



Miljø- og Energiministeriet
Danmarks Miljøundersøgelser

NOVA 2003

Vandløb og kilder 1999

Faglig rapport fra DMU, nr. 336



Miljø- og Energiministeriet
Danmarks Miljøundersøgelser

NOVA 2003

Vandløb og kilder 1999

*Faglig rapport fra DMU, nr. 336
2000*

*Jens Bøgestrand (red.)
Afdeling for Vandløbsøkologi*

Datablad

Titel:	Vandløb og kilder 1999	
Undertitel:	NOVA 2003	
Redaktør:	Jens Bøgestrand (red.)	
Afdeling:	Afdeling for Vandløbsøkologi	
Serietitel og nummer:	Faglig rapport fra DMU nr. 336	
Udgiver:	Miljø- og Energiministeriet Danmarks Miljøundersøgelser©	
URL:	http://www.dmu.dk	
Udgivelsestidspunkt:	December, 2000	
Tegninger:	Kathe Møgelvang, Tinna Christensen & Juana Jacobsen	
EDB:	Jytte Erfurt, Marianne Pedersen, Carsten B. Nielsen	
ETB:	Anne-Dorthe Matharu	
Bedes citeret:	Bøgestrand, J. (red.) (2000): Vandløb og kilder 1999. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. 126 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 336.	
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse.	
Emneord:	Vandløb, kilder, miljøtilstand, overvågning, NOVA 2003	
ISBN:	87-7772-579-4	
ISSN (trykt):	0905-815X	
ISSN (elektronisk)	1600-0048	
Papirkvalitet:	Cyclus Print	
Tryk:	Silkeborg Bogtryk EMAS registreret nr. DK-S-0084	
Sideantal:	126	
Oplag:	350	
Pris:	kr. 150,- (inkl. 25% moms, ekskl. forsendelse)	
Supplerende oplysninger:	NOVA 2003 rapportererne er en fortsættelse af rapportererne om Vandmiljøplanens Overvågningsprogram, som dækker årene 1989-1997 (udgivet 1990-1998).	
Internet:	Rapporten findes også som PDF-fil på Danmarks Miljøundersøgelsers hjemmeside http://faglige-rapporter.dmu.dk	
Købes i boghandelen eller hos:	Danmarks Miljøundersøgelser Postboks 314 Vejløvej 25 DK-8600 Silkeborg Tlf.: 89 20 14 00 Fax: 89 20 14 14	Miljøbutikken Information og Bøger Læderstræde 1 DK-1201 København K Tlf.: 33 95 40 00 Fax: 33 92 76 90 butik@mem.dk www.mem.dk/butik

Indhold

Forord 5

Sammenfatning 7

1 Indledning 9

- 1.1 Om overvågningsprogrammet 9
- 1.2 Sådan vurderes miljøtilstanden 10
- 1.3 Årets rapport 11

2 Klima og afstrømning 13

- 2.1 Nedbør og temperaturforhold i 1999 13
- 2.2 Afstrømningsforhold 15
- 2.3 Vandbalance 16

3 Vandkvalitet i kildebække 19

- 3.1 Kvælstof 19
- 3.2 Fosfor 21

4 Kvælstof i vandløb 25

- 4.1 Indledning 25
- 4.2 Tilstanden i 1999 26
- 4.3 Udviklingen i perioden 1989-99 29
- 4.4 Udviklingen i perioden 1978/79 til 1999/2000 34
- 4.5 Konklusion 37

5 Fosfor 39

- 5.1 Tilstanden i 1999 39
- 5.2 Kilder til fosfor i 1999 40
- 5.3 Sammenligning af tilstanden i 1999 med tidligere år 41
- 5.4 Statistisk analyse af udviklingen i perioden 1989-99 42
- 5.5 Konklusion 46

6 Oplandsanalyse 47

- 6.1 Indledning 47
- 6.2 Karakteristik af oplandene 47
- 6.3 Oplandenes hydrologi 51
- 6.4 Karakteristik af kvælstofstrømme i oplande 53
- 6.5 Intensive målinger af fosfor i oplandene 56
- 6.6 Sammenfatning 60

7 Tungmetaller 63

- 7.1 Målemetode og detektionsgrænser 63
- 7.2 Totalkoncentrationer 63
- 7.3 Partikelbundet tungmetal 66
- 7.4 Transport og oplandstab 67
- 7.5 Miljøpåvirkning 67

8 Biologisk vandløbskvalitet 69

- 8.1 Udvidet stationsnet til bedømmelse af biologisk vandløbskvalitet 69
- 8.2 Generel miljøtilstand i danske vandløb 70
- 8.3 Regionale forskelle i vandløbenes miljøtilstand 71
- 8.4 Miljøtilstanden i små og store vandløb 73
- 8.5 Målsætningsopfyldelse i danske vandløb 73

9 Vand- og stoftilførsler med ferskvand til marine kystafsnit 77

- 9.1 Vand- og stoftilførslerne til marine kystafsnit i 1999 77
- 9.2 Sæsonvariationerne i tilførslerne i 1999 79
- 9.3 Udvikling i den samlede vand- og stoftilførsel til de marine kystafsnit i perioden 1989 til 1999 82
- 9.4 Udvikling i vand- og stoftilførsel til hver af de ni 1. ordens marine kystafsnit i perioden 1989 til 1999 88
- 9.5 Udvikling i sæsonvariationer i tilførslerne til de marine kystafsnit i perioden 1989 til 1999 91
- 9.6 Sammenfatning 91

Referencer 93

Oversigt over amsrappporter 97

Bilag

- Bilag 2.1 Nedbørsfordelingen i 1999 og normalt
- Bilag 2.2 Metode til opgørelse af ferskvandsafstrømningen
- Bilag 2.3 Målestationer til opgørelse af ferskvandsafstrømningen
- Bilag 2.4 Opgørelsesgrundlaget for ferskvandsafstrømningen
- Bilag 2.5 Ferskvandsafstrømning til 2. ordens kystafsnit i $l s^{-1}$ i 1998
- Bilag 3.1 Udvikling i N og P i kilder i dyrkede og naturoplande
- Bilag 3.2 Udvikling i N og P i kilder i ler- og sandjorsopplande
- Bilag 4.1 Udvikling i kvælstofdata, 1989-99
- Bilag 4.2 Udvikling i kvælstofkoncentrationer, kortbilag
- Bilag 5.1 Udvikling i fosfordata, 1989-99
- Bilag 5.2 Udvikling i fosforkoncentrationer, kortbilag
- Bilag 7 Detektionsgrænser for tungmetaller, 1999
- Bilag 9.1 Tilførsel af næringsstoffer til 1. ordens kystafsnit
- Bilag 9.2.1 Tilførsel af og kilder til kvælstof til 2. ordens kystafsnit
- Bilag 9.2.2 Tilførsel af og kilder til fosfor til 2. ordens kystafsnit
- Bilag 9.2.3 Tilførsel af og kilder til BOD til 2. ordens kystafsnit
- Bilag 9.3 Ferskvands-, kvælstof-, fosfor- og BOD_5 -tilførslen til marine kystafsnit via vandløb og direkte udledninger i 1999
- Bilag 9.4 Ferskvands-, kvælstof-, fosfor- og BOD_5 -tilførslen til marine kystafsnit via vandløb og direkte udledninger 1989-99
- Bilag 9.5 Kvælstof- og fosforretention
- Bilag 9.6 Kildefordeling for de samlede kvælstof- og fosfortilførsler til de marine kystafsnit 1989 til 1999

Forord

Denne rapport er udarbejdet af Danmarks Miljøundersøgelser som et led i den landsdækkende rapportering af det Nationale Program for Overvågning af Vandmiljøet (NOVA), som fra 1998 afløste Vandmiljøplanens Overvågningsprogram, iværksat efteråret 1988.

Hensigten med Vandmiljøplanens Overvågningsprogram var at undersøge effekten af de reguleringer og investeringer, som er gennemført i forbindelse med Vandmiljøplanen (1987). Systematisk indsamling af data gør det muligt at opgøre udledninger af kvælstof og fosfor til vandmiljøet samt at registrere de økologiske effekter, der følger af ændringer i belastningen af vandmiljøet med næringssalte. Med NOVA er programmet udvidet til at omfatte både vandmiljøets tilstand i bredeste forstand og miljøfremmede stoffer og tungmetaller.

Danmarks Miljøundersøgelser har som sektorforskningsinstitution i Miljø- og Energiministeriet til opgave at forbedre og styrke det faglige grundlag for de miljøpolitiske prioriteringer og beslutninger. En væsentlig del af denne opgave er overvågning af miljø og natur. Det er derfor et naturligt led i Danmarks Miljøundersøgelsers opgave at forestå den landsdækkende rapportering af overvågningsprogrammet inden for områderne: ferske vande, marine områder, landovervågning og atmosfæren.

I overvågningsprogrammet er der en klar arbejdsdeling og ansvarsdeling mellem amterne og Københavns og Frederiksberg kommuner og de statslige myndigheder.

Rapporterne "Vandløb og kilder" og "Søer" er således baseret på amtskommunale data og rapporter af overvågningen af de ferske vande.

Rapporten "Marine områder - Status over miljøtilstanden i 1999" er baseret på amtskommunale data og rapporter af overvågningen af kystvande og fjorde samt Danmarks Miljøundersøgelsers og vore nabolandes overvågning af de åbne havområder.

Rapporten "Landovervågningsoplande" er baseret på data indberettet af amtskommunerne fra 7 overvågningsoplande og er udarbejdet i samarbejde med Danmarks Geologiske Undersøgelser.

Endelig er rapporten "Atmosfærisk deposition 1999" baseret på Danmarks Miljøundersøgelsers overvågning af luftkvaliteten i Danmark.

[Tom side]

Sammenfatning

<i>Høj nedbør og afstrømning i 1999</i>	<p>Vejret i 1999 var meget varmt, meget solrigt og usædvanlig vådt med 905 mm nedbør, 193 mm over normalen.</p> <p>Tilsvarende var den samlede ferskvandsafstrømning til de danske farvande i 1999 meget høj, ca. 18.400 mill. m³ (427 mm) eller 31 % over normalen.</p> <p>Det våde vejr har givet en stor afstrømning af næringsstoffer til havet. Kvælstofafstrømningen var i 1999 næsten den samme som i det ligeledes våde år 1998, mens afstrømningen af fosfor og organisk stof var henholdsvis 15 % og 13 % større end i 1998.</p>
<i>Diffus afstrømning er hovedkilden til både kvælstof og fosfor</i>	<p>Den diffuse afstrømning (inklusive spredt bebyggelse) er hovedkilden til tilførslen af både kvælstof (92 % i 1999) og fosfor (68 % i 1999) til de marine kystafsnit. For fosfor udgør belastningen fra spredt bebyggelse en ikke ubetydelig del (ca. 11 %) af det diffuse bidrag.</p>
<i>Fald i de samlede tilførsler af kvælstof og fosfor til havet</i>	<p>Der har været et statistisk signifikant fald fra 1989 til 1999 i de samlede udledninger af både fosfor og kvælstof til de marine kystafsnit via vandløb og direkte udledninger. Ved analysen er der anvendt vandføringsvægtede koncentrationer for at minimere de klimatiske faktorer. Hovedparten af ændringen må tilskrives et fald i udledningen fra rensningsanlæg og industri.</p>
<i>Reduktion i udledninger af næringsstoffer med spildevand</i>	<p>Der har været en markant reduktion i de samlede udledninger af spildevand fra slutningen af 1980'erne til 1998, nemlig 68 % for kvælstof og 87 % for fosfor. For spildevandstilførslerne til ferskvand har de tilsvarende reduktioner været 50 % for kvælstof og 76 % for fosfor. Herved er betydningen af de diffuse kilder blevet forholdsvis større, specielt i afstrømningsrige år.</p>
<i>Ingen ændring i diffus udledning af næringsstoffer</i>	<p>For den diffuse tilførsel til de marine kystafsnit kan der ikke påvises statistisk signifikante ændringer, men der er tegn på et svagt fald i kvælstoftilførslen og en svag stigning i fosfortilførslen.</p>
<i>Faldende fosfortransport i spildevandspåvirkede vandløb</i>	<p>Resultaterne fra overvågningsvandløbene viser, at der er sket markante fald i fosforkoncentration i vandløb, der i 1989-91 var påvirkede af spildevandsudledninger fra rensningsanlæg og dambrugsudledninger. I gennemsnit ses et fald på 27 % efter korrektion for variationer i den årlige vandføring. Vandløb i dyrkede områder udviser ligeledes en svag tendens til faldende fosforkoncentration siden 1989, gennemsnitligt 4 %, men tendensen er kun signifikant for få af vandløbene. En del af faldet skyldes en faldende udledning af fosfor fra spredt bebyggelse, idet der gennem perioden i stigende grad er anvendt mindre fosforholdige vaskemidler.</p>
<i>Faldende kvælstoftransport i spildevandspåvirkede vandløb</i>	<p>Kvælstofkoncentrationen er faldet i de fleste danske vandløb siden 1989, - også når der tages højde for variationer i vandføringen. Således beregnes et fald i 139 af 165 vandløb. Faldet, der typisk er på 16 % (median), er statistisk signifikant i 60 vandløb. Størst og mest sikkert er faldet i vandløb, der tidligere var spildevandsbelastede, men der er også svagt faldende tendens i mange vandløb, der afvander dyrkede oplande uden betydende spildevandsudledninger. Faldet er dog kun signifikant i 27% af vandløbene. Reduktionen i vandfø-</p>

ringskorrigeret kvælstoftransport er på ca. 13 % i disse vandløb. Modelberegninger udført med udvaskningsfunktioner viser, at ændringerne i landbrugspraksis fra 1990 til 1999 ved normalklima vil medføre en gennemsnitlig reduktion i kvælstofudvaskningen fra det dyrkede areal på ca. 28 % i løbet af en årrække (*Grant m.fl. 2000*). Effekten i vandmiljøet vil dog slå igennem med nogen forsinkelse.

Stigende nitrat i kildebække i dyrkede områder

Nitrat-koncentrationerne i kildebække i dyrkede oplande har været svagt stigende siden 1989 med tegn på at udviklingen er ved at vende i sidste halvdel af 1990'erne. I mange af de kilder, der i forvejen har et højt nitratindhold, er der dog stadig signifikante stigninger.

Flest vandløb med en moderat påvirket biologisk kvalitet

Den dominerende tilstand i de 1053 vandløbslokaliteter var faunaklasse 4, som i alt forekom på knapt 46% af stationerne. Faunaklasse 4 svarer til en moderat påvirket fauna, hvor hovedparten af de mere krævende smådyrarter enten mangler eller er meget fåtallige. Vandløb, der er upåvirkede eller svagt påvirkede (faunaklasserne 5, 6 og 7), forekom på godt 34% af stationerne, mens vandløb der er kraftigt eller meget kraftigt påvirkede (faunaklasserne 1, 2 og 3), udgjorde næsten 20%.

Miljøtilstanden er signifikant bedre i Jylland og på Fyn end i den øvrige del af landet. Forskellen har ikke kunnet forklares med forskelle i de fysiske forhold eller BI⁵ indholdet, men kan måske hænge sammen med at vandmængden i vandløbene er mindre øst for Storebælt end i Jylland og på Fyn. For Danmark som helhed kan der påvises en signifikant sammenhæng mellem faunaklasse og bundforhold i vandløbene.

Målsætningerne var kun opfyldt på 39% af det samlede stationsnet og på 76% af de vandløb der havde skærpet målsætning.

Samlet vurdering

Udledningerne af både fosfor og kvælstof til de marine kystafsnit er faldet signifikant fra 1989 til 1999. Hovedparten af ændringen skyldes et fald i udledningerne fra rensningsanlæg og industri, hvorimod der ikke kan påvises et fald i den diffuse tilførsel, som domineres af bidrag fra det dyrkede land og den spredte bebyggelse. Ved nærmere analyse af vandløb i dyrkede områder ses dog tegn på faldende kvælstoftransport. Faldet er på ca. 13% for perioden 1989-1999. Der ses ikke et tilsvarende fald i fosfortransporten i disse vandløb. Både for fosfor og kvælstof udgør de diffuse kilder nu hovedparten af de samlede udledninger.

1 Indledning

Jens Bøgestrand

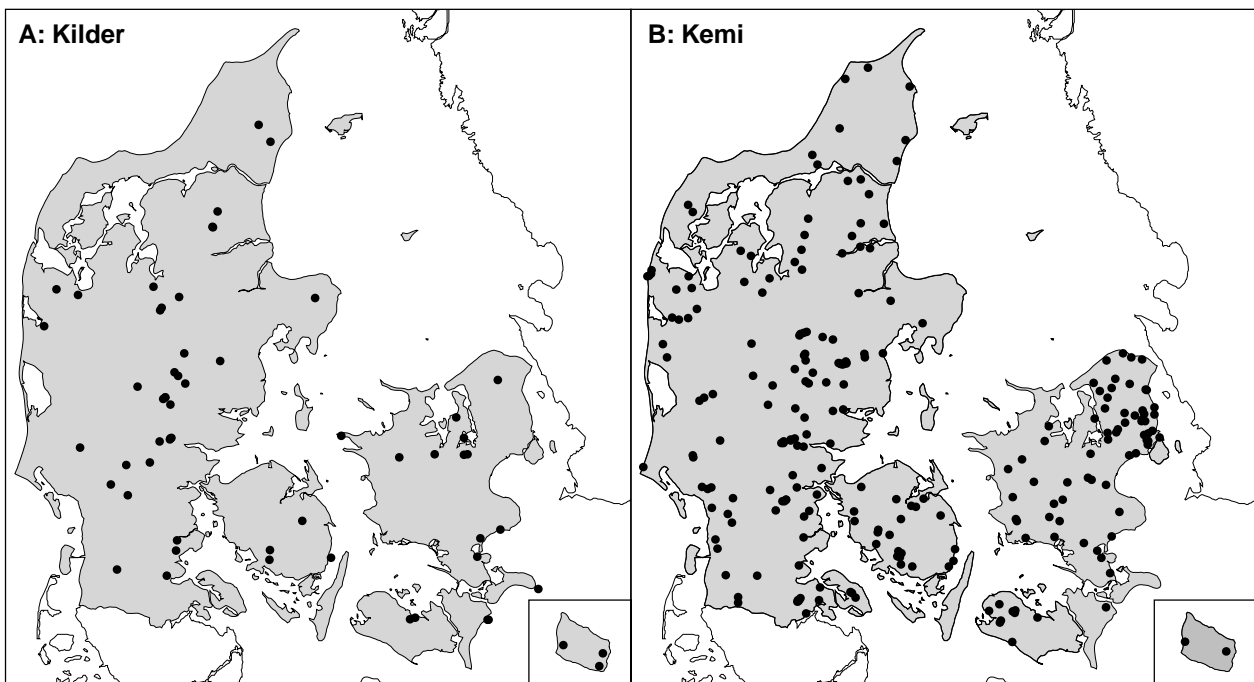
1.1 Om overvågningsprogrammet

NOVA 2003-formål

Det Nationale Program for Overvågning af Vandmiljøet (NOVA 2003) har som formål både at følge resultaterne af de tiltag, der blev vedtaget under vandmiljøplanen, og at tilgodese en række andre behov, herunder forpligtelser overfor EU, HELCOM, OSPAR og andre internationale organer.

Stationsnet og måleprogram

Der indgår 231 vandkemiske målestationer og 58 kilder (figur 1.1) i NOVA. Måleprogrammet omfatter vandføring samt en række fysiske og kemiske parametre. Næringsstofferne kvælstof og fosfor samt organisk stof er vigtige elementer, men der indgår også pH, vandtemperatur og andre fysiske parametre. Desuden tilvejebringes en række oplandsrelaterede informationer omfattende oplandsafgrænsning, arealanvendelse, jordtype, spildevandsudledninger, dyrkningspraksis m.m.



Figur 1.1 Kort over vandløb og kilder

Tungmetaller og miljøfremmede stoffer

På 5 målestationer i større vandløb måles der koncentrationer af en række tungmetaller. Desuden skal der på disse stationer samt de 25 landovervågningsstationer måles en lang række miljøfremmede stoffer. Det drejer sig både om pesticider og deres nedbrydningsprodukter samt andre organiske forbindelser, som kan have en direkte giftvirkning eller kan akkumuleres i fødekæden, herunder restprodukter fra industri og husholdningsspildevand.

Vandløbsøkologi

På 80 stationer udføres et udvidet biologiprogram for at belyse sammenhængen mellem den biologiske tilstand i vandløbene og påvirkningen fra menneskeskabte faktorer. Der laves således undersøgelser

af både bunddyrsfauna, vegetation, fysiske forhold og fiskebestand. Desuden laves der på godt 1000 stationer en kvalitetsbedømmelse ud fra dansk vandløbsfauna indeks (DVFI) for at få et landsdækkende billede af vandløbenes tilstand.

Oplandsanalyser

På de 25 stationer, som indgår i landovervågningsprogrammet, laves der detaljerede opgørelser over både naturgivne og menneskeskabte forhold i oplandene, især i relation til næringsstoffer. Resultaterne anvendes til opstilling af simple modeller for vand- og stofkredsløb i oplandene for at opnå en bedre beskrivelse af stoftabet fra det åbne land til vandløbene.

1.2 Sådan vurderes miljøtilstanden

Gennem overvågningsårene har der været nogle gennemgående principper for databehandling, analyse og præsentation.

Beregningsmetoder

Hvis intet andet er nævnt er gennemsnit beregnet som tidsvægtede for at tage højde for at målingerne ikke er jævnt fordelt over året. I relation til stoftransport er der dog ofte anvendt vandføringsvægtede gennemsnitskoncentrationer, som tager højde for svingninger i vandføring, både over året og fra år til år. De beregnes ved for en given periode at dividere den samlede stoftransport med den samlede vandafstrømning.

Typeoplande og typevandløb

I mange af rapportens analyser inddeles vandløbsstationerne i klasser på grundlag af karakteren af menneskelig påvirkning i oplandet:

- Naturoplande (Type 1)
- Dyrkede oplande (Type 2 og 3)
- Oplande med punktkilder (Type 4)
- Oplande med dambrug (Type 5)
- Vandløb i byer (Type 6)

Mange vandløb har skiftet klasse siden overvågningsprogrammets start, f.eks. på grund af reduceret spildevandstilledning eller nedlæggelse af dambrug.

Kriterierne for dyrkede oplande er lidt forskellige for kvælstof og fosfor. Antallet af stationer i denne kategori er derfor ikke det samme i kvælstof- og fosforkapitlerne.

Udviklingen gennem årene

Udviklingen i vandkvalitet og stoftransport vurderes ud fra resultaterne fra de ca. 150 vandløbsstationer, som har været i drift siden 1991. Ved analyse af udviklingen i de forskellige typer af vandløb anvendes typeinddelingen fra 1991. Enkelte vandløbsstationer udelades, hvis der er en nærliggende station i det samme vandløb, ligesom afløb fra søer ikke anvendes.

Langtidsudviklingen i kvælstoftransport vurderes desuden ud fra resultater fra 55 vandløb, hvorfra der også foreligger målinger fra før overvågningsprogrammets start i 1989.

Tabel 1.1 Stationstyper i vandløb. I kriterier for opdeling af typeoplande er der i punktkildebidraget ikke medregnet spildevand fra spredt bebyggelse. Antal stationer fordelt på oplandstyper anvendt i tidsserie-analyse (1989-99) og aktuelt 1999. Oplandstyper for tidsserie-analyser opgjort efter situation i 1991.

Oplandstype		1989-99 tidsserie-analyser type 91	1999 aktuel status type 99
Naturoplande	Type 1	7	9
Vandløb i dyrkede oplande (P) dyrkningsgrad > 15 % bebyggelse < 50 % punktkildebidrag < 25 g P/ha, 0,5 kg N/ha	Type 2	38	62
Vandløb i dyrkede oplande (N) dyrkningsgrad > 15 % bebyggelse < 50 % punktkildebidrag < 0.5 kg N/ha	Type 3	63	92
Vandløb med punktkilder	Type 4	78	76
Vandløb med dambrugsudledninger P fra dambrug > 30 % af total transport > 40 % af punktkildebidrag	Type 5	15	2
Vandløb i bebyggede områder > 50 % bebyggelse	Type 6	5	6

Tilførsel af kvælstof, fosfor og organisk stof til havet

Ca. 170 vandløbsstationer, som ligger tæt på vandløbets udmundning i havet, anvendes ved beregning af tilførslen af kvælstof, fosfor og organisk stof til havet. Oplandet til disse stationer dækker ca. 57 % af Danmarks areal. I de 170 stationer indgår nogle af amternes regionalt drevne stationer, som udgør 5-10 % af den arealmæssige dækning. Stoftilførslen fra den resterende del af landets areal (det umålte opland) samt direkte spildevandsudledninger i havet opgøres efter metoden beskrevet af *Svendsen (1998)*.

Tilførsel fra forskellige forureningskilder

For at vurdere betydningen af forskellige forureningskilder er bidraget til den samlede stoftransport fra disse opgjort. Dette gøres både for de enkelte vandløbsstationer og for den samlede stoftransport til havet. Beregningsmetoderne er detaljeret beskrevet i *Svendsen 1998*, men går i korthed ud på at man på basis af den kendte samlede stoftransport samt det kendte bidrag fra en række punktkilder (byspildevand, industri m.m.) beregner bidraget fra det åbne land som differensen mellem punktkildebidraget og den samlede transport.

1.3 Årets rapport

Dette års overvågningsrapport ligner på mange måder tidligere års rapporter. Der er i år tilføjet et kapitel om miljøfremmede stoffer, hvorimod det udvidede biologiprogram ikke rapporteres før i 2001.

[Tom side]

2 Klima og afstrømning

Niels B. Øvesen & Lars M. Svendsen

2.1 Nedbør- og temperaturforhold i 1999

1999 var usædvanlig vådt,
varmt og solrigt

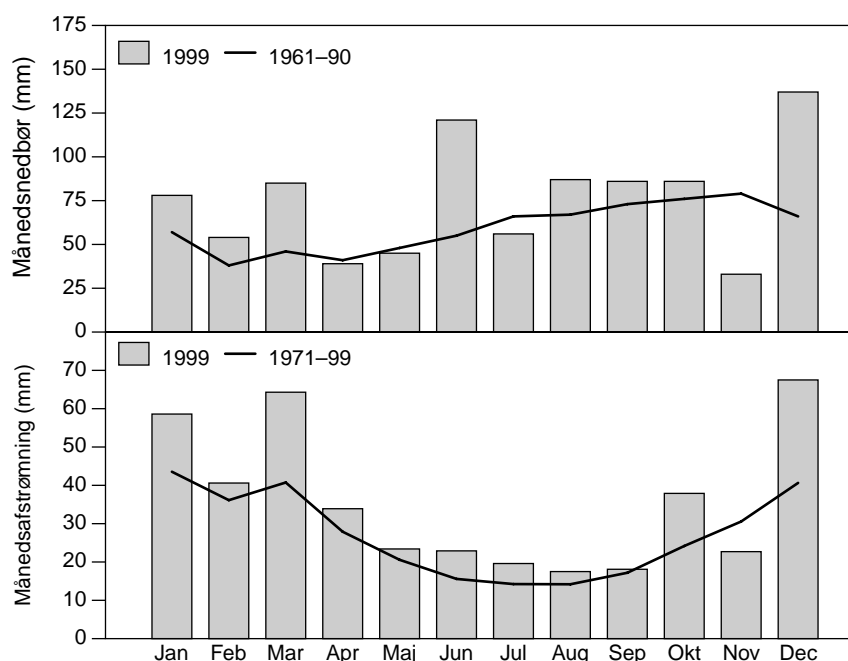
Vejret i 1999 var som helhed både meget varmt, meget solrigt og usædvanlig vådt. Denne kombination er meget sjælden, og er ikke tidligere forekommet i en sådan grad. Middeltemperatur på 8,9 °C var 1,2 °C over normalen (1961-90) og 0,5 °C over gennemsnittet for overvågningsperioden 1989-99 (tabel 2.1).

De 11 overvågningsår har været betydeligt varmere (0,7 °C) end normalen. Med 905 mm blev 1999 det vådeste år, siden DMI startede målingerne i 1874, hvilket er hele 193 mm over normalen og langt over gennemsnittet for de 11 overvågningsår. De 11 overvågningsår har været lidt mere nedbørsrige end normalen med 3 meget nedbørsrige år (1994, 1998 og 1999). Solen skinnede meget (1905 timer) i 1999 mod normalt 1670 timer (1971-90).

Vindhastigheden var med 5,5 m s⁻¹ som middel for 1999 ved kyststationerne noget under normalen på 6,6 m s⁻¹ trods århundredets orkan i december 1999. Nedbøren i månederne marts, juni og især december var langt over normalen, og de fleste øvrige måneder var vådere end normalt (figur 2.1). Kun i november var nedbøren væsentligt under normalen.

Tabel 2.1 Årsmiddelværdier for temperatur, nedbør, beregnet potentiel vandbalance (korrigeret nedbør minus beregnet potentiel fordampning) samt ferskvandsafstrømningen. Endvidere er angivet vinterværdier (middel for perioden fra fx december 1988 til marts 1989, som er angivet under 1989) for temperatur, nedbør og afstrømning. Endelig findes midler for de 11 overvågningsår og normaler (middel af 1961-90) (normalen er her 1971-99).

Periode	Temperatur		Nedbør		Vandbalance	Afstrømning		
	År °C	Vinter °C	År mm	Vinter mm	Potentiel mm	År mm	År 10 ⁶ m ³	vinter mm
1989	9,2	4,7	581	210	131	252	10800	133
1990	9,3	4,7	812	271	420	322	13900	151
1991	8,2	2,1	654	197	317	296	12700	154
1992	9,0	3,5	706	208	280	294	12600	129
1993	7,6	2,4	758	199	413	325	14000	155
1994	8,7	1,8	880	360	524	455	19600	259
1995	8,2	2,8	652	337	245	363	15600	246
1996	6,8	-1,6	505	70	129	190	8200	68
1997	8,5	1,4	622	153	244	207	8900	104
1998	8,2	3,5	860	243	561	362	15600	136
1999	8,9	2,1	905	277	585	427	18400	204
1989-99	8,4	2,5	721	229	350	318	13600	158
1961-90	7,7	0,9	712	207	336	326	14000	159



Figur 2.1 Månedssnedbør i Danmark i 1999 sammenlignet med normalen 1961-90. Månedsmiddel-ferskvandsafstrømning fra Danmark i 1999 sammenlignet med middel for perioden 1971-99.

Oplysningerne om de klimatiske forhold i dette kapitel stammer fra Cappelen og Jørgensen (2000). Fordampningsdata er fra Dansk JorbrugsForskning (DJF) og Danmarks Meteorologiske Institut (DMI) beskrevet i Scharling (1999). Beregningsmetodikken bag fordampningsdata er beskrevet i Mikkelsen og Olesen (1991).

Store geografiske forskelle i nedbør

Der var store geografiske forskelle i de nedbørsmængder, der faldt i 1999 (bilag 2.1). Store dele af Nord- og Nordvestjylland fik mellem 1000 og 1150 mm, hvilket er 300 – 350 mm eller ca. 50 % mere end normalt. I de centrale dele af Syd- og Sydvestjylland faldt der over 1100 mm, og enkelte steder mere end 1200 mm (250-300 mm over normalen). Mindst faldt der over Storebæltsregionen og i Østersøområdet med 600-700 mm eller omkring 100 mm over normalen. Nordøstsjælland og de centrale dele af Bornholm fik 800 mm svarende til 150 mm over normalen.

Varmere og lidt vådere

1999 var i alle måneder varmere end normalt dog undtaget juni. For overvågningsperioden som helhed har især vintermånederne januar, februar og marts i gennemsnit været op til 2 °C over normalen, men også april, juli og august har været noget over normalen. De øvrige måneder har været meget tæt på normalen. Nedbørsmængderne er ligeledes steget i de senere år, men forskellen mellem midlen for perioden 1989 til 99 og 1961 – 90 er kun 9 mm. Der er til gengæld blevet en større forskel hen over året, idet de mest nedbørsrige måneder i begyndelsen af vinterperioden er blevet endnu mere våde.

2.2 Afstrømningsforhold

Opgørelsesmetodik og grundlag

I bilag 2.2, 2.3 og 2.4 beskrives, hvordan afstrømningen er opgjort, det anvendte beregningsgrundlag og stationsnet. I bilag 2.5 findes en detaljeret opgørelse på månedsplan for ferskvandsafstrømningen til de 49 2. ordens kystafsnit.

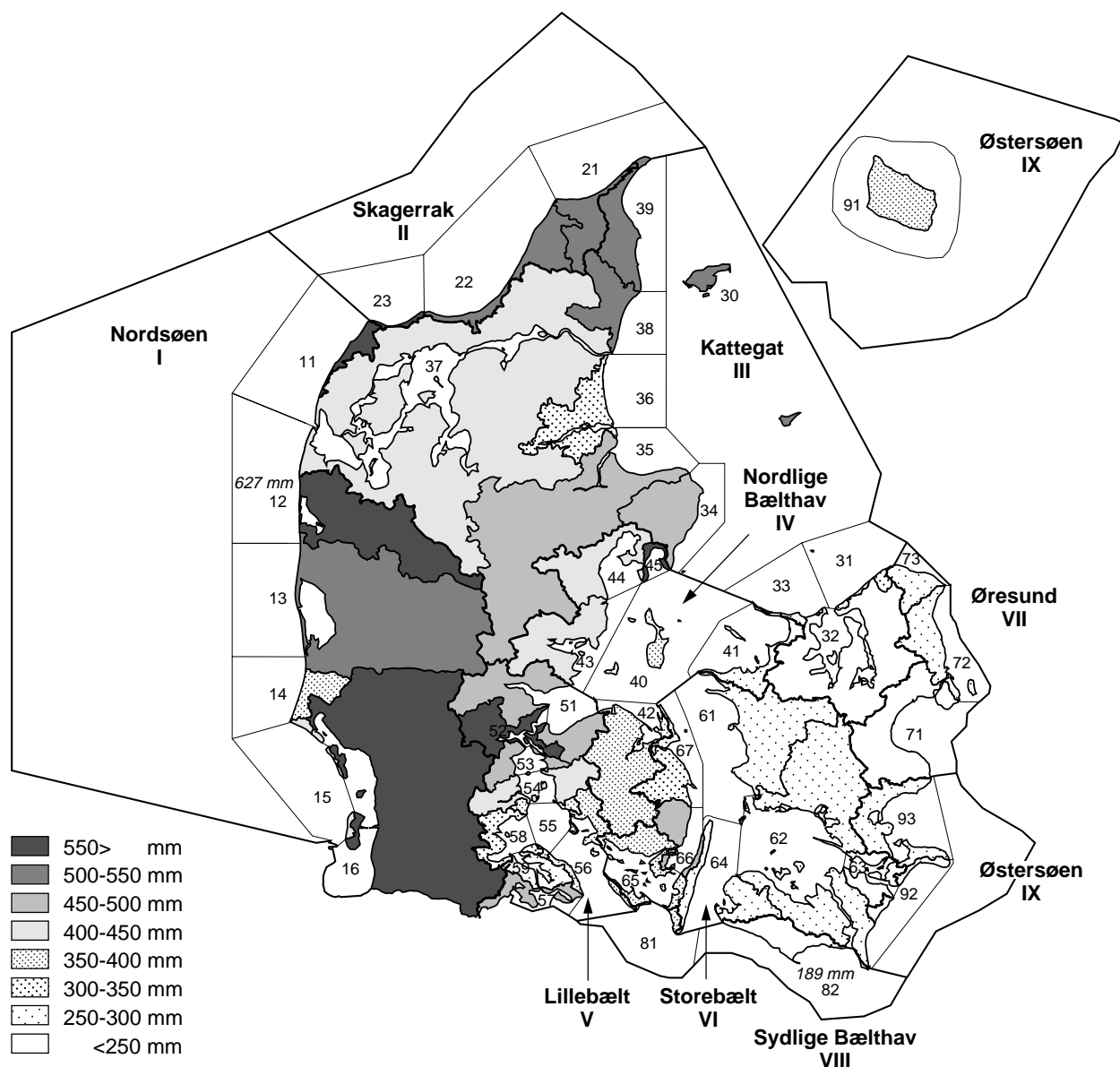
Relativ høj ferskvandsafstrømning i 1999

Den samlede ferskvandsafstrømning til de danske farvande er for 1999 opgjort til ca. 18.400 millioner m³ svarende til en arealspecifik afstrømning fra Danmark på 427 mm (tabel 2.1). Årets afstrømning var hermed ca. 31 % over middelastrømningen for perioden 1971 – 1999, der er på 326 mm (ca. 14.000 millioner m³). Afstrømningen var samtidig 34 % over midlen for 1989-99. Til sammenligning var nedbøren i 1999 193 mm over normalen og 184 mm over midlen for 1989-99. Det var specielt vintermånederne januar og marts men især december, hvor afstrømningen ligesom nedbøren var særdeles stor. Resultat af afstrømningsopgørelse til 1. ordens farvandsområder fremgår af tabel 2.2.

Afstrømningsforholdene udviser ligesom nedbøren en stor geografisk variation i 1999. Oplandene til farvandsområderne i det sydlige bælthav, Østersøen og Øresund havde de laveste ferskvandsafstrømninger med mellem ca. 200 og 250 mm. De største afstrømninger forekom som normalt til farvandsområderne i Nordsøen med et niveau på mellem 500 og 600 mm (figur 2.2). Også fra Gudenå systemet samt oplande omkring det Nordlige Lillebælt er afstrømningen relativt stor. Der er generelt en rimelig overensstemmelse mellem ferskvandsafstrømningen og (netto)nedbør. Grundvandsmagasinerne påvirker dog også disse mønstre (se næste afsnit).

Tabel 2.2 Ferskvandsafstrømningen til 1. ordens farvandsområder.

Farvandsområde	Opland m ²	1999			1971-1999		
		Vinter	Sommer				
		10E6 M3	10E6 M3	mm	10E6 M3	mm	10E6 M3
1 Nordsøen	10809	3846	2210	560	6056	452	4883
2 Skagerak	1098	334	229	513	564	304	334
3 Kattegat	15828	4105	2460	415	6565	312	4943
4 Nordlige Bælthav	3130	925	311	395	1236	277	866
5 Lillebælt	3385	1167	350	448	1517	336	1138
6 Storebælt	5424	1286	283	289	1569	230	1249
7 Øresund	1717	306	93	232	399	181	311
8 Sydlige Bælthav	418	78	9	207	87	184	77
9. Østersøen	1207	322	58	315	381	200	242
Total	43018	12369	6003	427	18372	326	14043

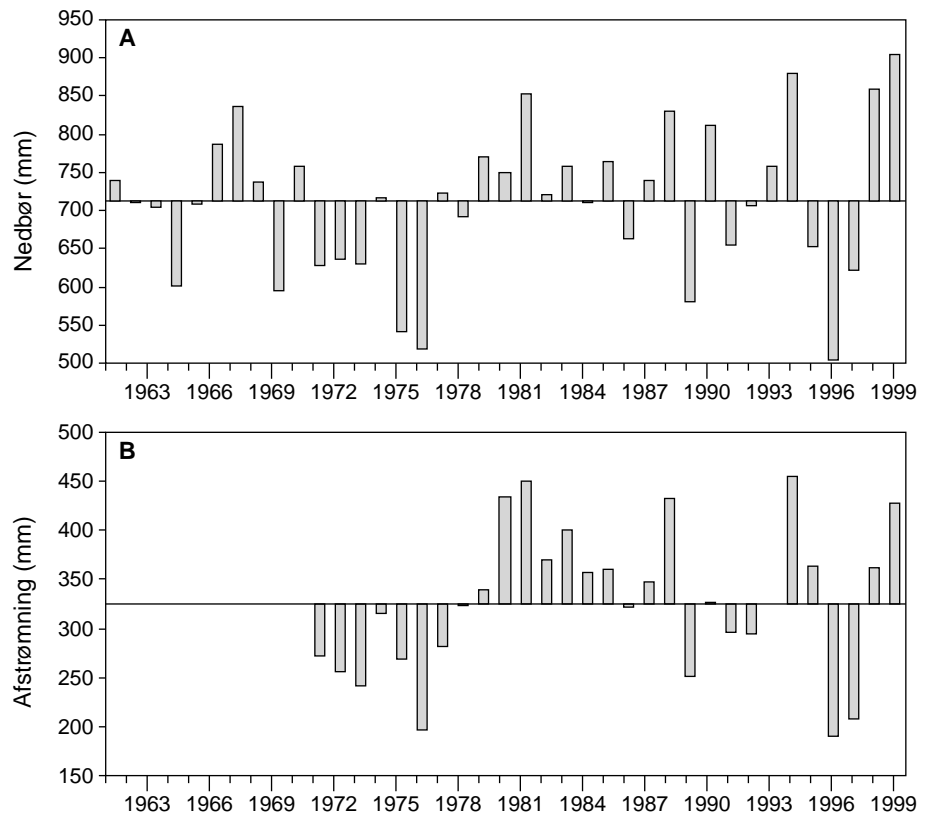


Figur 2.2 Ferskvandsafstrømningen (i mm) til de 49. 2. ordens marine kystafsnit i 1999.

2.3 Vandbalance

Lavere ferskvandsafstrømning end nedbøren kunne betinge

Generelt for året har afstrømningen responderet mindre på nedbøren end det kunne forventes. Det skyldes især, at der er en vis forsinkelse i afstrømningens respons på nedbør, og da afslutningen på året blev særlig nedbørsrig, er der en del vand, der først er strømmet af i det efterfølgende år. En anden medvirkende faktor kan være at indholdet i grundvandsmagasinerne efter både 1996 og 1997, der var meget tørre, stadig er relativt lavt, og at en del af nettonedbøren i 1999 kan have bidraget til en vis opbygning af grundvandsmagasinerne. Dette erkendes også ved at sammenligne den årlig nedbør med den årlig ferskvandsafstrømning fra Danmark, hvor ferskvandsafstrømningen typisk er større end forventet år 1 efter nedbørsrige år (eksempel 1995), men lavere end forventet efter 1 til 2 nedbørsfattede år som fx i 1997 og 1998 (figur 2.3A og 2.3B).



Figur 2.3 Årsnedbøren for Danmark i perioden 1961-99 angivet i forhold til normalen 1961-90 (A) og ferskvandsafstrømningen for Danmark i perioden 1971-99 angivet i forhold til middel for perioden 1971-99 (B).

Potentiel vandbalance

Den potentielle vandbalance beregnes som den korrigerede nedbør (nedbør korrigeret for aerodynamiske effekter og wetting tab, så der opnås et mål for, hvor meget nedbør der når til jordoverfladen) minus den potentielle fordampning. Dette giver en potentiel vandbalance som sammenlignet med afstrømningen bl.a. giver et bud på ændringer i grundvandsmagasinerne. Det forudsætter, at den potentielle fordampning ikke afviger væsentligt fra den aktuelle fordampning (men ofte er den potentielle fordampning på årsplan lidt højere end den aktuelle fordampning, dvs. at den faktiske vandbalance burde være lidt større end angivet). DMI anbefaler nye standardværdier for nedbørskorrekationer (Allerup et al., 1998). Ved middel læ-forhold, som kan antages at gælde som et gennemnit for samtlige anvendte nedbørsmålere, skal den målte årsnedbør øges med 21 % for at få nettonedbøren. Sammenlignes den potentielle vandbalance med den målte afstrømning, fremgår det, at der i 1998 tilsyneladende var en betydelig forøgelse af grundvandsmagasinerne, og denne forøgelse er sket også i 1999, men dog ikke i så stort omfang (tabel 2.1).

Nedbør og afstrømning lagt op til en relativ stor kvælstof- og fosfortilførsel til vandmiljøet

Der faldt ikke så meget sne i januar til marts 1999, og der var ingen egentlige tøbrud i løbet af vinteren, som ellers kan give større input af ikke mindst partikulært fosfor til vandmiljøet. Vinteren 1998/99 var dog relativ fugtig, og især marts havde meget stor afstrømning (figur 2.1). Der var således et relativt stort potentiale for diffus tilførsel af næringsstoffer inden sommerperioden 1999. Sommeren havde en nogenlunde normal afstrømning, men afstrømningen i slutningen

af 1999 har givet et potentiale for en relativ stor diffus tilførsel af vand og næringsstoffer til vandmiljøet i denne periode og et stykke ind i 2000.

3 Vandkvalitet i kildebække

Hans L. Iversen

Overvågningsprogrammet omfatter i alt 58 kildebække. Hensigten med delprogrammet er at følge langtidsudviklingen i vandkvalitet, at få bedre viden om koncentrationsniveauet af især fosfor og kvælstof i kilder i forskellige oplandstyper og dermed bedre viden om kvaliteten af og udviklingen i det grundvand, der naturligt strømmer til vandløbene.

