvalitetskriterium.

I regnbetingede udledninger er der fundet P-triestere i koncentrationer på samme niveau som i udløb fra renseanlæg og altså langt lavere end eksisterende og foreslåede kvalitetskrav (*Københavns Kommune, 2004; Nordjyllands Amt, 2004*) (bilag 1). De fundne koncentrationer i regnbetingede udledninger var på nogenlunde samme niveau som i en tidligere undersøgelse fra et motorvejsområde i Bagsværd og fra et forstadsområde i Skovlunde (*Miljøstyrelsen, 1997b*).

16 Alifatiske aminer

Dimethylamin og diethylamin anvendes bl.a. som pH-regulerende midler og bekæmpelsesmidler. EDTA (ethylendiamintetraeddikesyre) anvendes primært i vaske- og rengøringsmidler. Chloraminer har desinficerende virkning og anvendes bl.a. i svømmebade. Mono- og trimethylamin har primært industriel anvendelse.

Alifatiske aminer er letopløselige i vand, og har dermed ikke udpræget tendens til at blive adsorberet til partikler eller bundet og ophobet i sediment.

16.1 Overvågningsprogrammet

Alifatiske aminer indgik i NOVA-2003 alene i punktkildeprogrammet. Overvågningen omfattede otte stoffer, hvoraf de to er målt i spildevand og slam, mens alle er målt i spildevand fra industrielle udledere (tabel 16.1).

Tabel 16.1 Oversigt over alifatiske aminer i NOVA-2003. Ved de industrielle udledninger er der kun analyseret for de alifatiske aminer, der er relevant for den pågældende industri.

	Punktkilder		
	Spildevand	Slam	Industri
Chloraminer			x
Diethylamin	x	x	x
Dimethylamin	x	x	x
EDTA			x
Monomethylamin			x
Trimethylamin			x

16.2 Kildetyper og tilførsler

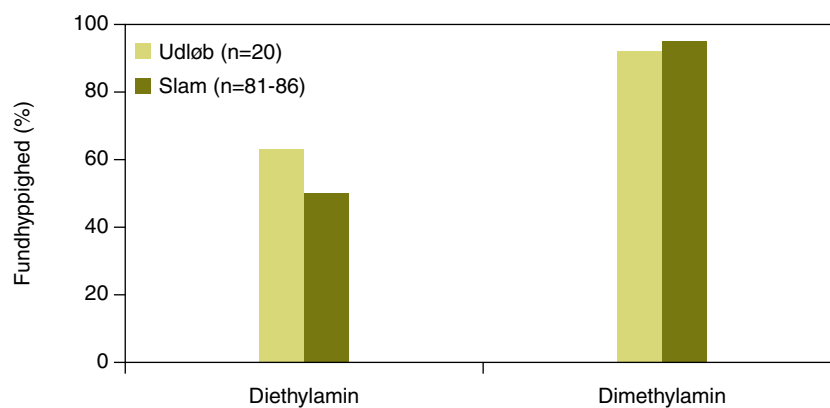
Alifatiske aminer tilføres spildevandet fra såvel husholdninger som industrien. Tilførslen til vandmiljøet sker via spildevand.

Spildevand og slam

Dimethylamin er den af de alifatiske aminer, der blev fundet med størst hyppighed og i højeste koncentrationer i såvel spildevand som slam (figur 16.1 og 16.2).

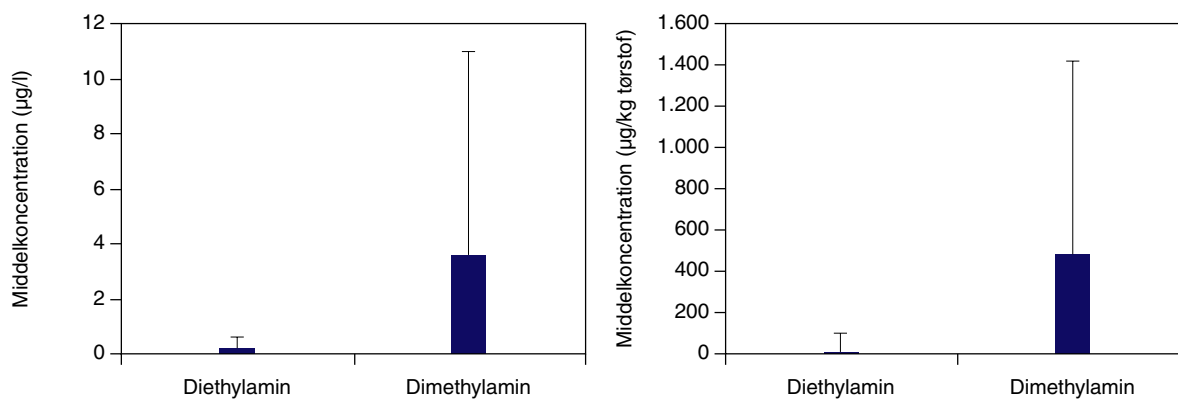
Dimethylamin blev på trods af stoffets vandopløselighed og ringe tendens til at blive partikulært bundet fundet i stort set alt det undersøgte slam. Diethylamin er ligeledes fundet hyppigt i slam.

Figur 16.1 Fundhyppighed af alifatiske aminer i udløb fra renseanlæg og slam i perioden 1998-2003. Hyppigheden er opgjort som % prøver med fund af antallet af analyserede prøver. n=antallet af prøver.



Figur 16.2 Middelkoncentration og 95%-fraktil af alifatiske aminer i udløb fra renseanlæg og slam i perioden 1998-2003.

Kvalitetskravet for overfladevand for diethylamin og dimethylamin på henholdsvis 100 µg/l og 10 µg/l. De fundne middelkoncentrationer af alifatiske aminer er lavere end begge disse kvalitetskrav.



17 PCB, dioxiner og chlorerede pesticider

Polychlorerede biphenyler (PCB), dioxiner og chlorerede pesticider med DDT som en af de mest kendte er blandt nogle af de første miljøgifte, der kom fokus på tilbage i 70'erne. Sammenkædningen mellem miljøgiftene og tyndskallede æg hos fugle var med til at kaste lys på problemer med miljøfremmede stoffer. Stofferne hører til det såkaldte beskidte dusin, der omfatter tolv stoffer eller stofgrupper, der er kendetegnet ved at være svært nedbrydelige, bioakkumulerbare og forekomme i stigende koncentrationer op gennem fødekæden.

Polychlorerede biphenyler (PCB) er en gruppe af chlorerede organiske stoffer. Dioxiner er en gruppe af polychlorerede dibenzo-p-dioxiner (PCDD) og polychlorerede dibenzofuraner (PCDF).

Gruppen af chlorerede pesticider omfatter en række "gamle" pesticider, som opfører sig i miljøet på en måde som svarer til PCB.

PCB, DDT og pesticidet gamma-HCH (lindan) samt visse dioxin- og furanforbindelser er på EU's liste over stoffer med dokumentation for hormonforstyrrende effekter, og en række PCB-forbindelser og furaner er på listen over potentielt hormonforstyrrende stoffer (se kap. 2.2).

17.1 Overvågningsprogrammet

PCB, dioxiner og chlorerede pesticider indgik i overvågningen af punktkilder og marine områder (tabel 17.1). I alt 17 forskellige forbindelser af dioxiner og furaner var med i overvågningen af slam. De chlorerede pesticider var med i overvågningen af grundvand og vandløb.

Tabel 17.1 Oversigt over PCB, dioxiner og furaner samt chlorerede pesticider i NOVA-2003. Ved de industrielle udledninger er der kun analyseret for de stoffer, der er relevant for den pågældende industri.

	Grund- vand	Vand- løb	Punktkilder			Marin	
			Spildevand	Slam	Industri	Biota	Sediment
Polychlorerede biphenyler (PCB)							
PCB #28, #31, #52, #101, #105, #118, #138, #153, #156, #180			x	x	x	x	x
Dioxiner og furaner				x	x		
Chlorerede pesticider							
DDT	x				x	x	x
DDE	x				x	x	x
Dieldrin	x	x	x	x	x	x	
Endrin	x	x	x	x	x	x	
Isodrin		x	x	x	x	x	
Gamma- HCH (lindan)	x		x	x	x	x	x

17.2 Forureningskilder

PCB er meget stabile stoffer, som er gode til at lede varme. Disse egenskaber gør dem egnede som elektriske isolatorer. Samtidig har de svært ved at brænde. Dette har betydet, at PCB har haft udbredt anvendelse i kondensatorer, transformatorer og visse andre elektriske apparater.

Siden 1998 har det været forbudt at sælge og importere apparater med PCB, og samtidig blev der indført restriktioner på anvendelse af apparater, som indeholder PCB. På trods af dette forbud findes PCB fortsat i omgivelserne, primært på grund af PCBs langsomme nedbrydelighed og evne til at bioakkumulere. Derimod bør yderligere tilførsel af PCB til omgivelserne være af meget begrænset omfang og alene begrundet i afgivelse fra de PCB-holdige produkter, der stadig er i anvendelse eller som kasseres.

Dioxiner og furaner kan dannes ved afbrænding af klorholdigt organisk materiale, hvilket betyder at tilførslen af disse stoffer til omgivelserne sker via luften ved atmosfærisk deposition. Forbrændingstemperaturen er afgørende for, om stofferne dannes.

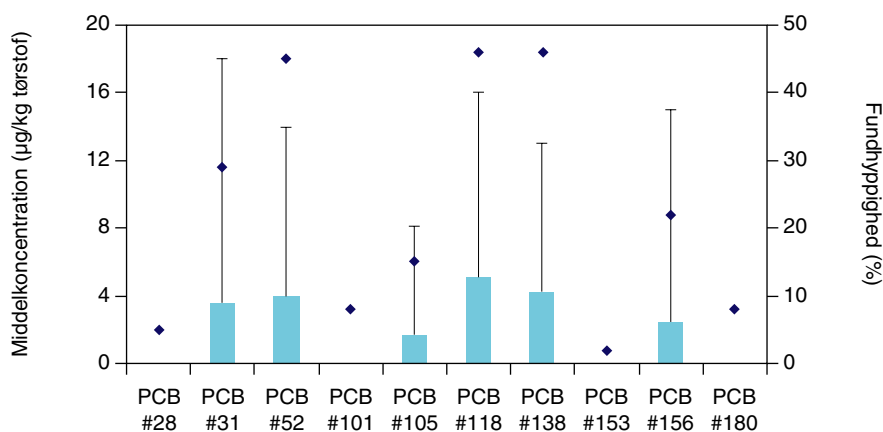
Det har siden 1992 været forbudt at anvende de "gamle" chlorerede pesticider i Danmark (*Miljøministeriet, 1992*). Dette udelukker imidlertid ikke, at stofferne forekommer i importerede produkter. Der er fastsat grænseværdier for indholdet i fødevarer. Som for PCB skyldes stoffernes forekomst i omgivelserne i dag primært tidligere tiders tilførsel af stofferne og deres langsomme nedbrydning samt evne til at bioakkumulere.

17.3 Spildevand, slam og marine områder

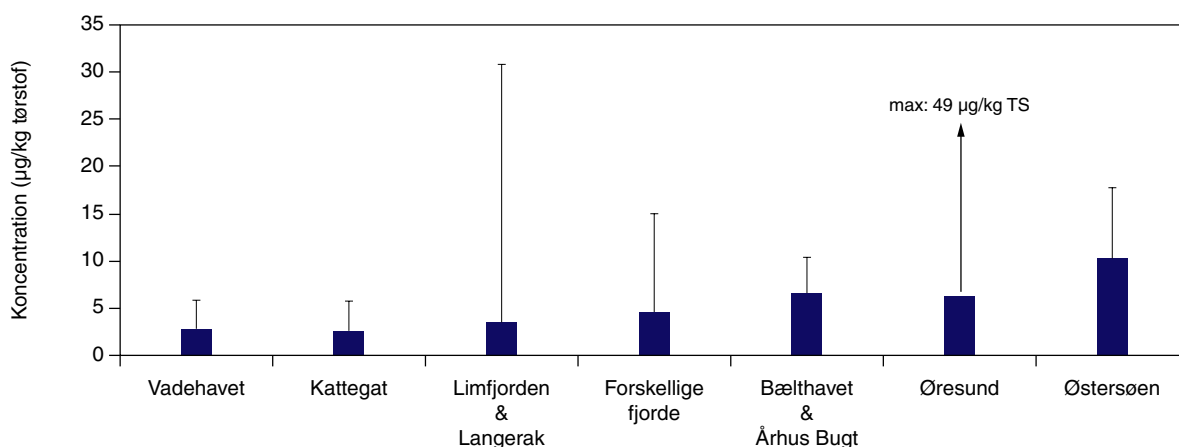
PCB

Der er ikke fundet PCB i udløb fra rensesanlæg. I spildevandsslam er de forskellige PCB forbindelser fundet i 2-46% af de analyserede prøver, middelmiddelt koncentrationen af de enkelte stoffer var mindre end 5 µg/kg TS (figur 17.1).