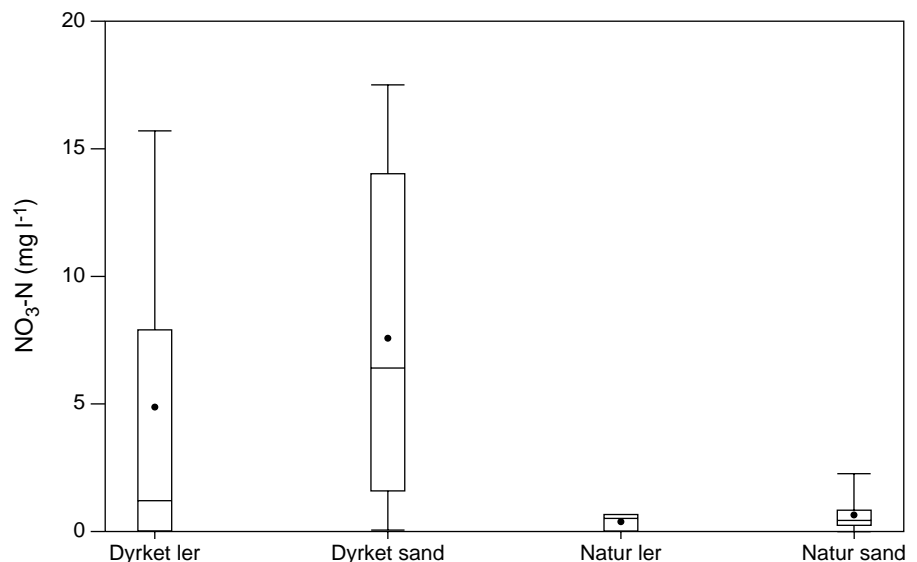
3.1 Kvælstof

Kvælstof i kilder og kildebække udvaskes fra rodzonen

Nitratkoncentrationerne er højest i sandjordsoplande

Langt hovedparten af kvælstof i vandet i kildebække findes i form af nitrat, udvasket fra rodzonen. Det er derfor ikke overraskende at nitratkoncentrationerne i kilder i dyrkede områder i gennemsnit er mere end 10 gange større end i kildebække, der er lokaliseret i naturområder (figur 3.1).

I en del kilder i dyrkede oplande er nitratindholdet dog på samme lave niveau som i naturområderne (figur 3.1). Det kan være kilder med et stort indhold af gammelt grundvand med et lavt indhold af nitrat eller yngre grundvand med et oprindeligt højere indhold af nitrat, som er blevet reduceret undervejs og omsat til frit atmosfærisk kvælstof ved denitrifikation. Nitratkoncentrationerne er generelt højest i sandjordsoplande, formentlig som en effekt af dels en stor husdyrtæthed på sandjorde, dels at jordens sammensætning og struktur betinger, at rodzonens nitrat lettere udvaskes.



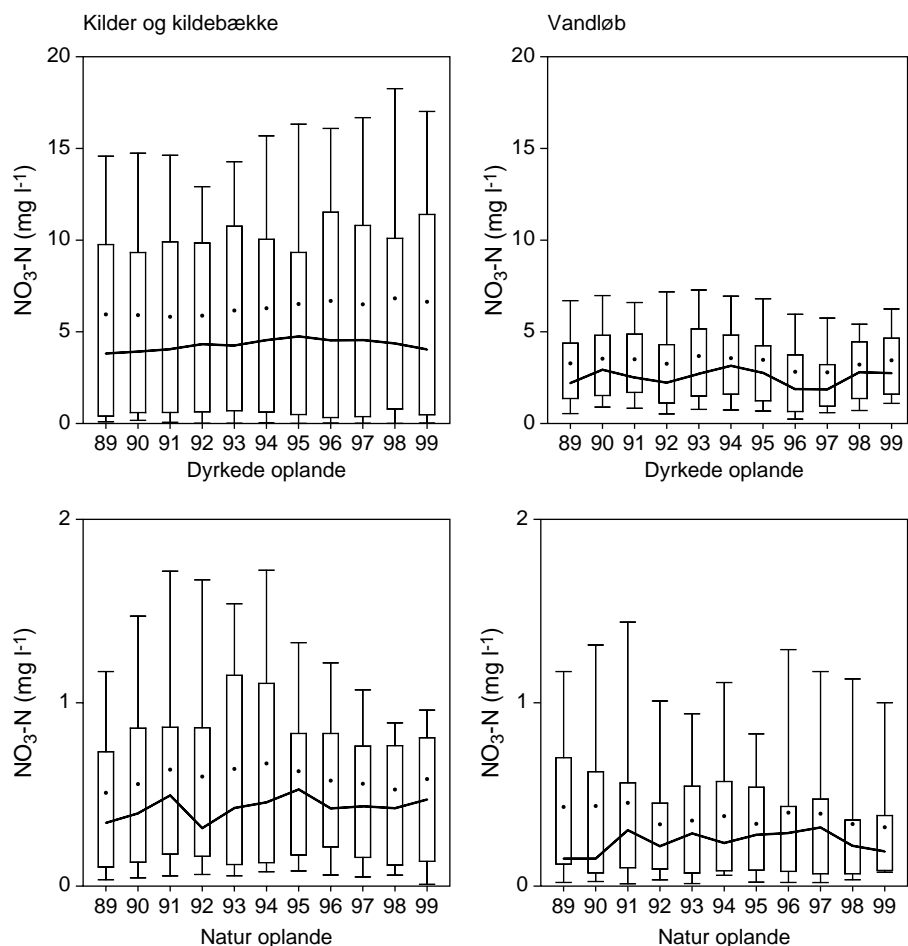
Figur 3.1 Gennemsnitskoncentrationer af nitrat i kilder og kildebække i dyrkede lerjordsoplande, dyrkede sandjordsoplande, udyrkede lerjordsoplande, udyrkede sandjordsoplande. Data fra 1999. Boxplot med median (vandret streg), gennemsnit (punkt), 25 og 75 percentil (rektangel) og 10 og 90 percentil (vandrette streger på lodrette linjestykker).

Hyppigere forekomst af høje nitratkoncentrationer

Udviklingen i nitratkoncentrationer 1989-99

Nitratkoncentrationen (median) i dyrkede oplande var svagt stigende frem til midten af halvfemserne og derefter svagt faldende således, at den i 1999 lå på samme niveau som i 1989 (figur 3.2). I samme periode ses dog en tendens til hyppigere forekomst af høje nitratkoncentrationer (75- og 90-percentilen). Denne stigning slår også igennem som en svag stigning i gennemsnitskoncentrationen (prikker) i perioden.

Udviklingen i nitratkoncentration i hver enkelt kilde er testet med Kendall's sæson test på 95 % konfidensniveau. I 12 ud af de i alt 42 kilder i dyrkede oplande er der beregnet en signifikant stigning i nitratkoncentrationen, og i 8 kilder har koncentrationen været signifikant faldende. Går man lidt tættere på tallene, viser det sig, at stigningen primært er sket i de mere nitratholdige kilder (signifikant stigning i 11 ud af 21 kilder med nitratkoncentrationer over medianen). I de i alt 12 kilder i naturoplandene er der sket en stigning i 2 tilfælde og et fald i 2 tilfælde.



Figur 3.2 Udviklingen i gennemsnitskoncentrationer af nitrat i kilder og kildebække til venstre, udviklingen i sommermediankoncentrationer (juni-august) af nitrat i vandløb til højre. Boxplot med median (forbundne linjer), gennemsnit (punkt), 25 og 75 percentil (rektangel) og 10 og 90 percentil (lodrette linjestykker).

Om sommeren er hovedparten af tilstrømningen til vandløbene typisk grundvand. Alligevel ses det, at median sommerkoncentrationen af nitrat i vandløbene er noget lavere end i kilder og kildebække (figur 3.2).

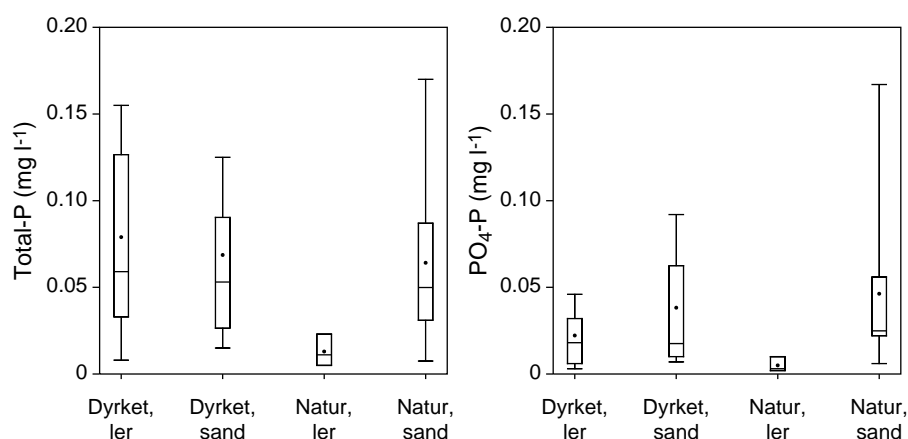
Omsætning af nitrat

Det kan skyldes, at der sker denitrifikation under udstrømningen til vandløbene eller, at der sker en diffus tilførsel af mindre nitratholdigt grundvand. Forskellen kan også skyldes, at der sker en omsætning af nitrat i vandløbene. Således udgør den organiske kvælstof-fraktion kun omkring 4 % af total-N i kilder i dyrkede oplande, men omkring 18 % af total-N i vandløb i dyrkede oplande. Den gennemsnitlige koncentration af total-N i vandløb (sommer median koncentration) i dyrkede oplande er dog 22 % lavere end i kilder i dyrkede oplande, måske som følge af denitrifikation på vandløbsbunden og på vandplanter. Denitrifikationen i vandløbene i sommer perioden er fundet at udgøre 13-30 % af kvælstof transporten i undersøgte danske vandløb og helt op til 40 % i juli i et enkelt vandløb (*Miljøstyrelsen, 1991*). 90-percentilen af sommer median nitratkoncentrationen i vandløbene er tilsyneladende begyndt at falde efter 1995. De lave sommer median nitratkoncentrationer i 1996, og måske helt frem til 1998, kan skyldes en ændret sammensætning i grundvandstilførslen til vandløbene på grund af ændringer i grundvandsspejlet efter en usædvanligt tør periode, der strakte sig fra foråret 1995 til efteråret 1997.

3.2 Fosfor

Fosfor udvaskes både fra rodzonen og fra dybereliggende sedimenter

Fosfor tilføres til grundvandet med det nedsivende regnvand. Grundvandet strømmer igennem sedimenter, der har et større eller mindre indhold af fosforholdige mineraler. Fra disse sedimenter sker der også en frigivelse af fosfor til grundvandet. Median fosforkoncentrationen i kilder og kildebække fra naturoplande var 0,034 mg Total P/l i 1999 (figur 3.3).



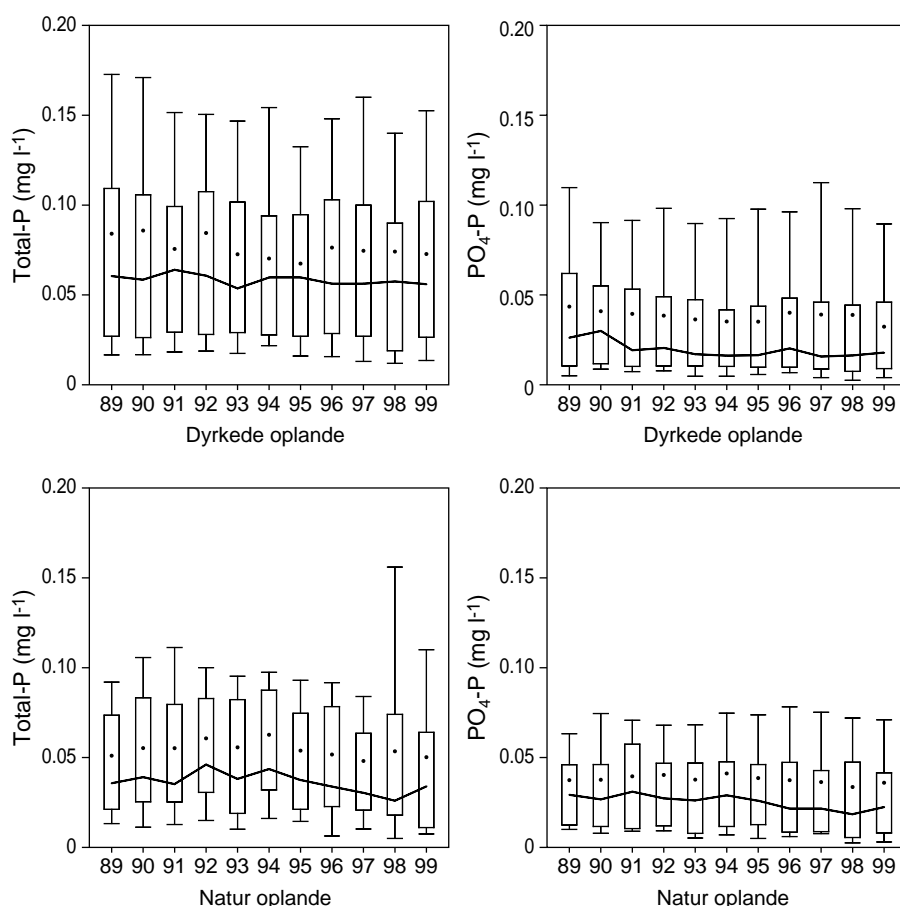
Figur 3.3 Gennemsnitskoncentrationer af total-P og Po₄-P i kilder og kildebække i dyrkede lerjordsoplande, dyrkede sandjordsoplande, udyrkede lerjordsoplande, udyrkede sandjordsoplande. Data fra 1999. Boxplot med median(vandret streg), gennemsnit (punkt), 25 og 75 percentil (rektangel) og 10 og 90 percentil (vandrette streger på lodrette linjestykker).

Fosforkoncentrationerne er højest i kilder fra dyrkede oplande

Median koncentrationen i kilder fra dyrkede oplande var 0,056 mg Total-P l⁻¹. I vandløbene i dyrkede oplande er fosforkoncentrationen ca. dobbelt så høj som i kilder og kildebække fra dyrkede oplande, fordi der desuden sker tilførsel af fosfor til vandløbene fra spredt bebyggelse, overfladisk afstrømning, interflow og fra erosion i vandløbets brinker, hvoraf den sidstnævnte erosionskilde er langt den vigtigste (Laubel *et al.*, 2000). Der er dog grund til at følge udviklingen i fosforkoncentrationerne i kilder og kildebække. Gødningsforbruget af fosfor har ganske vist været faldende siden slutningen af firserne, men som gennemsnit for landet overgødskes der stadig med fosfor, hvilket kan føre til stadig ophobning af fosfor i jorden. Dermed er risikoen for en forøget udvaskning fra rodzonen også tilstede (Kronvang *et al.*, 2000).

Udviklingen i fosfor 1989-1999

Der anes et svagt fald i koncentrationen af total fosfor i dyrkede oplande, både i kilder med højt og lavt indhold af fosfor (figur 3.4). Koncentrationen af opløst fosfor i kilder i dyrkede oplande ser også ud til at være svagt faldende, undtagen de meget fosforholdige kilder (90 percentilen), hvor der ikke kan erkendes nogen udvikling.



Figur 3.4 Udviklingen i gennemsnitskoncentrationer af total-P og Po₄-P i kilder og kildebække. Boxplot med median (forbundne linjer), gennemsnit (punkt), 25 og 75 percentil (rektangel) og 10 og 90 percentil (lodrette linjestykker).

Ingen signifikante ændringer i fosforkoncentrationerne i kildebække

Det er testet med Kendall's sæson test på 95 % konfidensniveau, om der har været en signifikant tidlig udvikling i de målte total fosfor koncentrationer i de enkelte kilder. Ud af 42 kilder i dyrkede oplande er der beregnet et signifikant fald i fosforkoncentrationen i 3 kilder og en signifikant stigning i 1 kilde. I de 12 kilder i naturoplande er der et signifikant fald i fosforkoncentrationen i 1 kilde. Det tilsyneladende svage generelle fald i fosforkoncentrationerne, der fremgår af figur 3.4 er således ikke statistisk signifikant.

De gennemsnitlige koncentrationer af øvrige målte variable for perioden 1989-99 er vist i tabel 3.1.

Tabel 3.1 Gennemsnit af supplerende vandkemiske målinger fra kilder 1989-99 fordelt på oplandstype og jordtype.

Oplandstype	pH	Alkalinitet	Konduktivitet	Fe
Dyrket	7,40	2,88	57,77	0,66
Natur	7,31	2,49	53,34	0,55
Ler	7,54	4,73	69,17	0,82
Sand	7,29	1,74	45,90	0,54

Der er ikke væsentlige forskelle i niveauerne mellem kilder i dyrkede områder og kilder i naturområder. Derimod ses, som forventeligt, at alkalinitet i kilderne i sandede områder er mindre end i lerede områder.

Vandføringen i kilder er vist i tabel 3.2.

Tabel 3.2 Gennemsnit medianværdi 25 og 75 % fraktil for målt eller skønnet vandføring i kilder fra lerjords- og sandjordsoplande (1989-99)

	Gennemsnit	75% fraktil	Median	25% fraktil
20 kilder i lerjordsoplande	2,9	3,0	0,9	0,1
36 kilder i sandjordsoplande	10,8	10,5	3,4	1,3

[Tom side]

4 Kvælstof i vandløb

Søren E. Larsen

4.1 Indledning

De danske marine områder belastes hvert år med kvælstof via vandløb fra en række kilder. Det drejer sig om bidrag fra det åbne land, spildevand fra rensningsanlæg og industrier, udledninger fra dambrug og bidrag fra regnvandsbetingede udløb (se kapitel 9). Bidraget fra det åbne land stammer fra udvaskning fra landbrugs- og naturarealer samt fra spredt bebyggelse.

Store belastninger af de marine områder med kvælstof vil betyde en kraftig opblomstring af planktonalger, som ved henfald i løbet af sommeren forbruger store mængder af vandets ilt, så iltkoncentrationen bliver lav, hvis der ikke tilføres ny ilt. F.eks. har modelberegninger i Limfjorden vist, at høj kvælstoftilførsel til fjorden de foregående 10 måneder er den væsentligste årsag til iltsvind i fjorden. Modelberegningerne viser desuden, at omfanget og varigheden af iltsvind vil blive reduceret med mere end 50 %, hvis belastningen med kvælstof reduceres med 25 % (Møhlenberg, 1999).

Iltsvind skaber store problemer for den øvrige marine fauna og den biologiske struktur (Borum *et al.*, 1990; Kaas *et al.*, 1999). I værste fald kan iltsvindet betyde bundvending og fjorddød, som det skete for Mariager Fjord i 1997 (Århus og Nordjyllands Amt, 1998). Iltsvind er en tilbagevendende begivenhed hver sommer, og dets størrelse afhænger også af vejrforholdene i vækstperioden, idet solrige varme somre betyder større algevækst og større risiko for omfattende iltsvind (Kaas *et al.*, 1999; Markager *et al.*, 1999). Yderligere har direkte udledninger og den atmosfæriske deposition af kvælstof betydning for iltsvindets omfang.

En række planer har fastsat mål for reduktionen af udledningen af kvælstof, bl.a. er Vandmiljøplan I's (1987) primære mål en reduktion af rodzoneudvaskningen med 50 %. Ligeledes har Planen for Bæredygtigt Landbrug (1991) og NPo-Handlingsplanen mindre næringsstofbelastning fra punktkilder og det åbne land som mål. I Miljøstyrelsen (1999) findes en god oversigt over hidtil vedtagne handlingsplaner og virkemidler. Desuden findes der også en række regionale planer for forskellige fjorde og kystnære farvande.

En kontinuert overvågning af kvælstofudledningernes størrelse med en tilhørende statistisk analyse af de indsamlede data er således vigtig for at følge effekten af de forskellige handlingsplaner.

Kapitlet omhandler resultaterne af den landsdækkende overvågning af kvælstof i vandløb, og starter ud med en beskrivelse af tilstanden (koncentrationer og stoftransporter) i 1999. Dernæst omtales resultater af statistiske analyser af trenden i kvælstofkoncentrationer i vandløb for overvågningsperioden 1989-1999 og resultater af statistiske analyser af langtidsudviklingen i den afstrømningskorrigerede kvælstoftransport i 55 vandløb med data tilbage fra slutningen af 1970'erne.

Den efterfølgende beskrivelse af tilstanden i 1999 samt analyse af udviklingen i perioden 1989-99 er opgjort for 4 forskellige oplandstyper:

- Naturoplande (Type 1)
- Dyrkede oplande (Type 3)
- Oplande med punktkilder (Type 4)
- Oplande med dambrug (Type 5)

Der er dog ingen opgørelser for oplande med dambrug (Type 5) i beskrivelsen af tilstanden i 1999. På grund af den generelt faldende belastning fra dambrug og ligeledes den store næringsstoftransport i 1999, så udgjorde dambrugsbelastningen mindre end 30 % i hovedparten af vandløbene med dambrug. Kun to oplande kunne karakteriseres som dambrugsopplande og de er i det følgende afsnit medtaget under typen: oplande med punktkilder. Oplandstyperne er nærmere forklaret i kapitel 1 (tabel 1.1).

4.2 Tilstanden i 1999

Mest kvælstof i vandløb, der afvander dyrkede oplande

I lighed med tidligere år i overvågningsperioden er koncentrationen af total kvælstof højest i vandløb, der afvander dyrkede oplande (tabel 4.1). Koncentrationen af total kvælstof er en 4-5 gange større i disse vandløb end i vandløb, der afvander naturoplande. I de noget større spildevandsbelastede vandløb er koncentrationen af total kvælstof og ligeledes af nitrat lidt mindre end i vandløbene, der afvander dyrkede oplande. Det skyldes både forskelle i deres hydrogeologi, og at omsætningen af kvælstof stiger med stigende ferskvandsareal, især ved gennemløb af søer. De spildevandsbelastede vandløb har højere koncentrationer af ammonium.

Vandafstrømningen og dermed kvælstoftransporten var stor i 1999

Vandafstrømningen i 1999 var den næsthøjeste i hele overvågningsperioden, kun overgået af 1994 (bilag 4.1). Derfor kan man karakterisere året 1999 som et vådt år med en stor afstrømning og et stort tab af kvælstof for alle oplandstyper (bilag 4.1). Arealkoefficienten af kvælstof i 1999 var den tredje største i hele overvågningsperioden for naturoplande, for dyrkede oplande også den tredje største og for oplande med punktkilder den 6. største. Transporten af kvælstof var størst fra de dyrkede oplande (tabel 4.1). Oplandstabet af total kvælstof, nitrat og ammonium var henholdsvis 8, 11 og 6 gange så stort fra de dyrkede oplande som fra naturoplande i 1999.

Vandafstrømningen i det enkelte overvågningsår er primært bestemt af nedbør og fordampning samt oplandets hydrogeologi og arealanvendelse. Afstrømningen er generelt meget mindre i vandløbene i skov- og naturoplande end i de andre oplandstyper. Dette skyldes formentlig en kombination af at oplandene er forholdsvis små og derfor mister grundvand til andre områder, samt har en mindre nettonedbør pga. den store interception i netop skovene. Forskellene i vandafstrømning vanskeliggør i nogen grad sammenligninger mellem resultaterne fra de forskellige vandløbstyper, både når det gælder det enkelte år og udviklingen.

Tabel 4.1 Gennemsnitlig årsmiddelkoncentration, arealkoefficient og vandføringsvægtet koncentration af kvælstof fra typeoplande i 1999.

Kvælstof 1999		Naturoplande TYPE 1		Dyrkede oplande TYPE 3		Oplande m. punktkilder TYPE 4	
		gns.	median	gns.	median	gns.	median
Antal stationer		9		92		78	
Årsmiddelkoncentration N mg l ⁻¹							
Total N	mg N l ⁻¹	1,24	1,10	5,82	5,43	4,95	4,84
NO ₃ -N	mg N l ⁻¹	0,74	0,52	5,00	4,66	4,13	4,04
NH ₄ -N	mg N l ⁻¹	0,03	0,02	0,12	0,11	0,16	0,14
Arealkoefficient							
Total N	kg N ha ⁻¹	2,99	3,06	24,0	22,2	22,3	22,3
NO ₃ -N	kg N ha ⁻¹	1,80	2,04	20,8	19,7	18,5	19,2
NH ₄ -N	kg N ha ⁻¹	0,09	0,05	0,49	0,34	0,62	0,54
Vandføringsvægtet koncentration							
Total N	mg N l ⁻¹	1,49	1,23	6,90	6,61	5,81	5,65
NO ₃ -N	mg N l ⁻¹	0,96	0,79	6,01	5,62	5,04	4,87
NH ₄ -N	mg N l ⁻¹	0,03	0,03	0,13	0,11	0,17	0,14
Vandafstrømning mm		236	234	359	334	402	383
Oplandsstørrelse km ²		5,04	3,37	44,0	15,1	217	118

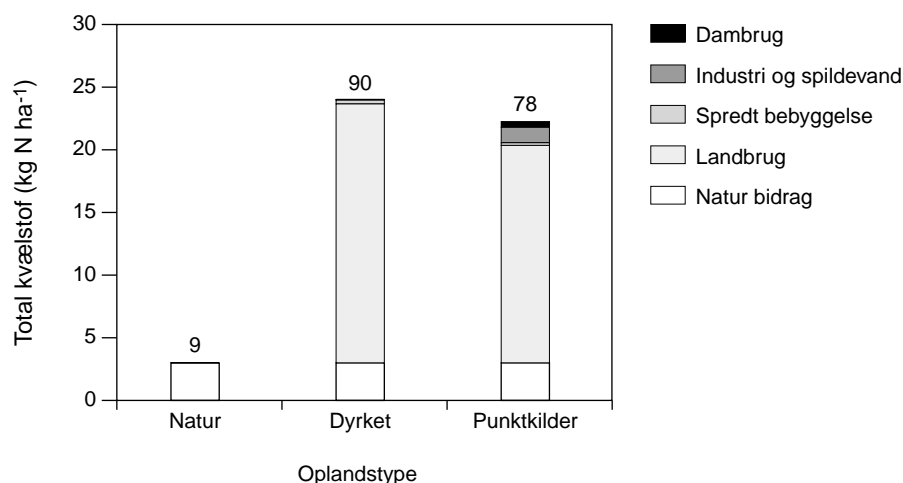
Ved at beregne vandføringsvægtede koncentrationer (tabel 4.1) vil forskelle i vandafstrømning blive af mindre betydning. Det fremgår, at forskellene i koncentrationer mellem de forskellige oplandstyper bibeholdes ved beregning af vandføringsvægtede koncentrationer.

Kilder til kvælstof i 1999

Kilderne til kvælstoftransporten i vandløb i 1999 er opgjort for 3 forskellige oplandstyper (figur 4.1).

Landbruget er den vigtigste kilde til kvælstoftransporten i vore vandløb

Landbruget er den vigtigste kilde til kvælstoftransporten i vandløb i dyrkede oplande og ligeledes i spildevandsbelastede vandløb. Vandløb i de dyrkede oplande modtog 86 % af kvælstoftransporten fra landbrugsbidrag, mens landbrugsbidraget i de spildevandsbelastede vandløb udgjorde 78 %. I kildeopsplitningen er det antaget, at baggrundsbidraget i alle oplande har været det samme som det gennemsnitlige oplandstab af kvælstof i naturvandløbene. Hvis der i stedet anvendes vandføringsvægtede koncentrationer i beregningen af baggrundsbidraget, vil det betyde en formindskelse af bidraget fra landbrugsarealer. Det landbrugsrelaterede bidrag til stoftransporten er nemlig fundet som differencen mellem målt transport og summen af spildevandsudledninger og naturbidrag.



Figur 4.1 Kilder til total kvælstoftransport i vandløb i 3 forskellige oplandstyper i 1999 (jf. kap.1 og dette kapitel). Over søjlerne er angivet mængden af stationer i de enkelte kategorier.

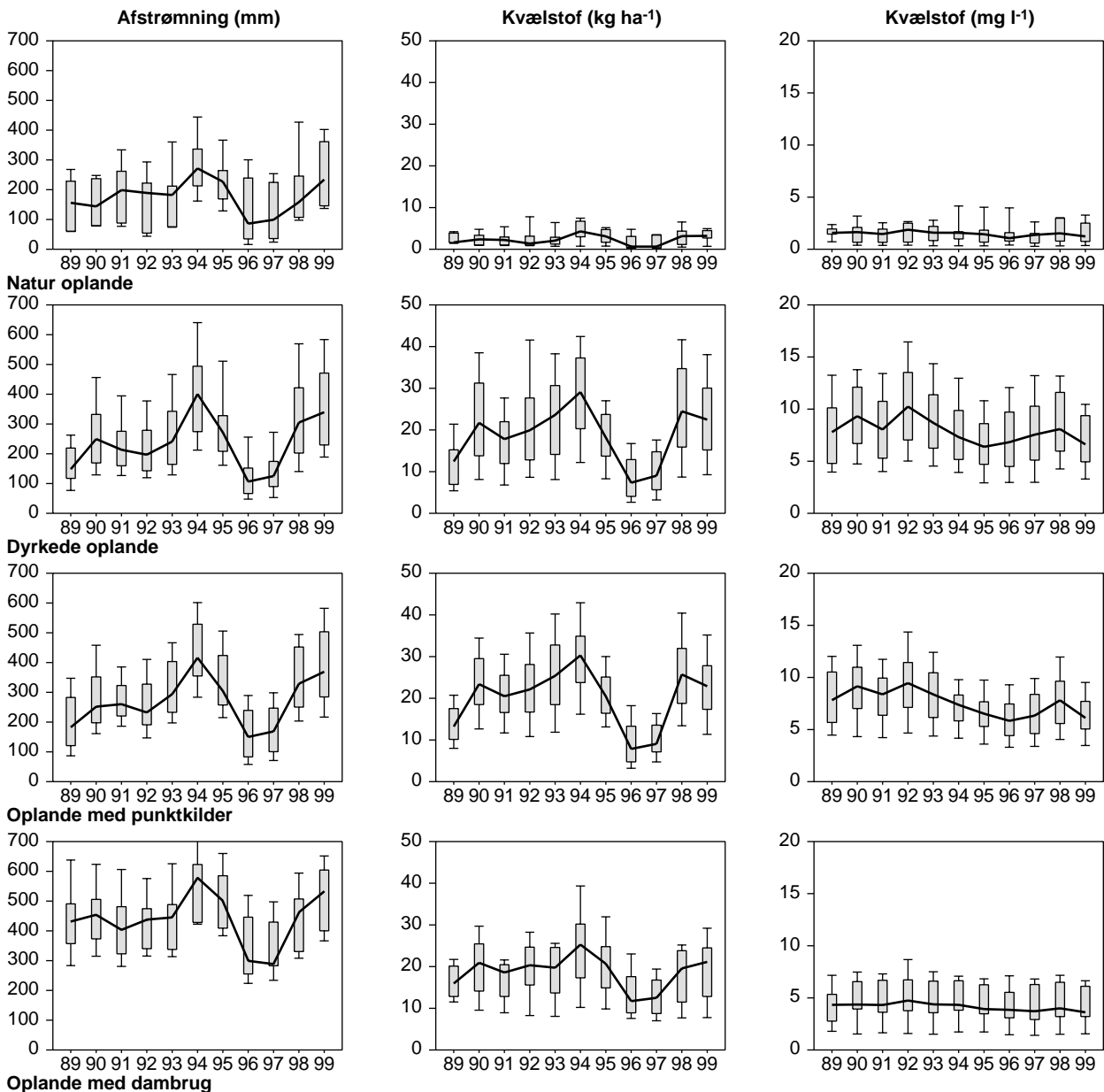
Sammenligning af tilstanden i 1999 med de tidligere år

År til år variationerne i oplandstabet af kvælstof i de 4 oplandstyper (natur, dyrkede, punktkilder, dambrug, opgjort efter status i 1991) har i perioden 1989-99 fulgt år til år variationerne i afstrømningen (figur 4.2 og bilag 4.1). Således var afstrømningen og dermed også kvælstoftransporten stor i 1999.

Vurdering af effekten af miljøforbedringer vanskeliggøres af store variationer i afstrømning

Den store år til år variationer i afstrømningen inden for overvågningsperioden vanskeliggør identifikation af udviklingstendenser i kvælstoftransporten og dermed også en vurdering af effekten af gennemførte miljøforbedrende tiltag. Ved beregning af vandføringsvægtede koncentrationer kan man i et vist omfang kompensere for de naturbetingede år til år variationer i afstrømningen. Men kun i et vist omfang. I tørre år vil en større del af afstrømningen udgøres af grundvand, og dermed vil der ofte være et mindre kvælstofindhold i vandløbsvandet. Det skyldes, at grundvand er mere eller mindre gammelt vand, og at nitrat ofte har været udsat for en omsætning (denitrifikation), inden det når frem til vandløbene. I våde år med en større andel af overfladenær og hurtig tilstrømning af kvælstof fra rodzonen til vandløb vil kvælstofkoncentrationen i vandløb omvendt ofte være højere. Dog med en mulighed for en vis fortyndingseffekt i år med ekstremt høje afstrømninger på grund af det lave kvælstofindhold i overfladisk afstrømning og/eller en begrænset udvaskbar pulje af uorganisk kvælstof i rodzonen.

År til år variationerne i de vandføringsvægtede koncentrationer er betydelig mindre end de tilsvarende i arealtabet. De sidste 6 år af overvågningsperioden 1989-99 ligger på et lavere niveau end de 5 første år (figur 4.2 og bilag 4.1). Der er altså tale om faldende udviklingstendens i de vandføringsvægtede koncentrationer af total kvælstof. Man kan ikke udelukke at det lave niveau i 1995 og 1996 til dels skyldes de lave nedbørsmængder. Efter disse to år stiger niveauet igen men kommer ikke op på højde med tidligere år



Figur 4.2 Udviklingen i arealafstrømningen af vand og kvælstof og den vandføringsvægtede koncentration af total kvælstof i vandløb i 4 oplandstyper 1989-99. Typer karakteriseret efter status i 1991 (kapitel 1), derfor er oplande med dambrug med i denne figur. Median, 10, 25, 75 og 90 % fraktiler vist. Udviklingen er vist for kalenderår. Tallene er ligeledes vist i bilag 4.1.

4.3 Udviklingen i perioden 1989-99

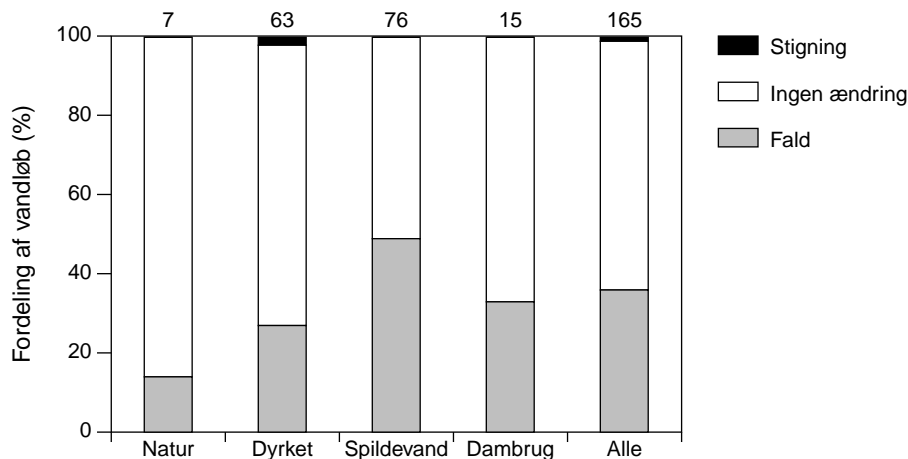
Målte data korrigeres for vandføring

For bedre at kunne vurdere om tiltagene for at mindske kvælstofudledningerne til vandmiljøet har haft en effekt på kvælstof i vandløbene, er det nødvendigt at rense de målte data for klimatiske betingede år til år variationer. Man kan dels beregne vandføringsvægtede koncentrationer som i det foregående afsnit, men man kan også korrigere for vandføringen på de dage, hvor der måles kvælstof. Denne metode har vi anvendt i dette afsnit. Korrektionen baseres på en estimeret sammenhæng mellem målte kvælstofkoncentrationer og samtidigt målte vandføringer for hele overvågningsperioden 1989-99 (CQ-sammenhæng). Sammenhængen estimeres for hvert vandløb for sig ved anvendelse af den statistiske metode LOWESS (Cleveland, 1979). Der er i alt 165 vandløb med i denne analyse, og det er vand-

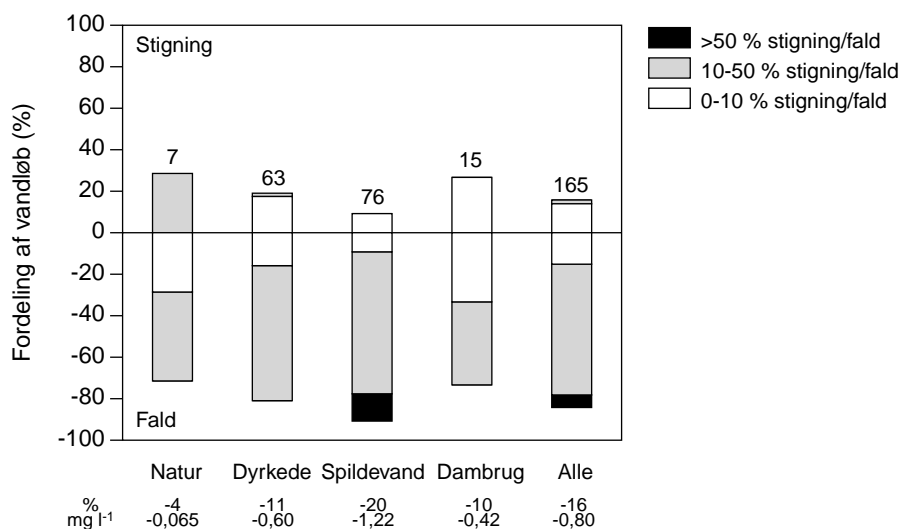
Udviklingen i vandkvalitet testes

løb med mindst 8 års data og de skal være NOVA 2003 vandløb, dvs. det drejer sig kun om stationer, der kører videre i det nye program.

Der gennemføres en statistisk test af den tidlige udvikling i de målte koncentrationers afvigelse fra den estimerede CQ-sammenhæng. Testen, der anvendes er Kendall's sæson test (Larsen, 1999) med et signifikansniveau på 5 % (figur 4.3 og bilag 4.2).



Figur 4.3 Udvikling i kvælstofkoncentration 1989-1999 i alle vandløb med mindst 8 års data og i 4 oplandstyper. Over søjlerne er angivet mængden af stationer i de enkelte kategorier. Den anvendte statistiske metode er Kendall's sæson test med et signifikansniveau på 5 %. Stigning/fald henfører til signifikante udviklingstendenser.



Figur 4.4 Procentuelle koncentrationsændringer 1989-99 i alle vandløb med mindst 8 års data og i 4 oplandstyper. Vandløbene er underopdelt efter ændringens størrelse. Vandløb med koncentrationsstigninger og fald er hhv. over og under nullinien. Nederst i figuren er angivet median ændring for hver vandløbstype (udtrykt som både procent og koncentration). Over søjlerne er angivet mængden af stationer i de enkelte kategorier. Beregningsmetoden baseres på Sen's hældningsestimat.

Ligeledes beregnes der for hvert vandløb et hældningsestimat baseret på Sen's hældningsestimator (Larsen, 1999). Dette estimat er et udtryk for den årlige ændring i koncentrationen af total kvælstof. Udfra dette estimat er det muligt at beregne den samlede ændring over hele perioden og denne er sammenholdt med den tidsvægtede koncentration i startåret for det enkelte vandløb (figur 4.4).

Den samlede koncentrationsændring, der beregnes med ovennævnte metode, er også omregnet til en ændring i absolut arealspecifik transport samt som procentuel ændring i forhold til en normaliseret transport i startåret. I beregningerne af effekten på kvælstoftransporten anvendes medianvandføring for de enkelte måneder i hele måleperioden. Metoden og dens forudsætninger er nærmere omtalt i Kronvang et al. (2000). Målestationernes placering med angivelse af om udviklingstendensen er stigende eller faldende og om den er statistisk signifikant kan ses af bilag 4.2 bagerst i rapporten.

Alle vandløb

For 139 ud af i alt 165 vandløb kan der beregnes et fald i kvælstofkoncentrationen, mens 26 viser en stigning (figur 4.4). Det typiske fald (median) for alle vandløb er på 16 % svarende til 0,80 mg N l⁻¹ (figur 4.4, nederst). Faldet er signifikant for 60 af vandløbene, mens kun et vandløb udviser en signifikant stigning (figur 4.3). Det gennemsnitlige fald i den normaliserede kvælstoftransport i overvågningsperioden er beregnet til 16 % (2,2 kg N ha⁻¹).

Vandløb i skov- og naturoplande

I 5 ud af 7 naturvandløb er kvælstofkoncentrationen faldet (figur 4.4, bilag 4.2), men kun i ét vandløb var faldet signifikant (Skærbæk, Århus amt). De absolutte ændringer i kvælstofkoncentration i naturvandløbene er små, idet det typiske fald i koncentrationen er 0,065 mg N l⁻¹ og det typiske fald i den normaliserede kvælstoftransport er 0,08 kg N ha⁻¹.

Vandløb i dyrkede oplande

I de 63 vandløb, der afvander dyrkede oplande uden betydende udløb af spildevand fra punktkilder (<0,5 kg N ha⁻¹ i 1991), kan der beregnes et typisk fald (median) på 11 % svarende til 0,60 mg N l⁻¹ for hele perioden. I 85 % af vandløbene er der beregnet et fald, der er signifikant i 17 vandløb. I ét vandløb er der beregnet en signifikant stigning.

De vandløb, der udviser tendens til stigning er hovedsageligt koncentreret i bestemte regioner af landet (Nord- og Vestjylland; se bilag 4.2).

DMU har på foranledning af Limfjordsamterne foretaget en trendanalyse for perioden 1984-98 af 25 vandløb med udløb i Limfjorden (Larsen, 1999). Vandløbene afvander primært dyrkningspåvirkede oplande. Analysen viste i 22 vandløb stigende koncentrationer af total kvælstof efter korrektion for vandføring. Stigningen var signifikant på 5 %-niveau i 13 af vandløbene. DMU foretog i 1998 en tilsvarende analyse for perioden 1984-96 af 11 vandløb med udløb i Mari-

Der kan beregnes et fald i kvælstofkoncentrationen i 84 % af vandløbene.

Vandløbene, der udviser en tendens til stigning, er koncentreret i Nord- og Vestjylland.

ager Fjord (Larsen, 1998). Her kunne der konstateres stigende koncentrationer i 10 vandløb, hvoraf udviklingen var signifikant i 5 vandløb. Analyserne understøtter således billedet af en stigende tendens i Nordjylland, der er analyseret på en længere tidsserie end overvågningsprogrammets. Vandløbene omkring Mariager Fjord er meget grundvandsprægede. Aldersbestemmelse af grundvandet viser, at det gennemgående er 15-25 år gammelt. Stigningen kan således skyldes en forsinket effekt (Århus Amt, 2000).

Modelberegninger af udvaskningen af kvælstof fra rodzonen i de 6 landovervågningsoplande ved normalt klima viser, at ændringen i landbrugspraksis fra 1989/90 til 1998/99 over en årrække vil medføre en reduktion i udvaskningen på i gennemsnit ca. 28 %. Efter korrektion for ændringer i det dyrkede areal så viser modellen en reduktion på 32 %. Desuden viser målte udvaskninger i landovervågningsoplandene faldende værdier (Grant et al., 2000).

Reduceret udvaskning fra rodzonen vil først efter en årrække slå fuldt igennem i vandløbene

Det beregnede generelle fald i kvælstofkoncentrationen i vandløb i dyrkede oplande er kun signifikant i 27 % af de 63 testede vandløb. Beregninger viser, at faldet i den normaliserede transport i vandløb i dyrkede oplande er ca. 13 % ($1,5 \text{ kg N ha}^{-1}$). Dette er betydeligt mindre end den modelberegnete reduktion (28 %) i kvælstofudvaskningen fra rodzonen ved normalt klima. Dette resultat var også forventet, da den modelberegnete reduktion i kvælstofudvaskningen fra rodzonen først slår igennem efter en årrække. Desuden nedsiver en større eller mindre del af det udvaskede kvælstof fra rodzonen til grundvand for først efter flere års transporttid at nå frem til vandløb. Reduktioner i kvælstofkoncentration og -transport vil derfor først kunne erkendes i rodzonen, derefter i øvre grundvand og først senere i kvælstoftransporten i vandløb. Først efter nogle år vil reduktionerne i kvælstofudvaskning fra rodzonen derfor slå fuldt igennem i vandløb. Responstiden (forsinkelsen) vil være meget afhængig af naturgivne forhold som jordtype og hydrogeologi i det enkelte vandløbsopland. Reduktioner i kvælstofudvaskningen fra rodzonen vil heller ikke medføre den samme mængdemæssige reduktion i kvælstoftilførslen til vandløb. Det skyldes, at en del af kvælstoffet under passagen af jorden fjernes ved denitrifikationsprocesser. Den forventede forsinkelse i reduktion af kvælstoftransport i vandløb som følge af grundvandets indflydelse understøttes af, at kvælstofkoncentrationen i kilder og kildebække i landbrugsområder generelt har været stigende i overvågningsperioden (jævnfør kapitel 3).

Tegn på et lille fald i kvælstoftabet fra landbrugsjorden.

Sammenfattende må det konkluderes, at det svage fald på 5 %, som vi beregnede sidste år er blevet styrket efter medtagelse af 1999 i trendanalysen. Men det er kun 27 % af vandløbene, der afvander dyrkede oplande som har et signifikant fald. Dog er der grund til at antage, at faldet der er beregnet i kvælstofkoncentrationen i mange vandløb i dyrkede oplande, skyldes en generel mindre kvælstofudvaskning fra landbrugsjorden. Men der er også en række vandløb som udviser en svag tendens til stigende kvælstofkoncentrationer. En nærmere analyse af årsagerne til de konstaterede forskelle i udvikling mellem de forskellige oplande og regioner af landet er påkrævet med henblik på bedre at kunne fortolke samspillet mellem ændringer i dyrkningspraksis, kvælstofudvaskning og kvælstoftransport i vandløb.

Forbedret rensning af spildevand har haft en effekt på vandkvaliteten

Punktkildebelastede vandløb

Kvælstofkoncentrationen i spildevandsbelastede vandløb er typisk faldet 20 % (median), svarende til 1.2 mg N l⁻¹. Der er beregnet et fald i 91 % af de undersøgte vandløb og faldet er signifikant i ca. halvdelen af vandløbene. Faldet varierer en del i de enkelte vandløb, men er generelt større end i dyrkede oplande. Den normaliserede kvælstoftransport viser et fald på 18 % (median), hvilket svarer til 3,1 kg N ha⁻¹. Ingen spildevandsbelastede vandløb har signifikante stigende tendenser.

Den forbedrede rensning af spildevand fra byer og industrier efter Vandmiljøplanens vedtagelse har således haft effekt på koncentrationen af total kvælstof i vandløb. Det gælder især i de mest forurenede vandløb, hvor der er sket de største reduktioner i spildevandsudledning af kvælstof og kvælstofkoncentrationen i vandløb.

Fordelingen af spildevandsbelastede vandløb, hvor der beregnes fald og stigning, kan ses i bilag 4.2.

Dambrugsbelastede vandløb

I de 15 vandløb, hvor en stor del af kvælstofudledningen fra punktkilder stammer fra dambrug, kan der beregnes et typisk fald (median) i koncentrationen af total kvælstof på ca. 10 % i perioden 1989-99, svarende til 0,40 mg N l⁻¹. Der er beregnet et gennemsnitligt fald i den normaliserede transport af kvælstof på 1,36 kg N ha⁻¹ i de dambrugsbelastede vandløb siden 1989.

Udvikling i vandføring

I tolkning af analyseresulaterne af udviklingen i kvælstofkoncentrationen forudsættes det, at en evt. tidlig udvikling i de målte koncentrationers afvigelse fra den beregnede CQ-sammenhæng (for hver enkelt vandløb) alene skyldes generelle ændringer i kvælstofkoncentrationen. Man skal dog være opmærksom på, at såfremt også vandføringen ændrer sig over tid, er resultaterne ikke helt entydige.

Der er ikke tegn på generelle ændringer i vandføringen i overvågningsperioden



Figur 4.5 Udvikling i vandføring 1989-1999 i alle vandløb med mindst 8 års data og i 4 oplandstyper. Over søjlerne er angivet mængden af stationer i de enkelte kategorier. Den anvendte statistiske metode er Kendall's sæson test med et signifikansniveau på 5 %.

Der er beregnet et signifikant fald i kvælstofkoncentrationen i 36 % af de undersøgte vandløb, mens vandføringen kun er faldet signifikant i ca. 1 % og steget signifikant i ca. 2 % af vandløbene (figur 4.5). Derfor forventes de beregnede ændringer i kvælstofkoncentrationen i vandløb ikke generelt at være påvirket af ændrede afstrømningsforhold i overvågningsperioden.

4.4 Udviklingen i perioden 1978/79 til 1999/2000

55 stationer med tidsserier tilbage til slutningen af halvfjerdserne giver indblik i tilstanden før overvågningsperioden

I perioden forud for Vandmiljøplanens Overvågningsprogram er koncentrationen af kvælstof regelmæssigt blevet målt i enkelte danske vandløb i forbindelse med amternes tilsynsprogrammer. Der findes således tidsserier af kvælstofkoncentrationer og kvælstoftransport fra omkring 55 vandløb i perioden 1978/89 til 1999/2000. Amternes daværende tilsynsprogrammer opfyldte ikke de standardiserede krav til overvågningen, som i dag er aftalt i forbindelse med Vandmiljøplanens Overvågningsprogram. Det drejer sig primært om prøvetagningsfrekvensen, som typisk var mindre end nu.

De forholdsvis mange vandløbsstationer med kvælstofanalyser fra før 1989 bedømmes dog som egnede til at give en vurdering af udviklingen i transporten af kvælstof i de danske vandløb i perioden før og efter Vandmiljøplanen blev vedtaget. De 55 vandløb fordeler sig med 23 i Jylland, 23 på Fyn, 6 på Sjælland og 3 på Bornholm. Oplandene til de 55 vandløb dækker mellem 12 og 50 % af det samlede areal i regionerne. Bedst dækket er Fyn med 50 % af arealet og dårligst Sjælland med 12 % af arealet.

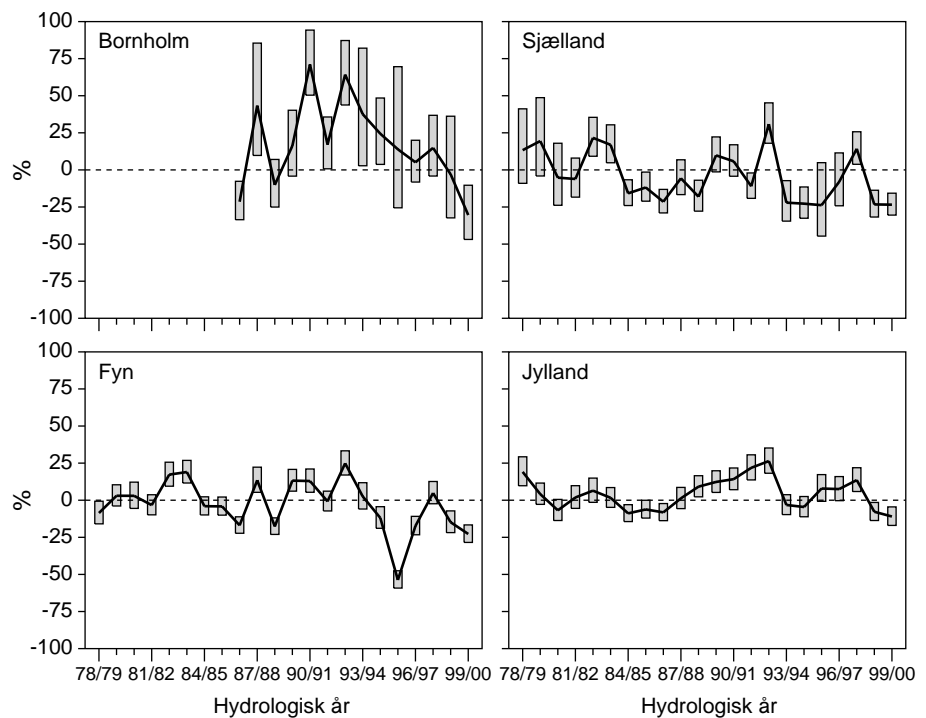
Kvælstof transporten er korrigeret for vandafstrømningen

Den anvendte metodes normaliserede nitrat-transport for de 4 regioner er vist i figur 4.6 og på de tre hovedjordtyper i figur 4.7. I metoden er der søgt korrigeret for år til år ændringer i de klimatiske forhold ved at inddrage vandafstrømningen. Temperaturen er tidligere forsøgt inddraget, men har ikke vist sig at kunne bidrage med nogen yderligere forklaring af år til år variationerne i kvælstoftransport.

I perioden fra Vandmiljøplanens vedtagelse og frem til 1992/93 har det klimatiske korrigerede transportniveau af kvælstof, med små udsving fra år til år, ligget omkring gennemsnittet for 9-års perioden forud for Vandmiljøplanen (figur 4.6). Det gælder især for vandløbene, der afvander lerjord og de sand- og lerblandede jorder. I vandløb på de sandede jorder har der i samme periode været en svag, men entydig stigende tendens (figur 4.7).

Tegn på ændringer i transportniveauet efter 1992/93

Efter 1992/93 er det klimatiske korrigerede transportniveau af kvælstof i generelt faldet og er således i gennemsnit mindre end de forudgående 15 år i alle jordtyper. Faldet er mest udtalt på lerjorde (16 %) og de sand- og lerblandede jorder (14 %), og er signifikant ($P=0,01$ og $P=0,004$). For vandløb på sandjord er det korrigerede transportniveauet af kvælstof faldet 10 % efter 92/93, men er ikke signifikant.



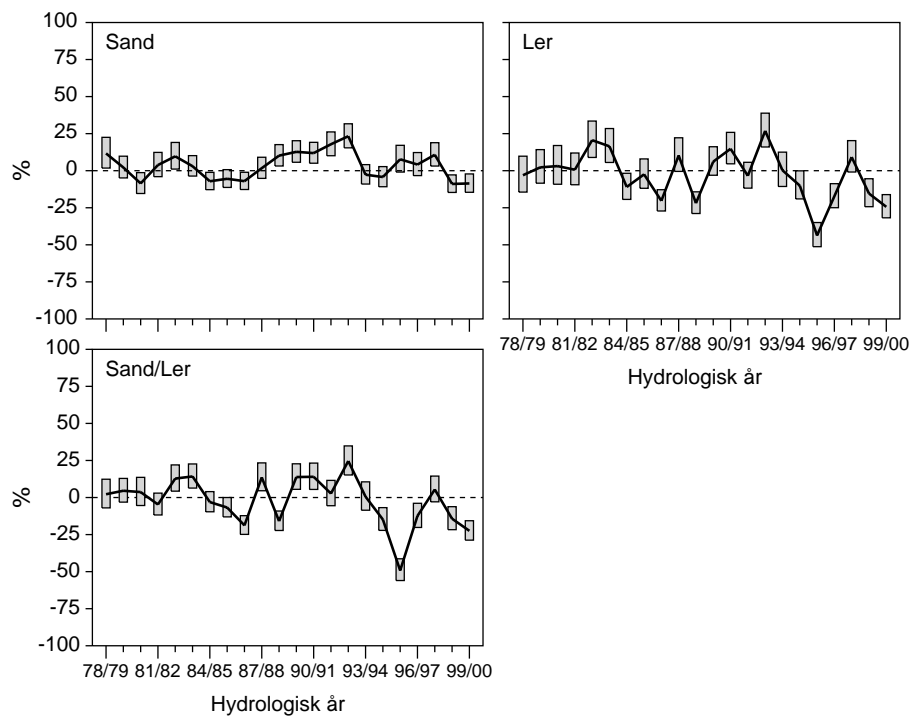
Figur 4.6 Klimatisk (vandafstrømning) korrigeret transport af nitratkvælstof i grupperne af vandløb i 4 regioner af Danmark i perioden 1978/79 til 1999/2000. For hver region er indlagt et referenceniveau (nul-niveauet) som en stiplede linie, der angiver gennemsnittet for 9-årsperioden før Vandmiljøplanen blev vedtaget, dvs. perioden 1978/79 til 1986/87. I figuren er der for hvert hydrologisk år angivet det korrigerede relative transportniveau af kvælstof for den analyserede gruppe af vandløb med et sikkerhedsbånd (± 2 gange standardafvigelsen).

Kvælstoftransporten i de enkelte år

Det store fald i det korrigerede transportniveau af kvælstof, som er konstateret i 1995/96 for vandløbene på lerjord og de sand- og lerblandede jorder, skyldes altovervejende de meget specielle klimatiske forhold i dette hydrologiske år. Året var det mest tørre i dette århundrede. I løbet af året faldt der så lidt nedbør, at der næsten ikke var nogen overskudsnedbør til rådighed til nedsivning i jorden.

I løbet af 1995/96 blev der derfor ikke udvasket ret meget kvælstof fra rodzonen til vandløb og grundvand på Øerne og i Jylland. Dette ekstreme forhold er også påvist ud fra direkte målinger af jordvand og dræn i de 3 landovervågningsoplande på lerjord. I to af oplandene (beliggende på Fyn og Sjælland) kunne der således ikke beregnes nogen afstrømning og dermed kvælstofudvaskning fra rodzonen i 1995/96 (Grant et al., 1997).

Der er således i løbet af 1995/96 opbygget en stor pulje af uorganisk kvælstof i jorden både i form af det nettotilførte kvælstof i handels- og husdyrgødning, dels den mineraliserede mængde af kvælstof fra jordens organiske pulje. Ved fastsættelse af gødskningsnormerne i driftsåret 1996/97 er der kun delvist kompenseret for denne pulje (Fyns amt, 1997).



Figur 4.7 Klimatisk (vandafstrømning) korrigeret transport af nitratkvælstof i grupperne af vandløb, der henholdsvis afvander sandjord, blandede sand- og lerjord og ren lerjord. For hver jordtype er indlagt et referenceniveau (nul-niveauet), som en stiplede linie, der angiver gennemsnittet for 9-års perioden for Vandmiljøplanen blev vedtaget, dvs. perioden 1978/79 til 1986/87. I figuren er der for hvert hydrologisk år angivet det korrigerede relative transportniveau af kvælstof for den analyserede gruppe af vandløb med et sikkerhedsbånd (± 2 gange standardafvigelsen).

I 1996/97 steg det korrigerede transportniveau af kvælstof i vandløb på lerjord og de sand- og lerblandede jorder i forhold til året før. Det skyldes givetvis en udvaskning af dele af den opsparede uorganiske kvælstofpulje i rodzonen fra året før. Stigningen i dette ene år skyldes altså opsparet kvælstof i jorden og kan ikke henføres til nogen generel udvikling i landbrugets brug og håndtering af kvælstofgødning.

Da 1996/97 også var et forholdsvist tørt år har der formentlig stadigvæk været en meget stor pulje af uorganisk kvælstof i jorden, og der er i det hydrologiske år 1997/98 sket en betydelig udvaskning fra denne pulje. Den normaliserede afstrømning af nitratkvælstof i det hydrologiske år 1997/98 var således af samme størrelse som i perioden forud for Vandmiljøplanens vedtagelse. En sådan situation har tidligere optrådt i forbindelse med det meget tørre hydrologiske år i 1976/77. Året efter faldt der normale nedbørsmængder, og der blev målt en kraftig forøget kvælstoftransport og dermed vandføringsvægtet koncentration af kvælstof i vandløbet.

I det hydrologiske år 1999/2000 var afstrømningen større end normalt og målt kvælstoftransport lidt mindre end normalt, og dermed var det korrigerede transportniveau af kvælstof var under normalen. I Jylland var dog både afstrømningen og den målte kvælstoftransport over normalen, men den korrigerede transport var stadigvæk under normalen. For alle regioner er der tale om meget lave korrigerede kvælstoftransporter i 1999/2000 (figur 4.6)

4.5 Konklusion

Stor kvælstoftransport i 1999

Kvælstoftransporten i danske vandløb i 1999 var stor, på grund af en stor vandafstrømning, men den vandføringsvægtede koncentration af total kvælstof var lille set i forhold til de tidligere år i perioden 1989-99.

Tegn på svagt faldende kvælstofkoncentrationer

Der er foretaget en analyse af udviklingen i koncentrationen af total kvælstof i forskellige danske oplandstyper, hvor der korrigeres for ændringer i vandføringen på data fra overvågningsperioden 1989-98. I vandløb, der afvander dyrkede oplande, er der beregnet et typisk fald (median) i kvælstofkoncentrationen på 11 % ($0,60 \text{ mg N l}^{-1}$) siden startåret 1989. Faldet er kun signifikant i 27 % af de analyserede vandløb. I den normaliserede stoftransport kan faldet beregnes til 13 % ($1,5 \text{ kg N ha}^{-1}$). Vandløb, der udviser tendens til stigning, er hovedsageligt koncentreret i bestemte regioner af landet (Nord- og Vestjylland). Analyser af vandløb med udløb i Limfjorden og Mariager Fjord, hvor data tilbage fra 1984 inddrages viser ligeledes en stigende tendens.

Tendenser til stigning i Nord- og Vestjylland

Sikker effekt af forbedret spildevandsrensning

I spildevandsbelastede vandløb er der beregnet et typisk fald i kvælstofkoncentrationen på 20 % ($1,2 \text{ mg N l}^{-1}$) og på 18 % ($3,1 \text{ kg N ha}^{-1}$) i perioden 1989-99. Et fald er fundet i 91 % af vandløbene og er signifikant i halvdelen af vandløbene. At faldet er større i de spildevandsbelastede end i de landbrugspåvirkede vandløb, viser effekten af indsatsen overfor spildevandsrensning. I vandløb i udyrkede, skov- og naturoplande har kvælstofkoncentrationen generelt været uændret.

I dambrugsbelastede vandløb er der beregnet et gennemsnitligt fald i kvælstofkoncentrationen på 10 % i perioden 1989-99, svarende til $0,40 \text{ mg N l}^{-1}$. Faldet i kvælstofkoncentrationen er omregnet til et gennemsnitligt fald i normaliseret transport af kvælstof på $1,36 \text{ kg N ha}^{-1}$ siden 1989.

Endnu for tidligt at vurdere effekten af ændret landbrugspraksis

Der skal flere års målinger af kvælstofkoncentrationen- og -transporten i vandløb til, før det er muligt at påvise en statistisk sikker og generel respons på ændringerne i landbrugspraksis og kvælstofudvaskning fra rodzonen. Det skyldes både den tid, der går, inden den fulde effekt af omlægningerne i landbrugspraksis slår igennem i kvælstofudvaskningen fra rodzonen og den forsinkelse, der er forbundet med kvælstoffets transport gennem grundvand til vandløb. En nærmere analyse af årsagerne til de indtil nu konstaterede ændringer i kvælstofkoncentration og -transport i vandløb, der afvander oplande med forskelle i naturgivne forhold og landbrugsdrift i forskellige egne af landet, vil formentlig kunne understøtte de kommende års tolkninger af de statistiske udviklingstest.

Faldet i kvælstofkoncentration er omregnet til et fald i normaliseret kvælstoftransport på 13 % siden 1989 i vandløb i dyrkede oplande. Der er betydelig usikkerhed forbundet med at omsætte ændringer i vandløbvandets kvælstofkoncentration til ændringer i transporterede mængder. Udvasningen af kvælstof fra landbrugsjord er dog uden al tvivl fortsat den altdominerende kilde til

kvælstoftransporten i danske vandløb.

Først i løbet af de kommende år vil målingerne i vandløb med sikkerhed kunne afdække, om de konstaterede ændringer i kvælstofudledningerne til vandløb fortsætter, og dermed hvilken betydning ændringerne i landbrugspraksis har haft for kvælstofudledninger til overfladevand.

Det noteres også, at udviklingen mod reduceret kvælstoftransport i mange af vandløbene i dyrkede oplande, ikke genfindes i resultaterne fra de kildebække, der overvåges (kapitel 3). I disse er der en generel tendens til stigende nitratkoncentrationer, muligvis netop fordi vandet i kilderne er gammelt grundvand. Tendensen er især udtalt i de nitratholdige kilder, dvs. kilder hvor hovedparten af det fremtrængende vand må formodes at være iltet.

Analysen af udviklingen i perioden 1978/79 til 1999/2000 for 55 vandløb viste signifikant lavere korrigerede kvælstoftransporter i perioden efter 1992/93 for vandløb, som afvander lerede jorde og sand- og lerblandede jorde. Den korrigerede transport var ca. 15 % lavere i perioden fra 1993/94 til 1999/2000.

5 Fosfor

Hans L. Iversen

Dette kapitel omhandler fosfor-koncentrationen og -transporten i vandløb. Tilstanden og udviklingen vurderes i forhold til de oplandstyper vandløbene afvander (jævnfør kapitel 1 for nærmere gennemgang af oplandstyper). Det er desuden undersøgt hvilke hovedgrupper af stofkilder i oplandene, der bidrager med fosfor til vandløbene.

5.1 Tilstanden i 1999

Mest fosfor i
punktkildebelastede vandløb

Koncentrationerne af total fosfor var i 1999, ligesom i tidligere år, højest i vandløb i oplande med punktkilder fulgt af vandløbene i de dyrkede oplande (tabel 5.1). Koncentrationerne i vandløb i dyrkede oplande og punktkildebelastede vandløb er 2-3 gange så høje som den naturlige baggrundsværdi der findes i vandløb der afvander naturoplande.

Tabel 5.1 Årsgennemsnit og median (1999) for tidsvægtede koncentrationer, arealkoefficient og vandføringsvægtet koncentration for Total P og Ortho-P samt vandafstrømning (mm) for vandløb i 3 oplandstyper (kategori 1999 - se kap. 1)

Fosfor 1999	Naturoplande TYPE 1		Dyrkede oplande TYPE 2		Oplande m. punktkilder TYPE 4 + TYPE 5	
	gns.	median	gns.	median	gns.	median
Antal stationer	9		62		78	
Årsmiddelkoncentration P mg l ⁻¹						
Total P mg P l ⁻¹	0,056	0,060	0,150	0,121	0,178	0,159
PO ₄ -P mg P l ⁻¹	0,024	0,022	0,069	0,057	0,092	0,073
Arealkoefficient						
Total P kg P ha ⁻¹	0,119	0,090	0,505	0,376	0,631	0,601
PO ₄ -P kg P ha ⁻¹	0,049	0,039	0,197	0,160	0,276	0,259
Vandføringsvægtet koncentration						
Total P mg P l ⁻¹	0,055	0,061	0,143	0,113	0,165	0,150
PO ₄ -P mg P l ⁻¹	0,023	0,025	0,058	0,052	0,076	0,070
Afstrømning mm	236,2	234,1	354,5	317,2	402,2	382,7
Oplandsstørrelse km ²	5,04	3,37	15,32	10,0	217,5	117,8

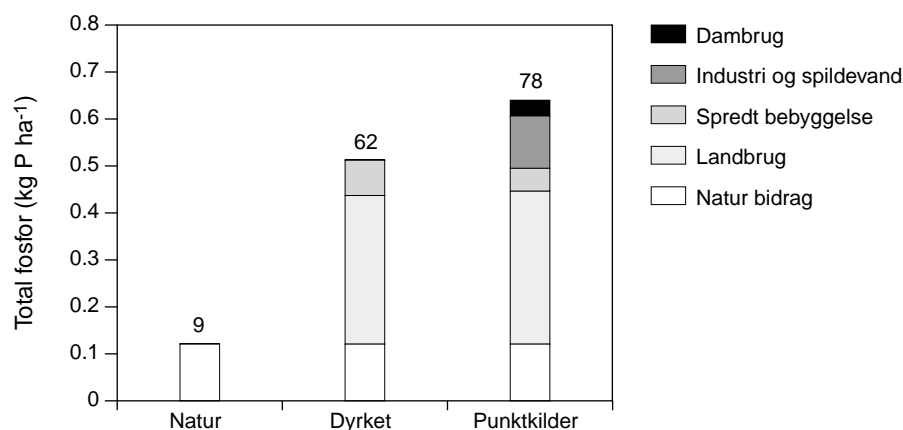
Natur-oplandene har en væsentligt lavere vandafstrømning end andre vandløb. Det betyder, at der er endnu større forskel på naturvandløb og andre vandløb, hvis man ser på den arealspecifikke transport.

De vandføringsvægtede koncentrationer er typisk lidt lavere end de målte koncentrationer. Det betyder at fosforkoncentrationerne generelt er lavest i perioder med høj afstrømning, selvom de største fosforkoncentrationer også forekommer, men ganske kortvarigt, under store afstrømninger.

5.2 Kilder til fosfor i 1999

Kilderne til fosfortransporten i vandløb i 1999 er opgjort for hver af de 3 forskellige oplandstyper (figur 5.1):

- Naturoplande (Type 1)
- Dyrkede oplande (Type 2)
- Oplande med punktkilder (Type 4 og type5)



Figur 5.1 Kilder til fosfortransport i vandløb i 3 forskellige oplandstyper i 1999, (jf. kap. 1). Vandløb er typefastsat efter 1999-situation. Over søjlerne er angivet mængden af stationer i de enkelt kategorier.

Landbruget den vigtigste kilde til fosfor i vandløb

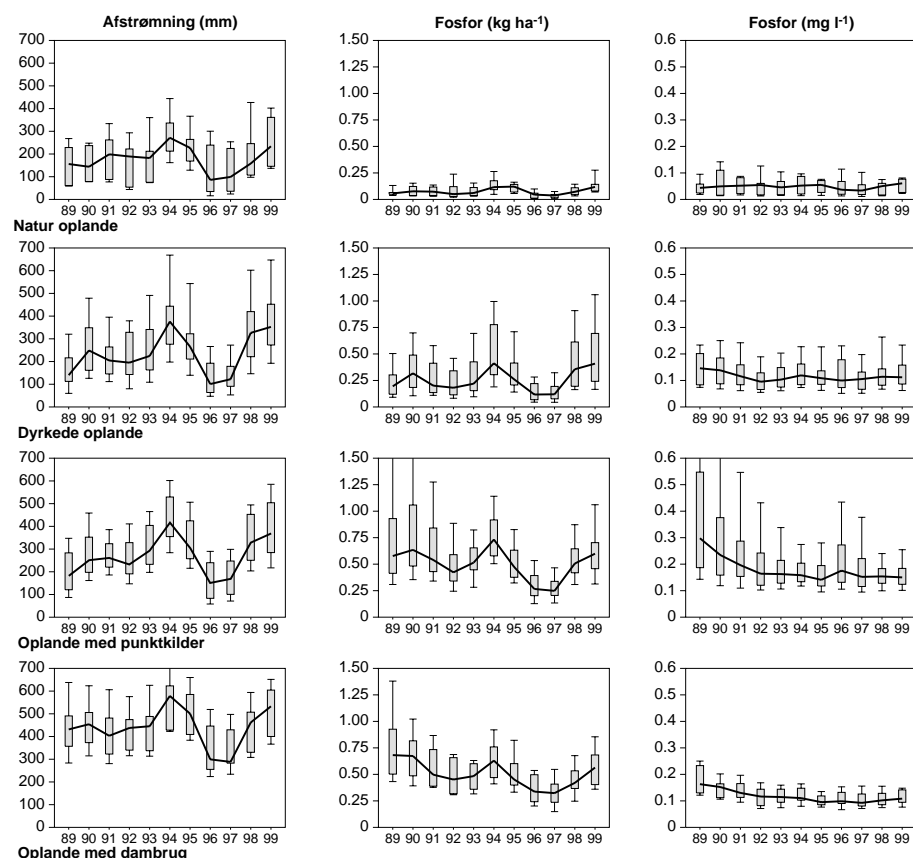
Vandløb med dambrug udgør i modsætning til tidligere år ikke nogen selvstændig gruppe. I stedet er de 2 vandløb, der i 1999 havde en betydelig næringsstof tilførsel fra dambrug lagt ind under "Oplande med punktkilder". I kildeopsplitningen er naturbidraget i alle vandløb antaget at være det samme som det gennemsnitlige arealtab af fosfor i naturvandløbene.

Landbruget var i 1999 den vigtigste kilde til fosfortransporten både i dyrkede oplande og i oplande med punktkilder. Spildevandsudledningerne udgjorde en væsentlig andel af fosfortransporten i oplandene med punktkilder, men er på grund af forbedret spildevandsrensning ikke længere den dominerende kilde. Udledninger fra spredt bebyggelse udgjorde i 1999 15 % af fosfortransporten i vandløbene i de dyrkede oplande. Den store vandafstrømning i 1999 har betydet et relativt stort tab af fosfor fra det åbne land og dermed bidraget til, at landbruget har udgjort en så dominerende andel af til-

førslerne. I de tørre år 1996-97 udgjorde bidraget fra landbruget en væsentligt mindre, men stadig betydende, andel.

5.3 Sammenligning af tilstanden i 1999 med tidligere år

Udviklingen i fosforafstrømningen i vandløb i 4 oplandstyper (natur, dyrkede, punktkilder og dambrug) er vist i figur 5.2. Vandløbene, der indgår, er karakteriseret efter hovedgrupper af stofkilder i oplandet i 1991.



Figur 5.2 Udviklingen i arealafstrømningen af vand og fosfor og den vandføringsvægtede koncentration af total fosfor i vandløb i 4 oplandstyper 1989-99. Typer karakteriseret efter status i 1991 (kapitel 1). Median, 10, 25, 75 og 90 %-fraktiler vist. Kalenderår.

Udviklingen i fosfortransporten i natur-vandløbene og vandløbene i dyrkede oplande uden punktkilder har generelt fulgt udviklingen og variationen i vandafstrømningen. Således var vandafstrømningen, og dermed også fosfortransporten, højere i 1999 end i årene 1996 og 1997.

Markant fald i oplande med punktkilder og dambrug

De vandføringsvægtede koncentrationer, der i mindre grad er påvirket af år til år variationen i vandafstrømningen, viser ikke nogen markant generel udvikling i natur-vandløbene. I vandløbene i de dyrkede oplande er medianen af de vandføringsvægtede koncentrationer faldet svagt fra et niveau på 0,12-0,15 mg P l⁻¹ i 1989-91 til 0,10-0,12 mg P l⁻¹ i 1994-99, (figur 5.2 og bilag 5.1). Der kan ikke erkendes

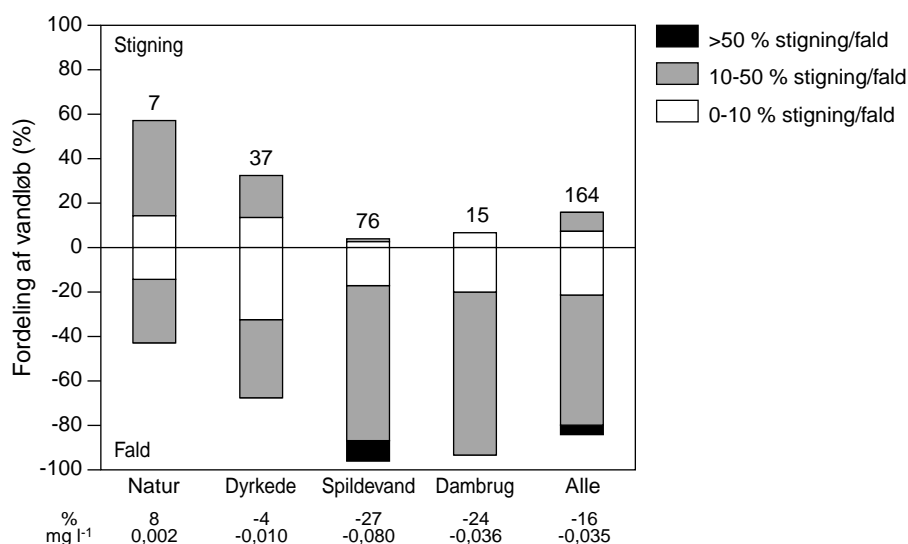
noget fald i vandløb i dyrkede oplande med høje fosforkoncentrationer (90 percentilen). For vandløbene i oplande med udledninger af spildevand fra punktkilder (byer) og fra dambrug er det meget tydeligt, at der er sket en markant reduktion i median og gennemsnit af fosforbelastningen, fordi der er sket et fald i fosforudledningerne fra punktkilder og dambrug. Specielt er der sket reduktioner i fosforudledningen i de vandløb, hvor der i 1989 var tale om store fosforudledninger - i figur 5.2 vist ved faldet i 90 percentilen.

5.4 Statistisk analyse af udviklingen i perioden 1989-99

Udviklingen analyseret ved hjælp af normaliserede fosforkoncentrationer

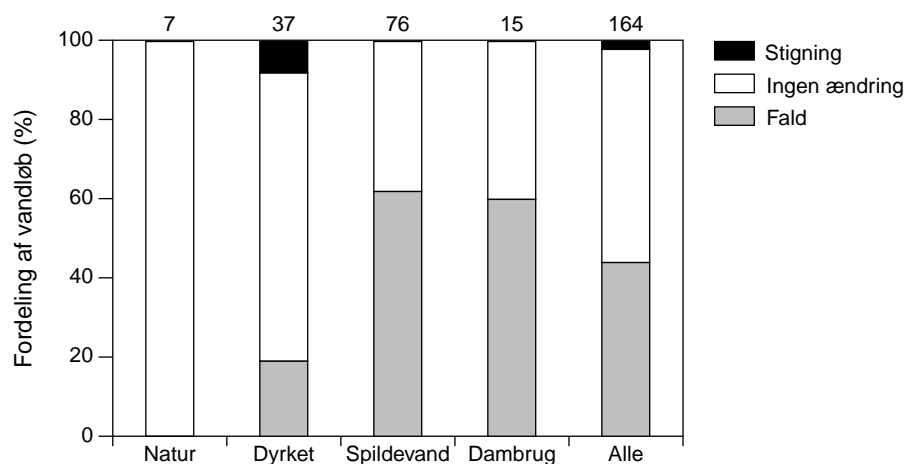
På samme måde som for kvælstof er udviklingen i fosforkoncentration i vandløbene søgt renset for naturlig år-til-år variation (se kapitel 4). Herved opnås mulighed for bedre at belyse den generelle udvikling som effekt af de gennemførte miljøforbedrende tiltag.

Resultaterne af analysen er vist i figur 5.3 som relative ændringer (%) for hele perioden 1989-98, hvor figurens y-akse viser det procentuelle antal af vandløb indenfor hver stigende eller faldende gruppe i en oplandstype.

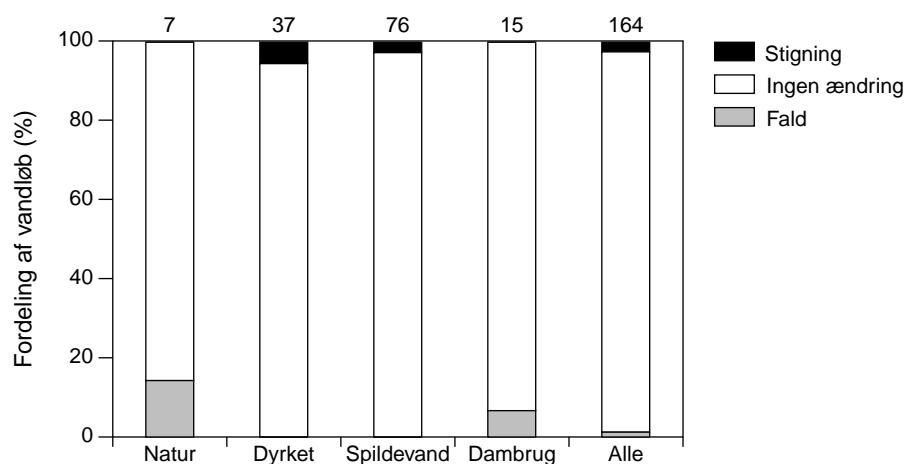


Figur 5.3 Procentuelle koncentrationsændringer 1989-1999 i alle vandløb med mindst 8 års data og i 4 oplandstyper. Vandløbene er underopdelt efter ændringens størrelse. Vandløb med koncentrationsstigninger og fald er hhv. over og under nullinjen. Nederst på figuren er ændringen for hver vandløbstype angivet (medianen udtrykt som både procent og koncentration). Over søjlerne er angivet mængden af stationer i de enkelte kategorier. Beregningsmetoden er Sen's hældnings estimat.

Figur 5.4 og 5.5 viser, hvor stort et antal af vandløbene som har en signifikant ændring ($p < 0.05$) i hhv. fosforkoncentration og vandføring gennem perioden. Det er endvidere muligt ved hjælp af medianen for hver enkelt kalendermåneds døgnmiddelvandføringer at estimere en tilsvarende ændring i oplandstabet af fosfor. Stationernes placering og de enkelte stationers udvikling kan ses i bilag 5.2.



Figur 5.4 Udvikling i fosfor koncentration 1989-1999 i alle vandløb med mindst 8 års data og i 4 oplandstyper på 95 procent konfidensniveau ($p < 0.05$). Over søjlerne er angivet mængden af stationer i de enkelte kategorier. Beregningsmetoden er Kendall's sæson test.



Figur 5.5 Udvikling i vandføring 1989-1999 i alle vandløb med mindst 8 års data og i 4 oplandstyper på 95 procent konfidensniveau ($p < 0.05$). Over søjlerne er angivet mængden af stationer i de enkelte kategorier. Beregningsmetoden er Kendall's sæson test

Alle vandløb

Signifikant fald i 44 % af alle vandløb

For i alt 138 (84 %) ud af alle 164 vandløb er der tendens til et fald i fosforkoncentrationen (normaliseret), mens 26 (16 %) har tendens til stigning (figur 5.3, højre kolonne). For størsteparten af vandløbene (59 %) kan der beregnes et fald på mellem 10 og 50 %. Det gennemsnitlige fald i fosforkoncentrationen for alle vandløb er på ca. 17 % (median 16 %) svarende til $0,18 \text{ mg P l}^{-1}$ (median $0,04 \text{ mg P l}^{-1}$). Faldet er signifikant ($p < 0.05$) i 72 af vandløbene, mens der kun i 3 af vandløbene er en tilsvarende sikker stigning (figur 5.4). Det gennemsnitlige fald i oplandstabet for alle vandløb er på 27 % (median 25 %), svarende til $0,29 \text{ kg P ha}^{-1}$ (median: $0,07 \text{ kg P ha}^{-1}$).

I Nordjylland er der en del vandløb med stigende normaliseret fosforkoncentration (bilag 5.2).

DMU gennemførte i 1999 en analyse af udviklingstendenser 1984-98 i fosforkoncentrationer i 25 vandløb med udløb i Limfjorden (Larsen,

1999). Analysen viste faldende vandføringskorrigerede koncentrationer i alle vandløb, heraf signifikante (5 %-niveau) fald i 22 vandløb. En tilsvarende analyse for perioden 1984-96 af 11 vandløb med udløb i Mariager Fjord (Larsen, 1998) viste faldende tendens i alle vandløb, heraf signifikante fald i 10 af vandløbene.

Årsagen til at analyser som inddrager data helt tilbage fra 1984 giver et anderledes resultat i de 36 vandløb skal søges i at der allerede er gennemført forbedret spildevandsrensning for 1989. Derfor har udledningen af spildevand været relativt lille og uændret i perioden efter 1989.

Vandløb i skov- og naturoplande

Der er ikke beregnet signifikante ændringer i nogle af de 7 analyserede natur oplande. (figur 5.4). Den gennemsnitlige ændring i fosforkoncentration gennem perioden for denne oplandstype er beregnet til en stigning på 6 %, svarende til 0,003 mg P l⁻¹. Medianen udtrykker en stigning på 8 % (0,002 mg P l⁻¹).

Vandløb i dyrkede oplande

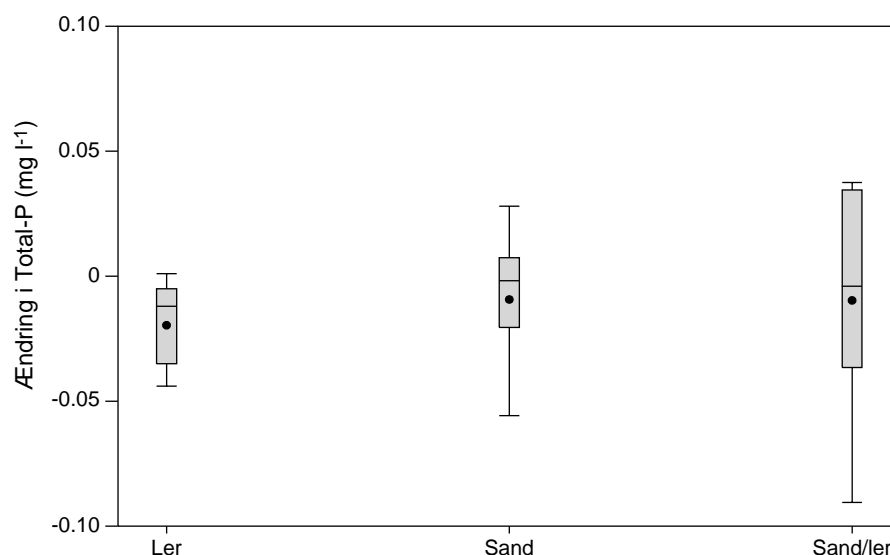
I 25 af de 37 vandløb, der afvander dyrkede oplande uden betydende spildevandsudledninger, er der beregnet et fald og i 12 en stigning i den normaliserede fosforkoncentration.

Gennemsnitligt kan der beregnes et fald i fosforkoncentrationen på 4 % siden 1989 i vandløb i dyrkede oplande, svarende til en reduktion på 0,013 mg P l⁻¹ (median: 4 %; 0,010 mg P l⁻¹). En faldende udledning af fosfor fra spredt bebyggelse (Miljøstyrelsen, 1999) kan have medvirket til en reduktion i fosforkoncentrationen.

I 7 af vandløbene (19 %) er faldet signifikant ($p < 0.05$), mens der i 3 af vandløbene (8 %) er beregnet en tilsvarende signifikant stigning (figur 5.4). Det gennemsnitlige fald i *oplandstabet* for vandløb i dyrkede oplande er på 6 % (median 8 %), svarende til 0,019 kg P ha⁻¹ (median: 0,013 kg P ha⁻¹).

I lerjordoplande er der en meget udtalt tendens til et moderat fald i koncentrationen (fig. 5.6). I sandjordsoplande og sandlerjordsoplande er der både vandløb med tendens til stigning og fald. Årsagen til at faldet i lerjordsoplande er så udpræget kendes ikke. Måske slår faldet i udledningen fra spredt bebyggelse kraftigere igennem på vandkvaliteten i vandløb i lerjordsoplande, fordi en større andel af spildevandet fra spredt bebyggelse udledes til vandløbet. Måske er der sket i ændringer i forhold, der har betydning for størrelsen af det diffuse arealtab. En evt. sammenstilling af de landsdækkende oplysninger om punktkilder, arealanvendelse og fysiske forhold på oplandsniveau kan være med til at give en øget forståelse af hvorfor vi i nogle vandløb ser et fald i fosforkoncentrationen og i andre en stigning.

Signifikant fald i 19 % af vandløbene i dyrkede oplande



Figur 5.6 Mediane ændringer i koncentrationer af total-P i vandløb i dyrkede lerjordsoplande (l), dyrkede sandjordsoplande (s), dyrkede sand-lerjordsoplande (sl). Data fra 1999. Boxplot med median (vandret streg), gennemsnit (punkt), 25 og 75 percentil (rektangel) og 10 og 90 percentil (vandrette streger på lodrette linjestykker)

... i 62 % af de punktkildebelastede vandløb

Punktkildebelastede vandløb

I 73 af de 76 analyserede spildevandsbelastede vandløb kan der beregnes et fald i koncentrationen af total fosfor i perioden 1989-98. I 62 % af vandløbene er faldet signifikant, ($p < 0.05$), (figur 5.4). Det gennemsnitlige fald er for alle punktkildebelastede vandløb på 27 % i perioden svarende til $0,36 \text{ mg P l}^{-1}$ (median; 27 %; $0,080 \text{ mg P l}^{-1}$).

Der er således ingen tvivl om, at den forbedrede rensning af spildevand fra byer og industrier efter Vandmiljøplanens vedtagelse og specielt efter amternes ofte skærpede rensningskrav har haft effekt på koncentrationen af total fosfor i vandløb. Det gælder især i de mest forurenede vandløb, hvor der er sket de største reduktioner i spildevandsudledning af fosfor.

... og i 60 % af de dambrugsbelastede vandløb

Dambrugsbelastede vandløb

I de 15 vandløb, hvor en stor del af fosforudledningen fra punktkilder i 1991 kom fra dambrug (alle ligger i Jylland), kan der beregnes et gennemsnitligt fald i koncentrationen af total fosfor på 20 % i perioden svarende til $0,036 \text{ mg P l}^{-1}$ (median: 24 %; $0,036 \text{ mg P l}^{-1}$). For 9 af de 15 vandløb er faldet signifikant ($p < 0.05$).

Der er ikke tegn på generelle ændringer i vandføringen i overvågningsperioden

Udvikling i vandføring

I tolkning af analyseresulaterne af udviklingen i fosforkoncentrationen forudsættes det, at en evt. tidlig udvikling i de målte koncentrationers afvigelse fra den beregnede CQ-sammenhæng (for hver enkelt vandløb) alene skyldes generelle ændringer i fosforkoncentrationen. Man skal dog være opmærksom på, at såfremt også vandføringen ændrer sig over tid, er resultaterne ikke helt entydige. Der er beregnet et signifikant fald i Fosforkoncentrationen i

ca. 44 % af de undersøgte vandløb, mens vandføringen kun er faldet signifikant i ca. 1 % af vandløbene (figur 5.5). Derfor forventes de beregnede ændringer i fosforkoncentrationen i vandløb ikke generelt at være påvirket af ændrede afstrømningsforhold i overvågningsperioden.