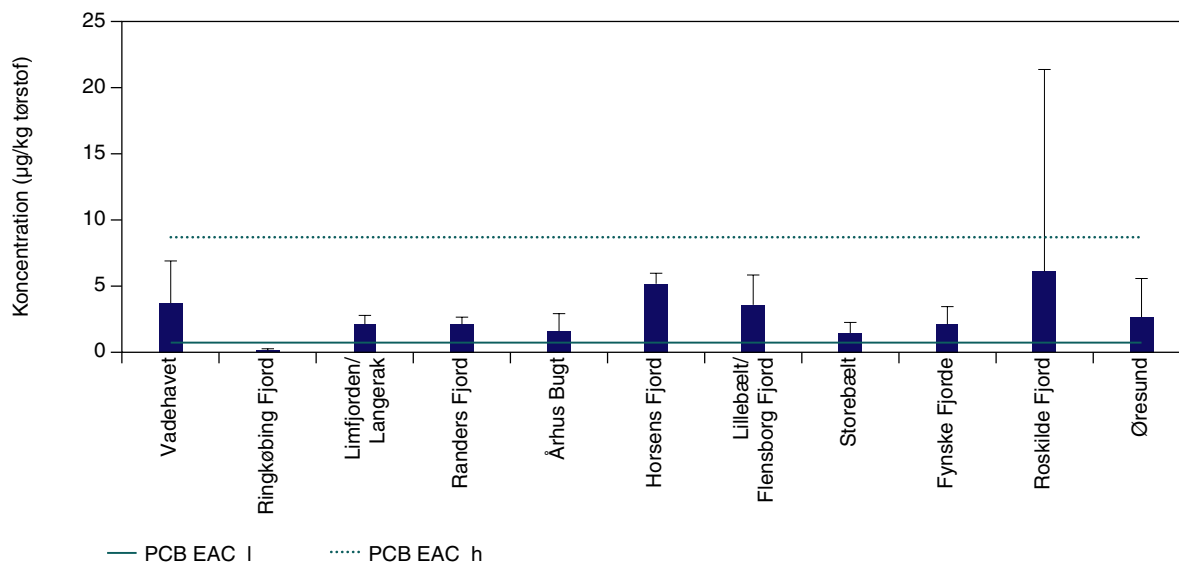
Figur 17.1 Fundhyppighed (bolle) og middelmiddelt koncentration samt 95-fraktil (søjle) af PCB forbindelser i slam i perioden 1998-2003. Middelmiddelt koncentrationen er ikke beregnet for forbindelser med fundhyppighed under 10%. Prøveantal: 58-65.



Figur 17.2 Median og maks-koncentration af PCB (sum af 7) i sediment fra kystnære og åbne dele af danske farvande.



Figur 17.3 Median- og maks-koncentration af PCB (sum af 7) i muslinger i kystnære dele af danske farvande samt OSPARs EAClav og EAC_høj (Ærtebjerg et al., 2004).



I marine områder er PCB fundet i både sediment og biota i varierende koncentrationer med den højeste mediankoncentration i sediment i Øresund (figur 17.2). PCB-indholdet i lever fra fladfish i Øresund er en faktor to til tre gange højere end i de øvrige områder, hvor fiskelever indgår i overvågningen.

I muslinger var PCB-indholdet i de fleste af undersøgte områder i intervallet mellem OSPARs økotoxikologiske kvalitetskriterier EAC-lav og EAC-høj (figur 17.3). EAC-værdierne er fastlagt således, at der sandsynligvis ikke vil opstå skader på miljøet, hvis koncentrationen er lavere end EAC-lav. Hvis koncentrationen overstiger EAC-høj, er der risiko for, at langtidspåvirkninger kan medføre effekter på de mest følsomme arter i økosystemet (OSPAR, 1998).

Ved 2 ud af 14 stationer er der konstateret et signifikant fald i PCB-koncentrationerne i muslinger i perioden 1998-2003, mens der er en stigning i PCB-indholdet i fiskelever i Storebælt.

Dioxiner og furaner

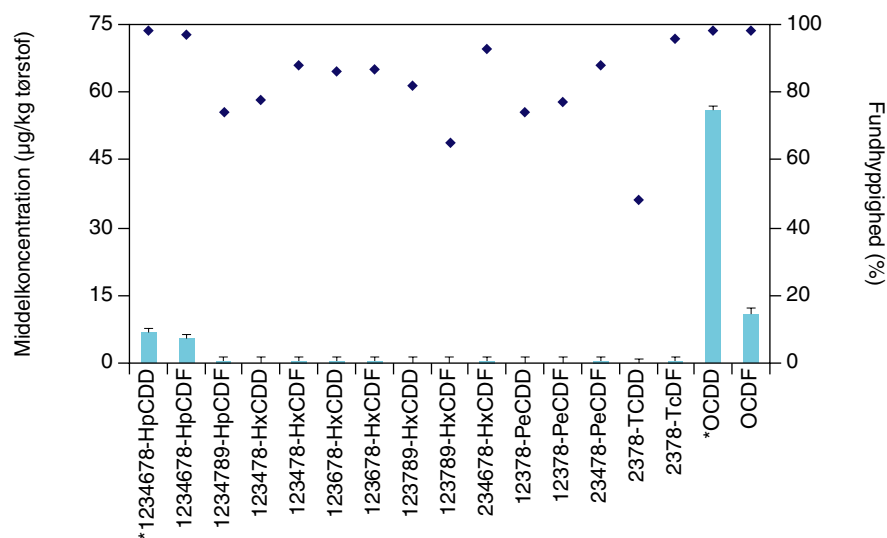
Dioxiner og furaner er fundet hyppigt i spildevandsslam (figur 17.4). De fleste af stofferne er fundet i lave koncentrationer med middel-

koncentrationer på 0,5 µg/kg TS og derunder og 95%-fraktiler på op til 3,2 µg/kg TS.

Fire stoffer: 1234678-HpCDD, 1234678-HpCDF, OCDD og OCDF er fundet med markant højere middelkoncentrationer end de øvrige. Det er samtidig de stoffer, der er fundet med størst hyppighed. Middelkoncentrationerne var for alle fire stoffer mere end 10 gange højere end medianværdien, hvilket skyldes enkelte høje koncentrationer. For tre af de fire stoffer er der i perioden 1998-2003 sket en reduktion i perioden 1998-2003. Indholdet af OCDD er reduceret på cirka 90% af renseanlæggene, og indholdet af 1234678-HpCDD og 1234678-HpCDF på cirka 2/3 af renseanlæggene.

Figur 17.4 Fundhyppighed (bolle) og middelkoncentration (søjle) samt 95%-fraktil af dioxiner og furaner slam i perioden 1998-2003.

*) Der indgår enkelte meget høje værdier i beregningen, 95%-fraktilen for OCDD og 1234678 HpCDD er henholdsvis 48 og 9,2 µg/kg TS.



Chlorerede pesticider

Der blev ikke fundet chlorerede pesticider i udløb eller slam fra renseanlæg, i de undersøgte vandløb eller i grundvand.

I muslinger fra marine områder er der fundet et lavt indhold af chlorerede pesticider svarende til den norske klassificering "ubetydelig til moderat forurenet" (*Statens Forurensningstilsyn, 1997*). I fiskelever var indholdet af DDT og nedbrydningsprodukter heraf samt af HCH-forbindelser højere i Øresund og Storebælt end i de øvrige undersøgte områder. Der ikke påvist indhold af chlorerede pesticider i marint sediment.

Koncentrationen af HCH i muslinger er i perioden 1998-2003 faldet signifikant i fem af de ni undersøgte områder, og DDE-koncentrationen er faldet signifikant i to ud af tolv områder.

18 Organotinforbindelser

Tributyltin er den af organotinforbindelserne, der har været mest i fokus, da stoffet har en specifik effekt på kønsorganerne hos snegle. Tributyltin (TBT) er et giftstof, der i vid udstrækning har været anvendt i bundmalinger til skibe for at forhindre begroning på skibsskrogene. TBT anses for at være et af de mest giftige stoffer, der med fortsæt er tilført havmiljøet. Danske farvande er særligt belastede pga. intens skibstrafik.

TBT og triphenyltin (TPhT) er lipofile stoffer der vil blive bundet i sediment, ligesom stofferne bioakkumuleres og er langsomt nedbrydelige. Det betyder, at man kan forvente, at TBT og de deraf følgende effekter forekommer i havmiljøet i en betydelig årrække, efter at brugen af stoffet er udfaset.

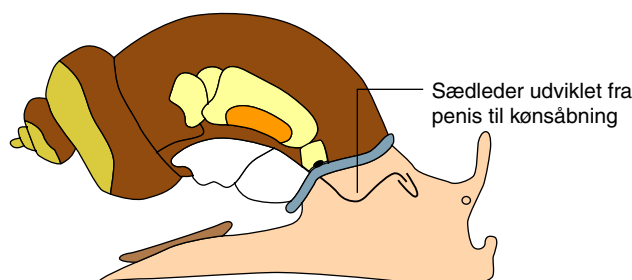
TBT og TPhT er på EU's liste over stoffer med dokumenteret hormonforstyrrende effekt. De to stoffer er ligeledes på Listen over uønskede stoffer 2004 (se kap. 2.2).

Effekt af tributyltin

TBT kan meget specifikt fremprovokere kønsændringer i ellers normalt særkønnede havsnegle selv ved meget lave koncentrationer (mindre end 1 milliardedel gram per liter). Undersøgelse af denne effekt hos snegle indgår i overvågningen af TBT.

Hos langt de fleste arter af skalbærende havsnegle er kønnene normalt adskilte hele livet, og havsneglene adskiller sig derfor fra de fleste landsnegle. De unormale kønsændringer giver sig udslag i, at hunsnegle begynder at udvikle synlige hanlige køns karakterer (figur 18.1). Fænomenet kaldes imposex eller intersex. Kønsændringerne sker, fordi TBT forrykker balancen mellem hanlige og hunlige køns-hormoner, dvs. androgener og østrogener, i en grad så niveauet af det hanlige kønshormon testosteron øges i sneglene. På grund af den maskuliniserende effekt virker TBT anderledes end mange andre kendte hormonforstyrrende stoffer, der i de fleste tilfælde virker feminiserende.

Figur 18.1. Imposex i en konksnegl. Penis og sædleder er udviklet i tillæg til hunnens normale kønsorganer.



Hidtil er imposex eller intersex påvist i 10 danske arter af havsnegle. Der er dog betydelige artsmæssige forskelle i, hvor følsomme de er. Hos visse arter som purpursnegl og rødkonk har størstedelen af hunnerne, hvis ikke alle, udviklet disse kønsændringer, selv i de åbne danske farvande.

18.1 Overvågningsprogrammet

Organotinforbindelser indgik alene i overvågningen af det marine miljø (tabel 18.1). Overvågningen omfattede fire stoffer, hvoraf TBT og TPhT er aktive stoffer, mens monobutyltin (MBT) og dibutyltin (DBT) er såvel aktive stoffer som nedbrydningsprodukter af TBT.

Tabel 18.1 Oversigt over organotinforbindelser i NOVA-2003.

	Marine områder		
	Sediment	Biota (muslinger)	Snegle
n-Monobutyltin (MBT)	x	x	
Dibutyltin (DBT)	x	x	
n-Tributyltin (TBT)	x	x	
Triphenyltin (TPhT)	x	x	
Imposex			x

18.2 Forureningskilder

TBT blev introduceret i skibsmalinger i 1960'erne. To hændelser satte fokus på problemerne ved TBT. I starten af 1980'erne indtraf der pludselig en dramatisk nedgang i den franske produktion af østers i visse fjordområder. Yderligere opdagede man, at purpursnegle var forsvundet fra flere områder i England. Disse problemer blev specifikt koblet til brugen af TBT i bundmalinger.

Siden 1991 har der været et dansk forbud mod brug af TBT på lystbåde (< 25 m), men opmærksomheden har efterfølgende også været rettet mod den fortsatte brug på de store skibe, bl.a. inden for EU og den internationale søfartsorganisation, IMO. Det har resulteret i, at der arbejdes hen mod et endeligt forbud mod TBT på de ydre overflader af skibsskrogene gældende fra 2008.

TPhT har også været anvendt som antibegroningsmiddel til skibe. Derudover har TPhT været anvendt som fungicid i bl.a. kartoffelavl.