5.5 Konklusion

Fosfortransport afspejler vandafstrømning

Den målte fosfortransport i vandløbene var høj i 1999, fordi vandafstrømningen var stor.

For de dyrkede oplande var den gennemsnitlige fosfortransport i 1999 den højest målte siden overvågningen startede i 1989.

Markant fald i fosfor i punktkildebelastede vandløb

Der er sket markante fald i de vandføringsvægtede koncentrationer af total fosfor i vandløb, der tidligere var stærkt belastede af spildevand (dambrug, rensningsanlæg). I de dyrkede oplande er de gennemsnitlige fosforkoncentrationer stadig 2-3 gange højere end i naturvandløb, og spildevandsudledninger fra spredt bebyggelse udgør stadig et betydeligt bidrag.

En nærmere analyse af udviklingen i koncentrationen af total fosfor i forskellige danske vandløbstyper er gennemført for overvågningsperioden 1989-99, hvor der korrigeres for variationer i vandføringen.

I vandløbene under et, er der beregnet et fald i den normaliserede fosforkoncentration i 84 % af vandløbene i forhold til 1989, og faldet er signifikant ($p < 0,05$) i 44 % af vandløbene.

Også fald i vandløb i dyrkede oplande

Reduktionen er størst og resultaterne mest signifikante i de vandløb, der tidligere har været mest belastede af spildevandsudledninger - herunder udledninger fra dambrug. Men der er også beregnet et fald i fosforkoncentrationer i ca. 2/3 af vandløbene i dyrkede oplande og faldet er signifikant i 19 % af vandløbene. Vandløb i dyrkede oplande med stigende fosforkoncentrationer afvander sandjordsoplande og sand-lerjordsoplande.

Vandløb med tendens til stigning synes ikke tilfældig fordelt, men koncentreret - bl.a. i det nordlige Jylland. Det skal dog pointeres, at der kun i ganske få af vandløbene beregnes signifikant stigende koncentrationer.

6 Oplandsanalyse

Brian Kronvang, Hans L. Iversen, Morten L. Pedersen, Dirk-Ingmar Müller-Wohlfeil og Søren E. Larsen

6.1 Indledning

Oplandsanalyser skal give mere viden om vand- og næringsstofstrømme

Formålet med at gennemføre oplandsanalyser i de 25 vandløbsoplande, der er fordelt over hele landet, er at tilvejebringe data, der kan være med til at øge forståelsen af vand- og stofstrømmene i landbrugspåvirkede oplande med forskellig hydrologi og geologi. Desuden kan oplandsanalyserne bidrage til en bedre forståelse af årsagssammenhænge mellem stofafstrømning og fx landbrugspraksis og den tidlige udvikling heri. Oplandsanalyserne og metoderne, der skal benyttes hertil er nærmere beskrevet i *Kronvang et al. (2000)*.

Oplandsanalyser af stofstrømme indenfor vandløbsoplande kræver en grundlæggende viden om det aktuelle oplands beskaffenhed med hensyn til geologi, jordbund, topografi, arealanvendelse og landbrugspraksis. Desuden behøves en grundlæggende viden om det hydrologiske kredsløb og respons på nedbør i form af tilstrømning af vand og dermed stof fra forskellige vandmagasiner i jorden til vandløbet.

I resultaterne i dette kapitel er der kun medtaget data fra oplande der har været med i det meste af overvågningsperioden. I gennemgangen af de geografiske data er der kun medtaget oplysninger i de tilfælde DMU har modtaget sådanne fra amterne.

6.2 Karakteristik af oplandene

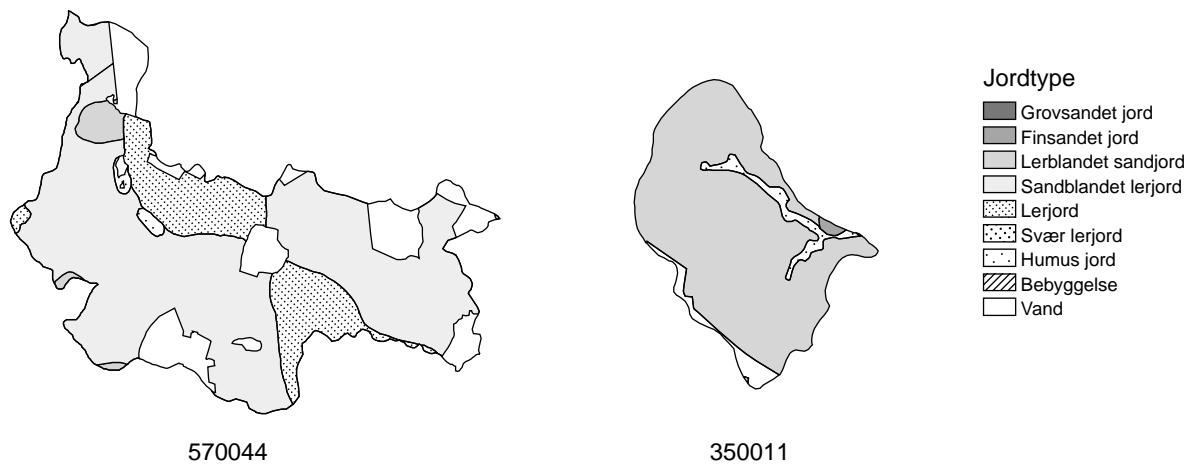
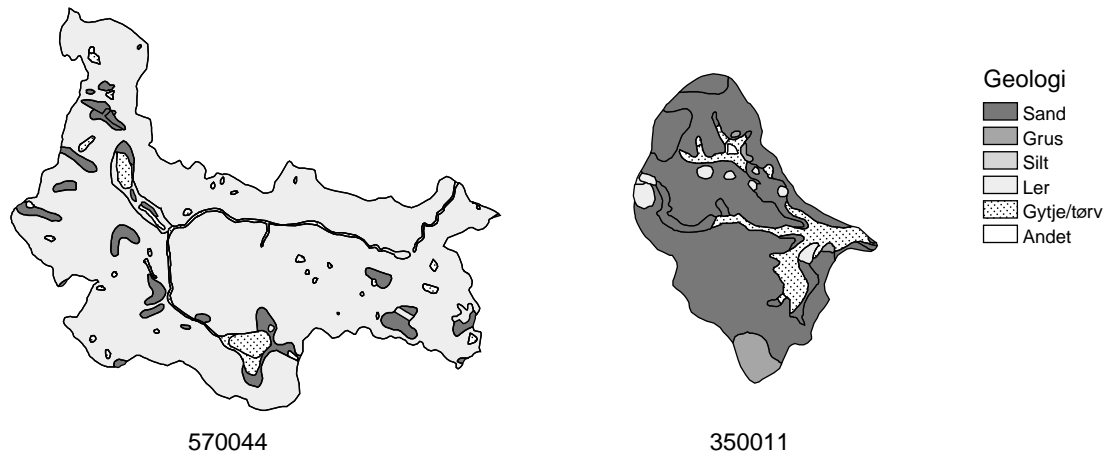
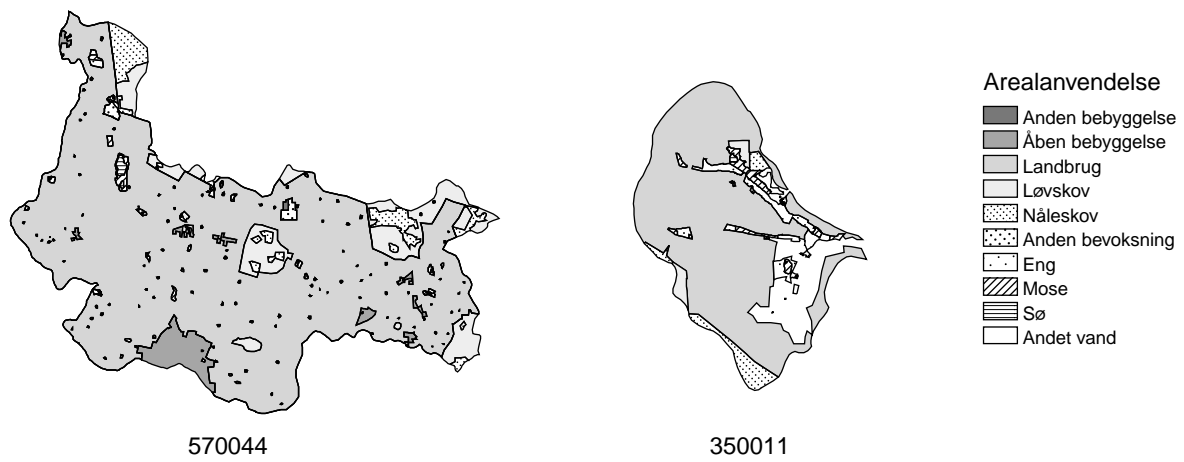
Geologiske forhold

Geologi i oplande

Oplysninger om de geologiske forhold i underjord er for de fleste oplande indsendt til DMU. I figur 6.1 ses to eksempler på hvordan underjorden er klassificeret i 6 overordnede tekstuelle klasser, henholdsvis fra et leret opland på Sjælland og et sandet opland i Jylland.

I tolkninger af hydrologien i oplandene er underjordens beskaffenhed vigtigere end overjorden. En sammenligning mellem den gængs benyttede jordarts klassifikation (overjorden) og den nye klassifikation af underjord viser dog en rimelig god overensstemmelse i de fleste oplande (tabel 6.1).

Det ses bedst ved en sammenligning mellem forekomsten af ler i over- og underjord på oplandsniveau. I 4 oplande er forskellen på mere end 20 % (210803, 360012, 520199 og 580019). I de fleste andre oplande er forskellen indenfor 10 %. I tolkninger af de hydrologiske forhold vil klassifikationen af underjord alt andet lige være mere anvendelig end klassifikationen af overjord.



Figur 6.1 Eksempler på kortlægning af arealanvendelse, geologi og jordtyper i et leret opland på Sjælland (570044) og et sandet opland i Jylland (350011).

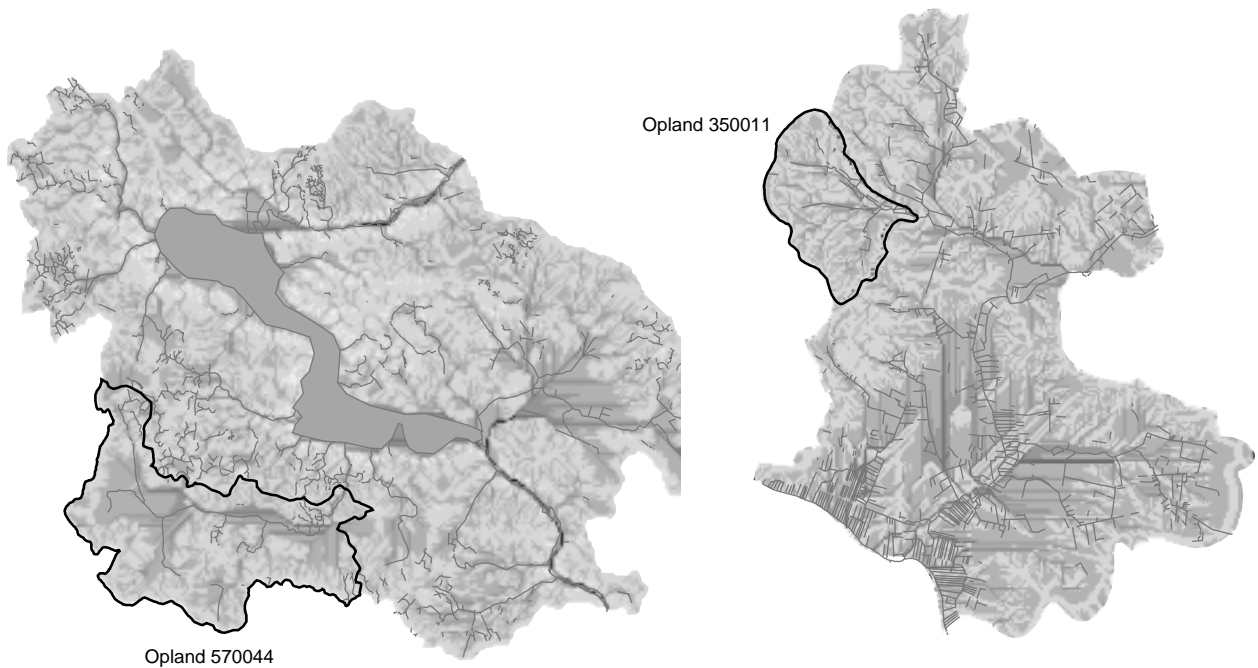
Tabel 6.1 Klassifikation af overjord (O) og underjord (U) i forskellige tekstuelle klasser.

Stationsnummer	% sand	% ler	% grus	% sand	% ler	% gytje og tørv
	(O)	(O)	(U)	(U)	(U)	(U)
160030	50	50	0	62	38	0
210803	37	63	0	6	94	0
210872	11	89	0	5	91	4
350011	100	0	5	80	3	12
360012	82	18	3	28	60	8
360030	35	65	1	19	75	5
380020	38	62	0	13	70	17
480011	100	0	41	31	12	16
520033	89	11	4	53	26	17
520199	4	96	4	5	73	18
570044	3	97	0	6	90	4
570063	3	97	5	1	82	10
580019	1	99	2	7	71	18
620014	1	99	0	12	87	0
620022	0	100	0	0	100	0
660014	19	81	0	13	70	17

Topografiske forhold

De topografiske forhold

Vi har anvendt en højdemodel til en nærmere analyse af landskaberne i og omkring 2 af oplandene. Den ene analyse kortlægger udbredelsen af lavbundsjord i form af et topografisk index. Det topografiske index beregnes indenfor 50x50 m gridceller i oplandet som logaritmen til ratioen mellem oplandsareal til den enkelte celle og hældningen mellem den enkelte celle og nabo cellerne. To eksempler herpå er vist i figur 6.2 fra henholdsvis et jysk og et sjællandsk område.



Figur 6.2 Eksempel på anvendelse af det topografiske index i to større områder omkring et opland på Sjælland (570044) og et opland i Jylland (350011). De mørke områder er arealer med et højt topografisk index og dermed kendetegnet, som udstrømningsområder/lavbundsarealer.

Områder med et stort topografisk index er udstrømningsområder og dermed potentielle lavbundsarealer. Som det ses af figuren er det også i disse områder at vandløbene og søer ligger i landskabet. Det er også i disse områder at der er dræninger ved grøftning (opland: 350011) og formentlig også dræning med drænrør (opland: 570044). I tabel 6.2 kan det ses at udstrømningsområder/vådbundsarealer udgør en større andel af landskaberne i det jyske område end i det sjællandske område.

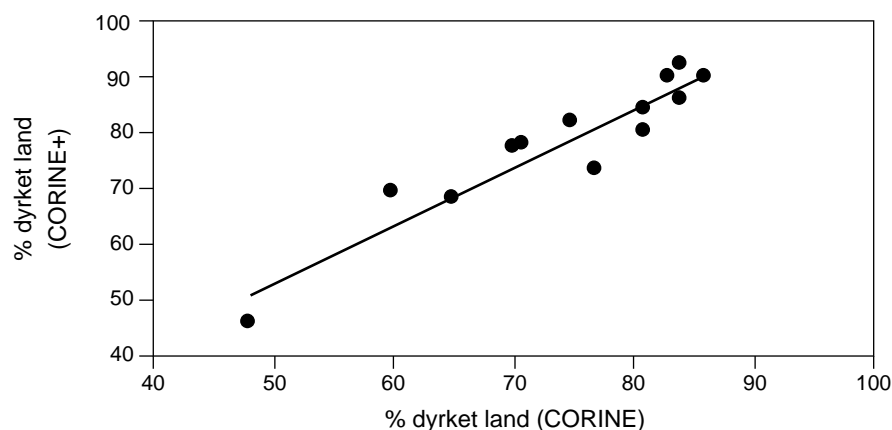
Tabel 6.2 Omfanget af arealer der er udpeget som udstrømningsområder (lavbundslande) i et leret og sandet område på henholdsvis Sjælland og i Jylland.

	Område omkring station 350011	Område omkring station 570044
Omfang af udstrømningsområder (lavbundslande)	44 %	34 %

Arealanvendelse

Arealanvendelse i oplande

Arealanvendelsen i oplandene er bl.a. ud fra fortolkning af satellitfoto blevet opgjort med en større detaljeringsgrad 1-2 ha end den tidligere anvendte i overvågningen (25 ha). To eksempler på den nye klassifikation kan ses i figur 6.1. Det er nu muligt mere præcist at tolke på eventuelle sammenhænge mellem arealanvendelse og næringsstoffab målt i vandløbene. I figur 6.3 er den gamle opgørelse af det dyrkede areal i oplandene vist mod den nye og mere detaljerede opgørelse (kun for de oplande hvor DMU har modtaget data fra amterne).



Figur 6.3 Sammenhæng mellem omfanget af dyrket areal efter den "gamle" CORINE kortlægning og den nye og mere detaljerede kortlægning af arealanvendelsen.

Gruppering af oplande efter geologi og jordbundsforhold

Den valgte gruppering af oplande efter beliggenhed og geologi

I det følgende afsnit anvendes en gruppering af oplande efter deres jordbundsforhold. Geologi, mv. er endnu ikke anvendt, da der mangler oplysninger for nogle oplandes vedkommende. Oplandene er inddelt efter deres beliggenhed i Jylland eller på Øerne. I de to regioner er der sket en opdeling efter forekomsten af sandjord i oplandet (overjord) (tabel 6.3). De to typer af sandede oplande har næsten samme dominans af sandjord i oplandene, mens der er en relativ stor forskel på de to lerede oplandstyper (tabel 6.3).

Tabel 6.3 Opdeling af oplande i fire karakteristiske danske oplandstyper (små oplande, dvs. der er set bort fra Odense Å) efter beliggenhed og gennemsnitlig procent sandjord (F1,F2,F3).

Oplandsgruppe	Antal oplande	Procent sandjord
Sandede oplande, Jylland	6	78 %
Lerede oplande, Jylland	4	22 %
Sandede oplande, Øerne	3	81 %
Lerede oplande, Øerne	9	4 %

6.3 Oplandenes hydrologi

Afstrømningen af vand fra forskellige magasiner er beskrevet og opdelt i en langsom og hurtig komponent

I forhold til beskrivelser af kvælstof- og fosforstrømme fra jord til overfladevand er der behov for, at kunne kvantificere betydningen af de forskellige veje, vand kan strømme gennem jorden fra det falder på jordoverfladen, og til det når vandløbet. Vandets strømning i jorden kan simpelt beskrives vha. tre transportveje (afstrømningskomponenter), nemlig grundvandsafstrømning, afstrømning gennem umættet zone (intermediær) og overfladisk afstrømning. Især i lerede oplande kan der også forekomme en hurtig vandstrømning gennem makroporer og sprækker i jorden til drænrør. Denne komponent kan eventuelt tillægges den hurtige afstrømning (quickflow) sammen med overfladisk afstrømning.

En kvantificering af betydningen af hver af vandets strømningsveje indenfor et vandløbsopland er afgørende for en analyse af kvælstof- og fosforstrømmene fra jord til overfladevand. Dermed også for analyser og scenarier af samspillet mellem landbrugspraksis og de målte koncentrationer og transport af næringsstoffer, pesticider mv., der forlader oplandet.

I de 25 oplande der indgår i den udvidede oplandsanalyse er der anvendt en nedbørs- og afstrømningsmodel (NAM-modellen) til simulering af afstrømningen vha. fire forbundne magasiner. Resultaterne af modelleringen for perioden 1989-98 blev grundigt gennemgået i sidste års overvågningsrapport (*Pedersen og Kronvang, 1999*). NAM-resultaterne er nu opdateret med det seneste års data fra 1999.

Resultater og forskellige hydrologiske modeller

Fyns amt (2000) har påvist forskelle mellem resultater fra forskellige hydrologiske modeller opsat på Odense Å. NAM-modellen forudsiger i Odense Å oplandet en meget større andel grundvand (137 mm) end de tilsvarende forudsigelser med den distribuerede hydrologiske model MIKE SHE (54 mm) (*Fyns amt, 2000*). Det er forventet at modeller af NAM-typen er bedst egnede til simulering af afstrømning i mindre og homogene oplande idet modellen kun opererer med gennemsnitsbetragtninger om f.eks. geologi, nedbør, mv.

I Odense Å oplandet er lokale variationer i geologi, jordtype, nedbør, mv. som NAM-modellen selvsagt ikke kan indbygge. Da vandføringen ved målestationen, som NAM-modellen kalibreres op mod, er en blanding af vand fra de forskellige dele af oplandet og der er tidsmæssige forskydninger i hvornår vandet når frem til målestationen fra de forskellige deloplande er der med NAM-modellen en stor risi-

ko for at for store vandmængder bliver forudsagt til at være grundvand. I små oplande der oftest er relativt homogene i geologi, jordbund, nedbør, mv., og hvor der ikke er tale om sammenblandinger af vand med forskellig tidsforsinkelse vil NAM-modellen formentlig give bedre prediktioner af grundvand. Om dette er tilfældet vil op-sætningen af MIKE SHE på Lillebæk og Oddebæk i NOVA-programmet forhåbentligt kunne medvirke til at afklare.

Afstrømningen og andelen af vand, der strømmer til vandløb fra grundvand og via umættet zone/overfladisk afstrømning, er vist i tabel 6.4 for de fire grupper af oplande igennem perioden 1989-99. På grund af den større nedbørsmængde og mindre fordampning er vandafstrømningen generelt større i Jylland, end på Øerne.

Hvor meget vand strømmer der til vandløb fra grundvand og som overfladenært vand?

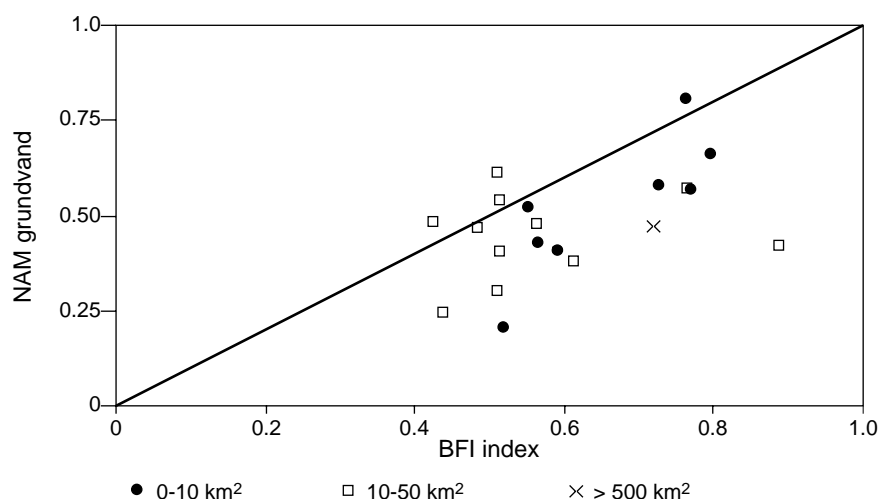
Det gælder specielt afstrømningen af vand fra grundvandsmagasiner (tabel 6.4). Derimod er afstrømningen af vand fra de overfladenære magasiner til vandløb nogenlunde lige stor i henholdsvis de sandede og lerede oplande i Jylland og på Øerne. Den overfladenære afstrømningskomponent er størst i de lerede oplande, både i Jylland og på Øerne. Forskellen mellem de sandede og lerede oplandes afstrømningsregime er dog mest udpræget på Øerne hvor den overfladenære afstrømningskomponent udgør 38 % af den totale afstrømning fra de sandede oplande og 63 % i de lerede oplande (tabel 6.4).

Tabel 6.4 Tilstrømning af vand fra overfladenære magasiner og grundvand i 4 karakteristiske danske oplandstyper (små oplande) (1989-99). (I beregningerne er Odense Å ikke medtaget og der mangler data fra 1995 for enkelte oplande).

Oplandsgruppe	Antal oplande	Overfladenært vand	Grundvand	Andel overfladenært vand
Sandede oplande, Jylland	6	89 mm	153 mm	40 %
Lerede oplande, Jylland	4	133 mm	139 mm	48 %
Sandede oplande, Øerne	3	74 mm	77 mm	38 %
Lerede oplande, Øerne	9	128 mm	72 mm	63 %

Sammenligning af NAM-model og BFI

Tidligere er der benyttet et baseflow index til opdeling af grundvand og overfladenært vand i vandløb. Figur 6.4 viser sammenhængen mellem BFI-index og NAM-modellens simulering af grundvand i oplandene. I de fleste tilfælde simulerer NAM-modellen en mindre andel grundvand end baseflow index. Det gælder for hovedparten af oplandene. Der kan ikke opstilles en entydig sammenhæng mellem de to metoders simulering af grundvand. NAM-modellens generelt lavere simulering af grundvand er dog formentlig mere korrekt end det grove baseflow index. En nærmere analyse af forskellige modelers egnethed til at simulere vandtilstrømningen til vandløb, som det ovenfor er beskrevet for Odense Å af Fyns amt, vil være påkrævet for at lære mere om de forskellige metoders styrker og svagheder.



Figur 6.4 Sammenhæng mellem BFI-index og grundvandsdelen modelleret med NAM-modellen for perioden 1989-99.

6.4 Karakteristik af kvælstofstrømme i oplande

Beregnete koncentrationer af kvælstof, opløst fosfat og pH i perioder med udelukkende grundvands-tilstrømning til vandløb

Kvælstofeksporsten fra de enkelte oplande er i de fleste tilfælde blevet målt siden 1989. Ved hjælp af den hydrologiske model er enkeltdage i hele tidsserien, hvor der udelukkende sker afstrømning af vand fra grundvandsmagasiner, blevet identificeret. På de dage hvor vandføringen i vandløb udelukkende består af grundvand, er der foretaget en beregning af den gennemsnitlige årlige koncentration af kvælstof. Koncentrationen af kvælstofforbindelser, opløst fosfat og pH i vandløbene i perioder, hvor der udelukkende er grundvands-tilstrømning, er vist i tabel 6.5.

Tabel 6.5 Koncentrationen af total kvælstof, nitrat og ammonium i perioder karakteriseret ved grundvands-tilstrømning som gennemsnit for de 4 karakteristiske danske oplandstyper (små oplande).

Oplandsgruppe	Antal oplande	Stofkoncentration (mg l ⁻¹)				
		Total N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	PO ₄ -P	pH
Sandede oplande, Jylland	6	5,7	5,1	0,072	0,044	7,6
Lerede oplande, Jylland	4	3,2	2,7	0,132	0,041	7,6
Sandede oplande, Øerne	3	6,1	5,4	0,118	0,185	8,0
Lerede oplande, Øerne	9	3,8	3,0	0,144	0,158	7,9

Koncentrationen af total kvælstof og nitrat er næsten dobbelt så høj i de sandede oplande, som i de lerede oplande. Koncentrationen af ammonium er lav i de vandløb, der afvander sandede jyske oplande, hvorimod den er høj i de tre øvrige oplandstyper (tabel 6.5). En høj koncentration af ammonium i perioder med grundvands-tilstrømning kan både indikere, at der er spildevandsudledninger til vandløbet (spredt bebyggelse) eller at der strømmer meget ammoniumholdigt

reduceret grundvand til vandløbet. Koncentrationen af opløst fosfat er næsten tre gange højere i vandløb på Øerne end i de jyske vandløb. De konstaterede forskelle kan formentlig både henføres til den mindre sommervandføring og dermed mindre fortynding af udledt spildevand i vandløb på Øerne og forekomsten af okker i de jyske vandløb.

Tabet af kvælstof med grundvand og overfladenært vand i forskellige oplandstyper

Det gennemsnitlige tab af total kvælstof via grundvandstilstrømning er for hvert år i hvert opland beregnet ved at gange den gennemsnitlige årlige kvælstof koncentration i grundvandsdelen med den årlige grundvandsmængde, der strømmer af fra oplandet. Herefter kan andelen af kvælstoftransporten i vandløb som stammer fra overfladenære magasiner beregnes som en differens mellem den målte årlige totale kvælstoftransport og den beregnede transport med grundvand.

Det gennemsnitlige kvælstoftab fra de to overordnede vandmagasiner i oplandene er vist i tabel 6.6.

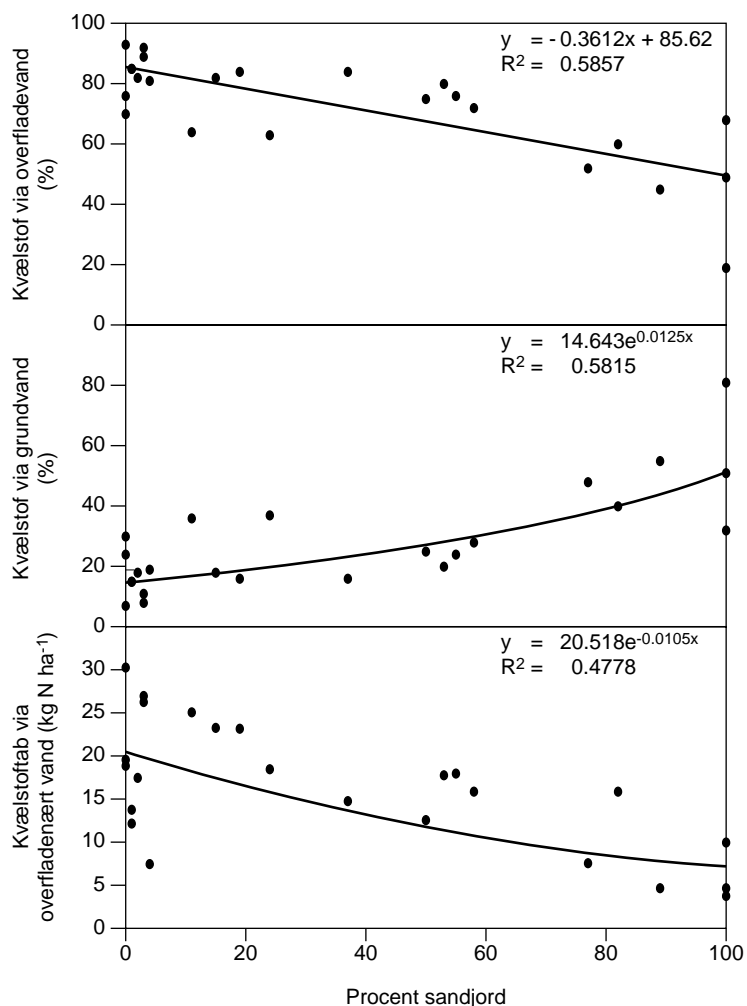
Tabel 6.6 Gennemsnitligt årligt tab af total kvælstof fra de 4 danske oplandstyper (små oplande) opdelt på hvad der stammer fra overfladenære magasiner og grundvandsmagasiner.

Oplandsgruppe	Antal oplande	Tab af total kvælstof via vandmagasiner		
		Overfladenært vand	Grundvand	Andel af totalt tab via overfladenært vand
Sandede oplande, Jylland	6	11,1 kg N ha ⁻¹	8,6 kg N ha ⁻¹	58 %
Lerede oplande, Jylland	4	20,4 kg N ha ⁻¹	5,0 kg N ha ⁻¹	73 %
Sandede oplande, Øerne	3	8,8 kg N ha ⁻¹	4,7 kg N ha ⁻¹	57 %
Lerede oplande, Øerne	9	18,4 kg N ha ⁻¹	3,1 kg N ha ⁻¹	85 %

Der kan etableres simple sammenhænge mellem jordbundsforhold/geologi og kvælstoftabet via overfladenært vand og grundvand

I figur 6.5 er der vist sammenhænge mellem procent sandjord i de enkelte oplande og andelen af den gennemsnitlige totale kvælstoftransport, som leveres fra overfladenært vand og grundvand. Andelen af kvælstoftransporten, som stammer fra overfladenære vandmagasiner, falder lineært ved stigende procent sandjordsarealer i oplandet. Samtidig stiger andelen af kvælstof som stammer fra grundvandet (figur 6.5).

Oplandstabet af kvælstof, der tilføres med overfladenært vand, er også forsøgt sammenholdt med omfanget af sandjorder i oplandene (figur 6.5). Oplandstabet falder med stigende procent sandjord. Det er dog kun en 48 % af variationen som kan forklares med den indlagte bedste regressionsligning. Andre forklarende oplandsvariable skal derfor i fremtiden inddrages i analysen af kvælstoftabet, som viden om udbredelsen af lavbundsarealer, landbrugspraksis, husdyrhold, mv.



Figur 6.5 Sammenhænge mellem omfanget af sandjord i det enkelte opland og henholdsvis kvælstofandelen tilført med overfladenært vand og grundvand, samt kvælstoftabet tilført med overfladenært vand.

Statistisk test af udvikling i kvælstofkoncentration i perioder med grundvands-tilstrømning sammenlignet med alle observationer

I tabel 6.7 er vist resultater fra en statistisk test af udviklingen i kvælstofkoncentrationen hvor denne er korrigeret for betydningen af forskelle i afstrømning på prøvetagningsdagene. Der er vist resultater fra en trend test på alle målte koncentrationer i måleperioden og en særskilt test på de kvælstofkoncentrationer der er målt i perioder hvor der kun løber grundvand fra øvre og/eller nedre magasiner i vandløbet. Resultatet af trend testen på alle observationer viser at i 15 ud af de 19 testede vandløb (79 %) falder koncentrationen af kvælstof fra 1989-99. I 6 af de 15 vandløb (40 %) er faldet signifikant ($p < 5\%$). I fire vandløb er der tale om en stigende tendens, der dog ikke er signifikant i nogen tilfælde.

Kvælstofkoncentrationen falder i de fleste vandløb

I perioder hvor der kun løber grundvand i vandløb er der en faldende koncentration af total kvælstof i 17 ud af 23 testede vandløb (74 %) (tabel 6.7). I 3 af de 17 vandløb (18 %) hvor kvælstofkoncentrationen falder er faldet signifikant ($p < 5\%$). I 6 af de testede vandløb er der konstateret en stigende kvælstofkoncentration. Det er dog kun i et af vandløbene at stigningen er signifikant ($p < 5\%$).

Tabel 6.7 Seasonal Mann-Kendall trend test af sammenhørende målinger af total kvælstof og vandføring i vandløb der indgår i oplandsanalysen. Trend test er dels udført for alle observationer og for observationer i perioder med udelukkende grundvand i vandløbet bedømt ud fra NAM-modellens resultater.

Stationsnummer	Alle målinger		Målinger i perioder med grundvand	
	Trend	Test	Trend	Test
130011	0,0067	p=0,96	0,00006	p=1,00
160030	-0,194	p=0,13	-0,113	p=0,21
210072	-	-	0,120	p=0,37
210752	-0,120	p=0,032	-0,011	p=0,76
210759	-0,085	p=0,35	-0,087	p=0,35
210803	-0,111	p=0,023	-0,022	p=0,59
210872	-	-	-0,025	p=1,00
220043	0,0072	p=0,98	-0,069	p=0,64*
350011	-0,0846	p=0,069	-0,090	p=0,11
360012	-0,180	p=0,0054	-0,087	p=0,21
450003	-0,0554	p=0,25	0,077	p=0,048
470001	-0,192	p=0,021	-0,347	p=0,048
470033	-0,136	p=0,11	-0,123	p=0,074
480011	-0,226	p=0,011	-0,114	p=0,029
520033	0,100	p=0,20	-0,015	p=0,88
520071	-	-	0,130	p=0,54
570044	-0,0458	p=0,63	0,108	p=0,062*
570063	-	-	-0,374	p=0,016
580019	-0,0688	p=0,47	-0,043	p=0,53
600036	-0,0966	p=0,091	-0,040	p=0,28
620014	0,0108	p=0,95	-0,056	p=0,28
620022	-0,0190	p=0,77	-0,029	p=0,35
660014	-0,314	p=0,0078	0,009	p=1,00

*) Vandføring er signifikant faldende i perioden.

Enkelte vandløb viser modsatrettede tendenser i de to trend-test

I 13 af de 19 vandløb der er testet for trend for begge datasæt er der tale om samme faldende (12 tilfælde) eller stigende tendens (1 tilfælde). I 6 vandløb er tendensen altså modsatrettet. Odense Å (stnr=450003) er et eksempel på et af disse vandløb. Her stiger kvælstofkoncentrationen signifikant i perioder med grundvandstilstrømning til vandløbet, mens kvælstofkoncentrationen falder hvis hele datamaterialet testes. En mulig forklaring kan være at en del af grundvandet netop i det store Odense Å opland er gammelt (20-30 år) og derfor stammer fra den periode hvor landbruget i oplandet år for år intensiverede produktionsforholdene (1970'erne).

6.5 Intensive målinger af fosfor i oplandene

Resultater i perioden 1993-1999

Intensiv prøvetagning viser at vi undervurderer fosfortransporten i vandløb, når vi anvender stikprøver

Ni vandløb har siden 1994 været instrumenteret til kontinuert prøvetagning af fosfor - de såkaldte intensivstationer. De vandløb, der indgår, er alle små, - oplandet til hovedparten af stationerne er således mindre end 15 km². Resultaterne har vist, at fosfortransporten i disse mindre vandløb generelt underestimeres med den gængse stikprøvetagning, og at fosfortilførslerne fra det åbne land dermed er større end beregnet ud fra den prøvetagningsmetode, der anvendes på de øvrige vandløbsstationer. I hele perioden har den 'sande' fosfortransport, opgjort ved kontinuert prøvetagning således været 71 % større end transporten beregnet ud fra stikprøver (tabel 6.8).

Tabel 6.8 Gennemsnit af fosfortransporter fra vandløbsstationer med kontinuert prøvetagning og stikprøvetagning. Intensiv transport (enten flowproportionalt puljet, flompuljet, ugepuljet, eller en kombination af flere af disse metoder). De relative og absolutte afvigelser er angivet med tilhørende standard afvigelser (Std). Kun stationer med data fra de seneste 4 år er medtaget.

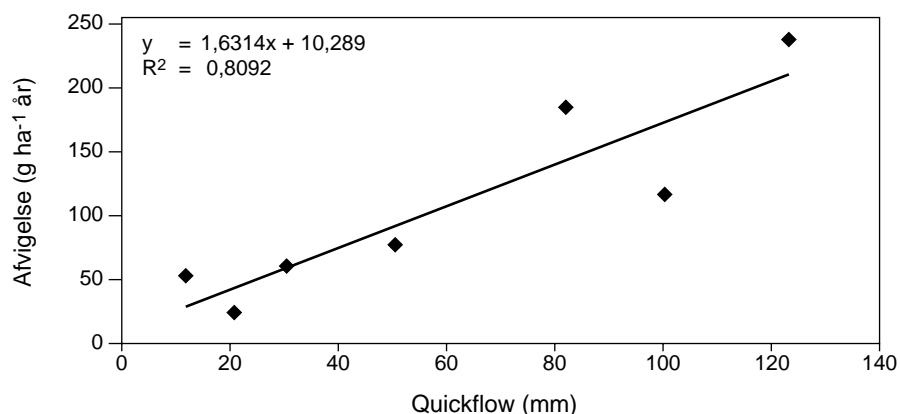
$$\text{Relativ afvigelse} = \frac{(T_{\text{intensiv}} - T_{\text{lineær}})}{T_{\text{lineær}}} \quad \text{Absolut afvigelse} = \frac{(T_{\text{intensiv}} - T_{\text{lineær}})}{\text{Opland}}$$

År	N	Afstrømning	Intensiv transport	Relativ afvigelse		Absolut afvigelse	
		mm	kg P ha ⁻¹	%	± Std	kg ha ⁻¹	± Std
1993	7	195	0,305	77	111	0,105	0,107
1994	9	382	0,644	50	44	0,228	0,269
1995	9	222	0,309	34	44	0,065	0,064
1996	9	100	0,144	99	109	0,067	0,51
1997	9	124	0,184	73	81	0,060	0,048
1998	9	239	0,416	98	108	0,170	0,100
1999	9	298	0,525	63	51	0,171	0,106
Gns. 1993-98		223	0,361	71		+0,124	

Som det ses af tabel 6.7 er der stor variation i relativ og absolut afvigelse fra år til år. Således underestimeres den "sande" transport i gennemsnit kun med 0,067 og 0,060 kg ha⁻¹ i de tørre år 1996 og 1997, hvor imod transporten underestimeres med 0,228, 0,170 og 0,171 kg P ha⁻¹ i de våde år 1994, 1998 og 1999. Forskellen skyldes, at der er størst sandsynlighed for, at koncentrationen af total fosfor og især andelen bundet til partikler måles for lavt ved stikprøvetagning (1-2 gange månedligt) i våde år, hvor der generelt er flere og større afstrømningshændelser end i tørre år.

Der er en sammenhæng mellem andelen af vand, der hurtigt strømmer til vandløb i de enkelte år og undervurderingen af fosfortransporten

Sammenhængen mellem den årlige afstrømning og hvor meget fosfortransporten underestimeres viser da også at transporten er dårligst bestemt ved hjælp af stikprøvetagningen jo større årsafstrømningen er (figur 6.6). I den viste sammenhæng må der dog tages hensyn til den forholdsvis store spredning der er konstateret på de absolutte afvigelser inden for de enkelte år, som er på mellem 0,048 og 0,269 kg ha⁻¹.



Figur 6.6 Sammenhæng mellem den årlige hurtige (overfladisk og makropore) afstrømning og undervurderingen af det totale fosfortab ved anvendelse af stikprøvetagning beregnet for 9 vandløbsstationer i årene 1993-1999.

Der måles siden 1998 intensivt hvad angår fosfor i 24 vandløb

Resultater i 1998 og 1999 ved de 25 nye intensivstationer

I tabel 6.9 er resultaterne for 1998 og 1999 ved alle 24 intensivstationer præsenteret.

Tabel 6.9 Generelle oplandsdata og resultater i 1998 og 1999 fra vandløbsstationer med kontinuert prøvetagning og stikprøvetagning af total fosfor og deraf afledt fosfortransport.

$$\text{Relativ afvigelse} = \frac{(T_{\text{intensiv}} - T_{\text{lineær}})}{T_{\text{lineær}}} \quad \text{Absolut afvigelse} = \frac{(T_{\text{intensiv}} - T_{\text{lineær}})}{\text{Opland}}$$

DMU-nr.	1998			1999		
	Transport Intensiv kg P ha ⁻¹	Relativ afvigelse %	Absolut afvigelse kg ha ⁻¹	Transport Intensiv kg P ha ⁻¹	Relativ afvigelse	Absolut afvigelse kg P ha ⁻¹
130011	0,418	66,5	0,167	0,509	16,7	0,073
160030	0,381	-12,2	-0,053	0,851	79,8	0,378
210072	0,323	366	0,254	0,341	165,7	0,213
210752	0,622	131	0,353	0,789	20,0	0,132
210759	0,369	20,4	0,062	0,514	64,8	0,202
210803	0,417	38,1	0,115	0,746	114,6	0,399
210872				1,605	36,3	0,427
220043				1,133	108,9	0,591
350011	0,530	35,9	0,140	0,719	17,7	0,108
360012				0,778	5,9	0,043
360030	0,543	66,6	0,217	0,546	60,9	0,207
380020	0,825	25,8	0,169	0,838	10,3	0,078
420012	0,579	2,3	0,013	0,620	1,7	0,010
450003				0,631	0,0	0,000
470001				0,627	29,8	0,144
470033	0,883	43,2	0,266	1,108	10,7	0,107
480011	0,438	121	0,240	0,349	60,8	0,132
520033	0,358	119	0,194	0,348	101,9	0,176
520199				0,361	137,8	0,209
570044	0,521	39,7	0,148	0,567	12,0	0,061
570063	0,447	80,5	0,199	0,520	81,6	0,233
580019	0,354	-2,3	-0,008	0,455	88,3	0,213
620014	0,177	23,4	0,034	0,235	27,3	0,050
620022	0,358	79,3	0,158	0,439	42,3	0,130
Gns.	0,470	69,1	0,148	0,651	54,0	0,180

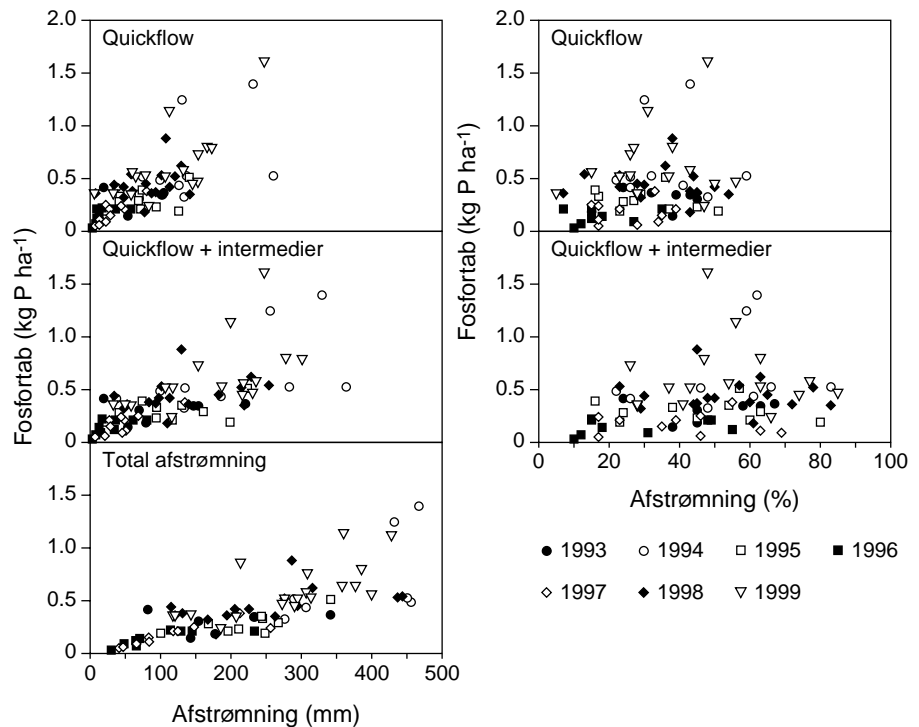
Resultaterne fra 1998 og 1999 baseret på alle intensivstationer er hvad angår den absolutte afvigelse mellem intensiv og stikprøvetagning meget lig med resultaterne fra de 9 stationer der er målt uafbrudt siden 1993 (se tabel 6.6). Undervurderingen af total fosfor transporten er på 0,148 kg P pr. hektar i 1998, stigende til 0,180 kg P pr. hektar i 1999. Stigningen skyldes sandsynligvis den større afstrømning i 1999 og at en større mængde vand i 1999 end i 1998 hurtigt strømmer frem til vandløb. Den hurtige overfladenære afstrømningskomponent (quickflow) fra NAM-modellen var i 1998 i gennemsnit for alle stationer på 97 mm imod 131 mm i 1999.

Analyse af intensivt målt fosfortab

En første analyse af det årlige oplandstab af total fosfor ved alle intensivstationer i årene 1993-99 er vist i figur 6.7. I figuren er oplandstabet af fosfor beregnet ud fra de intensive målinger forsøgt relateret til tre forklarende hydrologiske variable nemlig den hurtige afstrømningskomponent (quickflow), den totale overfladenære afstrømning (interflow) og den totale afstrømning fra oplandene. Der

Fosfortabet fra oplande kan delvist forklares ved den hurtige afstrømningskomponent som drivparameter

er som ventet en sammenhæng mellem total afstrømningen og det intensivt målte oplandstab af total fosfor, dog med en vis spredning især i år med store afstrømninger (figur 6.7). Hvis fosfor transporten i stedet relateres til den mere uafhængigt forklarende quickflow afstrømning er der stadigvæk en sammenhæng således at der ved stigende mængde hurtigt afstrømmende vand generelt sker en stor øgning i fosfortransporten (figur 6.7). Anvendes derimod den totale afstrømning via overfladenær afstrømning bliver sammenhængen dårligere ved store afstrømningsværdier (figur 6.7). Der kan derimod ikke konstateres sammenhænge mellem fosfortabet og de relative årlige andele af quickflow og interflow.



Figur 6.7 Sammenhænge mellem den intensivt målte transport af total fosfor i årene 1993-99 og forskellige forklarende hydrologiske variable.

En sammenligning mellem den absolutte forskel imellem intensivt bestemt fosfortransport og transporten beregnet ud fra stikprøver og quickflow komponenten i den årlige afstrømning giver for målestationerne i de to år 1998 og 1999 ingen forklaring.

Nærmere analyser af fosfortabet i relation til transportveje og kildeområder er nødvendig i den kommende periode

En nærmere analyse af fosfortransporten i kortere perioder (måned/uge) sammen med de hydrologiske data og oplandsrelaterede data om de forskellige transportvejes potentielle betydning er nødvendig for at kunne vurdere hvilke faktorer som øver indflydelse på transportbestemmelsen. Analysen kan i det kommende år gennemføres ved hjælp af de mange nye intensivstationer, den hydrologiske modellering og de igangsatte indsamlinger af oplandsdata. En sådan analyse vil forhåbentligt kunne medvirke til både at øge vores viden om bestemmelsen af fosfortransporten i vandløb, samt ikke mindst betydningen af transportveje og kildeområder for det diffuse fosfortab i forskellige danske landskaber.

Mere pålidelige transportberegninger har først og fremmest betydning for estimeringen af landbrugsbidraget i de små vandløb i dyrkede oplande, der beregnes som den samlede transport fratrukket baggrunds bidraget og summen af fosforudledninger fra punktkilder (inkl. udledninger fra spredt bebyggelse). I de større vandløbssystemer er underestimeringen af fosfortransporten relativt mindre i kraft af at andelen af den hurtige afstrømningskomponent (quickflow) er mindre og der er en større buffer i form af retention i store vandløbssystemer.

6.6 Sammenfatning

De første oplandsanalyser med inddragelse af især den hydrologiske modellering til tolkning af kvælstof- og fosforstrømme i oplandene er nu gennemført. Vandafstrømningen er ved den hydrologiske modellering opdelt i vand der strammer fra tre betydende magasiner i de enkelte oplande. De overordnede resultater af de første analyser er:

Oplandene er blevet grupperet i fire klasser efter deres beliggenhed (Jylland og Øerne) og deres jordtype (sand og ler)

Den gennemsnitlige årlige andel overfladenært vand som strømmer til vandløbene er næsten ens i de sandede oplande i Jylland og på Øerne (40 % og 38 %), mens den er mere betydende i de lerede jyske oplande (48 %) og højest i de lerede oplande på Sjælland (63 %).

Koncentrationen af kvælstofforbindelser i perioder hvor der udelukkende strømmer grundvand i vandløbene er højest i de sandede oplande i Jylland og på Øerne (5,7 og 6,1 mg N l⁻¹), mens den er mindre i vandløb der afvander lerede oplande på Øerne (3,8 mg N l⁻¹) og mindst i vandløb der afvander lerede oplande i Jylland (3,2 mg N l⁻¹).

Tabet af kvælstof med overfladenært vand set i forhold til det totalt målte kvælstoftab i vandløb er mest betydende i de lerede oplande på Sjælland (85 %) efterfulgt af de lerede oplande i Jylland (73 %) og næsten ens i de sandede oplande i Jylland (58 %) og på Sjælland (57 %).

Der kan opstilles sammenhænge mellem omfanget af sandjord i de enkelte oplande og strømningen af kvælstof til vandløb via overfladenært vand og grundvand.

Den intensivt målte transport af total fosfor var i 1999 som gennemsnit 0,124 kg P ha⁻¹ større end transporten beregnet ud fra stikprøvetagning i de 9 vandløb der er målt intensivt siden 1993. I de nye 25 intensivstationer var den intensivt målte fosfortransport som gennemsnit 0,180 kg P ha⁻¹ større, end transporten bestemt ved stikprøver.

Der kan opstilles sammenhænge mellem hydrologisk respons i form af den hurtige afstrømningskomponent (quickflow) og den intensivt målte fosfortransport i vandløbene.

I de næste to år vil der i oplandsanalysen blive fokuseret på at opnå bedre forklaringer både på kvælstof- og fosforstrømme i de 25 op-

lande der indgår i analyserne. Det vil ske ud fra en bedre viden om landbrugsforhold og oplandets karakteristika, samt ved feltkortlægninger af betydende transportveje og kilder til fosfor.

På sigt vil der med fordel kunne etableres en videns-, metode- og resultatudveksling mellem overvågningsprogrammerne, således at man gennemfører oplandsanalyserne på et så integreret metode- og modelgrundlag, som overhovedet muligt.

[Tom side]

7 Tungmetaller

Anker Laubel

Fire hovedstationer

Koncentration af otte tungmetaller blev i 1999 - og tildels i 1998 - målt på fire hovedstationer, nemlig i Gudenåen, Bygholm Å, Odense Å, og Damhusåen. Der foreligger endnu ikke målinger fra den femte hovedstation i Skjern Å. Tungmetallerne er arsen (As), cadmium (Cd), krom (Cr), kobber (Cu), kviksølv (Hg), bly (Pb), nikkel (Ni) og zink (Zn). Prøverne er også analyseret for suspenderet stof og glødetab. På yderligere fire EU vandløbsstationer er to tungmetaller målt, nemlig cadmium og kviksølv.

Resultater fra 1999. Usikre Gudenå-data

Der er taget ca. 12 stikprøver henover året på de otte stationer, og vi har valgt at vise resultater fra 1999, hvor prøvetagningen fungerede fuldt ud på de otte stationer. I Gudenåen blev der målt bemærkelsesværdigt høje koncentrationer af opløst Cu, Pb og Zn i det første halvår af 1999. Det kan muligvis skyldes kontaminering eller laboratorie-analytiske problemer. Laboratoriet, som for Århus Amt har udført tungmetal-analyser på Gudenå-prøverne, afviser at der er sket laboratoriefejl. Amtet foreslår dog, at der tages forbehold overfor anvendelsen af de pågældende data. Vi har, med det i mente, valgt at medtage data her i rapporten.

I 1998 blev der målt i Odense Å og i Damhusåen (*Windolf m.fl., 2000; Københavns Kommune, 2000*).

7.1 Målemetode og detektionsgrænser

Opløst og partikelbundet tungmetal

Vandprøverne er filtreret og indholdet af hver enkelt tungmetal er målt både i filtrat (opløst tungmetal) og i sediment på filteret (partikelbundet tungmetal). Det giver den samlede totalkoncentration. Dog er kviksølv analyseret samlet som total-kviksølv.

Detektionsgrænser

Især for Cd og Hg ligger mange målinger under den anvendte detektionsgrænse (bilag 7.1). Ved beregninger er målinger under detektionsgrænsen sat til værdien af halvdelen af den anvendte detektionsgrænse. Hvis den anvendte detektionsgrænse dog er markant højere end den anbefalede detektionsgrænse fra NOVA programmet - og højere end det dobbelte af den koncentration, som hyppigst måles i de fire vandløb (median) - udelades data fra datasættet. For enkelte stationer (Bygholm Å og Odense Å) mangler dog for partikelbundne fraktioner oplysning om detektionsgrænse og målinger under detektionsgrænsen (bilag 7.1). I korrelationsanalyser anvendes udelukkende data målt over detektionsgrænsen, og analyserne er lavet som en ikke-parametrisk test (Spearman analyse), og sammenhænge betragtes som signifikante når $p < 0,05$.

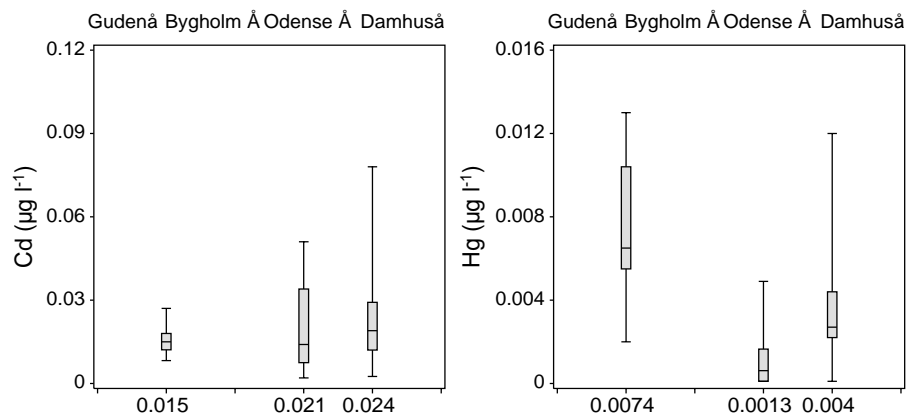
7.2 Totalkoncentrationer

Koncentration af 8 tungmetaller

Zink er det tungmetal, der i 1999 blev fundet i de højeste koncentrationer i de fire vandløb. Dernæst følger Cu og Ni. Cadmium - og især Hg - fandt man i lavere koncentrationer. Tages alle fire vandløb un-

der et, kan metalkoncentration for de otte metaller listes efter stigende median koncentration: $0,0022 \mu\text{g l}^{-1}$ (Hg), $0,021 \mu\text{g l}^{-1}$ (Cd), $0,51 \mu\text{g l}^{-1}$ (Cr), $0,64 \mu\text{g l}^{-1}$ (Pb), $1,4 \mu\text{g l}^{-1}$ (As), $2,7 \mu\text{g l}^{-1}$ (Ni), $2,8 \mu\text{g l}^{-1}$ (Cu), $12 \mu\text{g l}^{-1}$ (Zn). I Gudenåen blev der målt bemærkelsesværdigt høje koncentrationer af opløst Cu, Pb og Zn i det første halvår af 1999. Det kan muligvis skyldes kontaminering eller laboratorie-analytiske problemer. Gudenåen og Damhusåen har generelt set højere koncentrationer af tungmetal end de to andre vandløbsstationer (figur 7.1).

Dog finder man de højeste Cr-koncentrationer i Odense Å, og de laveste As-koncentrationer i Gudenåen. Til sammenligning er koncentrationen af Cd og Hg på de fire EU stationer vist i figur 7.2.



Figur 7.2. Koncentration af Cd og Hg ($\mu\text{g l}^{-1}$) på fire EU stationer i 1999 angivet som minimum og maksimum, samt 25%-, 50%- og 75%-fraktilen. Gennemsnitskoncentration er angivet som tal under figuren.

1990-målinger

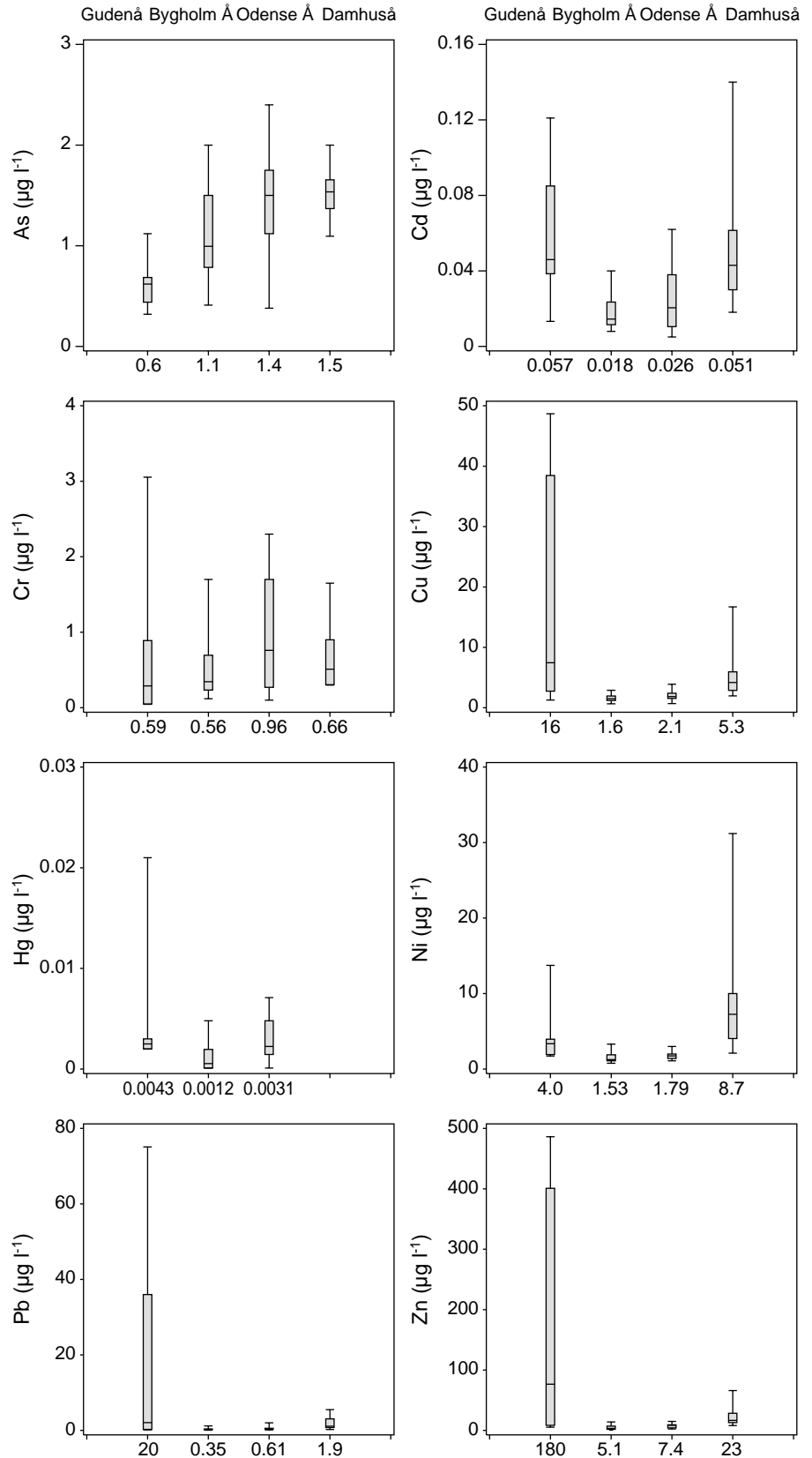
Målinger fra 1990 i Skjern Å, Suså og Gudenåen (Jensen, 1991) af fem tungmetaller viser koncentrationsniveauer, der er sammenlignelige med hvad der blev målt i 1999. Sammenligningen vanskeliggøres dog af, at 1990-målingerne ikke systematisk medtog den partikelbundne fraktion.

Tidslig variation

Variationskoefficienten for et vandløb (12 prøver) kan beregnes for hvert enkelt tungmetal. For As, Cu og Ni ligger variationskoefficienten typisk i intervallet 39-65 %, og for de øvrige metaller fra 63-115 %. Til sammenligning ligger variationskoefficienten for kvælstof og fosfor i intervallet 16-45% for de samme fire vandløb. Tungmetallerne varierer altså mere end kvælstof og fosfor gennem året. Arsen, Cu og Ni varierer mindst, formentligt fordi de mere end de andre tungmetaller findes på opløst form.

Suspenderet stof

Total-koncentrationer af Cr og Pb viser en signifikant positiv sammenhæng med suspenderet stof, når målinger fra de fire hovedstationer betragtes under et. Desuden viser alle partikelbundne tungmetaller en signifikant positiv sammenhæng med suspenderet stof.



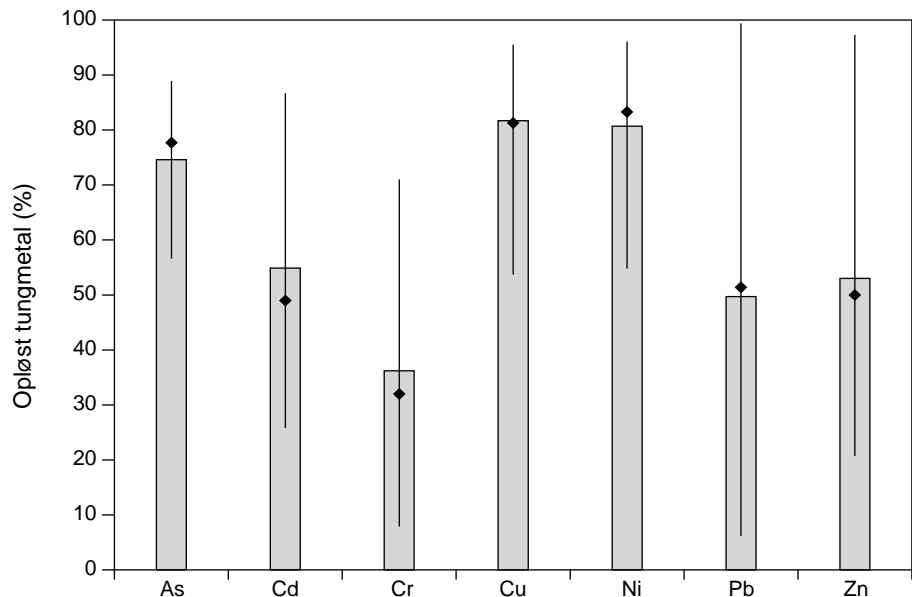
Figur 7.1 Koncentration af otte tungmetaller ($\mu\text{g l}^{-1}$) på fire hovedstationer i 1999 angivet som minimum og maksimum, samt 25%- , 50%- og 75%-fraktilen. Gennemsnitskoncentration er angivet som tal under hver figur.

Det er muligt at undersøge sammenhænge på enkeltstationer mellem tungmetaller og vandføring, men resultaterne skal tolkes varsomt, da der kun findes et begrænset antal prøver fra hver station. I Damhusåen finder man en signifikant sammenhæng mellem vandføring og totalconcentration af flere tungmetaller (As, Cu, Pb, Ni, Zn). For As og Ni er der dog tale om negative sammenhænge i Damhusåen, hvilket indikerer en fortyndingseffekt. I Bygholm Å finder man derimod en signifikant positiv sammenhæng mellem vandføring og Ni.

7.3 Partikelbundet tungmetal

As, Cu og Ni mest på opløst form

As, Cu og Ni findes i højere grad på opløst form end de øvrige metaller (fig. 7.3). Det svarer til hvad Meybeck & Helmer (1989) fandt for et stort antal vandløb, hvor metallerne efter dominans i den opløste fraktion er: As>Cu>Ni>Cd>Pb>Cr>Zn>Hg. Ser man på indholdet af tungmetaller i suspenderet stof, finder man de højeste koncentrationer i Damhusåen (Tabel 7.1). De højeste koncentrationer af Cr finder man dog i Odense Å.



Figur 7.3 Opløst tungmetal som pct. af totalconcentration for syv tungmetaller, 1999, angivet som 10%, 50% (♦), 90%-fraktile og gennemsnit (søjle). Alle målinger over detektionsgrænse fra de fire hovedstationer er anvendt.

Tabel 7.1 Gennemsnitligt indhold af otte tungmetaller i suspenderet stof på hovedstationerne i 1999.

	Metalkoncentration i suspenderet stof (mg kg ⁻¹)			
	Gudenåen	Bygholm Å	Odense Å	Damhusåen
As	29	32	28	45
Cd	2,0	0,86	1,6	5,1
Cr	40	36	110	52
Cu	130	44	42	210
Pb	26	12	44	220
Ni	42	43	50	170
Zn	910	580	420	100

I det nationale overvågningsprogram i USA har man siden 1996 fulgt koncentrationen af tungmetaller i suspenderede stof i store vandløb.

Koncentrationerne på udvalgte amerikanske målestationer er i samme størrelsesorden som de danske koncentrationer, oftest er de dog lavere end de danske (Horowitz, 2000).

7.4 Transport og oplandstab

Døgntransport på måledagen

Døgntransporten af et tungmetal kan estimeres for hver af de ca. 12 døgn, idet koncentration ganges med døgnmiddelvandføring. For flere af tungmetallerne (Cd, Cr, Hg, Pb) er estimeret meget usikkert pga. værdier under detektionsgrænsen. For hver enkelt station er der stor variation mellem de 12 døgntransporter pga. variation både i koncentration og vandføring. Gudenåen har den største transport af tungmetal pga. stor vandføring. Den gennemsnitlige døgntransport af Cu, Pb og Zn er særligt højt her pga. meget høje koncentrationer i 1999 frem til juni måned. På tilsvarende vis kan det døgnlige arealspecifikke oplandstab estimeres. De 4 vandløb viser sig for hvert enkelt tungmetal at have relativt ens oplandstab - bortset fra de høje Cu, Pb og Zn tab i Gudenåen (tabel 7.2).

Tabel 7.2 Gennemsnitligt døgn oplandstab af otte tungmetaller på hovedstationerne i 1999.

	Gns. oplandstab (g km ⁻² d ⁻¹)			
	Gudenåen	Bygholm Å	Odense Å	Damhusåen
As	0,71	1,2	1,2	0,61
Cd	0,076	0,032	0,040	0,026
Cr	0,98	1,4	1,4	0,34
Cu	25	3,2	1,4	2,7
Hg	0,0053	0,0023	0,0039	-
Pb	29	0,51	0,87	1,2
Ni	5,6	2,9	2,0	2,2
Zn	230	8,2	8,1	12

Stor usikkerhed på årstransport

En estimering af den årlige transport af tungmetal vil være behæftet med meget stor usikkerhed. Dels pga. mange målinger under detektionsgrænsen, dels pga. den tidlige variation i tungmetal-koncentration set i lyset af det trods alt begrænsede antal stikprøver der benyttes (12).

7.5 Miljøpåvirkning

Høje blykoncentrationer i enkelte vandprøver

Ved at sammenholde målte metalkoncentrationer med kvalitetskrav eller økotoksikologiske retningslinier, kan man få et indtryk af, om et tungmetal har en påvirkning af det akvatiske miljø (tabel 7.3). Udledningskrav for vandløb, søer eller hav (Miljøstyrelsen, 1996) er mht. Pb overskredet i enkelte vandprøver, både i Damhusåen og Gudenåen. Desuden er der prøver fra Gudenåen, som angiveligt har markant højere Cu og Zn koncentration end kravet tillader. Sammenlignes med de svenske grænseværdier (SFT, 1997), er der derimod flere metaller som ligger over grænseværdien.

Tabel 7.3 Maksimum koncentration fra fire hovedstationer, 1999, sammenholdt med danske (Miljø- og Energiministeriet, 1996) og svenske (SFT, 1997) grænseværdier.

	Max. værdi (interval mellem max. værdi i 4 vandløb)	Udledningskrav, Danmark	Svensk grænseværdi
		$\mu\text{g l}^{-1}$	
As	1,1-2,4	4	5
Cd	0,04-0,14	5	0,1
Cr	1,6-3,1	10	5
Cu	2,9-49	12	3
Hg	0,005-0,021	1	-
Pb	1,2-75	3,2	1
Ni	3,0-31	160	15
Zn	14-486	110	20

As og Zn i suspenderet stof har potentiel miljøpåvirkning

Canada er et af de lande, der har fastsat retningslinier for kvaliteten af vandige sedimenter (*Canadian Council of Ministers of the Environment, 1999*). Det såkaldte Probable Effects Level (PEL) udtrykker den metalkoncentration i sedimentet (mg kg^{-1}), hvor ugunstige effekter optræder hyppigt. Retningslinierne er ikke primært beregnet på suspenderet stof, snarere på bundsedimenter. En sammenligning af tungmetallernes koncentration i suspenderet stof (jvf. tabel 7.1) med PEL værdier kan dog give et indtryk af de sedimentbundne tungmetallers potentielle miljømæssige påvirkning. Arsen, Zn og Ni er de tungmetaller blandt de syv målte partikelbundne metaller, som sammenholdt med deres PEL værdier (17 mg As kg^{-1} ; $315 \text{ mg Zn kg}^{-1}$, ca. 35 mg Ni kg^{-1}) ser ud til at have størst potentielle indvirkning på miljøet.

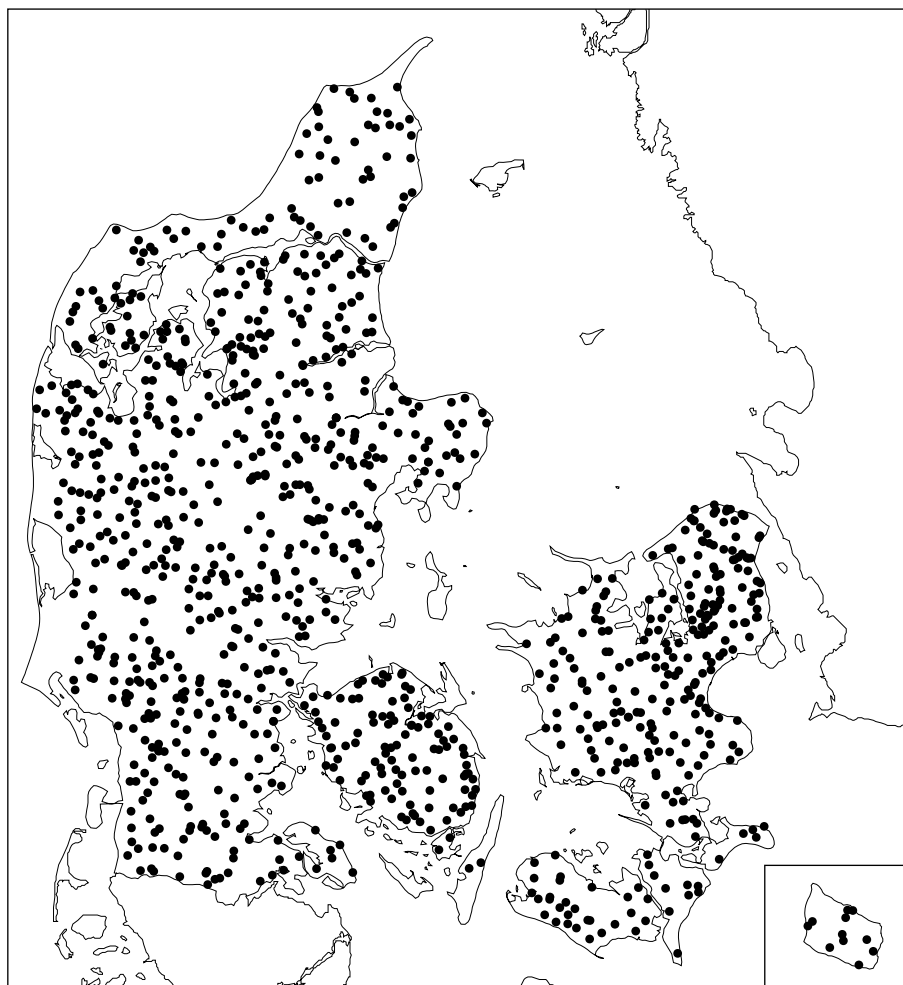
8 Biologisk Vandløbskvalitet

Jens Skriver

8.1 Udvidet stationsnet til bedømmelse af biologisk vandløbskvalitet

Fra 1999 er det nationale stationsnet til bedømmelse af biologisk vandløbskvalitet (DVFI) blevet udvidet med yderligere 609 stationer, således at der herefter indgår 1053 stationer i det nationale net (figur 8.1).

DVFI stationer i 1999



Figur 8.1 Det udvidede stationsnet hvor der indsamles oplysninger om biologisk vandløbskvalitet (DVFI)

Udvælgelse af nye stationer

De supplerende stationer er blevet udvalgt af amterne efter de samme retningslinier som blev anvendt ved udvælgelsen af de første 444 stationer i 1998. Det er blevet tilstræbt ved stationsudvælgelsen, at de nye stationer er repræsentative efter vandløbsstørrelse såvel som for den generelle miljømæssige tilstand. Kriteriet om at de supplerende stationer skulle fordeles mellem amterne afhængigt af amternes størrelse har kun delvist kunnet opfyldes, idet økonomiske hensyn betød, at de jyske amter som helhed fik færre supplerende DVFI stationer end tilfældet var i resten af landet (tabel 8.1).

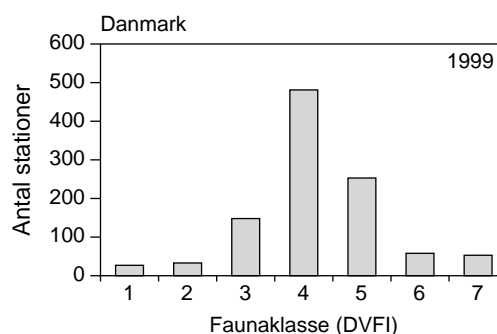
Tabel 8.1 Fordeling af de 1053 lokaliteter i det nationale stationsnet, hvor der bedømmes biologisk vandløbskvalitet (DVFI).

Amt	Lokaliteter udvalgt i 1998	Lokaliteter udvalgt i 1999	Samlet antal lokaliteter
Københavns Kommune	1	3	4
Københavns Amt	5	17	22
Frederiksborg Amt	14	49	63
Roskilde Amt	9	32	41
Vestsjælland Amt	31	31	62
Storstrøms Amt	35	46	81
Bornholms Amt	6	5	11
Fyns Amt	36	68	104
Sønderjyllands Amt	41	41	82
Ribe Amt	32	35	67
Vejle Amt	31	42	73
Ringkøbing Amt	50	68	118
Århus Amt	47	50	97
Viborg Amt	42	71	113
Nordjyllands Amt	64	51	115
Hele landet	444	609	1053

8.2 Generel miljøtilstand i danske vandløb

Miljøtilstand i danske vandløb

Den dominerende tilstand i de 1053 vandløbslokaliteter var faunaklasse 4, som forekom på knapt 46 % af stationerne (figur 8.2). Faunaklasse 4 svarer til en moderat påvirket fauna, hvor hovedparten af de mere krævende smådyrarter enten mangler eller er meget fåtalige. Vandløb, der er upåvirkede eller svagt påvirkede (faunaklasserne 5, 6 og 7), forekom på godt 34 % af stationerne, mens vandløb der er kraftigt eller meget kraftigt påvirkede (faunaklasserne 1, 2 og 3), udgjorde næsten 20 %.



Figur 8.2 Biologisk vandløbskvalitet (DVFI) på 1053 stationer fordelt over hele landet.

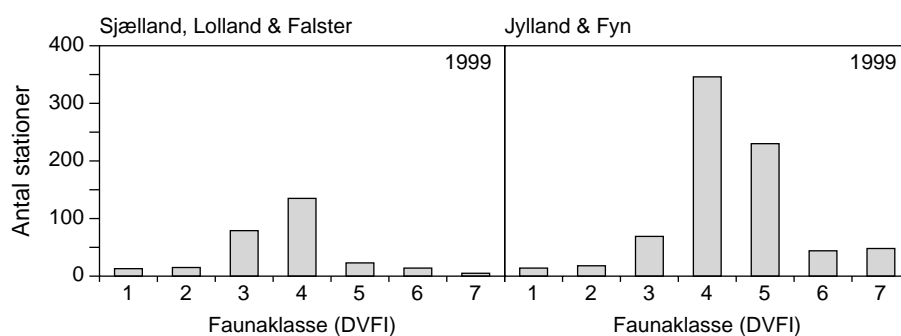
Det nye udvidede stationsnet har som tidligere omtalt fået relativt færre nye stationer i Jylland end i resten af landet. Det kunne derfor have været forventet, at fordelingen af DVFI faunaklasserne havde

indikeret en dårligere tilstand i 1999 i forhold til 1998 alene som følge af selve udvælgelsen af stationerne, idet tilstanden generelt er dårligere øst for Storebælt end i Jylland og på Fyn (Skriver, 1999). Det er blevet undersøgt i data fra 1999 om der er forskel i DVFI faunaklasse fordelingen for de oprindeligt udvalgte 444 stationer og de nye 609 stationer ($P=0.01$, χ^2 -test). Fordelingerne er signifikant forskellige, idet der er relativt flere stationer med faunaklasserne 1, 2 og 3 og relativt færre stationer med faunaklasserne 5, 6 og 7 blandt de 609 nye supplerende stationer. Til trods for dette ses der dog ingen signifikant forskel mellem fordelingerne for 1998 og 1999 når alle stationer vurderes samlet ($P=0.45$, χ^2 -test).

8.3 Regionale forskelle i vandløbenes miljøtilstand

Forskel i miljøtilstanden

Vandløbenes tilstand er signifikant bedre i Jylland og på Fyn (figur 8.3) end i den øvrige del af landet ($P=0.001$, χ^2 -test). Vandløb med en god eller meget god tilstand (faunaklasse 5, 6 og 7) udgør i Jylland og på Fyn i alt 42 % af stationerne, mens vandløb med en dårlig eller meget dårlig tilstand (faunaklasse 1, 2 og 3) udgør 13 %. De tilsvarende værdier for Sjælland, Lolland og Falster er 15 %, henholdsvis 38 %.



Figur 8.3 Regionale forskelle i biologisk vandløbskvalitet (DVFI) i 1999.

En tilsvarende forskel i vandløbenes miljøtilstand mellem på den ene side Jylland og Fyn og på den anden side Sjælland, Lolland og Falster er tidligere konstateret både på DVFI stationsnettet i 1998 og i amternes regionale overvågning i perioden 1993-96 (Skriver 1999, Skriver et al. 1997).

De fysiske forhold

Med henblik på at undersøge om årsagen til den generelt dårligere miljøtilstand øst for Storebælt skyldes generelt dårligere fysiske forhold i vandløbene er der foretaget en beregning af et bundindeks på de 1053 overvågningsstationer. Dette bundindeks sammenfatter amternes feltoplysninger om de fysiske forhold i vandløbet til én enkelt værdi (tabel 8.2). Værdien af bundindekset fremkommer ved at multiplicere de enkelte substrattypers score med den fundne intensitet ($S \times I$), og herefter at summere alle værdier for de enkelte substrattyper som er fundet på lokaliteten ($\sum S \times I$). Til belysning af eventuelle forskelle i vandløbenes fysiske forhold er det blevet testet (variationsanalyse med respons lig bundindeks og region som klassevariable), hvorvidt der er forskel i bundindekseværdierne mellem på den ene side Jylland og Fyn, og på den anden side Sjælland, Lolland og Falster. Dette var ikke tilfældet ($P=0.97$, F-test), og det må derfor konstateres,

at bundforholdene på prøvetagningslokaliteterne isoleret set ikke kan forklare den konstaterede forskel i miljøtilstand mellem regionerne. En forklaring kan være, at prøvetagningslokaliteterne oftest ligger ved en vejbro, hvor der typisk er mere varierede forhold end i vandløbet som helhed. Det kan derfor ikke udelukkes, at bundforholdene i vandløbene som helhed er forskellige for de to regioner. For landet som helhed er der en positiv sammenhæng mellem DVFI faunaklassen og stigende værdier af bundindekset ($P=0.001$, χ^2 -test). De fysiske forholds betydning for faunaen er tilsvarende på regionalt niveau blevet dokumenteret for de fynske vandløb (*Windolf et al. 2000*). Det er her blevet vist, at bundforholdene er betydende for faunaklassen, men at vandkvaliteten dog generelt betyder relativt mest.

Tabel 8.2 Substrattyper anvendt til beregning af indeks for vandløbets bundforhold (bundindeks). Til de enkelte substrattyper er der knyttet en score der udtrykker bundtypens formodede værdi som levested for smådyrfaunaen. Beregning af bundindekset er beskrevet i teksten.

Substrattype	Score (S)	Intensitet (I)
Fast	+1	0 til 3
Blød	-1	0 til 3
Stenet	+2	0 til 3
Groft gruset	+2	0 til 3
Gruset	+1	0 til 3
Sandet	0	0 til 3
Siltet	-1	0 til 3
Leret	-1	0 til 3
Tørveagtig	-1	0 til 3
Brunt slam	-2	0 til 3
Sort slam	-2	0 til 3
Groft detritus	0	0 til 3
Okkerslam	-2	0 til 3
Vandplanter	+2	0 til 3

Organisk stof

Der er ikke værdier for BI_5 indholdet i alle vandløbene på samme måde som der er et mål for de fysiske forhold på alle stationer. I data fra 1998 blev det undersøgt, hvorvidt der er forskel i BI_5 indholdet mellem på den ene side Jylland/Fyn og Sjælland, Lolland og Falster på den anden side. Det blev konstateret, at der er et lidt højere BI_5 indhold i vandløbene øst for Storebælt, men at forskellen i BI_5 indholdet er så lille, at dette ikke kan forklare den markante forskel i miljøtilstanden. At BI_5 indholdet ikke kan forklare denne forskel skyldes formentlig, at BI_5 generelt ligger forholdsvis lavt over hele landet, med langt de fleste værdier under 2 mg/l. Datagrundlaget er dog mangelfuldt på grund af det begrænsede antal stationer med BI_5 målinger. Disse stationer er derudover ikke repræsentativt udvalgt på samme måde som det er tilfældet med DVFI stationerne.

Faunapotentialet

En forklaring til den generelt dårligere miljøtilstand øst for Storebælt kan eventuelt tænkes at være, at mange af de mere krævende faunaelementer efterhånden er forsvundet fra større sammenhængende områder, og selv om de stadig findes spredt i regionen øst for Store-

bælt nu har svært ved at spredes til vandsystemer, hvor vandkvaliteten igen er blevet forbedret. Under alle omstændigheder er det samlede faunapotentiale øst for Storebælt dog tilstrækkeligt til, at den biologiske vandløbskvalitet kunne være væsentligt bedre end tilfældet er på nuværende tidspunkt.

Vandmængden i vandløbene

En anden mulig forklaring på forskellen mellem regionerne kan endvidere være, at vandmængden i vandløbene er mindre øst for Storebælt sammenlignet med Fyn og Jylland. Dette tema vil blive taget op senere.

8.4 Miljøtilstanden i små og store vandløb

De større vandløbe er bedst

Vandløbene er nedenfor opdelt i 4 størrelsesgrupper ud fra vandløbsbredden (tabel 8.3). I alle 4 størrelsesgrupper af vandløb er faunaklasse 4 den hyppigst fundne tilstand. Men der er alligevel en tydelig tendens til, at større vandløb (> 5 meters bredde) generelt har en bedre tilstand end mindre vandløb (< 5 meters bredde) ($P=0.05$, χ^2 -test). Faunaklasserne 1, 2 og 3 (meget påvirkede) er fundet på 22 % af stationerne i de mindre vandløb, mens en tilsvarende tilstand kun er fundet på 8 % af stationerne i større vandløb. Omvendt er der blandt de mindre vandløb 33 %, der har faunaklasserne 5, 6 og 7, mens andelen blandt de større vandløb udgør 44 %.

Tabel 8.3 Miljøtilstanden i danske vandløb i 1999. Antallet af stationer inden for hver bredde- og faunaklasse er vist.

Bredde	Faunaklasse (DVFI)							Total
	1	2	3	4	5	6	7	
0-2	19	19	85	228	121	30	21	523
2-5	6	12	52	169	85	12	17	353
5-10	1	1	8	62	33	15	6	126
> 10	1	1	3	22	14	1	9	51
Total	27	33	148	481	253	58	53	1053

At små vandløb generelt har flere strækninger med dårlig miljøtilstand end større vandløb er tidligere fundet i et bredt materiale, der dækkede 6 amter i perioden 1993-96, og som udgjorde ca. halvdelen af alle danske vandløb (Skriver et al. 1997). Her havde over 20 % af de små vandløb (< 2 meters bredde) forureningsgrad III, III-IV og IV, mens kun ca. 10 % af vandløbene større end 2 meters bredde havde samme dårlige tilstand.

Årsagerne til den generelt dårligere tilstand i de mindre vandløb er blevet vurderet af amterne (Skriver et al. 1997, Windolf et al. 2000). Især spildevandsudledning fra spredt bebyggelse samt dårlige fysiske forhold i vandløbene er de to ting, hvor der fremover bør ske en forbedring af forholdene til gavn for vandløbenes biologiske forhold.

8.5 Målsætningsopfyldelse i de danske vandløb

Fastsættelse af målsætningsklasser

Målsætningsopfyldelsen er i det følgende undersøgt ud fra oplysninger fra amterne om de fastsatte målsætningsklasser for vandløbene.

For visse amter er der tale om de målsætningsklasser som forventes vedtaget ved den følgende revision af vandkvalitetsplanerne. Den administrative fastsættelse af målsætningsklassen foregår på nuværende tidspunkt ud fra en faglig vurdering, hvor tilgængelige informationer om vandløbets fysiske forhold, det faunamæssige potentiale m.m. inddrages i en samlet vurdering af målsætningsklassen. Ved fastsættelsen af denne har en række amter anvendt Miljøstyrelsens forslag til omregning af forureningsgrad til faunaklasse (*Miljøstyrelsen, 1998*). Andre amter har derimod foretaget en individuel vurdering af den enkelte lokalitet, og har differentieret lokaliteter med samme målsætning, således at disse kan have forskellig målsat faunaklasse.

Opfyldelse af målsætningsklasser

DVFI faunaklasserne på overvågningsstationerne er blevet sammenstillet med amternes oplysninger om de enkelte stationers målsætningsklasser. For DVFI nettet som helhed var målsætningen opfyldt på 39 % af stationerne. Målsætningsopfyldelsen varierede dog meget afhængigt af målsætningen for vandløbet (tabel 8.4).

Tabel 8.4 Målsætningsopfyldelse indenfor de enkelte fiskevands målsætninger. Tallene angiver den procentvise målopfyldelse. Overvågningsstationer som ikke har nogen entydig klassifikation inden for en enkelt af målsætningerne er ikke medtaget i oversigten.

Målsætning	Målsætning opfyldt (%)
Skærpet målsætning (A)	76
Gyde- og yngelopvækst vand for laksefisk (B1)	40
Opholdsvand for laksefisk (B2)	34
Basismålsætning uden fiskeinteresser (B0/B4)	30
Karpefiskevand (B3)	31
Lempet målsætning (C + D + E)	36

Årsagen hertil er primært, at tilstanden generelt er bedst i vandløbene med skærpet målsætning, og dårligst i vandløbene med lempet målsætning (tabel 8.5). Bortset fra vandløbene med skærpet målsætning som har en målopfyldelse på 76 %, er målopfyldelsen i vandløbene med de øvrige målsætninger nede på mellem 30-40 %.