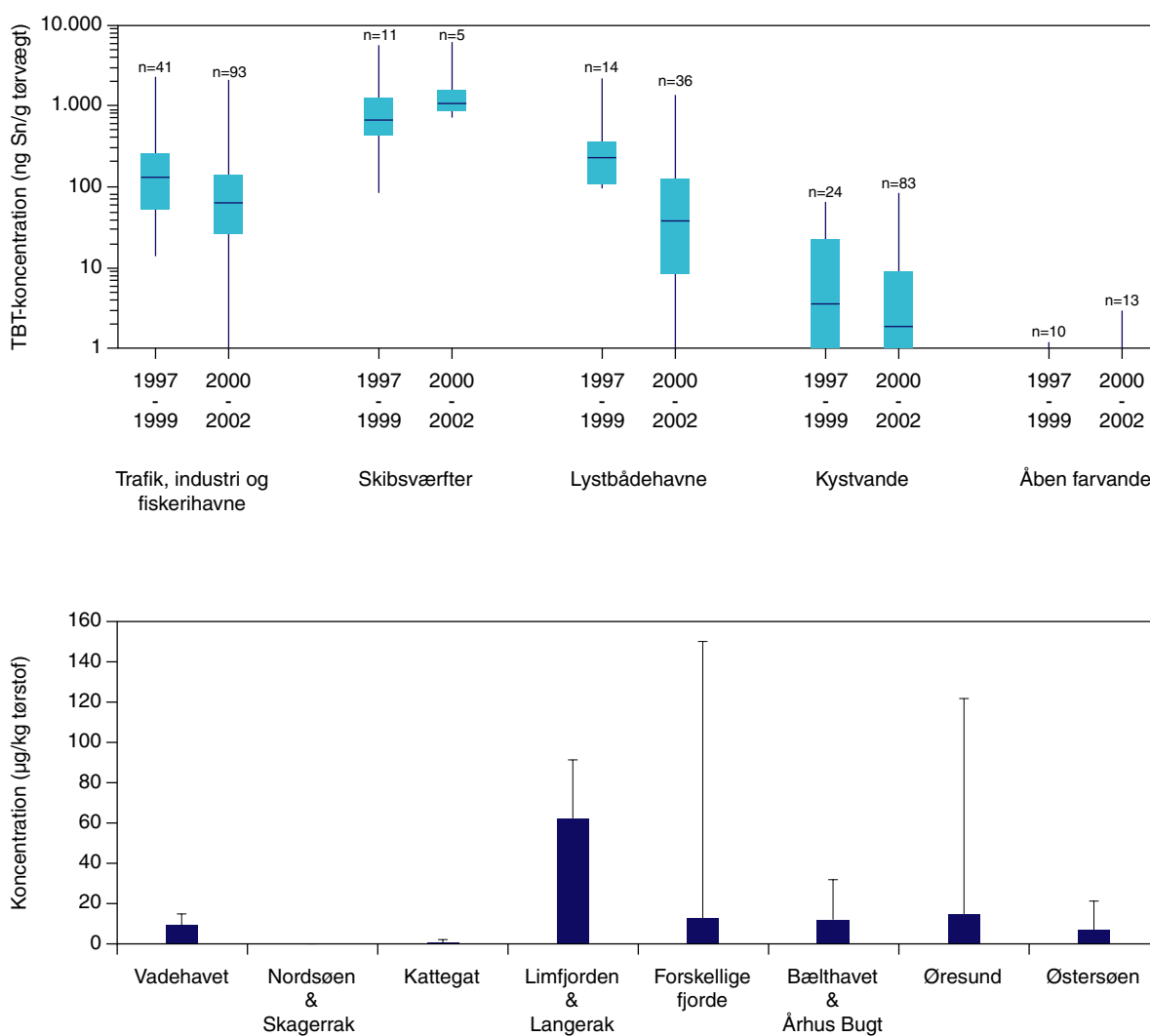
DBT og MBT har været anvendt industrielt i visse plast- og silikone-materialer.

TBT er i Danmark fundet i spildevand og slam samt i ferskvandsmiljøer i bl.a. en undersøgelse i Århus Amt (*Århus Amt, 1998*).

18.3 Marine områder

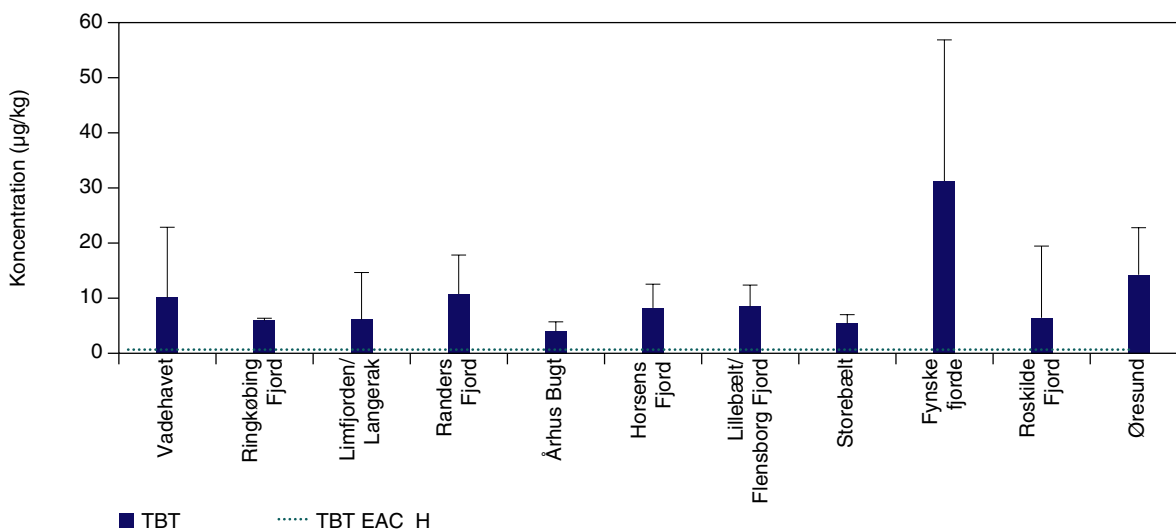
TBT er fundet i sedimentet i alle de undersøgte kystvande. De højeste TBT koncentrationer forekom inde i og i umiddelbar nærhed af havneområder (figur 18.2), men også i flere fjordområder forekom der høje niveauer (figur 18.3). I de åbne farvande var koncentrationen i vandet næsten overalt lavere end detektionsgrænsen på 1 µg/kg TS, som imidlertid var 20 gange højere end EAC-høj. Ved koncentrationer højere end EAC-høj kan der forventes udbredt forekomst af effekter. I alle de undersøgte kystvande er der fundet koncentrationer, der var højere end denne værdi, hvilket betyder, at der kan forventes udbredte effekter.

Figur 18.2 TBT-koncentration i sediment i forskellige typer af danske marine områder i 1997-2002 (Ærtebjerg et al., 2004). n=prøveantal.



Figur 18.3 Median- og maks-koncentration af TBT i sediment fra kystnære samt åbne dele af danske farvande.

I muslinger var der i alle de undersøgte kystnære områder så højt TBT-indhold, at der ved en vurdering ud fra OSPARs vejledende kvalitetskriterier var en væsentlig risiko for forekomst af effekter (figur 18.4).



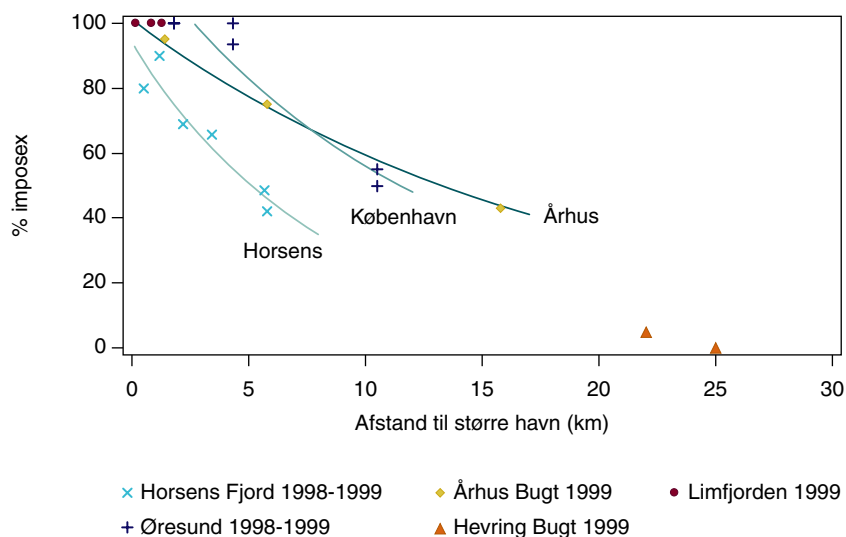
Figur 18.4 Middel- og maks-koncentration af TBT i muslinger fra kystnære områder (Ærtebjerg et al. 2004).

Imposex i snegle

I de indre danske farvande er der i perioden fra 1997 til 2000 med en enkelt undtagelse fundet tegn på imposex hos alle 330 undersøgte hunner af rødskonk. I andre arter som f.eks. almindelig strandsnegl blev der kun fundet kønsændringer i nærheden af havneområder.

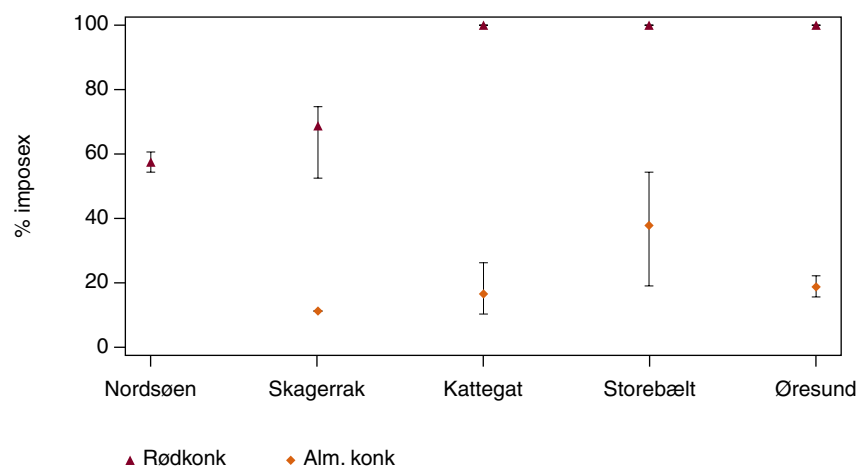
Omkring havneområder var kønsændringerne også oftest de mest fremskredne, og mange steder forekom der sterile snegle (figur 18.5). Hyppigheden af imposex i dværskonk og alm. strandsnegl var aftagende med afstanden fra havneområder.

Figur 18.5 Andelen af hunner med imposex i dværskonk aftager med afstanden til nærmeste større havn i forskellige kystnære områder.



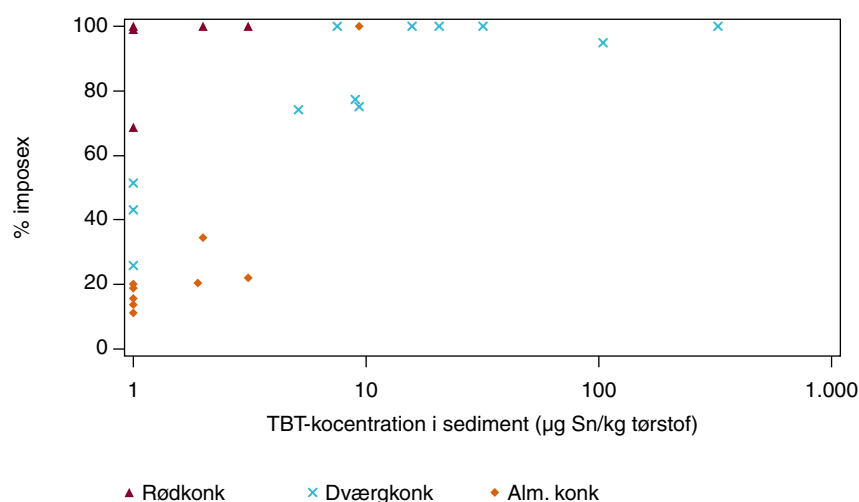
I de åbne danske farvande er der fundet synlige effekter på almindelig konk og rødskonk selv på 100 m's dybde i Nordsøen og Skagerrak, men i mildere grad end i de indre danske farvande (figur 18.6).

Figur 18.6 Andel af hunner med imposex hos rødkonk og alm. konk fra 5 danske farvandsafsnit i 2000, angivet som min.- og maks.-værdier omkring vægtede middelværdier.



Høje niveauer af imposex forekom selv i rødkonk indsamlet i områder, hvor TBT-koncentrationen i sediment var mindre end 1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (figur 18.7).

Figur 18.7 Sammenhæng mellem andelen af konk-snegle med imposex og TBT-koncentrationen i sediment. Data er kun medtaget hvor både snegle og sediment er indsamlet i samme områder.