Den regionale målopfyldelse

Den tidligere omtalte forskel i miljøtilstand mellem på den ene side vandløbene i Jylland og Fyn og på den anden side vandløbene på Sjælland, Lolland og Falster afspejles i en tilsvarende forskel i målopfyldelsen mellem de to regioner. Målopfyldelsen var således 43 % i Jylland og på Fyn, mens den tilsvarende kun var 27 % øst for Storebælt.

Forskel mellem mindre og større vandløb

Målopfyldelsen er endvidere blevet undersøgt for vandløb mindre end og større end 5 meters bredde. Indenfor de to grupper af vandløb var målopfyldelsen henholdsvis 37 % og 46 %.

Tabel 8.5 Miljøtilstand i vandløb med forskellig målsætning. Tilstanden er angivet som DVFI faunaklassen, mens målsætningerne er angivet i henhold til Miljøstyrelsen (1983). Målsætningen B0/B4 angiver en basismålsætning uden fiskemæssig interesse. Tallene i tabellen angiver procentdelen af vandløbene i den enkelte målsætning, som har de respektive faunaklasser.

Målsætning	Faunaklasse (DVFI)						
	1	2	3	4	5	6	7
A	-	-	-	15	28	19	38
B1	2	1	6	45	36	6	4
B2	1	< 1	6	55	26	8	3
B0/B4	5	2	27	48	18	-	-
B3	4	6	27	54	8	< 1	-
C + D + E	8	15	42	34	-	-	-

Den generelt dårligere miljøtilstand i mindre vandløb afspejler sig således i en mindre målopfyldelse, men forskellen i målopfyldelse er dog ikke så stor som forventet ud fra forskellen i den generelle miljøtilstand. Årsagen hertil er at vandløb med en bredde under 5 meter generelt har lavere målsætningsklasser. Målsætningsklasserne 2, 3 og 4 udgør således 21 % i de mindre vandløb, mens disse tre målsætningsklasser kun udgør 9 % i de større vandløb. Ved en og samme konstaterede faunaklasse (typisk faunaklasse 4) vil målsætningsklassen derfor oftere være opfyldt i de mindre vandløb end i de større vandløb.

Forskel i den generelle praksis ved fastsættelse af målsætningklassen

Alt i alt må det konstateres, at målsætningsklasserne fastsættes meget forskelligt fra amt til amt på samme måde som de målsatte forureningsgrader også tidligere blev det. Dette får efterfølgende stor betydning i forbindelse med vurderingen af målsætningsopfyldelse. For de højt målsatte vandløb (A målsatte) gælder det, at visse amter målsætter samtlige disse stationer til målsætningsklasse 5. Andre amter målsætter derimod stationerne individuelt, og stationerne har typisk målsætningsklasser på enten 5, 6 og 7. I de B3 målsatte vandløb er der også stor forskel mellem amterne. Flere amter bruger en målsætningsklasse på 5 til alle stationer, mens andre amter derimod anvender målsætningsklasse 4 eller eventuelt både målsætningsklasse 4 og 5 til stationerne. Et enkelt amt har anvendt målsætningsklasse 6 til enkelte af stationerne med B3 målsætning. Disse forskelle i fastsættelse af målsætningsklassen betyder under alle omstændigheder, at målsætningsopfyldelsen kan være noget forskellig mellem de enkelte amter, uden at dette dog nødvendigvis er et udtryk for forskelle i miljøtilstanden.

En anden ting der vedrører målsætningsopfyldelsen er at en del vandløb med dårlige fysiske forhold har målsætningsklassen 5 (tidligere forureningsgrad II). Dette ses ofte blandt de B3 målsatte vandløb, og skyldes at Miljøstyrelsens vejledende krav om forureningsgrad II er blevet oversat til faunaklasse 5 (*Miljøstyrelsen 1983, Miljøstyrelsen 1998*). En del af disse vandløb har ikke de naturgivne muligheder for at opfylde faunaklasse 5, og målsætningsklassen bør derfor fastsættes lavere i overensstemmelse med de fysiske forhold (*Miljøstyrelsen 1998*). Et objektivt og ensartet grundlag til fastsættelse af

målsætningsklassen mangler imidlertid på nuværende tidspunkt, og først senere vil der kunne rettes op på dette forhold.

9 Vand- og stoftilførsler med ferskvand til marine kystafsnit

Niels B. Øvesen & Lars M. Svendsen

Indledning

Vand- og stoftilførsler til danske marine kystafsnit (fjorde, bugter og øvrige kystafsnit) består af tilførslerne via vandløb og direkte udledninger. I dette kapitel beskrives ferskvandsafstrømningen, og tilførslen af kvælstof, fosfor og organisk stof (udtrykt som det biokemiske iltforbrug BOD_5) til danske marine 1. og 2. ordens kystafsnit via vandløb og direkte spildevandsudledninger (eksklusiv havbrug). Opgørelserne er baseret på indberetninger fra amterne og Københavns Kommune, dog således at spildevandsoplysningerne er fra *Miljøstyrelsen (2000)*. Opgørelse af ferskvandsafstrømningen er beskrevet i kapitel 2 og bilag 2. En mere detaljeret gennemgang af opgørelsesprincipper for kvælstof, fosfor og organisk stof er gengivet i *Svendsen og Hansen (1996)*. Ud over tilførsler med ferskvand tilføres havet næringsstoffer og organisk stof via atmosfærisk deposition, ved tilførsler fra omkringliggende lande, gennem udveksling med tilstødende farvandsområder samt med havbrug mv., hvilket er nærmere beskrevet i *Markager et al. (2000)*.

Kapitlets indhold

I kapitlet beskrives tilførslerne med ferskvand i 1999 for Danmark som helhed og for 1. og 2. ordens kystafsnit samt kilderne hertil. Der er gennemført en statistisk analyse af eventuelle udviklingstendenser i de samlede tilførsler for perioden 1989-1999 og for hvert af de ni 1. ordens kystafsnit. Placering af farvandsområderne og oplandene hertil fremgår af figur 2.1.

Indhold af bilag 9

Bilag 9 indeholder en række tabeller med oplysninger bag figurerne i dette kapitel samt en række supplerende oplysninger, som fx stofafstrømningen til de ni 1. ordens kystafsnit i 1999, månedsafstrømningen af ferskvand samt månedstilførsler af kvælstof, fosfor og BOD_5 til de ni første ordens marine kystafsnit i 1999 og de årlige vand- og stoftilførsler til 1. ordens marine kystafsnit. Endvidere indeholder bilag 9 kildeopsplitning af tilførslerne til de 49 2. ordens kystafsnit og den årlige tilførsel af ferskvand, kvælstof, fosfor og BOD_5 for de ni første ordens marine kystafsnit samt udvikling i kildestyrken i tilførsler til de ni 1. ordens marine kystafsnit i perioden 1989 til 1999.

9.1 Vand- og stoftilførslerne til marine kystafsnit i 1999

Ferskvandsafstrømningen i 1999 var meget over normalen

Ferskvandsafstrømningen i 1999 var med 18.400 mill. m^3 eller 427 mm ca. 100 mm (31 %) over normalen (1971-99), og 34 % over midlen for de 11 overvågningsår og mere end dobbelt så stor som i 1996 og 1997 (kapitel 2, tabel 2.1). Til sammenligning var nedbøren i 1999 193 mm over normalen. Afstrømningen var især stor i vintermånederne januar, marts og december. Kun november var noget under normalen.

1999-tilførslerne af kvælstof svarende til 1998, men fosfor og organisk stof noget større end 1998

Tilførslen via vandløb og direkte spildevandsudledninger (eksklusiv havbrug) var i 1999 101.200 tons kvælstof, 3.030 tons fosfor og 45.100 tons BOD₅ (tabel 9.1). Det betyder at kvælstofafstrømningen i 1999 har været næsten den samme som i 1998, men godt dobbelt så stor som i de to afstrømningsfattige år 1996 og 1997. Tilsvarende har fosfor- og BOD₅-afstrømningerne været henholdsvis ca. 15 og 13 % større end i 1998. Den diffuse kvælstofafstrømning (inkl. spredt bebyggelse) var 93.100 tons i 1999 mod 91.900 tons i 1998, hvor ferskvandsafstrømningen ellers var ca. 17 % mindre end 1999. For fosfor var den diffuse afstrømning i 1999 med 2.050 tons ca. 35 % større end i 1998.

Tabel 9.1 Tilførslen af kvælstof, fosfor og BOD₅ via vandløb og direkte udledninger (eksklusiv havbrug) til marine kystafsnit i 1999. Spildevandsoplysningerne er fra Miljøstyrelsen (2000).

	Kvælstof ton	Fosfor ton	BOD ₅ ton
Afstrømning til havet via vandløb ekskl. spildevand	92100	1830	22300
Punktkilder til ferskvand	4600	540	6900
Spredt bebyggelse	1000	220	3800
Spildevand ferskvand i alt	5600	760	10700
Afstrømning til havet via vandløb	97700	2590	33000
Spildevand direkte til havet	3500	440	12000
Total til havet	101200	3030	45100

Kildefordeling for 1999

Spildevandsudledninger til ferskvand af kvælstof, fosfor og BOD₅ er for 1999 opgjort til at være af næsten samme mængde som i 1998 (se tabel 9.3 og 9.16 i bilag 9.1). Fra 1997 til 1998 var der heller ikke noget fald i spildevandsudledningerne til ferskvand, og der er således en tendens til, at det fald, der er sket i den forudgående ca. 10 år er stagneret. De direkte spildevandsudledninger til de marine kystafsnit (inklusive udledninger fra spredt bebyggelse) er til gengæld fortsat faldet fra 1998 til 1999 for både kvælstof, fosfor og organisk stof, henholdsvis 10 %, 15 % og 7 %. Dermed fortsætter den faldende belastning fra direkte spildevandsudledninger. Punktkilder til ferskvand udgjorde i 1999 ca. 5 % af den samlede kvælstoftilførsler med ferskvand til marine kystafsnit. De tilsvarende tal er 18 % for fosfor og 15 % for BOD₅. De diffuse kilder (dvs. afstrømningen fra åbent land og spredt bebyggelse) udgjorde i 1999 92 % af den samlede kvælstoftilførsel med ferskvand til marine kystafsnit. For fosfor har andelen været 68 % og for BOD₅ 58 %. De diffuse kilder vil være relativt størst i år med en stor ferskvandsafstrømning som det har været tilfældet i 1999.

Betydningen af naturgivne forhold og menneskelig aktivitet

Vand- og stoftilførslerne til marine kystafsnit vil ud over de klimatiske forhold også være relateret til geologi, jordbund, dyrkningsintensitet/-praksis, husdyrhold, befolkningstæthed mv. Således udgør ferskvandsafstrømningen fra oplandet til Nordsøen og til Kattegat ofte en relativ større andel af den samlede afstrømning fra Danmark i tørre år end i afstrømningsrige år, da der i disse oplande er store grundvandsmagasiner at tære af. Dette er ikke tilfældet specielt på Sjælland, hvorfor afstrømningen til Storebælt, Øresund og Sydlige

Bælthav er relativt lav i afstrømningsfattige år. Størrelsen af stofkilderne til marine kystafsnit afhænger ikke kun af størrelsen af ferskvandsafstrømningen, men også af processer i jorden og i grundvandet, stor befolkningstæthed, industriel aktivitet samt af landbrugsaktivitet. Den høje befolkningstæthed og intensive industri giver relativt store spildevandsmængder til fx Øresund, således at de direkte spildevandsudledninger her er den største belastningskilde til Øresund for både kvælstof, fosfor og BOD₅ (tabel 9.1 i bilag 9.1 og bilag 9.2).

Oplandstab og diffuse tilførsel af fosfor i 1999 betydeligt højere end de foregående år

Både oplandstabet af kvælstof (den målte transport via vandløb divideret med oplandsarealet) og den diffuse tilførsel af kvælstof til ferskvand (målte transport minus punktkildeudledninger men inklusiv udledninger fra spredt bebyggelse og inklusiv retention) var i 1999 af en mængde svarende til i 1998. For fosfor derimod har det været noget højere end i 1998 og mere end dobbelt så stort som i 1996 og 1997. Samlet for Danmark var oplandstabet på 22,7 kg N ha⁻¹, 0,60 kg P ha⁻¹ og 7,6 kg BOD₅ ha⁻¹ (bilag 9.2). Tilsvarende var den diffuse tilførsel på 23,5 kg N ha⁻¹, 0,49 kg P ha⁻¹ og 6,1 kg BOD₅ ha⁻¹ (retention er ikke inkluderet for kg BOD₅).

Fordeling af oplandstab og diffuse tilførsler på de 49 2. ordens kystafsnit

Oplandstabet af kvælstof har været størst til farvandet omkring Samsø, nordlige del af Lillebælt, det sydlige Bælthav, Horsens fjord samt Vigsø Bugt (figur 9.1A). Generelt afspejler dette, at der fra områder med intensiv landbrug og relativt høje afstrømninger er store tab af kvælstof (se figur 2.1). For Vigsø Bugt er der dog også tale om relativt store direkte spildevandsudledninger (bilag 9.2.1). Der har været lave oplandstab til store dele af Nordsøen, fra store dele af Sjælland, dele af det nordlige og østlige Jylland m.fl. Mønstret for den diffuse kvælstoftilførsel ligner overordnet det for oplandstabet af kvælstof, men områder, hvor direkte spildevandsudledninger udgør en stor andel af oplandstabet (som Vigsø Bugt, farvandsområde 23), har en relativt lav diffus tilførsel. For oplandstab af fosfor er betydningen af spildevand lidt mere udpræget end for det tilsvarende tab af kvælstof, men overordnet svarer mønstret nogenlunde til det for kvælstof (figur 9.1A og C).

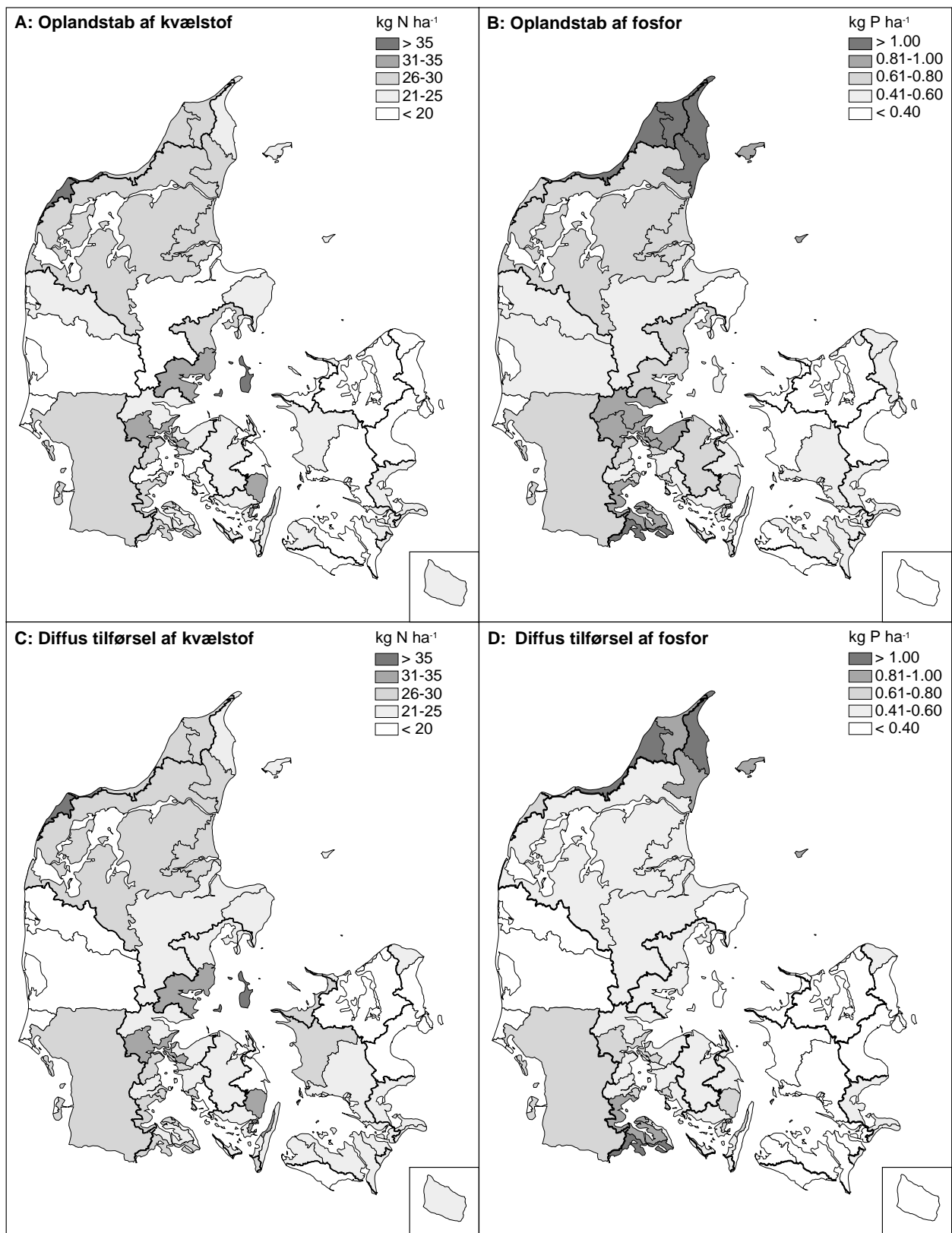
9.2 Sæsonvariationerne i tilførslerne i 1999

De store nedbørsmængder i januar, marts og december afspejles også i stoftilførslerne

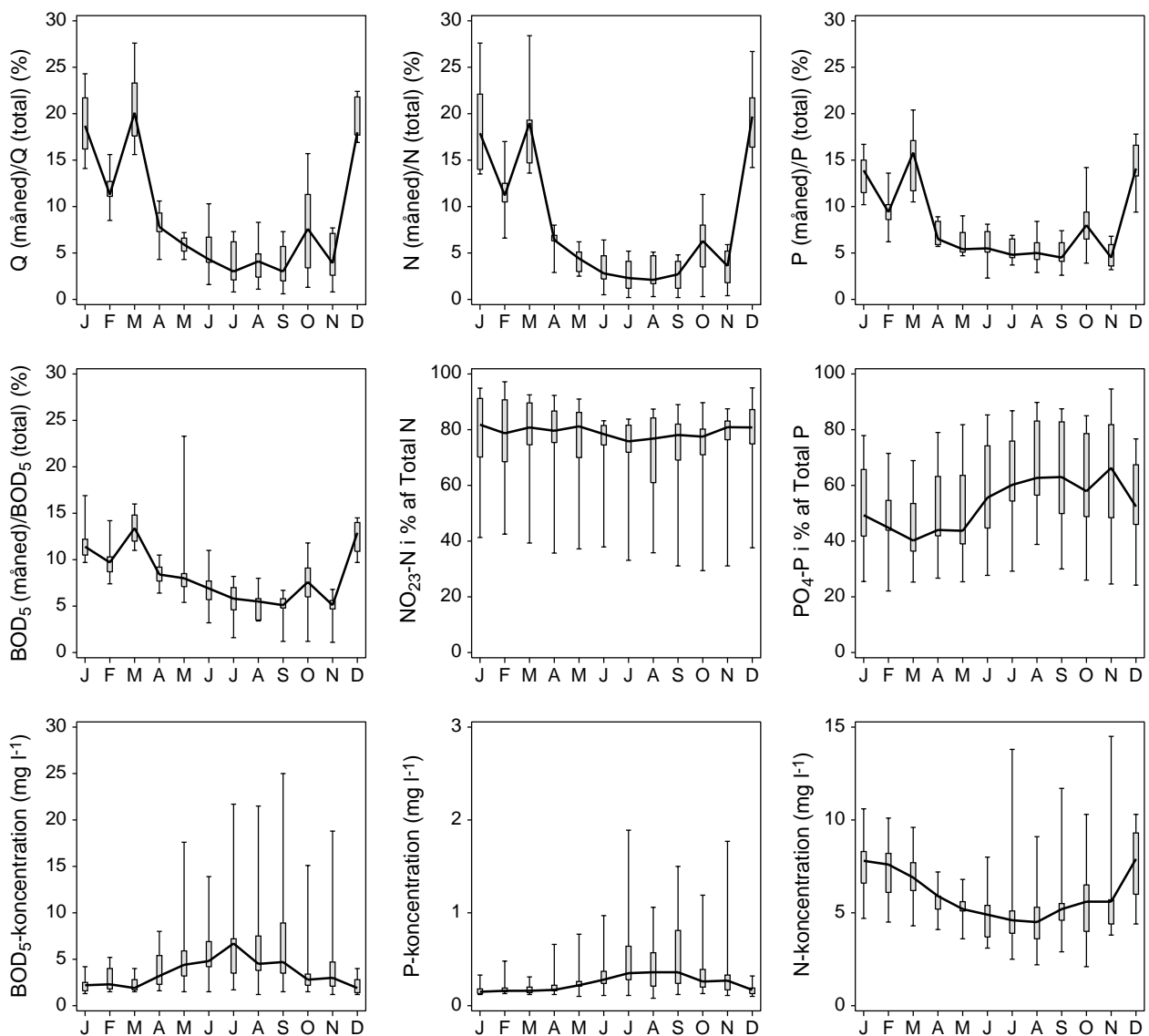
Ferskvandsafstrømning i de første 3 måneder af året samt i december udgjorde mere end 50 % af den samlede ferskvandsafstrømning i 1999 (figur 9.2 og bilag 9.3). Stofafstrømningen er præget af denne særdeles kraftige sæsonvariation i 1999, der har været mere udpræget end normalt. F.eks. var tilførslerne i 1996 og 1997, yderst ensartede over hele året. Variationen i andelen af vand- og stoftilførslerne for de enkelte 1. ordens kystafsnit har i 1999 især været betydelig i de måneder, hvor mængderne har været store.

Tydelig sæsonvariation for koncentrationen i tilførslerne af især kvælstof til marine kystafsnit

Der er en ret udpræget sæsonvariation i koncentrationerne af total kvælstof, total fosfor og BOD₅. Koncentrationen af kvælstof er lav i sommerhalvåret, hvor de diffuse tilførsler typisk er lave. Omvendt stiger koncentrationen af fosfor og BOD₅ i sommerhalvåret, idet der grundet lavere afstrømning sker en mindre fortynding af det spildevand, der nogenlunde konstant hen over året tilføres ferskvand og udledes direkte til de marine kystafsnit.



Figur 9.1 Oplandstab af kvælstof (A) og fosfor (B) til marine kystafsnit samt den diffuse tilførsel (inklusive spredt bebyggelse og retention) af kvælstof (C) og fosfor (D) til ferskvand i 1999.



Figur 9.2 Ferskvandsafstrømningen og den målte tilførsel af kvælstof, fosfor og BOD₅ via vandløb og direkte spildevandsudledninger til de ni. ordens kystafsnit i 1999. I figurerne angives median (fuldt optrukket linie) samt 10 % og 90 % fraktiler for de ni. ordens kystafsnit af den pågældende værdi. Q(måned) er den månedlige ferskvandsafstrømning i procent af afstrømningen i 1999, og tilsvarende er angivet den procentuelle månedlige tilførsel af kvælstof (N (måned)), fosfor (P(måned)) og BOD₅ (BOD₅ (måned)). Koncentrationerne er beregnet som den samlede målte tilførsel via vandløb og direkte spildevandsudledninger divideret med den tilhørende ferskvandsafstrømningen (vandføringsvægtede koncentrationer). De enkelte måneders procent NO₂₃-N af total kvælstof- og PO₄-P af total fosfortilførslen i samme måned findes i de to nederste figurer. En del af tallene bag figurerne er i bilag 9.3.

Specielt i afstrømningen fra oplande med en lav specifik afstrømning i sommerperioden stiger koncentrationen af specielt fosfor og BOD₅, som fx til Storebælt og Øresund. Dette understreges også af, at andelen af PO₄-P af total fosfor er højest i sommermånederne (figur 9.2). I oplande, hvor spildevandstilførslerne af fx fosfor er relativt små, vil man finde samme sæsonvariation som for kvælstof.

Tilførslen af nitrat-nitrit og af opløst fosfor

Sammenlignet med ferskvandsafstrømningen er tilførslen af kvælstof relativ beskeden fra oplandet til fx Nordsøen (tabel 9.1 i bilag 9.1 og bilag 9.2). Det skyldes blandt andet, at der i sandede oplande sker en nitratreduktion i grundvandet, før det når frem til vandløbene i mod-

sætning til lerede arealer, hvor en stor del af det vand, der strømmer til vandløbene, løber gennem dræn uden en reduktion af nitrat.

I dele af oplandet til Nordsøen findes der også høje jernkoncentrationer, som binder en del af det opløste fosfor ($\text{PO}_4\text{-P}$), hvorfor andelen heraf er lav i afstrømningen til dette farvandsområde. Omvendt er andelen høj, hvor der er en stor belastning fra byspildevand og spredt bebyggelse, dvs. i områder med stor befolkningstæthed og megen industri (fx Storebælt og Øresund). De høje koncentrationer af fosfor i de samlede udledninger med ferskvand forekommer således i tætbefolkede oplande kombineret med en relativ beskedne specifik afstrømning (figur 9.2 og bilag 9.3).

9.3 Udvikling i den samlede vand- og stoftilførsel til de marine kystafsnit i perioden 1989 til 1999

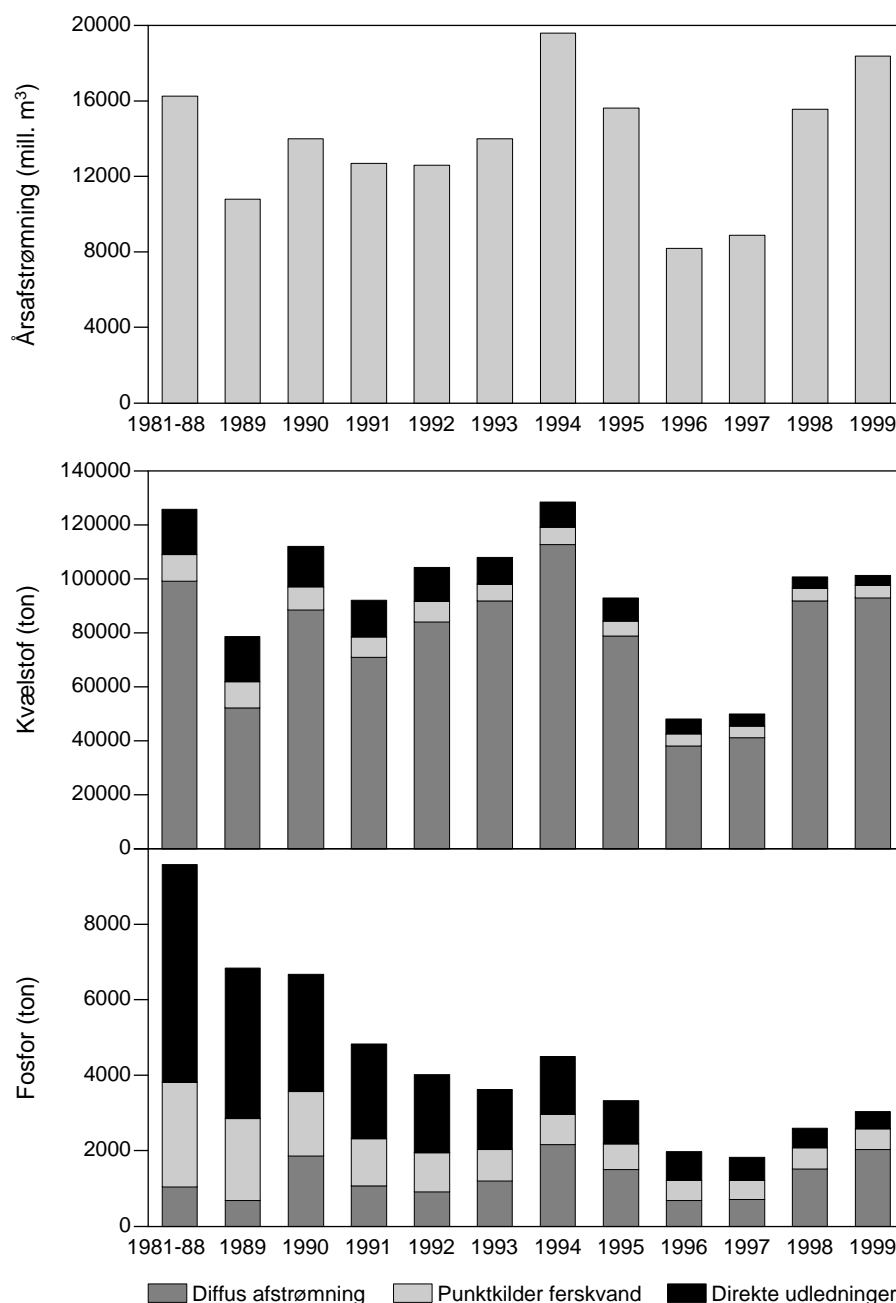
Væsentligste udvikling er en reduktion i spildevandsudledningerne

Kvælstof- og fosfortilførslen via vandløb og direkte spildevandsudledninger har været opgjort til de marine kystafsnit samlet siden 1989 (figur 9.3. samt bilag 9.4 og 9.6).

Den samlede bruttotilførsel af kvælstof, fosfor og BOD_5 med ferskvand er opgjort ved til den opgjorte transport at tillægge retention i ferskvand. Dette skal anvendes for at få et mere korrekt mål for kildestyrken (tabel 9.2, 9.3 og 9.4 samt bilag 9.5 og 9.6). Det erkendes tydeligt, at kvælstoftilførslen hænger nøje sammen med ferskvandsafstrømningen, hvorimod fosfortilførslen har udvist et stort set konstant fald fra slutningen af 1980'erne til og med 1997. Dette fald er dog i de 2 seneste år vendt til en stigning, der dels skal ses i sammenhæng med endog meget store vandafstrømninger, men evt. også at den faldende tendens er ophørt.

Tabel 9.2 Målt kvælstoftilførsel til marine kystafsnit via vandløb og direkte spildevandsudledninger (eksklusiv havbrug) samt den totale målte tilførsel. Retention i ferskvand plus målt tilførsel til de marine kystafsnit giver bruttotilførslen til disse.

År	Via vandløb	Direkte udledninger	Målt tilførsel	Retention	Brutto tilførsel
tons	tons	tons	tons	tons	tons
1981-88	109000	16700	125700	11100	136800
1989	61900	16700	78000	10700	88700
1990	97100	14900	112000	10800	122800
1991	78500	13500	92000	11300	103300
1992	91800	12500	104300	13300	117600
1993	98200	9700	107900	12300	120200
1994	119100	9300	128400	11000	139400
1995	84400	8400	92800	8000	100800
1996	42500	5500	48000	5200	53200
1997	45400	4400	49800	6100	55900
1998	96500	4100	100600	11900	112500
1999	97700	3500	101200	8300	109500
1989-99	83000	9300	92300	9900	102200



Figur 9.3 Ferskvandsafstrømningen og den samlede tilførsel af kvælstof og fosfor via vandløb og direkte spildevandsudledninger til de marine kystafsnit i de 11 overvågningsår og som et gennemsnit for perioden 1981-88.

Diffuse afstrømning hovedkilde til kvælstof, spildevand hovedkilden til fosfor

Da den diffuse afstrømning er hovedkilden til kvælstoftilførslen til marine kystafsnit via vandløb og direkte spildevandsudledninger (83 % i gennemsnit for perioden 1989-99), vil den være tæt korreleret til ferskvandsafstrømningen. For fosfor udgør den diffuse afstrømning en mindre andel (33 %) af den tilsvarende samlede fosfortilførsel (tabel 9.3 og bilag 11.6). Betydningen af den diffuse fosfortilførsel er dog steget i takt med den forbedrede spildevandsrensning.

Renseindsatsen har markant reduceret de samlede ferskvandsbaserede fosforudledninger

Den store renseindsats overfor spildevand er meget tydelig, idet de samlede spildevandsudledninger af fosfor er faldet fra ca. 9.000 tons fra 1981-88 til ca. 1.200 tons i 1999 svarende til 87 %. Tilsvarende er de samlede spildevandsudledninger af kvælstof faldet fra ca. 28.000

tons i perioden 1981-88 til godt 9.000 tons i 1999, dvs. med 68 %. Spildevandsudledninger til ferskvand er faldet med 50 % fra 1981-98 til 1999 for kvælstof (fra 11.300 tons til 5.600 tons) og med 76 % for fosfor (fra ca. 3.200 tons til knap 800 tons). Samtidig er de direkte spildevandsudledninger blevet reduceret med 79 % for kvælstof og med 89 % for fosfor.

Tabel 9.3 Målt fosfortilførsel til marine kystafsnit via vandløb og direkte spildevandsudledninger (eksklusiv havbrug) samt den totale målte tilførsel. Retention i ferskvand plus målt tilførsel til de marine kystafsnit giver bruttotilførslen til disse.

År	Via vandløb tons	Direkte udledninger tons	Målt tilførsel tons	Retention tons	Brutto tilførsel tons
1981-88	4200	5750	9950	120	10070
1989	2860	3970	6830	120	6950
1990	3570	3100	6670	90	6760
1991	2330	2500	4830	120	4950
1992	1960	2050	4010	-10	4000
1993	2040	1580	3620	80	3700
1994	2960	1530	4490	10	4500
1995	2190	1130	3320	60	3380
1996	1230	740	1970	30	2000
1997	1220	600	1820	20	1840
1998	2090	510	2600	70	4080
1999	2590	440	3030	60	3090
1989-99	2280	1650	3900	60	4000

Tabel 9.4 Målt BOD₅-tilførsel til marine kystafsnit via vandløb og direkte spildevandsudledninger (eksklusiv havbrug) samt den totale målte tilførsel.

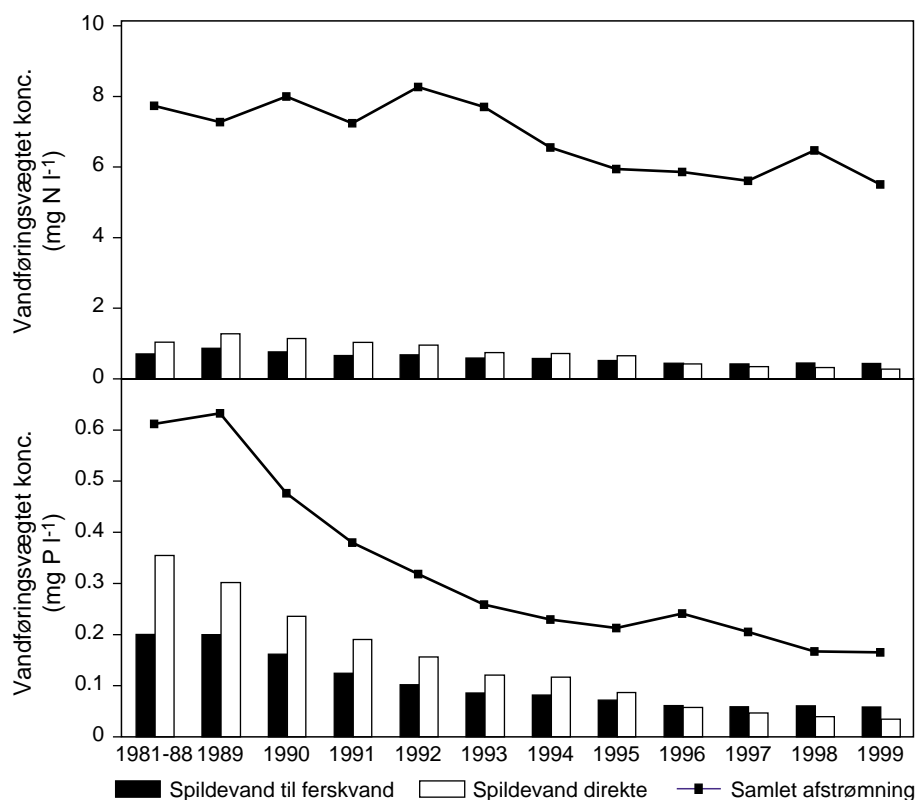
År	Via vandløb tons	Direkte udledninger tons	Målt tilførsel tons
1994	41700	34200	75900
1995	24900	21000	45900
1996	15800	12500	28300
1997	17500	13700	31200
1998	26700	13200	39900
1999	33000	12000	45100

Faldet vandføringsvægtede fosforkoncentration kan alene tilskrives reducerede spildevandsudledninger

I figur 9.4 er spildevandsudledningerne omregnet til en årlig vandføringsvægtet koncentration ved at dividere spildevandsudledningerne med middelferskvandsafstrømningen i perioden 1989-99 for at normalisere de beregnede koncentrationer.

Tilførslen fra de dyrkede arealer er langt den største kilde til kvælstoftilførsler til ferskvand

Endvidere er den samlede tilførsel af kvælstof og fosfor til de marine kystafsnit via vandløb og direkte spildevandsudledninger omregnet til vandføringsvægtede koncentrationer (beregnet som årets tilførsel divideret med årets ferskvandsafstrømning). Heraf fremgår at faldet i den vandføringsvægtede fosforkoncentration i den samlede afstrømning alene kan forklares af de reducerede spildevandsudledninger, mens det tilsvarende fald i den vandføringsvægtede kvælstofkoncentration hovedsageligt kan forklares fra de reducerede spildevandsudledninger.



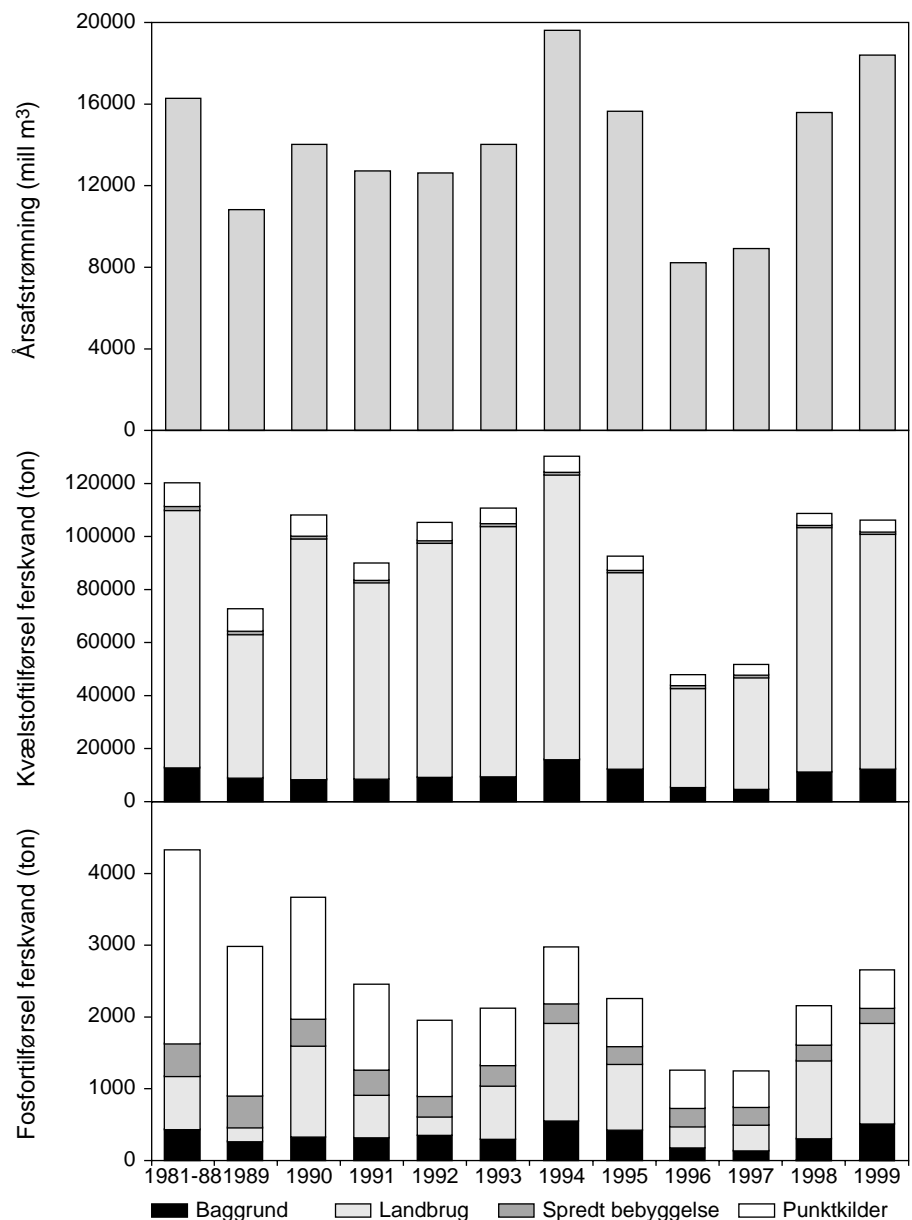
Figur 9.4 Vandføringsvægtede koncentrationer i den samlede målte tilførsel via vandløb og direkte spildevandsudledninger af kvælstof (A) og fosfor (B). Endvidere vises den beregnede vandføringsvægtede koncentration som spildevand til ferskvand og direkte spildevandsudledninger bidrager med af den samlede vandføringsvægtede koncentration (se teksten for yderligere forklaring).

Hovedkilden for kvælstoftilførslen til ferskvand (dvs. hvor der er taget højde for retention) er bidraget fra de dyrkede arealer (figur 9.5), der har bidraget med 74-86 % af tilførslerne i perioden 1989-99 (82 % i middel).

Baggrundsbidraget (beregnet ud fra de arealkoefficienter, der findes fra målinger i naturoplandene (se kapitel 4 og 5) har udgjort 8-12 % af tilførslerne, medens spildevandets andel har været faldende gennem perioden fra 13 % i det tørre år 1989 til kun 6 % i 1999 (7 % i middel).

Spildevandstilførslen udgør stadig langt over halvdelen af forfortilførslen til ferskvand

For fosfortilførslen til ferskvand har udledninger fra punktkilder generelt været den største kilde, men fra i 1989 at have udgjort 70 % af belastningen udgjorde den kun 18 % i 1999 (middel for perioden ca. 40 %) og var hermed ikke den største kilde. Tilførsel fra spredt bebyggelse har udgjort ca. 7 % i 1999, og har ellers ligget mellem 10 og 20 % af tilførslen til ferskvand i perioden siden 1989 (middel for perioden 12 %). Betydningen af spildevand er mindre i mere afstrømningsrige år, hvor den diffuse tilførsel vil stige. Bidraget fra dyrkede arealer har i gennemsnit været 31 % (fra 6 % i 1989 (tørt år), men i 1999 er det helt oppe på til 62 % (vådt år)).



Figur 9.5 Tilførslen til ferskvand (dvs. inklusiv for retention) af kvælstof (øverst) og fosfor (nederst) opdelt i baggrundstilførslen, tilførslen fra dyrkede arealer, tilførslen fra spredt bebyggelse og tilførslen fra punktkilder.

Den årlige diffuse tilførsel af kvælstof og fosfor kan beskrives som en simpel funktion af ferskvandsafstrømningen

Sammenhæng mellem den diffuse tilførsel og ferskvandsafstrømningen

Der er en nøje sammenhæng mellem den diffuse tilførsel af kvælstof og fosfor (inklusive retention) og ferskvandsafstrømningen (figur 9.6). Tilførslen af fosfor fra det åbne land vil øges med øget nedbør gennem dræntilførsler og overfladisk afstrømning samt via jordvand (opløst fosfor). En øget nettonedbør vil alt andet lige også øge udvaskningen af nitrat og dermed tilførslen af kvælstof til ferskvand.

Sammenhængen mellem den samlede diffuse årlige tilførsel af kvælstof til ferskvand (DN angivet i tons) og ferskvandsafstrømningen (Q angivet i millioner m³) i perioden 1981-88 til 1999 kan beskrives ved:

$$DN = 1,3332 \cdot Q^{1.1627}$$

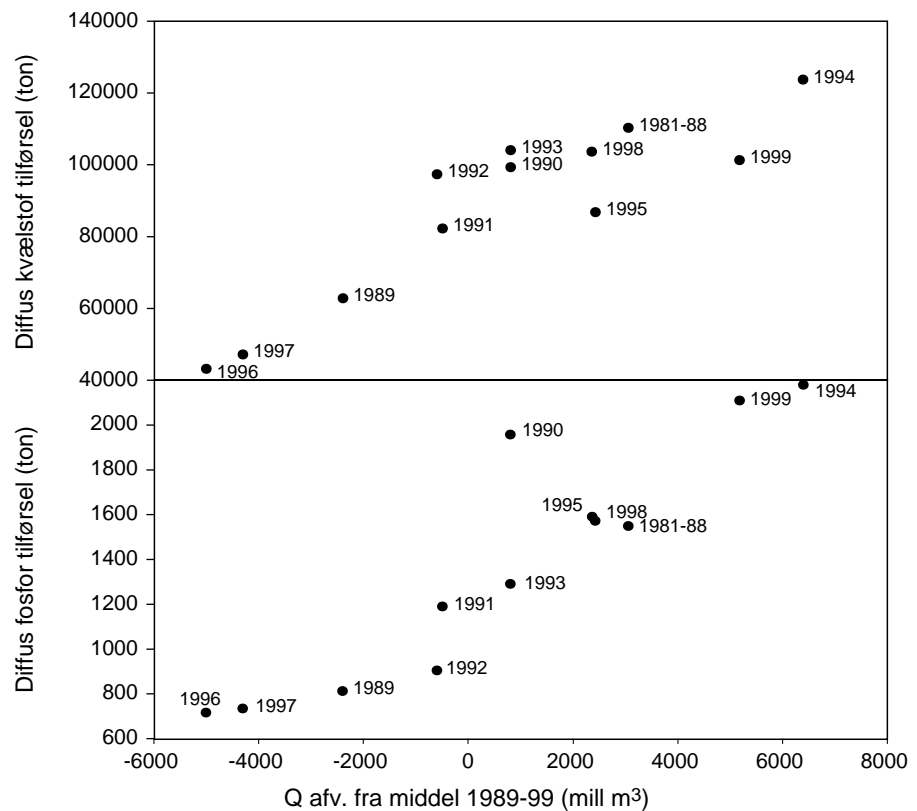
$$R^2=0,87 \text{ (} P<0,1 \text{ \%)}$$

Sammenhængen mellem den samlede diffuse årlige tilførsel af fosfor til ferskvand (DP angivet i tons) og ferskvandsafstrømningen (Q) i

perioden 1981-88 til 1999 kan beskrives ved:

$$DP = 0,0023 \cdot Q^{1.3929}$$

$$R^2 = 0,86 \text{ (} P < 1 \% \text{)}$$



Figur 9.6 Den diffuse tilførsel (dvs. tilførsel fra baggrund, dyrkede arealer og spredt bebyggelse og inklusiv retention) af kvælstof (øverst) og fosfor (nederst) som funktion af ferskvandsafstrømningen. Denne er angivet som den absolutte afvigelse fra gennemsnittet af ferskvandsafstrømningen i 1989-99.

Vurdering af de opstillede relationer

De fundne relationer giver en god beskrivelse af den diffuse tilførsel af henholdsvis kvælstof og fosfor (henholdsvis 87 % og 86 % af variationen kan forklares ud fra de opstillede sammenhænge), men kan dog ikke tage højde for, at der for fosfor kan ske en deponering af partikelbundet fosfor i afstrømningsfattige år, som kan føres ud til overfladevand i efterfølgende afstrømningsrige år. Funktions-sammenhængen viser, at den diffuse afstrømning af fosfor øges relativt mere end den tilsvarende forøgelse af ferskvandsafstrømningen. For kvælstof sker der det, at der ved høje ferskvandsafstrømninger sker en relativ mindre forøgelse af diffus kvælstofudvaskning, da de kvælstofdepoter, der kan udvaskes vil blive udtømte. Det var tilsyneladende tilfældet i det meget våde år 1994, idet kvælstofafstrømningen i det mere tørre 1995 var lavere end forventet. Omvendt synes der ikke at være sket nogen markant "underudvaskning" i 1999 efter det også relativt våde 1998.

Antagelse for formlerne: ingen udviklingstendenser

Ved opstillingen af ovennævnte sammenhænge mellem diffus tilførsel og ferskvandsafstrømningen er det eksplicit antaget, at der ikke er nogen signifikant udviklingstendens i datamaterialet. Såfremt der

var en markant udvikling i de diffuse tilførsler, ville det medføre en lavere R^2 værdi, dvs. en mindre signifikant sammenhæng. Det er i de efterfølgende afsnit testet for, om denne antagelse holder.

Kendall's trend test for de årlige tilførsler af kvælstof og fosfor

Der er foretaget en analyse for udviklingstendenser i tilførslen af kvælstof og fosfor til de marine kystafsnit via vandløb og direkte spildevandsudledninger i perioden 1989 til 1999 med en Kendall trend test på vandføringsvægtede årskoncentrationer (metodebeskrivelse: *Larsen, 1999*). Der anvendes vandføringsvægtede koncentrationer for at eliminere effekten af den varierende afstrømning fra år til år. Med kun 11 års data er det nær undergrænsen for datakravet til en Kendall trend test. Testen viser, at der ikke er nogen statistisk signifikant trend for den diffuse tilførsel af kvælstof og fosfor (inklusive belastningen fra den spredte bebyggelse og inklusiv retention) fra Danmark. Der er et lille fald for kvælstof, men det er ikke signifikant ($z=-1,44$ $P=15\%$). Der er nu en lille stigning at spore for fosfor, men den er også langt fra signifikant ($z=0,62$ $P=54\%$). Der er også testet for, om der har været en generel udviklingstendens for ferskvandsafstrømningen. Der har været et fald, der slet ikke er signifikant.

Betragtes de samlede tilførsler via vandløb og direkte spildevandsudledninger til marine kystafsnit, er der ikke overraskende et signifikant stærkt fald for fosfortilførslerne ($z=-4,05$ og $P<0,1\%$). Der er også et signifikant fald for de tilsvarende tilførsler af kvælstof ($Z=-2,95$ og $P=0,3\%$) trods de diffuse kilders markante betydning for de samlede tilførsler via vandløb og direkte spildevandsudledninger til marine kystafsnit for kvælstof. Der er et signifikant fald ($Z=-3,91$ og $P<1\%$) i tilførslen af kvælstof med spildevand til ferskvand, og for den tilsvarende fosfortilførsel er der også et signifikant fald ($Z=-4,32$ og $P<1\%$). Det betyder, at det fald, der er målt i de vandføringsvægtede koncentrationer primært kan tilskrives den forbedrede spildevandsrensning, medens der ikke kan påvises noget statistisk signifikant fald i den diffuse afstrømning af kvælstof og fosfor. Der er dog en ikke signifikant svagt faldende tendens for den samlede diffuse afstrømning af kvælstof. I afsnit 9.4 er der givet et estimat for årlige fald/stigninger med Sen's hældningsestimator for de vandføringsvægtede koncentrationer af de diffuse tilførsler for landet som helhed og for oplandene til hver af de ni 1. ordens kystafsnit.

9.4 Udvikling i vand- og stoftilførsel til hver af de ni 1. ordens marine kystafsnit i perioden 1989 til 1999

Indledning

Som omtalt i afsnit 9.2 vil farvandsområderne Nordsøen og Kattegat modtage en større andel af de samlede tilførsler af ferskvand og næringsstoffer til marine kystafsnit i afstrømningsfattige år end i afstrømningsrige år. Det modsatte er tilfældet for fx farvandsområde Storebælt, Øresund og Sydlige Bælthav (bilag 9.4). Dette gælder også kvælstof- og fosfortilførslerne med de modifikationer, der blev omtalt i afsnit 9.2.

Kendall's test på udviklingstendenser i tilførslen fra hvert af de ni første ordens kystafsnit

Kendall trend-testen på den samlede tilførsel via ferskvand og direkte spildevandsudledninger af kvælstof og fosfor til hver af de ni 1. ordens kystafsnit (tabel 9.5) viser overordnet, at der er et signifikant fald for kvælstof til alle marine kystafsnit på nær til Nordsøen og Kattegat og et signifikant fald for fosfortilførsler til alle farvandsområder. Først er der testet på eventuelle trends i ferskvandstilførslen i perioden 1989-99, og der var ikke nogen signifikant stigning eller fald for nogen af de ni 1. ordens kystafsnit. Der er kun signifikant udviklingstendens i den diffuse kvælstoftilførsel i et eneste opland til 1. ordens marine kystafsnit (faldende i Lillebælt). Billedet for den diffuse fosfortilførsel er noget mere broget, idet der er et signifikant fald til Lillebælt og Øresund og et ikke statistisk signifikant fald til Sydlige Bælthav og Østersøen og en ikke statistisk signifikant stigning til de øvrige farvandsområder.

*Tabel 9.5 Kendall's trend test på udviklingen i henholdsvis den samlede tilførsel af kvælstof og fosfor via vandløb og direkte udledninger og på den diffuse kvælstof- og fosfortilførsel (inklusive belastning fra spredt bebyggelse og inklusiv retention). Testen er lavet på vandføringsvægtede koncentrationer. Fortegnet viser, om der er en stigende eller faldende udviklingstendens. '**' angiver om udviklingstendenser er signifikant, hvor '*' angiver at $1\% \leq P < 5\%$; og '**' angiver at $P < 1\%$. Hvor der ikke er angivet en P-værdi har den været $\geq 5\%$ og dermed ikke signifikant.*

Farvandsområde	Kvælstof		Fosfor	
	Diffus tilførsel	Samlede tilførsel	Diffus tilførsel	Samlede tilførsel
Nordsøen	-	-	+	- **
Skagerrak	-	- **	+	- **
Kattegat	-	-	+	- **
Nordlige Bælthav	-	- *	+	- **
Lillebælt	- *	- **	- **	- **
Storebælt	-	- *	-	- *
Øresund	-	- **	- *	- **
Sydlige Bælthav	-	- *	-	- **
Østersøen	-	- **	-	- **
Danmark	-	- **	+	- **

Ændring i retention og udledninger fra den spredte bebyggelse

Fosfortilførslen kan være svær at måle, idet den i høj grad er bundet til partikler og derfor kommer i pulse. Endvidere er der større og mindre søer i langt de fleste oplande, som enten tilbageholder eller frigiver fosfor. Tilstanden i en del søer har ændret sig gennem overvågningsperioden, således at de fra at tilbageholde fosfor i begyndelsen af overvågningsperioden, de seneste år har frigivet fosfor. Retentionen i søer i oplandene til de ni 1. ordens kystafsnit har da generelt også været faldende i løbet af overvågningsperioden både for kvælstof og fosfor (bilag 9.5). Dette er et resultat af dels faldende tilførsler (af vand og stof) til søerne og for fosfors vedkommende dels en konsekvens af tilstandsændring i flere af søerne i oplandene. De beregnede udledninger fra den spredte bebyggelse udgør en betydelig andel af den diffuse belastning til en del farvandsområder, og disse

udledninger er på landsplan blevet reduceret med godt 50 % fra slutningen af 1980'erne til 1999. Det er derfor for tidligt at tolke på eventuelle udviklingstendenser på den diffuse fosfortilførsel, men der er intet, der tyder på, at fosfortilførslen fra dyrkede arealer har været faldende, snarere tværtimod.

Årlig ikke signifikant fald i den diffuse kvælstoftilførsel

Ved anvendelse af Sen's hældningsestimator (forklaring: *Larsen, 1999*) er det årlige fald eller den årlige stigning i den diffuse kvælstof- og fosfortilførsel til ferskvand i hvert af oplandene til de ni 1. ordens marine kystafsnit samt for hele Danmark beregnet, udtrykt som et fald eller en stigning i den vandføringsvægtede koncentration (tabel 9.7). Hældningerne bør kun anvendes, hvor der med Kendall's trend test er påvist en signifikant udviklingstendens, jvf. tabel 9.5, hvilket er markeret med fed i tabel 9.7.

Det bemærkes, at særligt i oplandet til Lillebælt, Storebælt, Øresund, Sydlige Bælthav og Østersøen har der været et kraftigt årligt fald i den vandføringsvægtede diffuse kvælstofkoncentration på 0,23 til 0,40 mg N l⁻¹ år⁻¹ eller op til 5 mg N l⁻¹ fra 1989 til 1999. Det er i disse oplande, at landbruget er domineret af planteavl, som har haft de største reduktioner i udvaskningen af kvælstof (*Grant et al., 2000*). På landsplan giver analysen en reduktion på 1,4 mg N l⁻¹ fra 1989 til 1999 i den diffuse kvælstoftilførsel. Det skal dog understreges, at faldet end ikke er signifikant på 20 % niveau, hvilket betyder, at hvis man ser på konfidensintervallet for hældningsestimatet, går det fra et markant fald til en svag stigning i den diffuse kvælstoftilførsel. Det, der kan bidrage til et evt. fald, er et mindre fald i kvælstofretentionen i søer i overvågningsperioden. Endvidere er de beregnede kvælstofsudledninger fra spredt bebyggelse faldet fra 1989 til 1999, svarende til et fald i den vandføringsvægtede koncentration på ca. 0,1 mg N l⁻¹. Da det estimerede fald som omtalt ikke er signifikant, er det ikke fagligt forsvarligt at give et bud på størrelsen af en eventuel reduktion i tilførslerne fra dyrkede arealer.

Der mangler en kobling mellem kvælstofudvaskningen fra rodzonen og de målte tilførsler af diffuse kvælstof til vandløb

I *Grant et al. (2000)* er det beregnet, at når effekterne fuldt ud er slået igennem, har der været en reduktion i kvælstofudvaskningen fra rodzonen på ca. 28 % siden starten af Vandmiljøplanens Overvågningsprogram. I kapitel 4 i denne rapport viser en analyse for mindre vandløb i dyrkede oplande uden væsentlig tilførsel af spildevand, at der i samme periode er sket en reduktion i kvælstofkoncentrationerne på kun ca. 11 %, men at faldet ikke er signifikant. Samtidig kan der ikke påvises noget signifikant fald for landet som helhed eller for de enkelte 1. ordens kystafsnit i de diffuse kvælstoftilførsler til ferskvand. Der er således behov for at udvikle metoder og modeller, der kan koble rodzoneudvaskningen med de målte/estimerede diffuse kvælstoftilførsler til vandløb, og som kan tage højde for de processer, der foregår fra rodzonen til kvælstof når vandløb, herunder de forskellige omsætnings- og tilbageholdelsesprocesser, samt estimere tidsforsinkelser i forskellige jordtyper mv.

Årlig udvikling i den diffuse fosfortilførsel

For den diffuse fosfortilførsel findes små fald i oplandet til Lillebælt, Øresund, Sydlige Bælthav og Østersøen og stigninger i oplandet til de resterende farvandsområder (tabel 9.7), men kun for oplandet til Lillebælt er den beskrevne udviklingstendens signifikant.

Tabel 9.7 Den årlige ændring (fald angivet med et “-“ tegn, stigning med et “+“ tegn) for henholdsvis den diffuse kvælstof- og fosfortilførsel (inklusiv spredt bebyggelse og inklusiv retention) i oplandene til de ni 1. ordens kystafsnit i perioden og hele Danmark og for den samlede tilførsel via vandløb (inklusiv direkte spildevandsudledninger) fra 1989 til 1999 angivet i $\text{mg l}^{-1} \text{år}^{-1}$ estimeret med Sens hældningsestimator. De angivne årlige ændringer bør kun anvendes for de oplande, hvor Kendall’s trend test har vist en signifikant trend, jvf. tabel 9.5, og de er angivet med fed i tabellen.

Farvandsområde	Årlig ændring kvælstof		Årlig ændring fosfor	
	Diffus	Samlet	Diffus	Samlet
	tilførsel		tilførsel	
	$\text{mg N l}^{-1} \text{år}^{-1}$		$\text{mg P l}^{-1} \text{år}^{-1}$	
Nordsøen	-0,0167	-0,0613	+0,0035	-0,0093
Skagerrak	-0,1480	-0,4257	+0,0033	-0,0732
Kattegat	-0,0405	-0,1162	+0,0020	-0,0108
Nordlige Bælthav	-0,0985	-0,3376	+0,0065	-0,0284
Lillebælt	-0,2934	-0,5196	-0,0064	-0,0586
Storebælt	-0,3086	-0,5451	-0,0005	-0,0595
Øresund	-0,2313	-2,4688	-0,0130	-0,5161
Sydlig Bælthav	-0,3968	-0,5791	-0,0090	-0,0351
Østersøen	-0,3037	-0,5705	-0,0074	-0,0637
Danmark	-0,1232	-0,2196	0,0008	-0,0387

9.5 Udvikling i sæsonvariationer i tilførslerne til de marine kystafsnit i perioden 1989 til 1999

For få måleår til at gennemføre statistiske tests. Analyse af nedbør og afstrømning viser, at der ikke har været en signifikant ændring i sæsonvariationerne

Der findes kun opgørelser af månedstilførsler af kvælstof og fosfor til de marine kystafsnit for perioden 1991-1999, hvorfor det ikke er muligt at lave en Kendall’s trend test for udviklingen i sæsonvariationen. Tilførslen med kvælstof og fosfor til de marine kystafsnit hænger ret tæt sammen med ferskvandsafstrømningen hertil (høj ferskvandstilførsel giver høj kvælstoftilførsel, se figur 9.1 og 9.6 og bilag 9.4). Ferskvandsafstrømningen hænger igen tæt sammen med de nedbørmængder, der falder. En analyse af udviklingen i nedbørmængder opgjort kvartalsvist eller for vinter- (december til marts) og sommerperioden (april til september) viser, at der ikke har været nogen signifikant ændring i nedbørsfordelingen over året i perioden 1989-99. Det samme gælder afstrømningen (tabel 2.2 i bilag 2.2).

9.6 Sammenfatning

Relativt høje tilførsler til de marine kystafsnit i 1999 og en meget udpræget sæsonvariation

Tilførslen af kvælstof, fosfor og organisk stof via vandløb og direkte spildevandsudledninger var i 1999 henholdsvis ca. 100.000, 3.000 og 46.000 tons, hvilket for alle 3 stoffer er de største mængder i de seneste 4 år. Der blev tilført 18.400 millioner m^3 ferskvand, og det er ca. 30 % mere end normalt. Hovedparten af afstrømningen forekom i vintermånederne, og sæsonvariationen var således særdeles stor. Trods

en meget høj årsnedbørmængde på 905 mm, der er det højeste der er blevet registreret, var ferskvandsafstrømningen lidt lavere i 1999 end i 1994, hvor der ellers faldt knap så meget nedbør.

Kilder til tilførslen til de marine kystafsnit

Den diffuse afstrømning (inklusive spredt bebyggelse) er hovedkilden (92 % i 1999) til kvælstoftilførslen til de marine kystafsnit, og også for fosfor (68 % i 1999). For fosfor udgør den potentielle belastning fra spredt bebyggelse dog ca. 12 % af den diffuse tilførsel. Tages der højde for retention i oplandet, udgør den diffuse tilførsel af kvælstof 93 % af den samlede tilførsel med ferskvand til marine kystafsnit mod kun 69 % for fosfor.

Udviklingstendenser i tilførslerne i perioden 1989-98 i de samlede tilførsler

Der har været en meget markant reduktion i de samlede udledninger af spildevand fra slutningen af 1980'erne til 1999 henholdsvis 68 % for kvælstof og 87 % for fosfor. For spildevandstilførslerne til ferskvand har de tilsvarende reduktioner været 50 % for kvælstof og 76 % for fosfor. Herved er betydningen af de diffuse kilder generelt steget specielt i afstrømningsrige år. Der er opgjort et lille fald i udledningerne af spildevand til ferskvand fra 1998 til 1999 af kvælstof med 2 % og af fosfor med 4 % (*Miljøstyrelsen, 2000*). En statistisk analyse viser et signifikant fald i de samlede udledninger til de marine kystafsnit via vandløb og direkte udledninger for både kvælstof og fosfor i perioden 1989 til 1999, men ikke for den diffuse tilførsel (inklusive belastning fra spredt bebyggelse og retention) til ferskvand. Faldet skyldes altså den kraftige renseindsats overfor spildevandsudledninger. Der findes et ikke signifikant fald i den samlede diffuse tilførsel af kvælstof til ferskvand, og en meget svagt ikke signifikant stigende tendens i den diffuse fosfortilførsel. Den tendens, der for overvågningsperioden (1989-99) påvises for den diffuse kvælstoftilførsel, er statistisk usikker, så der endnu ikke kan tolkes på den, og det samme gælder for fosfor (kan være både et fald eller en stigning).

Der er behov for at udvikle metoder/modeller, der kan koble rodzone udvaskningen af kvælstof med, hvad der når frem til vandløbene, og som kan tage hensyn til processer i jorden herunder omsætning, tilbageholdelse og tidsforsinkelser i forskellige systemer samt til ændringer i jordens kvælstofspulje.

Udvikling i tilførslerne til marine kystafsnit

For de ni 1. ordens kystafsnit har der kun været et signifikant fald i den diffuse kvælstoftilførsel for et enkelt kystafsnit (Lillebælt). For fosfor har der for 2 kystafsnit været et signifikant fald i den diffuse tilførsel, hvilket bl.a. kan skyldes reduktionen i udledninger fra spredt bebyggelse. For de øvrige farvandsområder har 5 farvandsområder haft en ikke signifikant stigning i den diffuse fosfortilførsel og 2 farvandsområder har haft et ikke signifikant fald.

Referencer

Allerup, P., Madsen, H. og Vejen, F. (1998): Standardværdier (1961-90) af nedbørkorrektioner. Danish Meteorological Institute, Technical Report, 98-10, 18 sider.

Andersen, A. og Højbye, J. (1990): Korrelationsmetoder til estimering af daglige vandføringer. Hedeselskabets Forskningsvirksomhed. Beretning nr. 45.

Borum, J., Geertz-Hansen, O., Sand-Jensen, K. & Wium Andersen, S. (1990): Eutrofiering - effekter på marine primærproducenter. NPo-forskning for Miljøstyrelsen, C3. 56 s.

Canadian Council of Ministers of the Environment (1999): Canadian Environmental Quality Guidelines. CCME, Ottawa, Ontario, Canada.

Cappelen, J. og Jørgensen, B. (2000): Danmarks Klima 1999. Danmarks Meteorologiske Institut, 129 sider.

Cleveland, W. S. (1979): Robust locally weighted regression and smoothing scatterplots. Journal of American Statistical Association, 74, 829-836.

Fyns Amt (1997) (Wiberg-Larsen, P., Pedersen, S.E., Tornbjerg, N.H., Sode, A., Muus, K., Wehrs, M.): De fynske vandløb. VANDMILJØovervågning. Tema: Ferskvand. Fyns Amt. 210 pp.

Hansen, J.L.S., Pedersen, B., Carstensen, J., Conley, D., Christiansen, T., Dahl, K., Henriksen, P., Josefson, A., Larsen, M.M., Lisbjerg, D., Lundsgaard, C., Markager, S., Rasmussen, B., Strand, J., Ærtebjerg, G., Krause-Jensen, D., Laursen, J.S., Ellermann, T., Hertel, O., Skjøth, C.A., Ovesen, N.B., Svendsen, L.M. & Pritzl, G. (2000): Marine områder - Status over miljøtilstanden i 1999. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. - Faglig rapport fra DMU nr. 333.

Windolf, J., Sode, A., Hansen, A.M., Wiberg-Larsen, P., Brendstrup, H., Tornbjerg, H. (2000): Vandløb 1999. VANDMILJØovervågning. Fyns Amt. 135 pp.

Grant, R., Blicher-Mathiesen G., Andersen, H.E., Laubel, A.R., Jensen P.G. & Rasmussen, P. (1997): Landovervågningsoplande. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1996. Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig rapport fra DMU nr. 210.

Grant, R., Blicher-Mathiesen, G., Jørgensen, J.O., Kronvang, B., Jensen, P.G., Pedersen, M. & Rasmussen, P. (2000): Landovervågningsoplande 1999. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. 150 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 334

Horowitz, A.J. (2000): NASQAN: The design and implementation of a large-river suspended sediment and trace element flux programme. I: Stone, M. (ed.), The role of erosion and sediment transport in nutrient and contaminant transfer, IAHS Publication no. 263, p. 3-18.

Høybye, J. (1991): Ferskvandstilstrømning til danske farvande 1990. Publikation nr 9 fra Fagdatacenter for Hydrometriske Data, Hedeselskabet.

Jensen, A. (1991): Bly, cadmium, kobber, kviksølv og zink i tre danske åer. FORCE institutterne. 11 pp.

*Kronvang, B., Jensen, J.P., Pedersen, M.L., Larsen, S.E., Laubel, A.R., Müller-Wohlfeil, D.I., Wiggers, L., Kronquist, H., Tornbjerg, H. & Ringsborg, O. (2000): Oplandsanalyse af vandløbs- og søoplande 1998-2003. Vandløb og søer. NOVA 2003. 2. udg. Danmarks Miljøundersøgelser. Teknisk anvisning fra DMU nr. 15.
<http://tekniske-anvisninger.dmu.dk>*

Kronvang, B., Grant, R., Laubel, A.R., Pedersen, M.L. (2000). Quantifying sediment and nutrient pathways within Danish agricultural catchments. In press.

Københavns Kommune (2000): Vandløb 1999. Vandmiljøovervågning, NOVA 2003. Københavns Kommune. 68 pp.

Kaas, H., Moestrup, Ø., Larsen, J. & Henriksen, P. (1999): Giftige alger og algeopblomstringer. Tema-rapport fra DMU, 27/1999.

Larsen, S. E. (1998): Trendanalyse af kvælstof- og fosforkoncentrationer i vandløb der strømmer til Mariager Fjord. Upubliceret notat. Afdeling for Vandløbsøkologi. Danmarks Miljøundersøgelser.

Larsen, S.E. (1999). Analyse af udviklingstendenser i 25 vandløb med udløb i Limfjorden. Arbejdsrapport fra Danmarks Miljøundersøgelser, Afdeling for Vandløbsøkologi.

Laubel, A.R., Kronvang, B., Larsen, S.E., Pedersen, M.L. & Svendsen, L.M. (2000). Bankerosion as a source of sediment and phosphorus delivery to small Danish streams. IAHS Publ. no. 263.

Markager, S., Nielsen, T.G., Carstensen, J., Conley, D., Dahl, K., Hansen, J., Henriksen, P., Josefson, A., Larsen, M.M., Pedersen, B., Rasmussen, B., Strand, J., Ærtebjerg, G., Fossing, H., Lauersen, J.S., Hertel, O., Skov, H., Svendsen, L.M., Cleemann, M. & Pritzl, G. (1999): Marine områder. Status over miljøtilstanden i 1998. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. 164 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 290.

Meybeck, M. and Helmer, R.. (1989): The quality of rivers: from pristine stage to global pollution: Paleogeography, Paleoclimatology, and Paleoecology (Global and Planetary Change Section), v. 75, p. 283-309.

Mikkelsen, H.E. & Olesen, J.E. (1991): Sammenligning af metoder til bestemmelse af potentiel vandfordampning. Tidsskrift for Planteavl Specialserie: Statens Planteavlsforsøg, 67 s. - Beretning nr. S2157, 1991.

Miljøstyrelsen (1991): NPo-forskning fra Miljøstyrelsen. Samlerapport – Kvælstof i vand og jord. Miljøministeriet 152 pp.

Miljøstyrelsen (1996): Bekendtgørelse om kvalitetskrav for vandområder og krav til udledning af visse farlige stoffer til vandløb, søer eller havet. Bekendtgørelse nr. 921.

Miljøstyrelsen (1983): Vejledning i recipientkvalitetsplanlægning. Del 1. Vandløb og søer. Vejledning nr. 1/1983. 89 pp.

Miljøstyrelsen (1998): Biologisk vandløbskvalitet. Vejledning nr. 5/1998. Miljøstyrelsen, Miljø- og Energiministeriet. 39 pp.

Miljøstyrelsen (1999): Vandmiljø-99. Status for vandmiljøets tilstand i Danmark. Redegørelse fra Miljøstyrelsen, 1999. 128 pp.

Miljøstyrelsen (2000): Punktkilder 1999. Orientering fra Miljøstyrelsen (i tryk)

Møhlenberg, F. (1999): Effect of meteorology and nutrient load on oxygen depletion in a Danish micro-tidal estuary. *Aquat. Ecol.* 33: 55-64.

Scharling, J. (2000): Klimagrid – Danmark. Nedbør, lufttemperatur og potentiel fordampning 20x20 & 40x40 km. Technical report 99-12, Danmarks Meteorologiske Institut. 48 s.

SFT (1997): Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. Veiledning 97:04. TA 1468/1997. Statens forurensningstilsyn, Oslo, Norway.

Skriver, J. (1999): Biologisk vandløbskvalitet. Faglig rapport nr. 292, p. 53-57. Danmarks Miljøundersøgelser.

Skriver, J., Baattrup-Pedersen, A. & Larsen, S.E. (1997): Vandløbenes miljøtilstand. Faglig rapport nr. 214, p. 29-46. Danmarks Miljøundersøgelser.

Svendsen, L.M. og Hansen, C.D. (1996): Tilførsel af kvælstof, fosfor og organisk stof til marine kystafsnit via vandløb. I Windolf, J (ed): Ferske vandområder - Vandløb og kilder. Vandmiljøplanens overvågningsprogram 1995. Danmarks Miljøundersøgelser - Faglig rapport fra DMU nr. 177: 115-138 og 208-214

Svendsen, L.M. (1998): Input of Nutrients to OSPAR and HELCOM Marine Areas from Land-based Sources in Denmark. NIVA unpubl. Note for HARP-Conference, Jan. 1998, 20 pp.

Århus Amt (2000) (Wiggers, L.; Nykrog, J. & Juhler, L.): Vandløb og kilder. Vandmiljøovervågning 1999. Natur- og Miljøkontoret. 64 sider + bilag.

Århus & Nordjyllands amt (1998): Mariager Fjord. Udvikling og status 1997.

[Tom side]

Oversigt over amtsrapporter i 2000 – Vandløb og kilder

Bornholms Amt:

Nielsen, K. 2000: Vandløb og kilder 1999. Teknisk Forvaltning, 28 sider + bilag.

Frederiksborg Amt:

Lindhardtzen, M.2000: Vandløb og kilder - tilstand og udvikling, 1999. Teknik og Miljø, 60 sider + bilag. ISBN 87-7781-191-7.

Fyns Amt:

Windolf, J; Sode, A; Hansen, A.M; Wiberg-Larsen, P; Brendstrup, H & Tornbjerg, H. 2000: Vandløb 1999. Vandkvalitet og stoftransport. Vandløbenes biologiske tilstand. Forureningskilder. Natur- og Vandmiljøafdelingen, 79 sider + bilag ISBN 87-7343-416-7.

Københavns Kommune:

Københavns Kommune, Miljøkontrollen, 2000. Vandløb 1999. 48 sider + bilag,

Nordjyllands Amt:

Bidstrup, J; Petersen, T. & Simonsen, T. 2000: Vandløb og kilder 1999. Natur- og Miljøkontoret 76 sider + bilag. ISBN 87-7775-375-5.

Ribe Amt:

Jepsen, E. O. 2000: Vandløb og kilder. Natur- og grundvandsafdelingen 62 sider + bilag. ISBN 87-7342-988-0

Ringkjøbing Amt:

Have, A.; Grandahl, J. & Jessen, K. 2000: Vandmiljø overvågning. Vandløb og Kilder 1999. Vandmiljøafdelingen 48 sider + bilag

Roskilde Amt:

Hansen, S.B.L; Helmgaard, P.; Nielsen, G. & Rasmussen, J.V. 2000: Vandløb og kilder 1989-99. Teknisk Forvaltning 77 sider + bilag. ISBN 87-7800-413-6

Storstrøms Amt:

Hansen, F.G.; Jakobsen, L.; Larsen, M. & Ringsborg, O. 2000: Vandløb og kilder. Overvågningsdata 1999. Teknik- & Miljøforvaltningen 71 sider + bilag. ISBN 87-7726-299-9

Sønderjyllands Amt:

Sønderjyllands Amt 2000: Vandmiljøovervågning 1999. Vandløb og kilder. Teknisk Forvaltning, Miljøområdet 34 sider + bilag

Vejle Amt:

Andersen, B.; Jensen, H.Aa.; Christensen, I.G. & Møller P.H. 2000: Kilder og vandløb 1999. Teknik & Miljø 72 sider + bilag. ISBN 87-7750-573-5

Andersen, B.; Jensen, H.Aa.; Christensen, I.G. & Møller P.H. 2000: Overvågning af kilder og vandløb 1999. Kemi – Stoftransport. Teknik & Miljø 71 sider + bilag. ISBN 87-7750-573-5

Vestsjællands Amt:

Vestsjællands Amt 2000: Vandløb, kilder og stoftransport 1999. Natur & Miljø 77 sider + bilag

Viborg Amt:

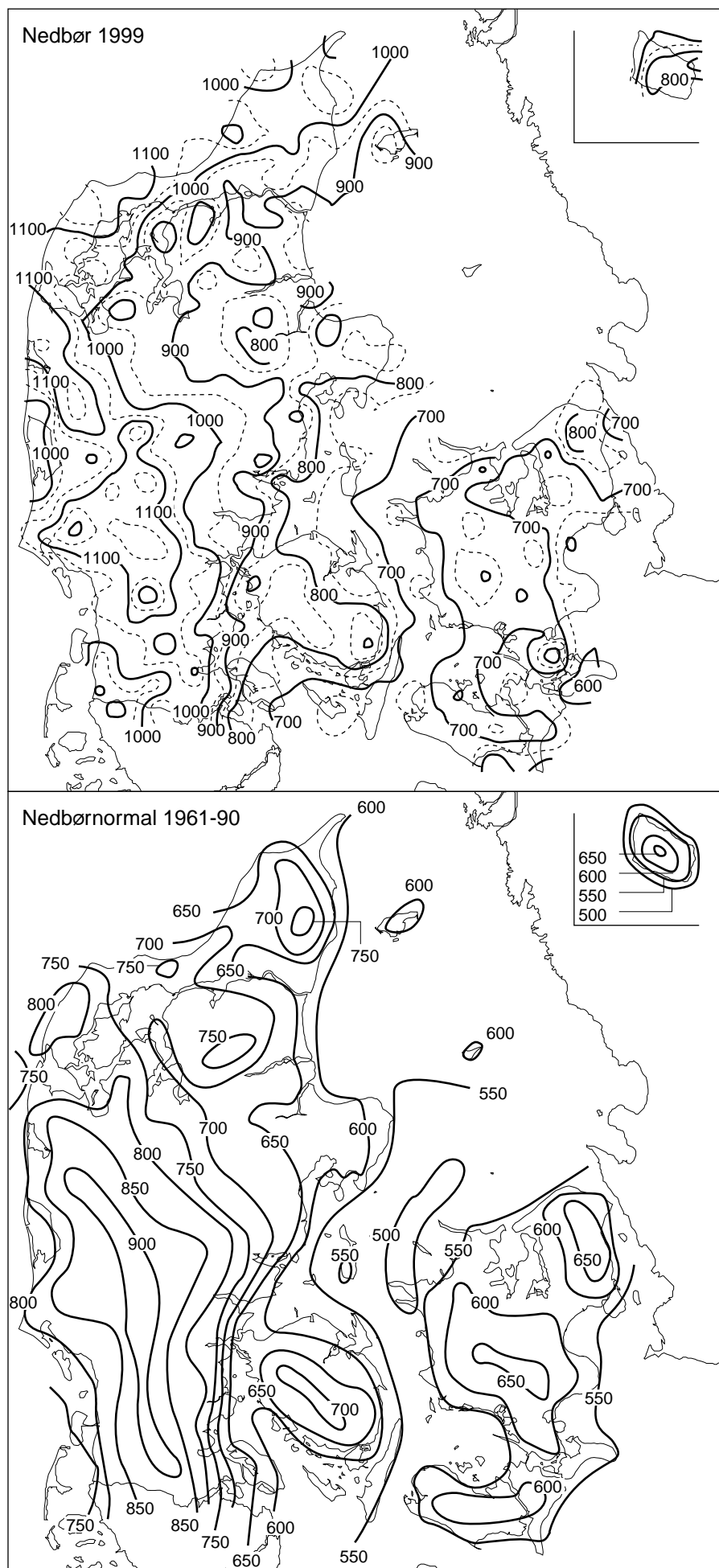
Jensen, H-E. & Nielsen, N.H.W. 2000: Vandløb og kilder, 1999. Miljø & Teknik 40 sider + bilag

Århus Amt:

Wiggers, L.; Nykrog, J. & Juhler, L. 2000: Vandløb og kilder. Vandmiljøovervågning 1999. Natur- og Miljøkontoret 64 sider + bilag. ISBN 87-7906-108-7

Bilag 2.1

Nedbørsfordelingen i 1999 (øverst) og normalt (middel for 1961-90). Efter Cappel og Jørgensen, 2000



Bilag 2.2

Metode til opgørelse af ferskvandsafstrømningen

Ferskvandsafstrømningen fra Danmark til de omkringliggende farvande opgøres for de 67 nedbørsområder, som landet er opdelt i.

Ved opgørelsen på nedbørsområder til 2. ordens farvandsområder er oplandene inddelt i 3 kategorier:

1. Målte oplande.

Oplande hvor afstrømningen er beregnet ved en kontinuert registrerende målestation i 1998 (referencestation).

2. Umålte oplande, type A.

Oplande nedstrøms målte oplande i samme vandløbssystem. Afstrømningen herfra er beregnet ved arealproportionering ud fra referencemålestationen i vandløbssystemet. Denne fremgangsmåde er nærmere behandlet i Høybye, J. (1991).

3. Umålte oplande, type B.

Oplande uden målestationer. Afstrømningen fra det enkelte nedbørsområde er beregnet ud fra en referencemålestation beliggende i samme nedbørsområde.

I hvert nedbørsområde, inden for det enkelte 2. ordens farvandsområde, er der således valgt mindst en station til beskrivelse af områdets afstrømning.

Det målte opland (kategori 1) udgør 43% af landets areal. Umålt opland type A udgør 12 %, og umålt opland type B udgør de resterende 45 %.

Den samlede ferskvandstilstrømning til de danske farvande er opgjort for 1999 på både 1. og 2. ordens farvandsområder. Opgørelsen er foretaget på månedsbasis. Den detaljerede afstrømningsopgørelse findes i bilag 2.5.

I Høybye, J. (1991) er det anslået, at usikkerheden på årsmiddelaflstrømningen fra et vandløbssystem med en fast målestation og umålt opland af type A er ca. 5 %. I Andersen og Høybye (1990) er det fundet, at usikkerheden på afstrømning ved arealproportionering ud fra målte nabooplande er op til 3 gange usikkerheden på målte oplande. Den samlede usikkerhed på årsmiddelaflstrømningen fra umålte oplande, type B, beregnet ved arealproportionering antages således at være ca. 15 %. Der indgår 67 nedbørsområder i opgørelsen, hvoraf 45 % af det samlede areal er type B. Usikkerheden på den samlede tilstrømning til de danske farvande i 1997 kan således anslås til:

$$CV = (0,45 \cdot 15\% + 0,55 \cdot 5\%) \cdot 67^{0,5} = 1,2 \%$$

Opgørelse af ferskvandstilstrømning til indre danske farvande 1999

Tilstrømningen af ferskvand til farvandsområderne er opgjort på baggrund af døgnmiddelvandføringen ved de 93 udvalgte vandføringsstationer, der fremgår af bilag 2.3.

De udvalgte målestationer er primært valgt blandt de stationer, der indgår i fagdatacentrets nationale net af hydrometristationer og målestationer, der indgår i NOVA's net af nationale stoftransportstationer. Der er delvis sammenfald i de to stationsnet. Der er enkelte undtagelser fra dette kriterium i 1. ordens vandløb, hvor der ikke er målestationer fra de nævnte net. Stationerne er udvalgt for at opnå et grundlag for opgørelsen, som er mindst muligt påvirket af ændringer i målestationsnettet fra år til år. Det tilstræbes at anvende det samme datagrundlag fra år til år for sammenlignelighedens skyld. Opgørelsen inkluderer ikke bidrag fra spildevand direkte til havet.

Bilag 2.3

Målestationer anvendt ved opgørelsen af ferskvandsafstrømningen i 1999.

Stationsnummer		Vandløb og stationsnavn	Stationsnummer		Vandløb og stationsnavn
DMU	DDH		DMU	DDH	
020005	02.03	<i>Elling Å, Ll. Stabæk</i>	380024	38.01	Ribe Å, Stavnager
030002	03.02	<i>Uggerby Å, ns Ransbæk</i>	390001	39.09	<i>Brøns Å, Forsøgsdambruget</i>
040002	04.02	<i>Liver Å, Gl. Klitgård</i>	400001	40.06	Brede Å, Styrket
050003	05.04	<i>Voers Å, Fæbroen</i>	410014	41.07	<i>Fiskbæk, Adsbøl</i>
060001	06.02	<i>Ryå, Manna</i>	410016	41.09	<i>Pulverbæk, Madeled - os Mjang dam</i>
070003	07.01	Lindholm Å, Elkær bro	410012	41.10	<i>Elsted bæk, Rundemølle - os Kirkebæk</i>
080001	08.02	<i>Gerå, Melholt kirke</i>	420021	42.14	<i>Vidå, St. Emmerske bro</i>
090002	09.11	<i>Langelunds kanal, Sdr. Skovengvej</i>	420016	42.34	<i>Grønå, Elhjemvej - Geest Kog</i>
100015	10.05	<i>Kærs mølleå, os Indkildevej strømmen</i>	430003	43.03	<i>Ringe Å, St. 3,05 km</i>
110016	11.02	Årup Å, Årup	430001	43.04	<i>Storå, St. 4,6 km</i>
110011	11.03	<i>Hvidbjerg Å, Hvidbjergmølle gård</i>	430007	43.05	<i>Viby Å, St. 2,9 km</i>
130005	13.04	<i>Lerkenfeld Å, Møllegård</i>	440020	44.12	<i>Vindinge Å, St. 3,9 km - Kokbro</i>
140016	14.05	<i>Lindenborg Å, Møllebro</i>	450001	45.26	Odense Å, Ejby mølle
150043	15.14	<i>Kastbjerg Å, Ådalsvej</i>	450043	45.27	<i>Lindved Å, hovedvej A1</i>
160024	16.11	<i>Faldå, Kokholm</i>	460001	46.02	<i>Brende Å, St. 5,3 km</i>
170007	17.05	<i>Simested Å, Skive-Hobrovej</i>	460017	46.04	<i>Hårby Å, St. 3,1 km</i>
180077	18.05	<i>Skals Å, Løvel bro</i>	470036	47.09	<i>Vejstrup Å, St. 1,8 km</i>
190012	19.02	<i>Jordbro Å, Jordbromølle</i>	470037	47.10	<i>Stokkebæk, St. 1,8 km</i>
200024	20.23	<i>Skive Å, Nørkær bro</i>	470001	47.15	<i>Hundstrup Å, St. 6,86 km</i>
210461	21.09	<i>Gudenå, Ulstrup</i>	480007	48.04	<i>Højbro Å, nv for Hanebrogård</i>
220062	22.15	<i>Storå, Skærumbro</i>	480004	48.15	<i>Esrum Å, Ørnevej</i>
230055	23.01	<i>Egå, Jernbanebroen</i>	490054	49.06	<i>Arresø kanal, Arresødal sluse</i>
230087	23.08	<i>Hevring Å, Vadbro</i>	500056	50.05	<i>Nivå, Jellebro</i>
240001	24.01	<i>Ryom Å, Ryomgård bro</i>	500057	50.06	<i>Usserød Å, Nive Mølle</i>
240003	24.06	<i>Skodå, Ridderlund</i>	510024	51.07	<i>Tuse Å, Nybro</i>
240004	24.07	<i>Skærvad Å, Kirial</i>	520029	52.08	Havelse Å, Strø
250078	25.11	<i>Omme Å, Sønderskov bro</i>	530010	53.02	<i>Lille Vejle Å, Pilemølle</i>
250081	25.14	<i>Skjern Å, Kodbølstyrtet</i>	530028	53.08	<i>Harrestrup Å, Landlystvej</i>
260082	26.01	Århus Å, Skibby	540002	54.04	<i>Fladmose Å, Dyssegård</i>
270004	27.01	<i>Lille-Hansted Å, Hansted</i>	550015	55.08	<i>Halleby Å, ns Tissø</i>
270021	27.04	<i>Giber Å, Fulden</i>	560002	56.09	<i>Seerdrup Å, Johannesdahl</i>
280001	28.02	<i>Bygholm Å, Kørup bro</i>	560001	56.10	<i>Bjerger Å, Fårdrup</i>
290009	29.04	<i>Rohden Å, ns Årup mølle dambrug</i>	560005	56.11	<i>Tude Å, Valbygård</i>
300013	30.03	<i>Langslade rende, Kallesmark</i>	570058	57.12	Suså, Holløse mølle
310027	31.13	<i>Varde Å, Vagtborg</i>	580020	58.07	<i>Køge Å, Lellinge dambrug</i>
320001	32.01	<i>Vejle Å, Haraldskær</i>	590006	59.01	Tryggevalde Å, Lille Linde
320004	32.06	<i>Grejs Å, Grejsdalens planteskole</i>	600031	60.04	<i>Mern Å, Sage bro</i>
320022	32.08	<i>Højen Å, Møgelbæk</i>	610013	61.03	<i>Fribrodræ, Rodemark</i>
330004	33.02	<i>Spang Å, Bredstrup</i>	610011	61.04	<i>Sørup Å, Lundby bro</i>
340002	34.02	<i>Vester-Nebel Å, Elkærholm</i>	620015	62.02	<i>Marrebæks rende, Lille Købelev</i>
340003	34.03	<i>Kolding Å, Ejstrup</i>	620011	62.06	<i>Avnede Strand pumpestation</i>
350010	35.03	Sneum Å, Nørå	630007	63.02	<i>Sakskøbing Å, Krenkerupvej</i>
350006	35.06	<i>Bramming Å, Sdr. Vong</i>	640025	64.10	<i>Nældevads Å, Strædeskov</i>
360008	36.01	<i>Kongea, Kongebroen</i>	650001	65.01	<i>Krammitze pst.</i>
370038	37.04	<i>Taps Å, Christiansfeld</i>	660014	66.01	Bagge Å, Sorthat
370011	37.08	<i>Solkær Å, Møllebro</i>	670017	67.05	<i>Øle Å, Boesgård</i>
370039	37.09	<i>Sillerup bæk, Vadbro</i>			

Stationer med *kursiv* angiver nationale stoftransportstationer i overvågningsprogrammet, stationer med **fed** angiver fagdatacentrets referencestationer, og de ikke fremhævede stationer er øvrige amtsslige hydrometristationer.