Imposex var ikke observeret i Danmark i almindelig konk og rødkonk, før TBT blev introduceret på markedet.

19 Medicinstoffer i gylle og dambrug

Medicinrester bliver udskilt fra organismen i urin eller fæces, det gælder hvad enten der er tale om mennesker, husdyr eller dambrugsfisk. Udskillelsen sker uden omdannelse af stofferne eller efter omdannelse til metabolitter, som kan tilføres til omgivelserne via spildevand eller direkte udledning.

Medicinstoffer og deres metabolitter er stoffer med forskellige kemiske egenskaber, og er derfor ikke en stofgruppe der har samme egenskaber og opførsel i omgivelserne.

19.1 Undersøgellesprogrammet

Medicinstoffer indgik i overvågning af gylle og ved dambrug. Der indgik ikke undersøgelse af andre kilder til medicinstoffer, f.eks. tilførsel til renseanlæg.

Gylleundersøgelsen omfattede følgende antibiotika:

- sulfadiazin
- sulfadimidin
- sulfatroxazol
- sulfadoxin
- sulfamethoxazol
- trimethoprim
- tylosin
- tiamulin.

De 8 antibiotika udgjorde mindre end 30% af antibiotikaforbruget i landbruget i 2001, der var på ca. 91 tons. De resterende 70%, som fordeles sig mellem tetracykliner, penicilliner eller aminoglycosider, er ikke medtaget i undersøgelsen, da der ikke forelå anvendelige analysemetoder på undersøgelsestidspunktet.

Ved ferskvands- og saltvandsdambrug indgik medicinstofferne i overvågningen i form af indberetning af oplysninger om dambrugenes forbrug af sygdomsbekæmpelsesmidler og hjælpestoffer. Der er i andre undersøgelser gennemført målinger af forekomsten af antibiotika i vandmiljøet, bl.a. i en undersøgelse af biologiske halveringstider, sedimentation og omdannelse af hjælpestoffer og medicin i dam- og havbrug (Pedersen, 2004).

19.2 Forureningskilder

Den humane medicin vil kunne føres videre med urin og fæces til rensningsanlæg, hvorfra det med spildevand eller slam kan føres videre ud i miljøet. Medicin, der anvendes i landbrug, vil blive ført til gylle, der ligesom slam fra rensningsanlæg spredes ud på markerne. Fra marken kan det videreføres til dræn og vandløb, enten bundet til partikler eller i opløst form.

Dambrugsfisk behandles mod bakterielle sygdomme med antibiotika belagt på tørre foderpiller, som tilføres direkte til vandet i dammen, hvor fiskene snapper dem. Behandlingen gentages dagligt i 8-10 dage. Antibiotika kan formodentlig "lække" fra foderpillerne, eller medicinen kan udskilles over gællerne til vandfasen. Fra fækaliene kan der opløses medicin, eller stofferne kan bindes i slammet som senere spredes på markerne. Mængden af medicin, der tilføres vandområderne er ikke opgjort. Bidragene fra gylle og dambrug vil være mindre end de her opgjorte indhold og forbrug.

Gylle

I 67% af de undersøgte gylleprøver blev der fundet et eller flere af de analyserede antibiotika med størst hyppighed af sulfadiazin og sulfadimidin (tabel 19.1). Trimethoprim og sulfamethoxazol blev ikke fundet i nogen af prøverne.

Tabel 19.1 Fund af antibiotika i gylle (Schwærter et al., 2003).

Antibiotika	Total fund %	Kvæggylle fund % (n=19)	Kvæggylle-øko fund % (n=8)	Svinegylle fund % (n=18)
Sulfadiazin	24	24	13	33
Sulfadimidin	24	41	50	0
Sulfatroxazol	18	0	0	33
Sulfadoxin	9	0	0	22
Sulfamethoxazol	0	0	0	0
Trimethoprim	0	0	0	0
Tylosin	7	0	0	17
Tiamulin	22	0	0	50

De højeste koncentrationer blev fundet i svinegylle. Gennemsnitskoncentrationen i svinegylle var på $1,3 \pm 1,88$ mg antibiotika /kg tørstof, mens den i henholdsvis kvæggylle og økologisk kvæggylle var $0,12 \pm 0,16$ mg/kg TS og $0,093 \pm 0,12$ mg/kg TS.

Dambrug

På ferskvandsdambrug har forbruget af medicin og hjælpestoffer været stort set uændret i perioden 1998-2003 (tabel 19.2).

For havbrug og saltvanddambrug er der alene oplysninger om forbrug af antibiotika, jf. tabel 19.3. Forbruget synes ikke at være faldende.

Tabel 19.2 Forbrug af medicin og hjælpestoffer i ferskvandsdambrug, 1998-2003 (Miljøstyrelsen, 2005a).

Stofstype	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Hjælpestoffer						
kalk, tons	1.251	1.491	1.243	1.299	1.100	1.130
formalin, liter	163.634	92.252	108.843	136.608	134.751	151.284
blåsten, (CuSO ₄), kg	10.190	8.052	7.294	7.809	8.772	7.747
kloramin-T, kg	10.481	8.020	7.352	9.652	8.769	7.147
brintoverilteprod., liter	389	1.114	4.178	2.941	7.210	5.271
natriumcarbonater, kg	1.140	20.306	11.696	8.434	23.703	3.598
natrium Chlorid, kg	2.175	90	400	8.550	67.100	41.200
Benzalkoniumchlorid	-	-	-	-	-	10
Medicin, antibiotika, kg aktivt stof						
Amoxylin	48	22	30	1	0,2	-
Amoxylintrihydrat	24	19,5	10	0,5	18	8
Oxylinsyre	163	248	283	157	337	141
Oxytetracyclin	1	7	28	4	6	13
Sulfadiazin	3	136	344	324	800	746
Trimethoprim	-	-	121	168	169	156
Benzokain	2	3,5	2,5	-	-	-
Florfenicol	-	-	28	1	41	55
vacciner (liter)	18	31	678	227	1.178	1.001
Foder m. antibiotika, kg						
Tribissen	28.353	1.440	-	-	-	-
Aquavet	41.371	415	-	-	-	-
Florfenicol	-	-	-	-	-	2.853

Tabel 19.3 Forbrug af antibiotika i saltvandsbaseret fiskeopdræt, 1995-2003 (Miljøstyrelsen, 2005a).

Stofstype	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
anbibiotika, kg	1.428	1.094	2.749	841	2.455	798	933	2.039	1.361

20 Referencer

- Ambjerg-Nielsen, K., Hvidtved-Jacobsen, T., Ledin, A., Auffarth, K., Mikkelsen, P.S., Baun, A., Kjølholt, J. 2002: Bearbejdning af målinger af regnbetingede udledninger fra Npo og miljøfremmede stoffer fra fællessystemer i forbindelse med NOVA-2003. Miljøprojekt nr. 701 fra Miljøstyrelsen.
- Bøgestrand, J. (red.) 2002: Vandløb 2001. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. 40s. – Faglig rapport fra DMU nr. 422 (elektronisk). <http://faglige-rapporter.dmu.dk>.
- Bøgestrand, J. (red.) 2004: Vandløb 2004. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. 54 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 516. <http://faglige-rapporter.dmu.dk>.
- Crommentuijn, T., Kalf, D.F., Polder, M.D., Posthumus, R. & van de Plassche, E.J. 1997: Maximum permissible concentrations and negligible concentrations for pesticides. Annex to report no. 601501 002. National Institute of Public Health and the Environment. Bilthoven, the Netherlands.
- Dahllöf, I & Andersen, J.H. 2005: Contaminants in Danish Marine waters. In press.
- DHI-Institut for Vand og Miljø 2000: Forslag til vandkvalitetsstandarder for udvalgte tungmetaller, B-stoffer og PAH'er. Notat af juni 2000 til Miljøstyrelsen.
- Ellermann, T., Hertel, O., Ambelas Skjøth, C., Kemp, K. & Monies, C. 2004: Atmosfærisk deposition 2003. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. 47 s.- Faglig rapport fra DMU, nr. 519. <http://faglige-rapporter.dmu.dk>.
- Ellermann, T., Andersen, H.V., Monies, C., Kemp, K., Bossi, R., Mogenssen, B.B., Løfstrøm, P., Christensen, J. & Frohn, L.M. 2005: Atmosfærisk deposition 2004. NOVANA. Danmarks Miljøundersøgelser. 76 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 555. <http://faglige-rapporter.dmu.dk>.
- Engvild, K.C. 2000: Naturlige Halogenforekomster. I: Kemiske stoffer i miljøet (Red: Helweg, A.).
- Essink, K., Dettmann, C., Farhe, H., Laursen, K., Lüerßen, G., Marenic, H. & Wiersinga, W. 2005: Wadden Sea Quality Status Report 2004. Wadden Sea Ecosystem No. 19.
- Europa-parlamentets og rådets beslutning nr. 2455/2001/EF om vedtagelse af en liste over prioriterede stoffer inden for vandpolitik og om ændring af direktiv 2000/60/EF af 20. november 2001.
- Fødevarestyrelsen <http://www.foedevarestyrelsen.dk/FDir/Publications/2005001/Rapport.pdf>.

GEUS 1999: Teknisk anvisning for grundvandsovervågning.

GEUS 2002: Grundvandsovervågning 2002.

GEUS 2003: Grundvandsovervågning 2003.

GEUS 2004: Grundvandsovervågning 2004.

Grant, R., Blicher-Mathiesen, B., Pedersen, M.L., Jensen, P.G., Pedersen, M. & Rasmussen, P. 2003: Landovervågningsoplande, 2002. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser 132 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 468 (elektronisk). <http://faglige-rapporter.dmu.dk>.

Grant, R., Blicher-Mathiesen, G., Jensen, P.G., Clausen, B., Pedersen, M.L. & Rasmussen, P. 2004: Landovervågningsoplande, 2003. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser 118 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 514 (elektronisk). <http://faglige-rapporter.dmu.dk>.

Illerup, J.B., Nielsen, M., Winther, M., Mikkelsen, M.H., Lyck, E., Hoffmann, L. & Fauser, P. 2004: Annual Danish Emissions Inventory Report to UNECE. Inventories 1990-2002. National Environmental Research Institute. - Research Notes from NERI 202: 490 pp. (electronic). [Internet udgave](http://www.dmu.dk/Internet/udgave)

Jensen, J.P., Søndergaard, M., Bjerring, R., Lauridsen, T.L., Jeppesen, E., Poulsen, A. & Sortkjær, L. 2002: Søer 2001. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser 80 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 421 (elektronisk). <http://faglige-rapporter.dmu.dk>.

Jensen, J.P., Søndergaard, M., Jeppesen, E., Lauridsen, T.L., Liboriusen, L., Landkildehus, F. & Sortkjær, L. 2004: Søer 2003. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser 88 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 515 (elektronisk). <http://faglige-rapporter.dmu.dk>.

Jensen, T.F., Larsen, F., Kjøller, C. & Larsen, J.W. 2003: Nikkelfrigivelse ved pyritoxidation forårsaget af barometerånding/-pumpning. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 5.

Kaas H. & Markager, S. 1998: Teknisk anvisning for marin overvågning. Danmarks Miljøundersøgelser. <http://www.dmu.dk/Overvågning/Fagdatacentre/Det+Marine+Fagdatacenter/Tekniske+anvisninger+NOVANA+2004-2009/Tekniske+anvisninger+NOVANA+2004-2009.htm>.

Kronvang, B., Søndergaard, M., Mogensen, B., Nyeland, B., Andersen, K.J., Schwærter, R.C. & Nielsen, P.V. 1999: Overvågning af miljøfremmede stoffer i ferskvand. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser 27 s. - Teknisk anvisning fra DMU nr. 17.

Kristoffersen, P. & Møller, J. 2001: Undersøgelse af pesticidforbruget på offentlige arealer i 1999 og 2000. Bekæmpelsesmiddelforskning fra Miljøstyrelsen nr. 54.

Københavns Kommune 2004: Notat af 2004 om opland Toftøjevej.

- Ludvigsen, G.H. & Lode, O. 2001: Jordmonnsovervåking i Norge. Pesticider 1999. Landbruksdepartementet, Statens Fourensnings-tilsyn. 109 s. - Jordforsk rapport nr. 22/01 (elektronisk) <http://www.sft.no/publikasjoner/overvaking/1786/ta1786.pdf>.
- Miljøministeriet 1992: Bekendtgørelsen nr. 208 om forbud mod bekæmpelsesmidler, der indeholder visse stoffer af 26. marts 1992.
- Miljøministeriet 2003: Bekendtgørelse nr. 623 om anvendelse af affald til jordbrugsformål af 30. juni 2003.
- Miljø- og Energiministeriet 1996: Bekendtgørelsen nr. 921 om kvalitetskrav for vandområder og krav til udledning af visse farlige stoffer til vandløb, søer eller havet af 8. oktober 1996.
- Miljø- og Energiministeriet 1999: Bekendtgørelsen nr. 151 om forbud mod phthalater i legetøj til børn i alderen 0-3 år samt i visse småbørnsartikler m.v. af 15. marts 1999.
- Miljø- og Energiministeriet og Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri 2000: Pesticidhandlingsplan II. <http://www.mst.dk/kemi/Word/03020400.doc>.
- Miljø- og Energiministeriet 2001: Bekendtgørelsen nr. 871 om vandkvalitetskrav og tilsyn med vandforsyningsanlæg af 21. september 2001.
- Miljøstyrelsen 1995: Water quality criteria for selected priority substances. Working Report No. 44.
- Miljøstyrelsen 1996: Bekæmpelsesmiddelstatistik 1995. Orientering nr. 8.
- Miljøstyrelsen 1997a: Boringskontrol på vandværker. Vejledning nr. 2.
- Miljøstyrelsen 1997b: Miljøfremmede stoffer i overfladeafstrømning fra befæstede arealer. Miljøprojekt nr. 355.
- Miljøstyrelsen 1999a: Restprodukters påvirkning af grund- og indvindingsvand. Miljøprojekt nr. 467.
- Miljøstyrelsen 1999b: Bekæmpelsesmiddelstatistik 1998. Orientering nr. 5.
- Miljøstyrelsen 1999c: Teknisk anvisning for prøvetagning for punktkilder. Version 2, november 1999.
- Miljøstyrelsen 2000: NOVA-2003. Programbeskrivelse for det nationale program for overvågning af vandmiljøet 1998-2003. Redegørelse fra Miljøstyrelsen nr. 1.
- Miljøstyrelsen 2001a: Opgørelse af Miljøstyrelsens overvågningsbehov frem til 2009. Notat af 19. september 2001. www.dmu.dk.
- Miljøstyrelsen 2001b: Punktkilder 2000. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 13.

- Miljøstyrelsen 2002: Bearbejdning af målinger fra regnbetingede udløbninger af Npo og miljøfremmede stoffer fra fællessystemer i forbindelse med NOVA-2003. Miljøprojekt nr. 701.
- Miljøstyrelsen 2003a: Pesticides in Streams and Subsurface Drainage Water within Two Arable Catchmentss in Denmark: Pesticide Application, Concentration, Transport and Fate. Pesticide Research nr. 69.
- Miljøstyrelsen 2003b: Afgivelse og vurdering af stoffer fra udvalgte elektriske og elektroniske produkter. www.mst.dk. Opdateret 27/06/2003.
- Miljøstyrelsen 2004a: Listen over uønskede stoffer 2004. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 8.
- Miljøstyrelsen 2004b: Tilførsel af cadmium til dansk jordbrug via fosforholdig handelsgødning 1984-2002. www.mst.dk/kemi/02310000.htm. Opdateret 12/05/2004.
- Miljøstyrelsen 2004c: 22 hormonforstyrrende aktivstoffer - kortlægning over anvendelse i andre produkter end plantebeskyttelsesmidler. Miljøprojekt nr. 933. <http://www.mst.dk/default.asp?Sub=http://www.mst.dk/udgiv/publikationer/2004/87-7614-314-7/html/kap02.htm>.
- Miljøstyrelsen 2005a: Punktkilder 2003 revideret udgave. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 1 .
- Miljøstyrelsen 2005b: Oversigt over godkendte bekæmpelsesmidler. <http://www.mst.dk/>.
- Miljøstyrelsen 2005c: Bekæmpelsesmiddelstatistik 2004. Orientering nr. 6.
- Nordjyllands Amt 2004: Det intensive måleprogram for de regnbetingede udløb 2001-2003 – Sulsted oplandet, april 2004.
- OSPAR 1998: Report of the Third OSPAR Workshop on Ecotoxicological Assessment Criteria. (EAC), The Hague: 25-29 November 1996, Oslo and Paris Commissions, 1998.
- OSPAR 2001: Nonylphenol/Nonylphenolethoxylates. Hazardous substances series.
- Pedersen, B. 1996: Trace metals in the Danish Marine Environment. – OSPAR Proceedings for North Sea Quality. Status Report 1993: pp. 332-333.
- Pedersen, L-F., Sortkjær, O., Bruun, M. S., Dalsgaard, I. og Pedersen, P. B. 2004: Undersøgelse af biologiske halveringstider, sedimentation og omdannelse af hjælpestoffer og medicin i dam- og havbrug, samt parameterfastsættelse og verifikation af udviklet dambrugsmodel. Supplerende teknisk anvisning til DFU-rapport nr. 135-04.

- Scott-Fordsmann, J.J., J. Jensen, M.B. Pedersen & P.Folker-Hansen 1995: Økotoksikologiske jordkvalitetskriterier. Udvalgte stoffer og stofgrupper. Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen nr. 13.
- Schwærter, R. C. og Grant R. 2003: Undersøgelse af miljøfremmede stoffer i gylle. Danmarks Miljøundersøgelser. 62 s. - Faglig rapport fra DMU, nr. 430. <http://faglige-rapporter.dmu.dk>.
- SPIN-database: <http://www.spin2000.net/spin.html>.
- Statens Forurensningstilsyn (SFT) 1997: Klassificering av miljøkvalitet i fjorde og kyst farvann. Statens Forurensningstilsyn (SFT), Oslo, Norge. Vejledning nr. 97:03.
- Vestreng, V. 2003: Review and Revision, Emission data reported to CLRTAP, MSC-W Status Report 2003 EMEP/MSC-W NOTE 1/2003, Norsk Meteorologisk Institutt, Oslo. http://www.emep.int/reports/mscw_note_1_2003.pdf og WEBDAB (2004) <http://webdab.emep.int/>.
- Ærtebjerg, G. & Andersen, J.H. (red.), Bendtsen, J., Carstensen, J., Christiansen, T., Dahl, K., Dahllöf, I., Ellermann, T., Fossing, H., Greve, T.M., Gustafsson, K., Hansen, J.L.S., Henriksen, P., Josefson, A.B., Krause-Jensen, D., Larsen, M.M, Markager, S., Nielsen, T.G., Ovesen, N.B., Petersen, J.K., Riemann, B., Risgaard-Petersen, N., Ambelas Skjøth, C., Stedmon, C., Strand, J., Nielsen, S.P., Jensen, J.B & Madsen, H.B. 2004: Marine områder 2003 – Miljøtilstand og udvikling. Danmarks Miljøundersøgelser 97 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 513. <http://faglige-rapporter.dmu.dk>.
- Århus Amt 1996: Undersøgelser af miljøfremmede stoffer i Århus Amt – fase 1, 1996. Teknisk rapport.
- Århus Amt 1998: Undersøgelser af miljøfremmede stoffer i Århus Amt – fase 2 og 3, 1997 - 1998. Teknisk rapport.
- Århus Amt 2001: Intersex og andre effekter på reproduktionssystemet i skalle og bækørred - relationer til østrogener og østrogenlignende stoffer. Teknisk rapport.

Bilag

1 Tungmetaller

1.1 Tungmetaller i udløb fra renseanlæg, 1998-2003

Stofnavn	Udløb				
	Middel µg/l	95 % µg/l	Antal analyser	Andel analyser > DG, %	Kvalitetskrav til overfladevand* µg/l
arsen	1,3	5,3	276	42	**
bly	1,9	5,3	276	64	5,6(salt); 3,2 (fersk)
cadmium	0,09	0,5	265	34	2,5 (salt); 5,0 (fersk)
chrom	2,3	9,5	276	67	1,0 (salt); 10 (fersk)
kobber	6,7	23	282	88	2,9 (salt); 12 (fersk)***
kviksølv	0,09	0,3	265	32	0,3 (salt); 1,0 (fersk)
nikkel	6,4	16	284	93	8,3 (salt); 160 (fersk)
zink	91	252	281	100	86 (salt); 110 (fersk)

*Bekendtgørelse om kvalitetskrav til overfladevand nr. 921 (*Miljø- og Energiministeriet, 1996*)

** Miljøstyrelsens forslag: 1 µg/l (*DHI, 2000*)

*** Miljøstyrelsens forslag: 1,0 µg/l tilføjet til baggrundskoncentration på ca. 0,25 µg/l.

1.2 Tungmetaller i slam fra renseanlæg, 1998-2003

Stofnavn	Slam			
	Middel mg/kgTS	95 % fraktil mg/kgTS	Antal analyser	Andel analyser over DG %
arsen	7	16	74	97
bly	64	126	75	100
cadmium	1,7	3,8	75	100
chrom	29	57	73	100
kobber	287	580	75	100
kviksølv	1,3	4,3	73	99
nikkel	26	50	75	100
zink	789	1.400	75	100

1.3 Tungmetaller i overløb fra fælleskloakerede områder

Stofnavn	Overløb fælleskloak	
	Skønnet koncentration* µg/l	Skønnet mængde kg/år
arsen	1,5 - 15	55 - 553
bly	10 - 70	368 - 2.579
cadmium	0,1 - 1,5	3,7 - 55
chrom	0,5 - 40	18 - 1.474
kobber	4 - 200	147 - 7.368
kviksølv	0,005 - 0,2	0,2 - 7,4
nikkel	1 - 20	37 - 737
zink	100 - 500	3.684 - 18.420

* Reference: Miljøprojekt nr. 701/2002, "Bearbejdning af målinger af regnbetingede udledninger af Npo og miljøfremmede stoffer fra fællessystemer i forbindelse med NOVA 2003."

1.4 Tungmetaller i separat regnvandsudløb i Sulsted, Nordjyllands Amt*

Stofnavn	Separat regnvandsudløb	
	Median µg/l	Måleinterval µg/l
bly	5,4	3,8 - 12
chrom	1,6	1,0 - 4,6
kobber	3,7	1,0 - 11
zink	63	5 - 130

* Reference: Nordjyllands Amt, "Det intensive måleprogram for de regnbetingede udløb 2001-2003 – Sulsted oplandet", april 2004.

1.5 Samlet udledning af tungmetaller

Stofnavn	Udløb renseanlæg (1998-2003)*	Industrielle udledninger (2001-2003)	Spredt bebyggelse	
	kg/år	kg/år	Personbelastning** mg/PE/døgn	Skønnet mængde*** kg/år
arsen	981	4,52	0,80	105
bly	1.402	8,49	3,05	223
cadmium	72	4,10	0,09	12
chrom	1.762	36,5	2,3	167
kobber	5.066	73,5	15	1.090
kviksølv	66	0,94	0,06	6
nikkel	4.817	128	2,5	329
zink	69.147	277	59	6.017

* Baseret på gennemsnit af udledte vandmængde over årene 1998-2003

**Reference: Personbelastningen er beregnet på baggrund af tilløbmålinger på ni renseanlæg belastet alene med husspildevand. Målingerne dækker årene 1998- 2003, jf. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 1/2005 "Punktkilder 2003", side 44.

*** Reference: Anvendte rensegrader fremgår af Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 13/2001 "Punktkilder 2000", side 60.

2 Pesticider

2.1 Pesticider i udløb fra renseanlæg, 1998-2003

Stofnavn og gruppe	Udløb			
	Middel µg/l	95 % fraktil µg/l	Antal analyser	Andel analyser > DG (%)
aldrin	-		200	0
dieldrin	-		195	0
endrin	-		195	0
gamma lindan (HCH)	-		195	0
isodrin	-		196	0

"-": mindre end 10 % af analyserne er over detektionsgrænsen

* Bekendtgørelse om kvalitetskrav til overfladevand nr. 921 (*Miljø- og Energiministeriet, 1996*).

2.2 Pesticider i slam fra renseanlæg, 1998-2003

Stofnavn	Slam		
	Middel	95 % fraktil	Antal analyser
	µg/kgTS	µg/kgTS	Andel analyser > DG %
aldrin	-		43
dieldrin	-		43
endrin	-		43
gamma lindan (HCH)	-		43
isodrin	-		43

"-": mindre end 10 % af analyserne er over detektionsgrænsen.

2.3 Pesticider i separat regnvandsudløb i Sulsted, Nordjyllands Amt*

Stofnavn	Separat regnvandsudløb	
	Median µg/l	Måleinterval µg/l
AMPA	0,41	0,17 – 0,85
glyphosat	1,55	0,082 - 9

* Reference: Nordjyllands Amt, "Det intensive måleprogram for de regnbetingede udløb 2001-2003 – Sulsted oplandet", april 2004.

2.4 Samlet udledning af pesticider fra industri, 2001-2003.

Stofnavn	Industrielle udledninger kg/år
2-(2,6-dichlorphenoxy)propionsyre (2,6-DCPP)	0,6
2,4-dichlorphenoxyeddikesyre (2,4-D)	1,4
2-(4-chlorphenoxy)propionsyre (4-CPP)	1,4
bromoxynil	0,06
clopyralid	1,7
dichlorprop	0,7
dimethoat	0,008
ethofumesat	2,8
2-methyl-4-chlorphenoxyeddikesyre (MCPA)	0,3
mechlorprop	1,0
permethrin	0,001
pirimicarb	0,009
simazin	0,009

3 Phenoler, chlorphenoler

3.1 Phenoler og chlorphenoler i udløb fra renseanlæg, 1998-2003

Stofnavn og gruppe	Udløb				
	Middel µg/l	95 % fraktil µg/l	Antal analyser	Andel analyser > DG, %	Kvalitetskrav til over- fladevand, µg/l *
<i>Phenoler</i>					
phenol	0,5	1,1	151	82	1.000
bisphenol A	0,2	0,7	205	45	
<i>Chlorphenoler</i>					
2,4,5-trichlorphenol	-		134	0	1 (trichlorphenoler)
2,4,6-trichlorphenol	0,01	0,04	155	23	1 (trichlorphenoler)
2,4-dichlorphenol	0,07	0,1	132	45	10
4-chlor-3-methylphenol	-		147	1	
pentachlorphenol	0,01	0,03	159	18	1

"-": mindre end 10 % af analyserne er over detektionsgrænsen

* Bekendtgørelse om kvalitetskrav til overfladevand nr. 921 (*Miljø- og Energiministeriet, 1996*).

3.2 Phenoler og chlorphenoler i slam fra renseanlæg, 1998-2003

Stofnavn og gruppe	Slam			
	Middel µg/kgTS	95 % fraktil µg/kgTS	Antal analyser	Andel analyser > DG, %
<i>Phenoler</i>				
phenol	29.187*	126.000	29	100
bisphenol A	895	2.820	54	74
<i>Chlorphenoler</i>				
2,4,5-trichlorphenol	-		18	6
2,4,6-trichlorphenol	3,6	1,9	28	14
2,4-dichlorphenol	39	123	25	60
4-chlor-3-methylphenol	64	272	29	28
pentachlorphenol	26	116	30	27

*: middelværdi er en faktor 10 højere end medianen.

"-": mindre end 10 % af analyserne er over detektionsgrænsen.

3.3 Phenoler i separat regnvandsudløb i Sulsted, Nordjyllands Amt*

Stofnavn	Separat regnvandsudløb	
	Median µg/l	Måleinterval µg/l
phenol	0,1	0,1 – 0,4
bisphenol A	0,17	0,1 – 0,29

* Reference: Nordjyllands Amt, "Det intensive måleprogram for de regnbetingede udløb 2001-2003 – Sulsted oplandet", april 2004.

3.4 Samlet udledning af phenoler og chlorphenoler

Stofnavn	Udløb renseanlæg (1998-2003)*	Industrielle udledninger (2001-2003)
	kg/år	kg/år
<i>Phenoler</i>		
phenol	368	2,0
2,4-dimethylphenol		25,1
2-methylphenol		3,3
4-methylphenol		1,7
bisphenol A	155	0,02
<i>Chlorphenoler</i>		
2,4,5-trichlorphenol		0,011
2,4,6-trichlorphenol	6,5	0,064
2,4-dichlorphenol	53	0,20
2,6-dichlorphenol		0,10
4,6-diclor-2-methylphenol		0,12
4-chlor-3-methylphenol		0,13
4-clor-2-methylphenol		5,49
6-clor-2-methylphenol		0,27
pentachlorphenol	4,7	0,036

*: Baseret på gennemsnit af udledte vandmængde over årene 1998-2003

4 Alkylphenoler

4.1 Alkylphenoler i udløb fra renseanlæg, 1998-2003

Stofnavn og gruppe	Udløb				Forslag til kvalitetskriterium for overfladevand µg/l*
	Middel µg/l	95 % fraktil µg/l	Antal analyser	Andel analyser > DG %	
nonylphenoler (NP)	0,3	0,6	211	68	1
nonylphenol monoethoxylater (NP1EO)	0,07	0,2	190	15	
nonylphenol diethoxylater (NP2EO)	0,05	0,1	185	10	
nonylphenolethoxylater	0,08	0,4	23	17	1
octylphenol	-		191	1	

"-": mindre end 10 % af analyserne er over detektionsgrænsen

*Reference: Miljøstyrelsen, 1995.

4.2 Alkylphenoler i slam fra renseanlæg, 1998-2003

Stofnavn og gruppe	Slam			
	Middel µg/kg TS	95 % fraktil µg/kg TS	Antal analyser	Andel analyser > DG, %
nonylphenoler (NP)	17.255	46.200	74	95
nonylphenol monoethoxylater (NP1EO)	2.768	7.395	54	80
nonylphenol diethoxylater (NP2EO)	536	2.625	54	46
nonylphenolethoxylater	11.079	40.850	12	83
octylphenol	49	354	45	20

*: middelværdi er en faktor 10 højere end medianen.

4.3 Alkylphenoler i separat regnvandsudløb i Sulsted, Nordjyllands Amt*

Stofnavn	Separat regnvandsudløb	
	Median µg/l	Måleinterval µg/l
nonylphenoler	0,19	0,1 – 0,35

* Reference: Nordjyllands Amt, "Det intensive måleprogram for de regnbetingede udløb 2001-2003 – Sulsted oplandet", april 2004.

4.4 Alkylphenoler i overløb fra fælleskloakerede områder

Stofnavn	Overløb fælleskloak	
	Skønnet koncentration* µg/l	Skønnet mængde kg/år
nonylphenoler	0,01-1	0,4 - 37

* : Reference: Miljøprojekt nr. 701/2002, "Bearbejdning af målinger af regnbetingede udledninger af Npo og miljøfremmede stoffer fra fællessystemer i forbindelse med NOVA 2003."

4.5 Samlet udledning af alkylphenoler

Stofnavn	Udløb renseanlæg (1998-2003)*	Industrielle udledninger (2001-2003)
	kg/år	kg/år
nonylphenoler (NP)	228	0,6
nonylphenol monoethoxylater (NP1EO)	57	0,4
nonylphenol diethoxylater (NP2EO)	36	1,5
nonylphenoethoxylater	60	0,5
octylphenol		0,07

*: Baseret på gennemsnit af udledte vandmængde over årene 1998-2003

5 Blødgørere, phthalater

5.1 Blødgørere i udløb fra renseanlæg, 1998-2003

Stofnavn og gruppe	Udløb				
	Middel µg/l	95 % fraktil µg/l	Antal analyser	Andel analyser > DG %	Forslag til kvali- tetskriterium for over- fladevand µg/l
benzylbutylphthalat (BBP)	-		211	8	
di(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	1,8	6,1	213	57	0,1*
di(2-ethylhexyl)adipat (DEHA)	-		211	5	
dibutylphthalat (DBP)	0,1	0,4	212	15	
diethylphthalat (DEP)	0,2	0,6	203	31	
diisononylphthalat (DIP)	-		201	1	
di-n-octylphthalat (DOP)	-		209	2	1**

"-": mindre end 10 % af analyserne er over detektionsgrænsen

*Reference: DHI, 2000

**Reference: Miljøstyrelsen, 1995.

5.2 Blødgørere i slam fra renseanlæg, 1998-2003

Stofnavn og gruppe	Slam			
	Middel µg/kg TS	95 % fraktil µg/kg TS	Antal analyser	Andel analyser > DG, %
benzylbutylphthalat (BBP)	119	452	57	40
di(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	22.700	40.600	71	96
di(2-ethylhexyl)adipat (DEHA)	74	580	59	14
dibutylphthalat (DBP)	313	1.235	58	53
diethylphthalat (DEP)	32	130	51	27
diisononylphthalat (DIP)	4.557*	19.950	48	81
di-n-octylphthalat (DOP)	76	476	59	22

*: Middelværdi er en faktor 10 højere end medianen.

5.3 Blødgørere i overløb fra fælleskloakerede områder

Stofnavn	Overløb fælleskloak	
	Skønnet koncentration* µg/l	Skønnet mængde kg/år
butylbenzylphthalat (BBP)	0,1-5	3,7 - 184
di(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	1-20	37 - 737
dibutylphthalat (DBP)	0,1-10	3,7 - 368

* : Reference: Miljøprojekt nr. 701/2002, "Bearbejdning af målinger af regnbetingede udledninger af Npo og miljøfremmede stoffer fra fællessystemer i forbindelse med NOVA 2003."

5.4 Blødgørere i separat regnvandsudløb i Sulsted, Nordjyllands Amt*

Stofnavn	Separat regnvandsudløb	
	Median µg/l	Måleinterval µg/l
di(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	0,73	0,5 - 2,7

* Reference: Nordjyllands Amt, "Det intensive måleprogram for de regnbetingede udløb 2001-2003 – Sulsted oplandet", april 2004.

5.5 Samlet udledning af blødgørere fra industri, 2001-2003.

Stofnavn	Udløb renseanlæg*	Industrielle udledninger
	kg/år	kg/år
benzylbutylphthalat (BBP)		0,04
di(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	1.361	1,8
dibutylphthalat (DBP)	95	0,15
diethylphthalat (DEP)	158	0,7
diisononylphthalat (DIP)		0,07

*: Baseret på gennemsnit af udledte vandmængde over årene 1998-2003

6 Detergenter

6.1 Detergenter i udløb fra renseanlæg, 1998-2003

Stofnavn og gruppe	Udløb				Forslag til kvalitetskriterium for overfladevand µg/l*
	Middel µg/l	95 % fraktil µg/l	Antal analyser	Andel analyser > DG %	
LAS (alkylbenzensulfonat)	-		206	6	10

"-": mindre end 10 % af analyserne er over detektionsgrænsen

*Reference: DHI, 2000.

6.2 Detergenter i slam fra renseanlæg, 1998-2003

Stofnavn og gruppe	Slam			
	Middel mg/kgTS	95 % fraktil mg/kgTS	Antal analyser	Andel analyser > DG, %
LAS (alkylbenzensulfonat)	854	3.340	64	69

*: middelværdi er en faktor 10 højere end medianen.

6.3 Samlet udledning af detergenter fra industri, 2001-2003.

Stofnavn	Industrielle udledninger kg/år
LAS (alkylbenzensulfonat)	13,4

7 Opløsningsmidler (aromatiske kulbrinter, halogenerede alifatiske og aromatiske kulbrinter samt MTBE)

7.1 Diverse opløsningsmidler (aromatiske kulbrinter, halogenerede alifatiske og aromatiske kulbrinter samt MTBE) i udløb fra renseanlæg, 1998-2003

Stofnavn og gruppe	Udløb					
	Middel µg/l	95 % fraktil µg/l	Antal analyser	Andel analyser > DG, %	Kvalitetskrav til overfladevand µg/l*	Forslag til kvalitetskrite- rium for overfladevand µg/l**
<i>Aromatiske kulbrinter</i>						
1-methylnaphtalen	0,01	0,05	115	15		
2-methylnaphtalen	0,01	0,03	141	16		
benzen	0,01	0,03	91	10	2	
biphenyl	0,005	0,01	130	14	1	
dimethylnaphtalener	0,05	0,2	171	18		
ethylbenzen	-		91	1	10	
isopropylbenzen	-		102	0		1
m+p-xylen	-		57	7	10 (xylener)	
methylnaphtalen	0,02	0,09	66	20		
moskusxylener	-		134	0		
naphtalen	0,02	0,06	184	26	1	
o-xylen	-		54	0	10 (xylener)	
toluen	0,5	1,1	89	44		
trimethylnaphtalener	0,03	0,06	182	12		
xylener	0,1	0,5	39	13	10	
<i>Halogenerede alifatiske kulbrinter</i>						
1,1,1-trichlorethan	-		129	2	100	
1,1,1,2-tetrachlorethan	-		120	1		
1,1,2-trichlorethan	-		120	1	100	
1,1-dichlorethylen	-		98	2	100	
1,2-dichlorethan	-		128	0	10	
1,2-dichlorethylen	-		37	0		
1-2-dichlorpropan	-		128	0	10	
3-chlorpropen	-		98	1	100	
chloroform	0,05	0,1	105	50	10	

Stofnavn og gruppe	Udløb					Forslag til kvalitetskriterium for overfladevand µg/l**
	Middel µg/l	95 % fraktil µg/l	Antal analyser	Andel analyser > DG, %	Kvalitetskrav til overfladevand µg/l*	
cis-1,2-dichlorethylen	-		75	8		
dichlormethan	-		96	6	10	
hexachlorethan	-		127	0		
pentachlorethan	-		127	0	10	
tetrachlorethylen	0,01	0,08	120	13	10	
trans-1,2-dichlorethylen	-		76	3		
trichlorethylen	0,01	0,07	117	10	10	
vinylchlorid	-		91	1		
<i>Halogenerede aromatiske kulbrinter</i>						
1,2,4-trichlorbenzen	-		126	0	0,1	
1,2-dichlor-4-nitrobenzen	-		123	0		
1,2-dichlorbenzen	-		118	0	10	
1,3-dichlorbenzen	-		129	0	10	
1,4-dichlor-2-nitrobenzen	-		129	0	1 (dichlornitrobenzener)	
1,4-dichlorbenzen	-		136	7	10	
1-chlor-2-nitrobenzen	-		129	0	1	
1-chlor-3-nitrobenzen	-		129	0	1	
1-chlornaphthalen	-		130	0	1	
2,5-dichloranilin	-		129	7		
2-chlornaphthalen	-		130	0		
2-chlortoluen	-		129	0	1	
3,4-dichloranilin	-		129	1	1	
3-chlortoluen	-		129	0	1	
4-chlor-2-nitrotoluen	-		128	0	1	
4-chlornitrobenzen	-		112	0		
4-chlortoluen	-		128	0	1	
benzylchlorid	-		129	0	10	
chlorbenzen	-		117	1	1	
hexachlorbenzen	-		125	1	0,01	
<i>Ether</i>						
MTBE	0,4	1,7	144	51		

"-": mindre end 10 % af analyserne er over detektionsgrænsen.

* Bekendtgørelse om kvalitetskrav til overfladevand nr. 921 (*Miljø- og Energiministeriet, 1996*).

**Reference: Miljøstyrelsen, 1995

7.2 Diverse opløsningsmidler (aromatiske kulbrinter, halogenerede alifatiske og aromatiske kulbrinter samt MTBE) i slam fra renseanlæg, 1998-2003

Stofnavn og gruppe	Slam			
	Middel µg/kgTS	95 % fraktil µg/kgTS	Antal analyser	Andel analyser > DG, %
<i>Aromatiske kulbrinter</i>				
1-methylnaphtalen	662	2.400	21	76
2-methylnaphtalen	660	3.075	36	78
benzen	46	237	35	37
biphenyl	235	1.022	35	80
dimethylnaphthalener	2.241	8.857	56	91
ethylbenzen	123*	680	35	58
isopropylbenzen	13	63	35	29
methylnaphtalen	691	2.825	32	91
moskusxylener	6,6	13	29	10
naphtalen	298	1.045	58	93
toluen	3.320*	13.600	35	94
trimethylnaphthalener	1.470	7.590	56	88
xylen	571	2.525	36	89
<i>Halogenerede alifatiske kulbrinter</i>				
1,1,1-trichlorethan	-		32	0
1,1,2,2-tetrachlorethan	-		32	0
1,1,2-trichlorethan	-		32	9
1,1-dichlorethylen	-		31	0
1,2-dichlorethan	-		31	0
1,2-dichlorethylen	-		8	0
1-2-dichlorpropan	-		32	0
3-chlorpropen	-		34	0
chloroform	-		32	3
cis-1,2-dichlorethylen	-		24	0
dichlormethan	512	1.870	32	31
hexachlorethan	-		32	3
pentachlorethan	-		31	0
tetrachlorethylen	-		32	3
trans-1,2-dichlorethylen	-		24	0
trichlorethylen	-		32	0
vinylchlorid	-		32	0
<i>Halogenerede aromatiske kulbrinter</i>				
1,2,4-trichlorbenzen	-		42	2
1,2-dichlor-4-nitrobenzen	-		34	3

Stofnavn og gruppe	Slam			
	Middel µg/kgTS	95 % fraktil µg/kgTS	Antal analyser	Andel analyser > DG, %
1,2-dichlorbenzen	-		34	0
1,3-dichlorbenzen	-		34	0
1,4-dichlor-2-nitrobenzen	-		34	0
1,4-dichlorbenzen	46	103	41	59
1-chlor-2-nitrobenzen	-		34	0
1-chlor-3-nitrobenzen	-		34	0
1-chlornaphthalen	-		34	0
2,5-dichloranilin	2.622	11.800	34	41
2-chlornaphthalen	-		32	0
2-chlortoluen	-		34	0
3,4-dichloranilin	-		34	0
3-chlortoluen	-		34	6
4-chlor-2-nitrotoluen	-		34	0
4-chlornitrobenzen	-		31	0
4-chlortoluen	-		34	0
benzylchlorid	-		34	0
chlorbenzen	-		34	3
hexachlorbenzen	1,6	12	42	21
<i>Ether</i>				
MTBE	-		35	3

*: middelværdi er en faktor 10 højere end medianen.

"-": mindre end 10 % af analyserne er over detektionsgrænsen.

7.3 Aromatiske kulbrinter i overløb fra fælleskloakerede områder

Stofnavn	Overløb fælleskloak	
	Skønnet koncentration* µg/l	Skønnet mængde kg/år
dimethylnaphthalener	0,1-0,5	3,7 - 18
1-methylnaphthalen	0,001-0,1	0,04 - 3,7
2-methylnaphthalen	0,001-10	0,04 - 368
naphthalen	0,005-5	0,2 - 184
trimethylnaphthalener	0,1-1	3,7 - 37

*: Reference: Miljøprojekt nr. 701/2002, "Bearbejdning af målinger af regnbetingede udledninger af Npo og miljøfremmede stoffer fra fællessystemer i forbindelse med NOVA 2003."

7.4 Samlet udledning af diverse opløsningsmidler (aromatiske kulbrinter og halogenerede alifatiske og aromatiske kulbrinter)

Stofnavn	Udløb renseanlæg (1998-2003) kg/år	Industrielle udledninger (2001-2003) kg/år
<i>Aromatiske kulbrinter</i>		
1-methylnaphthalen	7,9	0,001
2-methylnaphthalen	5,0	0,20
benzen	6,6	0,013
biphenyl	3,5	0,30
dimethylnaphthalener	38	0,73
methylnaphthalen	15	
ethylbenzen		0,007
naphthalen	12	0,12
toluen	341	0,19
trimethylnaphthalener	20	0,53
xylen	76	0,53
<i>Halogenerede alifatiske kulbrinter</i>		
1,1,2-trichlorethan		7,18
1,2-dichlorethan		0,0007
chloroform	35	0,034
tetrachlorethylen	9,9	1,91
tetrachlormethan		1,92
trichlorethylen	8,7	0,17
<i>Halogenerede aromatiske kulbrinter</i>		
2,5-dichloranilin		7,84
<i>Ether</i>		
MTBE	323	

8 Polyaromatiske hydrokarboner (PAH)

8.1 Polyaromatiske kulbrinter (PAH) i udløb fra renseanlæg, 1998-2003

Stofnavn og gruppe	Udløb				Kvalitetskrav til overfladevand µg/l*
	Middel µg/l	95 % fraktil µg/l	Antal analyser	Andel analyser > DG %	
1-methylpyren	-		203	1	0,001**
2-methylphenanthren	0,002	0,01	203	12	0,001**
2-methylpyren	-		147	1	0,001**
acenaphthen	-		210	9	0,001**
anthracen	-		209	8	0,01
benz(a)anthracen	-		209	5	0,001**
benz(a)fluoren	-		199	2	0,001**
benz(ghi)perylene	-		207	3	0,001**
benzfluranthen b+j+k	-		205	9	0,001**
benzo(e)pyren	-		198	7	0,001**
benz(a)pyren	-		200	4	0,001**
chrysen	-		118	8	0,001**
dibenz(ah)anthracen	-		207	3	0,001**
dimethylphenanthren	-		201	3	0,001**
fluoranthren	0,002	0,01	210	11	0,001**
fluoren	0,003	0,01	204	12	0,001**
indeno(1,2,3-cd)pyren	-		206	5	0,001**
phenanthren	0,01	0,03	212	20	0,001**
pyren	0,003	0,02	210	15	0,001**
triphenylen	0,001	0,003	29	21	0,001**

"-": mindre end 10 % af analyserne er over detektionsgrænsen

* Bekendtgørelse om kvalitetskrav til overfladevand nr. 921 (*Miljø- og Energiministeriet, 1996*).

**Kravet er fastsat generelt for PAHer på baggrund af de mest problematiske af stofferne.

8.2 Polyaromatiske kulbrinter (PAH) i slam fra renseanlæg, 1998-2003

Stofnavn og gruppe	Slam			
	Middel µg/kgTS	95 % fraktil µg/kgTS	Antal analyser	Andel analyser > DG, %
1-methylpyren	53	130	50	78
2-methylphenanthren	195	688	50	88
2-methylpyren	73	157	34	85
acenaphthen	121	589	69	64
anthracen	101	320	58	98
benz(a)anthracen	147	342	59	92
benz(a)fluoren	122	302	49	84
benz(ghi)perylene	213	432	70	90
benzfluranthen b+j+k	546	910	65	97
benzo(e)pyren	190	437	50	96
benz(a)pyren	289	480	67	96
chrysen	228	481	44	95
dibenz(ah)anthracen	37	124	60	70
dimethylphenanthren	61	222	49	69
fluoranthren	805	1.380	69	100
fluoren	267	829	70	91
indeno(1,2,3-cd)pyren	241	712	69	96
phenanthren	917	1.970	69	99
pyren	748	1.255	70	100

8.3 Polyaromatiske kulbrinter (PAH) i overløb fra fælleskloakerede områder

Stofnavn	Overløb fælleskloak	
	Skønnet koncentration* µg/l	Skønnet mængde kg/år
acenaphthen	0,01-1	0,4 - 37
benzo(a)pyren	0,01-0,5	0,4 - 18
benzo(e)pyren	0,01-0,5	0,4 - 18
benzfluranthen b+j+k	0,01-0,5	0,4 - 18
fluoren	0,01-1	0,4 - 37
indeno(1,2,3-cd)pyren	0,02-0,5	0,7 - 18
phenanthren	0,01-0,5	0,4 - 18

*: Reference: Miljøprojekt nr. 701/2002, "Bearbejdning af målinger af regnbetingede udledninger af Npo og miljøfremmede stoffer fra fællessystemer i forbindelse med NOVA 2003."

8.4 Polyaromatiske kulbrinter (PAH) i separat regnvandsudløb i Sulsted, Nordjyllands Amt*

Stofnavn	Separat regnvandsudløb	
	Median µg/l	Måleinterval µg/l
benzfluranthen b+j+k	0,019	0,01 – 0,74
crysen/triphenylen	0,015	0,01 – 0,3
fluoranthren	0,022	0,011 – 0,43
indone(1,2,3-cd)pyren	0,01	0,01 – 0,29
phenanthren	0,024	0,013 – 0,083
pyren	0,022	0,011 – 0,38

* Reference: Nordjyllands Amt, "Det intensive måleprogram for de regnbetingede udløb 2001-2003 – Sulsted oplandet", april 2004.

8.5 Samlet udledning af polyaromatiske kulbrinter (PAH) fra industri, 2001-2003.

Stofnavn	Udløb renseanlæg (1998-2003)	Industrielle udledninger (2001-2003)
	kg/år	kg/år
1-methylpyren		0,25
2-methylphenanthren	1,4	0,30
2-methylpyren		0,0007
acenaphthen		0,15
anthracen		0,16
benz(a)anthracen		0,21
benz(a)fluoren		0,27
benz(ghi)perylen		0,22
benzfluranthen b+j+k		0,54
benz(a)pyren		0,18
chrysen		0,24
chrysen/triphenylen		0,0002
dibenz(ah)anthracen		0,20
dimethylphenanthren		0,28
fluoranthren	1,5	0,25
fluoren	1,9	0,18
indeno(1,2,3-cd)pyren		0,23
phenanthren	4,5	0,22
pyren	2,4	0,25
triphenylen	0,4	

9 PCB

9.1 Polychlorede biphenyler (PCB) i udløb fra renseanlæg, 1998-2003

Stofnavn og gruppe	Udløb				Kvalitetskrav til overfladevand, µg/l*
	Middel µg/l	95 % fraktil µg/l	Antal analyser	Andel analyser > DG, %	
PCB	-		29	0	0,01
PCB 28	-		241	0	
PCB 31	-		183	0	
PCB 52	-		259	0	
PCB 101	-		259	0	
PCB 105	-		231	0	
PCB 118	-		257	2	
PCB 138	-		262	0	
PCB 153	-		260	0	
PCB 156	-		229	0	
PCB 180	-		260	0	

"-": mindre end 10 % af analyserne er over detektionsgrænsen

* Bekendtgørelse om kvalitetskrav til overfladevand nr. 921 (*Miljø- og Energiministeriet, 1996*).

9.2 Polychlorede biphenyler (PCB) og dioxiner i slam fra renseanlæg, 1998-2003

Stofnavn og gruppe	Slam			
	Middel µg/kgTS	95 % fraktil µg/kgTS	Antal analyser	Andel analyser > DG, %
<i>Dioxiner</i>				
1234678HpCDD	6,9*	9,2	59	98
1234678-HpCDF	5,5*	7,5	59	97
1234789-HpCDF	0,5	1,4	47	74
123478-HxCDD	0,2	1,1	54	78
123478-HxCDF	0,5	3,2	56	88
123678-HxCDD	0,3	1,7	57	86
123678-HxCDF	0,3	2,8	55	87
123789-HxCDD	0,2	1,5	55	82
123789-HxCDF	0,2	0,8	55	65
12378-PeCDD	0,2	0,7	54	74
12378-PeCDF	0,2	1,9	53	77
234678-HxCDF	0,3	2,2	57	93
23478-PeCDF	0,4	1,6	57	88
2378-TCDD	0,01	0,01	50	48
2378-TCDF	0,3	0,8	56	96
OCDD	56*	48	60	98
OCDF	11*	0,9	58	98
<i>Polychlorede biphenyler</i>				
PCB	25		4	25
PCB 28	-		58	5
PCB 31	3,6	18	65	29
PCB 52	4,0	14	65	45
PCB 101	-		59	8
PCB 105	1,7	8,1	65	15
PCB 118	5,1	16	65	46
PCB 138	4,2	13	65	46
PCB 153	-		57	2
PCB 156	2,5	15	65	22
PCB 180	-		64	8

*: middelværdi er en faktor 10 højere end medianen.

"-": mindre end 10 % af analyserne er over detektionsgrænsen.

10 Dioxiner og furaner

10.1 Samlet udledning af dioxiner fra industri, 2001-2003.

Stofnavn	Industrielle udledninger kg/år
OCDD	0,00002
OCDF	0,00001

11 P-triestere

11.1 P-triestre i udløb fra renseanlæg, 1998-2003

Stofnavn og gruppe	Udløb			
	Middel µg/l	95 % fraktil µg/l	Antal analyser	Andel analyser > DG, %
TCPP	2,1	3,2	157	99
tributhylphosphat	0,4	1,7	156	89
triclesylphosphat	-		157	4
triphenylphosphat	0,03	0,06	157	57

"-": mindre end 10 % af analyserne er over detektionsgrænsen.

11.2 P-triestre i slam fra renseanlæg, 1998-2003

Stofnavn og gruppe	Slam			
	Middel µg/kgTS	95 % fraktil µg/kgTS	Antal analyser	Andel analyser > DG, %
TCPP	2.309	4.960	41	93
tributhylphosphat	925	4.350	41	34
triclesylphosphat	227	1.350	41	37
triphenylphosphat	127	284	40	73

*: middelværdi er en faktor 10 højere end medianen.

11.3 P-triestre i separat regnvandsudløb i Sulsted, Nordjyllands Amt*

Stofnavn	Separat regnvandsudløb	
	Median µg/l	Måleinterval µg/l
TCPP	0,064	0,05 – 0,2
triphenylphosphat	0,046	0,02 – 0,1

Reference: Nordjyllands Amt, "Det intensive måleprogram for de regnbetingede udløb 2001-2003 – Sulsted oplandet", april 2004.

11.4 Samlet udledning af p-triestre fra renseanlæg, 1998-2003.

Stofnavn	Udløb renseanlæg (1998-2003)	Industrielle udledninger (2001-2003)
	kg/år	kg/år
TCPP	1.581	0,004
tributhylphosphat	276	
triphenylphosphat	23	0,0007

12 Alifatiske aminer

12.1 Alifatiske aminer i udløb fra renseanlæg, 1998-2003

Stofnavn og gruppe	Udløb				
	Middel µg/l	95 % fraktil µg/l	Antal analyser	Andel analyser > DG, %	Kvalitetskrav til over- fladevand, µg/l*
diethylamin	0,2	0,6	81	63	100
dimethylamin	3,6	11	86	92	10

"-": mindre end 10 % af analyserne er over detektionsgrænsen

* Bekendtgørelse om kvalitetskrav til overfladevand nr. 921 (Miljø- og Energiministeriet, 1996).

12.2 Alifatiske aminer i slam fra renseanlæg, 1998-2003

Stofnavn og gruppe	Slam			
	Middel µg/kgTS	95 % fraktil µg/kgTS	Antal analy- ser	Andel analy- ser > DG, %
diethylamin	13*	100	20	50
dimethylamin	482*	1.420	20	95

*: middelværdi er en faktor 10 højere end medianen.

12.3 Samlet udledning af alifatiske aminer fra renseanlæg, 1998-2003.

Stofnavn	Udløb renseanlæg kg/år
diethylamin	160
dimethylamin	2.695

Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser – DMU – er en forskningsinstitution i Miljøministeriet.
DMU's opgaver omfatter forskning, overvågning og faglig rådgivning inden for natur og miljø.

Henvendelser kan rettes til:

URL: <http://www.dmu.dk>

Danmarks Miljøundersøgelser
Frederiksborgvej 399
Postboks 358
4000 Roskilde
Tlf.: 46 30 12 00
Fax: 46 30 11 14

*Direktion
Personale- og Økonomisekretariat
Forsknings-, Overvågnings- og Rådgivningssekretariat
Afd. for Systemanalyse
Afd. for Atmosfærisk Miljø
Afd. for Marin Økologi
Afd. for Miljøkemi og Mikrobiologi
Afd. for Arktisk Miljø*

Danmarks Miljøundersøgelser
Vejløsvej 25
Postboks 314
8600 Silkeborg
Tlf.: 89 20 14 00
Fax: 89 20 14 14

*Forsknings-, Overvågnings- og Rådgivningssekretariat
Afd. for Marin Økologi
Afd. for Terrestrisk Økologi
Afd. for Ferskvandsøkologi*

Danmarks Miljøundersøgelser
Grenåvej 14, Kalø
8410 Rønde
Tlf.: 89 20 17 00
Fax: 89 20 15 15

Afd. for Vildtbiologi og Biodiversitet

Publikationer:

DMU udgiver populærfaglige bøger ("MiljøBiblioteket"), faglige rapporter, tekniske anvisninger samt årsrapporter.
Et katalog over DMU's aktuelle forsknings- og udviklingsprojekter er tilgængeligt via World Wide Web.
I årsrapporten findes en oversigt over det pågældende års publikationer.

Faglige rapporter fra DMU/NERI Technical Reports

2005

- Nr. 541: Regulatory odour model development: Survey of modelling tools and datasets with focus on building effects. By Olesen, H.R. et al. 60 pp. (electronic)
- Nr. 542: Jordrentetab ved arealekstensivering i landbruget. Principper og resultater. Af Schou, J.S. & Abildtrup, J. 64 s. (elektronisk)
- Nr. 543: Valuation of groundwater protection versus water treatment in Denmark by Choice Experiments and Contingent Valuation. By Hasler, B. et al. 173 pp. (electronic)
- Nr. 544: Air Quality Monitoring Programme. Annual Summary for 2004, Part 1 Measurements. By Kemp, K. et al. 64 pp. (electronic)
- Nr. 545: Naturbeskyttelse og turisme i Nord- og Østgrønland. Af Aastrup, P. et al. 131 pp. (electronic)
- Nr. 546: Environmental monitoring at the Nalunaq Mine, South Greenland, 2004. By Glahder, C.M. & Asmund, G. 32 pp. (electronic)
- Nr. 547: Contaminants in the Atmosphere. AMAP-Nuuk, Westgreenland 2002-2004. By Skov, H. et al. 43 pp (electronic)
- Nr. 548: Vurdering af naturtilstand. Af Fredshavn, J & Skov, F. 93 s. (elektronisk)
- Nr. 549: Kriterier for gunstig bevaringsstatus for EF-habitatdirektivets 8 marine naturtyper. Af Dahl, K. et al. 39 s. (elektronisk)
- Nr. 550: Natur og Miljø 2005. Påvirkninger og tilstand. Af Bach, H. (red.) et al. 205 s., 200,00 kr.
- Nr. 551: Marine områder 2004 – Tilstand og udvikling i miljø- og naturkvaliteten. NOVANA. Af Ærtebjerg, G. et al. 94 s. (elektronisk)
- Nr. 552: Landovervågningsoplande 2004. NOVANA. Af Grant, R. et al. 140 s. (elektronisk)
- Nr. 553: Søer 2004. NOVANA. Af Lauridsen, T.L. et al. 62 s. (elektronisk)
- Nr. 554: Vandløb 2004. NOVANA. Af Bøgestrand, J. (red.) 81 s. (elektronisk)
- Nr. 555: Atmosfærisk deposition 2004. NOVANA. Af Ellermann, T. et al. 74 s. (elektronisk)
- Nr. 557: Terrestriske naturtyper 2004. NOVANA. Af Strandberg, B. et al. 58 s. (elektronisk)
- Nr. 558: Vandmiljø og Natur 2004. Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning. Af Andersen, J.M. et al. 132 s. (elektronisk)
- Nr. 559: Control of Pesticides 2004. Chemical Substances and Chemical Preparations. By Krøngaard, T., Petersen, K.K. & Christoffersen, C. 32 pp. (electronic)
- Nr. 560: Vidensyntese indenfor afsætning af atmosfærisk ammoniak. Fokus for modeller for lokal-skala. Af Hertel, O. et al. 32 s. (elektronisk)
- Nr. 561: Aquatic Environment 2004. State and trends – technical summary. By Andersen, J.M. et al. 62 pp., DKK 100,00.
- Nr. 562: Nalunaq environmental baseline study 1998-2001. By Glahder, C.M. et al. 89 pp. (electronic)
- Nr. 563: Scientific and technical background for intercalibration of Danish coastal waters. By Petersen, J.K. & Hansen, O.S. (eds.) et al. 72 pp. (electronic)

2006

- Nr. 564: Styringsmidler i naturpolitikken. Miljøøkonomisk analyse. Af Schou, J.S., Hasler, B. & Hansen, L.G. 36 s. (elektronisk)
- Nr. 565: Dioxin in the Atmosphere of Denmark. A Field Study of Selected Locations. The Danish Dioxin Monitoring Programme II. By Vikelsøe, J. et al. 81 pp. (electronic)
- Nr. 567: Environmental monitoring at the Nalunaq Gold Mine, south Greenland, 2005. By Glahder, C.M. & Asmund, G. 35 pp. (electronic)
- Nr. 569: Anskydning af vildt. Konklusioner på undersøgelser 1997-2005. Af Noer, H. 35 s. (elektronisk)
- Nr. 572: Søerne i De Vestlige Vejler. Af Søndergaard, M. et al. 55 s. (elektronisk)
- Nr. 573: Monitoring and Assessment in the Wadden Sea. Proceedings from the 11. Scientific Wadden Sea Symposium, Esbjerg, Denmark, 4.-8. April 2005. By Laursen, K. (ed.) 141 pp. (electronic)
- Nr. 574: Økologisk Risikovurdering af Genmodificerede Planter i 2005. Rapport over behandlede forsøgs-udsætninger og markedsføringssager. Af Kjellsson, G., Damgaard, C. & Strandberg, M. 22 s. (elektronisk)
- Nr. 575: Miljøkonsekvenser ved afbrænding af husdyrgødning med sigte på energiodnyttelse. Scenarieanalyse for et udvalgt opland. Af Schou, J.S. et al. 42 s. (elektronisk)
- Nr. 576: Overvågning af Vandmiljøplan II – Vådområder 2005. Af Hoffmann, C.C. et al. 127 s. (elektronisk)
- Nr. 577: Limfjordens miljøtilstand 1985 til 2003. Empiriske modeller for sammenhæng til næringsstoftilførsler, klima og hydrografi. Af Markager, S., Storm, L.M. & Stedmon, C.A. 219 s. (elektronisk)
- Nr. 578: Limfjorden i 100 år. Klima, hydrografi, næringsstoftilførsel, bundfauna og fisk i Limfjorden fra 1897 til 2003. Af Christiansen, T. et al. 85 s. (elektronisk)
- Nr. 579: Aquatic and Terrestrial Environment 2004. State and trends – technical summary. By Andersen, J.M. et al. 136 pp. (electronic)

[Tom side]

Denne rapport indeholder resultater fra 1998-2003 af overvågning af miljøfremmede stoffer og tungmetaller i vandmiljøet som en del af det nationale program for overvågning af vandmiljø (NOVA-2003) i Danmark. Rapporten indeholder en beskrivelse af kilderne til stofferne samt deres forekomst i grundvand, vandløb, søer, havet og en vurdering af betydningen af stoffernes forekomst. Grundlaget for rapporten er de årlige rapporter, som udarbejdes af fagdatacentrene for de enkelte emneområder. Disse rapporter er baseret på data indsamlet og rapporteret af amterne.