Bilag 2.4

Opgørelsesgrundlaget for ferskvandsafstrømningen fra Danmark

FARVANDSOMRÅDE NR. : 1 NORDSØEN								OPLAND 10809							
2. ordens farv.omr.	opland km ²	NBO	opland km ²	målest	opland km ²	opland udløb	Ref.st.	opland km ²	Målt opland		umålt type A		umålt type B		
									km ²	%	km ²	%	km ²	%	
11	174,5	1	174,5				11.02	108,3	0,0	0,0	0,0	0,0	174,5	100,0	
12	1639,1	22	1632,1	22.15	1096,7	1100,5			1096,7	67,2	3,8	0,2	531,6	32,6	
		25	1,0				22.15	1096,7	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	100,0	
		1	0,9				22.15	1096,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	100,0	
		16	5,2				22.15	1096,7	0,0	0,0	0,0	0,0	5,2	100,0	
13	3483,4	25	3483,4	25.14/	1558,4	2377,9			2170,1	62,3	207,8	6,0	1105,5	31,7	
				25.11	611,7										
14	266,4	30	257,3	30.03	15,7	15,8			15,7	6,1	0,1	0,0	241,5	93,9	
		25	9,1				30.03	15,7	0,0	0,0	0,0	0,0	9,1	100,0	
15	73,8	30	45,6				30.03	15,7	0,0	0,0	0,0	0,0	45,6	100,0	
		40	28,2				40.06	290,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,2	100,0	
16	5172,3	30	222,6				30.03	15,7	0,0	0,0	0,0	0,0	222,6	100,0	
		31	1091,8	31.13	812,1	1090,4			812,1	74,4	278,3	25,5	1,4	0,1	
		35	513,7	35.03/	223,6	512,9			436,4	85,0	76,5	14,9	0,8	0,1	
				35.06	212,8										
		36	449,4	36.01	387,8	448,5			387,8	86,3	60,7	13,5	0,9	0,2	
		38	964,8	38.01	675,3	961,7			675,3	70,0	286,4	29,7	3,1	0,3	
		39	304,7	39.09	94,1	110,7			94,1	30,9	16,6	5,4	194,0	63,7	
		40	544,9	40.06	290,0	534,8			290,0	53,2	244,8	44,9	10,1	1,8	
		42	1080,5	42.34/	537,6	1080,5			785,9	72,7	294,6	27,3	0,0	0,0	
				42.14	248,3										
SUM	10809,4		10809,4		6764,1	8233,6			6764,1	62,6	1469,5	13,6	2575,8	23,8	

FARVANDSOMRÅDE NR. : 2 SKAGERAK								OPLAND 1098							
2. ordens farv.omr.	opland km ²	NBO	opland km ²	målest	opland km ²	opland udløb	Ref.st.	opland km ²	Målt opland		umålt type A		umålt type B		
									km ²	%	km ²	%	km ²	%	
21	491,7	3	394,6	03.02	347,5	394,6			347,5	88,1	47,1	11,9	0,0	0,0	
		1	96,4				03.02	347,5	0,0	0,0	0,0	0,0	96,4	100,0	
		2	0,6				03.02	347,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	100,0	
22	567,0	4	303,3	04.02	251,0	303,3			251,0	82,7	52,3	17,3	0,0	0,0	
		1	263,7				04.02	251,0	0,0	0,0	0,0	0,0	263,7	100,0	
23	39,4	1	39,4				11.02	108,3	0,0	0,0	0,0	0,0	39,4	100,0	
SUM	1098,2		1098,2		598,5	698,0			598,5	54,5	99,5	9,1	400,2	36,4	

FARVANDSOMRÅDE NR. : 3 KATTEGAT							OPLAND 15828							
2. ordens farv.omr.	opland km ²	NBO	opland km ²	målest	opland km ²	opland udløb	Ref.st.	opland km ²	Målt opland		umålt type A		umålt type B	
									km ²	%	km ²	%	km ²	%
30	117,4	2	117,4				02.03	123,2	0,0	0,0	0,0	0,0	117,4	100,0
31	85,6	48	85,6	48.04	36,3	40,9			36,3	42,4	4,6	5,4	44,6	52,2
32	1952,1	49	277,4	49.06	257,1	277,4			257,1	92,7	20,3	7,3	0,0	0,0
		48	22,7				48.04	36,3	0,0	0,0	0,0	0,0	22,7	100,0
		52	893,6	52.08	102,2	130,6			102,2	11,4	28,4	3,2	763,0	85,4
		51	758,4	51.07	106,9	157,9			106,9	14,1	51,0	6,7	600,5	79,2
33	41,7	51	41,7				51.07	106,9	0,0	0,0	0,0	0,0	41,7	100,0
34	725,5	23	240,7				24.06	26,1	0,0	0,0	0,0	0,0	240,7	100,0
		24	484,9	24.01/	75,7	484,9			132,4	27,3	352,5	72,7	0,0	0,0
				24.07/	30,6									
				24.06	26,1									
35	3497,7	21	3252,3	21.09	1787,0	2637,5			1787,0	54,9	850,5	26,2	614,8	18,9
		23	204,7	23.08	78,6	84,1			78,6	38,4	5,5	2,7	120,6	58,9
		15	40,7				15.14	91,4	0,0	0,0	0,0	0,0	40,7	100,0
36	743,3	15	743,3	15.14	91,4	98,1			91,4	12,3	6,7	0,9	645,2	86,8
		SUM	7163,2		7163,2		2591,9	3911,5		2591,9	36,2	1319,6	18,4	3251,7

FARVANDSOMRÅDE NR. : 3 KATTEGAT							OPLAND 15828							
2. ordens farv.omr.	opland km ²	NBO	opland km ²	målest	opland km ²	opland udløb	Ref.st.	opland km ²	Målt opland		umålt type A		umålt type B	
									km ²	%	km ²	%	km ²	%
FRA SIDE	7163,2		7163,2		2591,9	3911,5			2591,9	36,2	1319,6	18,4	3251,7	45,4
37	7608,6	6	589,3	06.02	284,7	589,3			284,7	48,3	304,6	51,7	0,0	0,0
		7	392,9	07.01	104,2	158,4			104,2	26,5	54,2	13,8	234,5	59,7
		9	1048,0	09.11	6,7	13,5			6,7	0,6	6,8	0,6	1034,5	98,7
		10	897,3	10.05	101,0	138,6			101,0	11,3	37,6	4,2	758,7	84,6
		11	324,7	11.03	238,3	324,7			238,3	73,4	86,4	26,6	0,0	0,0
		12	365,2				11.02	108,3	0,0	0,0	0,0	0,0	365,2	100,0
		13	611,8	13.04	115,3	190,5			115,3	18,8	75,2	12,3	421,3	68,9
		14	374,7	14.05	317,8	374,7			317,8	84,8	56,9	15,2	0,0	0,0
		15	45,8				14.05	317,8	0,0	0,0	0,0	0,0	45,8	100,0
		16	923,6	16.11	24,2	26,0			24,2	2,6	1,8	0,2	897,6	97,2
		17	240,4	17.05	218,2	240,4			218,2	90,8	22,2	9,2	0,0	0,0
		18	616,6	18.05	556,4	616,6			556,4	90,2	60,2	9,8	0,0	0,0
		19	401,5	19.02	110,8	144,6			110,8	27,6	33,8	8,4	256,9	64,0
		20	762,9	20.23	626,8	762,9			626,8	82,2	136,1	17,8	0,0	0,0
		1	11,0				11.02	108,3	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	100,0
rest	3,0				11.02	108,3	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	100,0		
38	521,2	2	81,9				05.04	233,0	0,0	0,0	0,0	0,0	81,9	100,0
		5	244,8	05.04	233,0	244,8			233,0	95,2	11,8	4,8	0,0	0,0
		7	31,3				08.02	153,8	0,0	0,0	0,0	0,0	31,3	100,0
39	535,2	8	163,2	08.02	153,8	163,2			153,8	94,2	9,4	5,8	0,0	0,0
		2	535,2	02.03	123,2	142,7			123,2	23,0	19,5	3,6	392,5	73,3
SUM	15828,3		15828,3		5806,3	8042,4		5806,3	36,7	2236,1	14,1	7785,8	49,2	

FARVANDSOMRÅDE NR. : 4 NORDLIGE							OPLAND 3130									
2. ordens farv.omr.	opland km ²	NBO	opland km ²	målest	opland km ²	opland udløb	Ref.st.	opland km ²	Målt opland		umålt type A		umålt type B			
									km ²	%	km ²	%	km ²	%		
40	131,1	54	131,1				27.04	47,0	0,0	0,0	0,0	0,0	131,1	100,0		
41	311,7	51	311,7				51.07	106,9	0,0	0,0	0,0	0,0	311,7	100,0		
42	1191,4	45	1058,8	45.26/	535,5	622,6			600,2	56,7	22,4	2,1	436,2	41,2		
				45.27	64,7											
				43	96,2	43.03	28,1	45,8			28,1	29,2	17,7	18,4	50,4	52,4
		44	36,3				44.12	170,2	0,0	0,0	0,0	0,0	36,3	100,0		
43	781,6	27	437,1	27.01	75,0	136,9			75,0	17,2	61,9	14,2	300,2	68,7		
				28	185,6	28.02	154,2	185,6			154,2	83,1	31,4	16,9	0,0	0,0
				29	157,4						0,0	0,0	0,0	0,0	157,4	100,0
				rest	1,4				27.01	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	100,0
44	655,1	23	255,3	23.01	47,0	68,9			47,0	18,4	21,9	8,6	186,4	73,0		
				26	325,4	26.01	118,6	325,4			118,6	36,4	206,8	63,6	0,0	0,0
				27	74,3	27.04	47,0	51,0			47,0	63,2	4,0	5,4	23,3	31,4
45	59,6	23	59,6				24.06	26,1	0,0	0,0	0,0	0,0	59,6	100,0		
SUM	3130,3		3130,3		1070,1	1436,3			1070,1	34,2	366,2	11,7	1694,1	54,1		

FARVANDSOMRÅDE NR. : 5 LILLEBÆLT							OPLAND 3385									
2. ordens farv.omr.	opland km ²	NBO	opland km ²	målest	opland km ²	opland udløb	Ref.st.	opland km ²	Målt opland		umålt type A		umålt type B			
									km ²	%	km ²	%	km ²	%		
51	1045,2	29	193,9	29.04	97,6	99,9			97,6	50,3	2,3	1,2	94,0	48,5		
				32	339,4	32.01/	198,9	339,4			291,5	85,9	47,9	14,1	0,0	0,0
						32.06/	63,4									
						32.08	29,2									
		33	193,7	33.02	64,5	152,5			64,5	33,3	88,0	45,4	41,2	21,3		
		43	317,5	43.04	136,8	156,8			136,8	43,1	20,0	6,3	160,7	50,6		
		rest	0,7				43.04	136,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	100,0		
52	502,8	33	107,7				33.02	64,5	0,0	0,0	0,0	0,0	107,7	100,0		
				34	276,8	34.02/	79,0	276,8			169,0	61,1	107,8	38,9	0,0	0,0
						34.03	90,0									
				43	83,8	43.05	29,1	31,3			29,1	34,7	2,2	2,6	52,6	62,7
		37	34,4				37.08	29,5	0,0	0,0	0,0	0,0	34,4	100,0		
53	235,8	37	183,0	37.04	65,1	83,8			65,1	35,6	18,7	10,2	99,3	54,2		
				46	52,7				46.02	102,4	0,0	0,0	0,0	0,0	52,7	100,0
				rest	0,1				46.02	102,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	100,0
54	508,5	37	250,5	37.09	30,4	35,8			30,4	12,1	5,4	2,2	214,7	85,7		
				46	257,7	46.02	102,4	108,4			102,4	39,7	6,0	2,3	149,3	57,9
				rest	0,3				46.02	102,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	100,0
55	96,2	46	46,0				46.04	78,5	0,0	0,0	0,0	0,0	46,0	100,0		
				37	33,5				37.09	30,4	0,0	0,0	0,0	0,0	33,5	100,0
				41	16,6				46.04	78,5	0,0	0,0	0,0	0,0	16,6	100,0
SUM	2388,5		2388,5		986,4	1284,7			986,4	41,3	298,3	12,5	1103,8	46,2		

FARVANDSOMRÅDE NR. : 5 LILLEBÆLT							OPLAND 3385							
2. ordens farv.omr.	opland km ²	NBO	opland km ²	målest	opland km ²	opland udløb	Ref.st.	opland km ²	Målt opland		umålt type A		umålt type B	
									km ²	%	km ²	%	km ²	%
FRA SIDE	2388,5		2388,5		986,4	1284,7			986,4	41,3	298,3	12,5	1103,8	46,2
56	289,5	46	185,2	46.04	78,5	91,7			78,5	42,4	13,2	7,1	93,5	50,5
		47	49,8				46.04	78,5	0,0	0,0	0,0	0,0	49,8	100,0
		41	54,6				46.04	78,5	0,0	0,0	0,0	0,0	54,6	100,0
57	210,2	41	210,2	41.07	19,8	23,5			19,8	9,4	3,7	1,7	186,7	88,8
58	257,7	37	94,5				37.09	30,4	0,0	0,0	0,0	0,0	94,5	100,0
		41	163,0	41.10	20,2	24,7			20,2	12,4	4,5	2,7	138,4	84,9
		rest	0,1				41.10	20,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	100,0
59	239,2	41	239,2	41.09	13,6	33,0			13,6	5,7	19,4	8,1	206,2	86,2
SUM	3385,0		3385,0		1118,5	1457,4			1118,5	33,0	338,9	10,0	1927,6	56,9

FARVANDSOMRÅDE NR. : 6 STOREBÆLT							OPLAND 5424							
2. ordens farv.omr.	opland km ²	NBO	opland km ²	målest	opland km ²	opland udløb	Ref.st.	opland km ²	Målt opland		umålt type A		umålt type B	
									km ²	%	km ²	%	km ²	%
61	1211,5	54	201,7				55.08	417,7	0,0	0,0	0,0	0,0	201,7	100,0
		55	532,3	55.08	417,7	525,6			417,7	78,5	107,9	20,3	6,7	1,3
		56	477,4	56.11/	260,7	477,0			385,7	80,8	91,3	19,1	0,4	0,1
				56.09/	68,7									
				56.10	56,3									
62	2344,9	54	135,8				54.04	14,0	0,0	0,0	0,0	0,0	135,8	100,0
		57	1150,9	57.12	756,1	820,4			756,1	65,7	64,3	5,6	330,5	28,7
		60	144,6				60.04	42,9	0,0	0,0	0,0	0,0	144,6	100,0
		61	315,0	61.04	31,7	35,7			31,7	10,1	4,0	1,3	279,3	88,7
		62	166,2				62.02	24,8	0,0	0,0	0,0	0,0	166,2	100,0
		63	308,6	63.02	41,3	72,9			41,3	13,4	31,6	10,2	235,7	76,4
		64	122,2	64.10	39,8	69,9			39,8	32,6	30,1	24,6	52,3	42,8
		rest	1,6				64.10	39,8	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	100,0
63	280,9	60	136,1				60.04	42,9	0,0	0,0	0,0	0,0	136,1	100,0
		61	144,8	61.03	56,6	69,2			56,6	39,1	12,6	8,7	75,6	52,2
64	455,2	47	139,9				47.09	40,0	0,0	0,0	0,0	0,0	139,9	100,0
		62	315,3	62.06	67,3	67,3			67,3	21,3	0,0	0,0	248,0	78,7
65	436,4	47	436,4	47.15	57,7	83,4			57,7	13,2	25,7	5,9	353,0	80,9
SUM	4728,8		4728,8		1853,9	2221,4			1853,9	39,2	367,5	7,8	2507,5	53,0

FARVANDSOMRÅDE NR. : 6 STOREBÆLT							OPLAND 5424							
2. ordens farv.omr.	opland km ²	NBO	opland km ²	målest	opland km ²	opland udløb	Ref.st.	opland km ²	Målt opland		umålt type A		umålt type B	
									km ²	%	km ²	%	km ²	%
FRA SIDE	4728,8		4728,8		1853,9	2221,4			1853,9	39,2	367,5	7,8	2507,5	53,0
66	288,6	47	288,6	47.10	53,3	54,4			53,3	18,5	1,1	0,4	234,2	81,2
67	406,9	44	406,9	44.12	170,2	175,9			170,2	41,8	5,7	1,4	231,1	56,8
SUM	5424,3		5424,3		2077,4	2451,6			2077,4	38,3	374,2	6,9	2972,7	54,8

FARVANDSOMRÅDE NR. : 7 ØRESUND									OPLAND 1717					
2. ordens farv.omr.	opland km ²	NBO	opland km ²	målest	opland km ²	opland udløb	Ref.st.	opland km ²	Målt opland		umålt type A		umålt type B	
									km ²	%	km ²	%	km ²	%
71	1003,1	53	434,5	53.02	25,5	46,4			25,5	5,9	20,9	4,8	388,1	89,3
		58	181,6	58.07	134,1	181,6			134,1	73,8	47,5	26,2	0,0	0,0
		59	332,8	59.01	130,2	297,5			130,2	39,1	167,3	50,3	35,3	10,6
		60	54,2				59.01	130,2	0,0	0,0	0,0	0,0	54,2	100,0
72	465,8	53	128,1				53.08	63,5	0,0	0,0	0,0	0,0	128,1	100,0
		50	337,7	50.06/	74,4	139,7			136,8	40,5	2,9	0,9	198,0	58,6
				50.05	62,4									
73	248,1	48	248,1	48.15	128,2	130,1			128,2	51,7	1,9	0,8	118,0	47,5
SUM	1717,0		1717,0		554,8	795,4			554,8	32,3	240,6	14,0	921,6	53,7

FARVANDSOMRÅDE NR. : 8 SYDLIGE BÆLTHAV									OPLAND 418					
2. ordens farv.omr.	opland km ²	NBO	opland km ²	målest	opland km ²	opland udløb	Ref.st.	opland km ²	Målt opland		umålt type A		umålt type B	
									km ²	%	km ²	%	km ²	%
81	39,9	47	39,9				47.09	40,0	0,0	0,0	0,0	0,0	39,9	100,0
82	377,8	65	369,9	65.01	203,5	203,6			203,5	55,0	0,1	0,0	166,3	45,0
		61	7,9				61.03	56,6	0,0	0,0	0,0	0,0	7,9	100,0
SUM	417,7		417,7		203,5	203,6			203,5	48,7	0,1	0,0	214,1	51,3

FARVANDSOMRÅDE NR. : 9 ØSTERSØEN									OPLAND [km ²] : 1207					
2. ordens farv.omr.	opland km ²	NBO	opland km ²	målest	opland km ²	opland udløb	Ref.st.	opland km ²	Målt opland		umålt type A		umålt type B	
									km ²	%	km ²	%	km ²	%
91	589,6	66	239,1	66.01	42,4	42,6			42,4	17,7	0,2	0,1	196,4	82,2
		67	350,5	67.05	45,5	45,9			45,5	13,0	0,4	0,1	304,7	86,9
92	106,0	60	59,8				61.03	56,6	0,0	0,0	0,0	0,0	59,8	100,0
		61	46,2				61.03	56,6	0,0	0,0	0,0	0,0	46,2	100,0
93	511,9	60	511,9	60.04	42,6	49,7			42,6	8,3	7,1	1,4	462,2	90,3
SUM	1207,4		1207,4		130,5	138,2			130,5	10,8	7,7	0,6	1069,2	88,6

Bilag 2.5

Ferskvandsafstrømning i 1999 opgjort månedsvis til de 49 2. ordens kystafsnit (l/sek)

Farvandsområde	Opland km ²	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	1999	vinter	sommer	år	år
	l/s													l/s/km ²			mm	mm
11 Hanstholm-Thyborøn	175	4856	3049	4126	3446	2581	2288	1719	1302	1731	3248	2616	6562	3134	23,7	12,3	18,0	566
12 Thyborøn-Vedersø	1639	43381	37347	42892	33062	23169	26989	26910	22682	23579	33592	27397	50007	32598	23,9	16,0	19,9	627
13 Vedersø-Nyminddegab	3483	74954	67017	79496	59177	44470	44079	40051	31938	35827	89632	50491	91247	59094	20,3	13,7	17,0	535
14 Nyminddegab-Blåvand	266	3494	4730	9703	2181	403	532	368	344	486	3851	1027	9496	3059	19,3	3,8	11,5	362
15 Blåvand-Grønsø	74	1365	1473	2528	803	346	327	224	191	234	1201	512	2667	991	21,3	5,7	13,4	424
16 Vadehavet	5172	136060	122341	154773	88850	59324	55574	46256	36480	48814	122051	67416	179006	93144	24,2	11,9	18,0	568
1 Nordøen, ialt	10809	264110	235958	293517	187519	130293	129788	115528	92937	110671	253575	149458	338965	192020	22,8	12,9	17,8	560
21 Tannis Bugt	492	11529	6795	11952	6731	4657	7184	5510	6588	6026	11243	5693	13513	8148	19,2	14,0	16,6	523
22 Jammerbugten	567	12519	7066	14433	7356	4612	8733	5438	5942	5327	12385	5155	18766	9019	19,4	12,5	15,9	502
23 Vigø Bugt	39	1097	689	932	779	583	517	388	294	391	734	591	1483	708	23,7	12,3	18,0	566
2 Skagerak, ialt	1098	25145	14549	27317	14866	9853	16434	11336	12824	11744	24362	11439	33762	17875	19,5	13,1	16,3	513
30 Abne Kattegat	117	2354	1446	2573	1448	1226	1749	1267	2056	2000	2196	1326	3231	1913	17,7	14,9	16,3	514
31 Hesselø Bugt øst	86	1684	1236	1820	837	538	516	180	478	211	335	252	1883	832	15,1	4,4	9,7	307
32 Isefjord-Roskilde Fjord	1952	32030	23211	33233	15898	7991	6786	4435	4855	3401	6357	6049	24677	14068	11,6	2,9	7,2	227
33 Hesselø Bugt vest	42	810	581	823	358	171	151	103	125	93	164	146	650	348	13,5	3,2	8,3	263
34 Djursland	726	14328	11912	20320	10265	7355	9193	5408	8154	6553	14665	8130	16592	11094	18,8	11,8	15,3	482
35 Hevring Bugt	3498	62742	56345	75486	55606	38059	34876	34448	29138	30499	66318	37919	79000	50098	17,6	11,1	14,3	452
36 Alborg Bugt syd	743	8152	6669	11349	8425	6525	7702	7038	7901	6567	9858	5903	10586	8078	11,5	10,2	10,9	343
37 Limfjorden	7609	144074	112009	148433	113073	71794	83987	76080	55782	66901	108524	83563	189218	104584	17,4	10,1	13,7	433
38 Alborg Bugt nord	521	12944	7990	14801	7474	5796	7498	5356	6135	5263	9184	5240	13362	8446	19,9	12,5	16,2	511
39 Ålbæk Bugt	535	10728	6591	11727	6598	5585	7969	5776	9369	9113	10008	6041	14723	8717	17,7	14,9	16,3	514
3 Kattegat, ialt	15828	289845	227990	320566	219983	145040	160426	140092	123994	130601	227609	154567	353920	208176	16,6	9,8	13,2	415
40 Farvandet omkring Samø	131	3280	2333	3490	1390	585	767	471	475	644	1821	754	3165	1600	18,4	6,1	12,2	385
41 Sejerøbugten	312	6061	4349	6159	2682	1279	1127	771	934	697	1229	1090	4863	2602	13,5	3,2	8,3	263
42 Nord for Fyn	1191	35007	20929	35208	12619	7640	6713	5998	5557	3888	7640	5946	32026	14965	20,0	5,2	12,6	396
43 Horsens Fjord	782	20873	13270	22065	8668	4603	4590	3465	3159	4408	12160	4802	23208	10469	20,0	6,9	13,4	422
44 Århus Bugt	655	13364	9748	16766	9142	4221	5651	3895	4213	4353	8672	3519	16727	8374	17,8	7,9	12,8	403
45 Ebeltoft Vig	60	1375	1088	2002	942	788	921	524	836	659	1902	981	2120	1182	24,0	15,8	19,8	626
4 Nordlige Bælthav, ialt	3130	79959	51717	85960	35443	19116	19769	15124	15173	14649	33424	17092	82109	39192	18,9	6,3	12,5	395
51 Nordlige Lillebælt	1045	29777	18860	28770	15161	10217	9534	8105	6931	8042	13793	8840	34784	16107	21,9	9,0	15,4	486
52 Snævrøingen	503	18894	10989	18215	7173	4009	4110	3154	2525	3322	9147	4060	26088	9344	28,6	8,7	18,6	586
53 Bredningen nord	236	7051	4416	7183	2639	1091	1278	690	1220	1389	4516	1418	9484	3544	23,0	7,2	15,0	474
54 Bredningen syd	509	14251	9746	16011	5239	2309	2434	1495	1577	1581	6063	2798	16835	6710	21,4	5,1	13,2	416
55 Møllestem bælt øst	96	2339	1758	2791	948	523	485	347	371	338	889	503	2976	1191	19,8	5,1	12,4	390
56 Sydlige Lillebælt	289	6574	5279	7828	3100	1841	1513	1186	1275	976	1709	1275	7357	3328	18,2	4,9	11,5	363
57 Flensborg Fjord	210	8840	6600	6758	1437	744	760	197	129	194	1530	825	10230	3185	27,7	2,8	15,2	478
58 Møllestem bælt vest	258	4988	3628	6042	1935	1036	1230	687	600	695	2623	1270	7019	2653	16,2	4,5	10,3	325
59 Als Fjord og Sund	239	6493	4759	6399	1396	908	289	64	34	34	150	189	3706	2030	16,1	1,0	8,5	268
5 Lillebælt, ialt	3385	99209	66035	99997	39028	22678	21634	15925	14663	16569	40420	21179	118479	48093	22,0	6,5	14,2	448
61 Storebælt	1212	20006	20511	27417	14294	9219	7667	4320	4811	3956	5002	4289	13481	11212	13,8	4,8	9,3	292
62 Smålandsfarvandet vest	2345	50946	33883	58058	13483	9639	7378	3665	3521	3110	6070	5288	36826	19334	14,2	2,4	8,2	260
63 Smålandsfarvandet øst	281	7111	3652	6844	1241	1486	780	314	216	198	451	407	3603	2197	13,7	2,0	7,8	247
64 Langelands Bælt	455	9901	5654	10910	2475	1649	1111	836	715	503	1528	963	7711	3673	13,9	2,3	8,1	254
65 Sydøstlige Øhav	436	12316	7517	13395	4461	2651	1893	1211	1569	1025	2609	1218	9533	4960	18,7	4,2	11,4	358
66 Langelandsund	289	10197	5391	10852	2949	1693	1477	1045	1364	980	2232	1268	14092	4485	26,2	5,1	15,5	490
67 Storebælt vest	407	9449	5478	9323	2951	2252	1825	1089	932	1062	1654	1149	9574	3905	15,7	3,6	9,6	303
6 Storebælt, ialt	5424	119926	82086	136800	41855	28589	22132	12479	13127	10834	19547	14582	94821	49766	15,2	3,3	9,2	289
71 Øresund syd	1003	17677	10249	18858	4367	3501	1887	781	1540	798	1941	923	15363	6509	11,3	1,7	6,5	205
72 Øresund nord	466	6260	5042	8044	3978	2626	2504	1310	4057	2555	2350	1556	7672	4002	11,7	5,5	8,6	271
73 Øresund Tragt	248	3052	3258	3611	3067	2774	2315	1061	1309	993	870	952	2470	2139	11,0	6,3	8,6	272
7 Øresund, ialt	1717	26989	18549	30513	11412	8901	6706	3152	6906	4346	5161	3431	25505	12650	11,4	3,4	7,4	232
81 Bælthav vest	40	1309	666	1338	359	209	126	89	110	66	254	132	1031	476	20,4	3,6	11,9	376
82 Bælthav øst	378	6500	4889	7527	1075	1291	406	176	253	127	169	145	4673	2268	11,0	1,1	6,0	189
8 Sydligte Bælthav, ialt	418	7809	5555	8865	1434	1500	532	265	363	193	423	276	5704	2744	11,9	1,3	6,6	207
91 Bornholm	590	12554	9947	13418	8743	5140	1581	672	1259	624	3063	3699	20229	6751	19,5	3,5	11,5	361
92 Falster-Møn øst	106	2685	1219	2414	427	279	274	76	51	53	84	75	891	712	12,2	1,3	6,7	212
93 Fakse Bugt	512	12944	7472	13335	2472	4158	1525	791	548	471	1268	1143	8976	4603	15,2	2,9	9,0	284
9 Østersøen, ialt	1207	28183	18638	29167	11642	9577	3380	1539	1858	1148	4415	4917	30096	12067	17,1	3,0	10,0	315
Danmark, ialt	43018	941176	721076	1032432	563182	375546	380801	315440	281846	300755	608937	376942	1083380	582581	18,4	8,8	13,5	427

Ferskvandsafstrømningen 1999 til 1. ordens kystafsnit (mill. m³)

Farvandsområde	10E6 m ³	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Året
1		707	571	786	486	349	336	309	249	287	679	387	908	6056
2		67	35	73	39	26	43	30	34	30	65	30	90	564
3		776	552	859	570	388	416	375	332	339	610	401	948	6565
4		214	125	230	92	51	51	41	41	38				

Bilag 3.1

Koncentrationer i kilder 1989-99 – gennemsnit.

Dyrkede oplande				
År	n	NO ₃ -N mg N/l	Total-P mg P/l	PO ₄ -P mg P/l
1989	40	5,95	0,084	0,044
1990	41	5,91	0,086	0,041
1991	41	5,82	0,076	0,039
1992	41	5,88	0,084	0,038
1993	41	6,16	0,073	0,036
1994	41	6,29	0,070	0,035
1995	41	6,52	0,067	0,035
1996	41	6,69	0,076	0,040
1997	41	6,50	0,075	0,039
1998	40	6,83	0,074	0,039
1999	41	6,64	0,073	0,032

Naturoplande				
År	n	NO ₃ -N mg N/l	Total-P mg P/l	PO ₄ -P mg P/l
1989	12	0,51	0,051	0,037
1990	12	0,56	0,055	0,038
1991	12	0,64	0,055	0,040
1992	12	0,60	0,061	0,040
1993	12	0,64	0,056	0,038
1994	12	0,67	0,063	0,041
1995	12	0,63	0,054	0,039
1996	12	0,58	0,052	0,037
1997	12	0,56	0,048	0,036
1998	12	0,53	0,054	0,034
1999	12	0,58	0,050	0,036

Bilag 3.2

Koncentrationer i kilder 1989-99 – gennemsnit.

Lerjordsoplande				
År	n	NO ₃ -N mg N/l	Total-P mg P/l	PO ₄ -P mg P/l
1989	19	3,72	0,087	0,032
1990	19	3,83	0,094	0,031
1991	19	3,69	0,075	0,027
1992	19	3,98	0,089	0,026
1993	19	3,95	0,063	0,021
1994	19	3,92	0,065	0,020
1995	19	4,07	0,056	0,021
1996	19	4,06	0,076	0,030
1997	19	4,07	0,066	0,025
1998	18	4,15	0,075	0,036
1999	19	4,42	0,069	0,020

Sandjordsoplande				
År	n	NO ₃ -N mg N/l	Total-P mg P/l	PO ₄ -P mg P/l
1989	33	5,26	0,070	0,048
1990	34	5,19	0,071	0,045
1991	34	5,19	0,069	0,047
1992	34	5,08	0,074	0,046
1993	34	5,45	0,072	0,046
1994	34	5,63	0,071	0,046
1995	34	5,81	0,069	0,045
1996	34	6,00	0,068	0,045
1997	34	5,76	0,070	0,046
1998	34	6,02	0,066	0,038
1999	34	5,74	0,068	0,040

Bilag 4.1

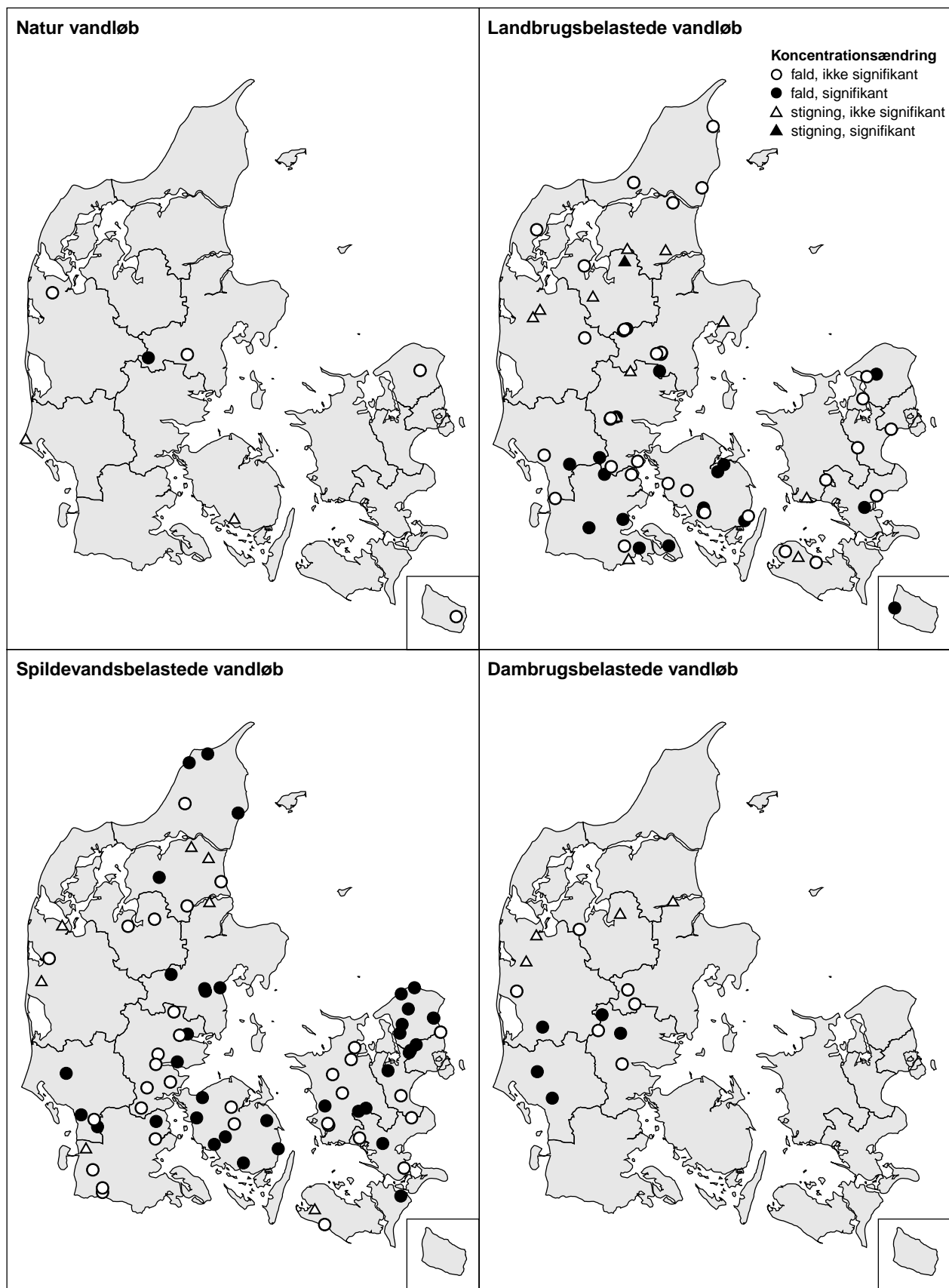
Udvikling i afstrømning, kvælstoftransport og vandføringsvægtede koncentrationer fra 1989-1999. n er antallet af stationer, der indgår de enkelte år.

Kvælstof 1989-99	Naturoplande (TYPE 1)							Dyrkede oplande (Type 3)						
	Afstrømning			Transport		Vandførings- vægtet konc.		Afstrømning			Transport		Vandførings- vægtet konc.	
	mm			kg N/ha		mg N l ⁻¹		mm			kg N ha ⁻¹		mg n l ⁻¹	
	n	gns.	median	gns.	median	gns.	median	n	gns.	median	gns.	median	gns.	median
1989	6	155	156	2,6	1,6	1,6	1,6	53	179	148	12,7	12,4	8,0	7,8
1990	7	165	144	2,3	2,4	1,6	1,7	60	272	250	23,7	21,7	9,4	9,3
1991	7	185	199	2,4	2,2	1,4	1,5	60	233	213	17,8	17,8	8,3	8,0
1992	7	169	189	2,6	1,4	1,7	1,9	60	229	197	22,0	19,9	10,4	10,2
1993	7	180	182	2,6	2,1	1,6	1,6	60	269	241	23,0	23,6	9,2	8,7
1994	7	279	272	4,3	4,3	1,7	1,6	60	402	401	29,3	29,1	7,8	7,3
1995	7	228	228	3,3	3,1	1,6	1,4	60	292	272	18,6	18,2	7,0	6,4
1996	7	124	86	1,5	0,6	1,4	1,1	60	133	106	8,6	7,3	7,4	6,8
1997	7	117	99	1,5	0,6	1,3	1,4	60	150	125	10,0	9,0	7,7	7,6
1998	7	203	158	3,1	3,2	1,7	1,5	60	330	305	26,6	24,5	8,6	8,1
1999	7	249	234	3,3	3,2	1,5	1,2	60	365	334	24,6	22,5	7,1	6,6

Oplande med punktkilder (TYPE 4)							Oplande med dambrug (TYPE 5)							
Afstrømning			Transport		Vandførings- vægtet konc.		Afstrømning			Transport		Vandførings- vægtet konc.		
mm			kg N ha ⁻¹		mg N l ⁻¹		mm			kg N ha ⁻¹		mg N l ⁻¹		
	n	gns.	median	gns.	median	gns.	median	n	gns.	median	gns.	median	gns.	median
1989	75	205	183	14,5	13,2	8,2	7,8	13	431	431	16,9	16,0	4,3	4,3
1990	77	292	252	24,2	23,4	9,2	9,2	14	464	454	19,9	20,9	4,6	4,4
1991	77	279	260	21,3	20,5	8,1	8,4	14	420	403	17,5	18,6	4,6	4,3
1992	77	265	232	23,6	22,1	9,5	9,5	14	429	438	20,0	20,3	5,0	4,7
1993	77	315	294	25,5	25,4	8,5	8,4	14	443	445	19,1	19,7	4,7	4,4
1994	77	441	416	30,4	30,3	7,1	7,4	14	556	579	24,8	25,3	4,7	4,3
1995	77	340	305	21,2	20,5	6,6	6,5	14	510	501	20,6	20,7	4,4	3,9
1996	77	167	150	9,6	7,9	6,0	5,8	14	340	299	13,3	11,7	4,4	3,9
1997	77	178	169	10,5	9,1	6,5	6,3	14	345	288	12,8	12,5	4,2	3,7
1998	77	350	329	26,0	25,7	7,8	7,8	14	440	462	18,0	19,6	4,4	4,0
1999	77	391	369	23,5	22,9	6,3	6,1	14	511	533	19,8	21,1	4,1	3,6

Bilag 4.2

Ændring i koncentrationen af total kvælstof i vandløb i perioden 1989-99. I statistisk test er C/Q sammenhænge anvendt.



Bilag 5.1

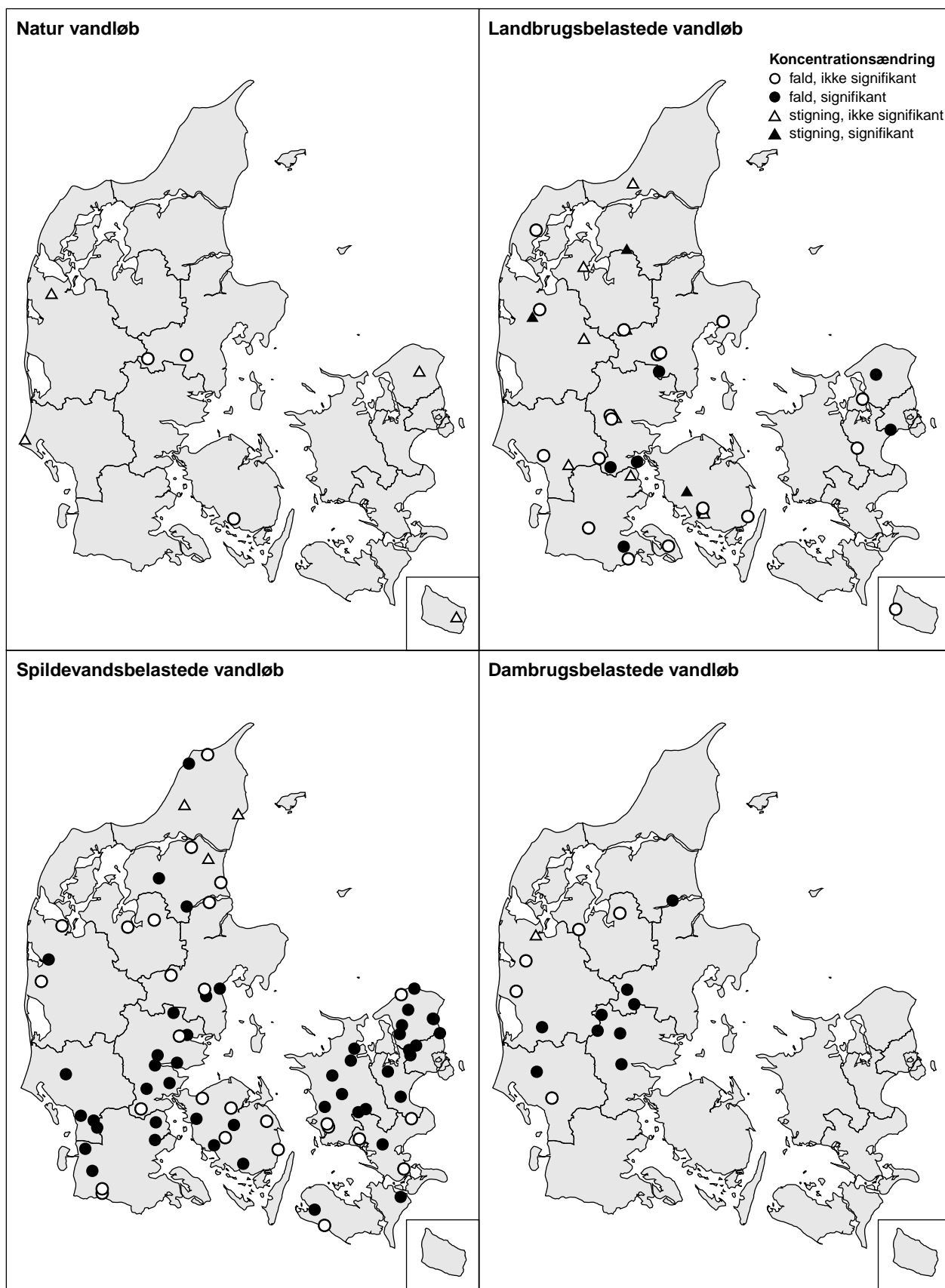
Udvikling i afstrømning, fosfortransport og vandføringvægtede koncentrationer, 1989-1999. n er antallet af stationer, der indgår de enkelte år.

Fosfor 1989-99	Naturoplande (TYPE 1)							Dyrkede oplande (Type 2)						
	Afstrømning			Transport		Vandførings- vægtet konc.		Afstrømning			Transport		Vandførings- vægtet konc.	
	n	gns.	median	gns.	median	gns.	median	n	gns.	median	gns.	median	gns.	median
1989	6	155	156	0,07	0,06	0,05	0,04	32	178	140	0,25	0,20	0,15	0,15
1990	7	165	144	0,08	0,08	0,06	0,05	38	278	249	0,39	0,32	0,14	0,14
1991	7	185	199	0,08	0,07	0,05	0,05	38	225	205	0,29	0,20	0,13	0,12
1992	7	169	189	0,08	0,05	0,05	0,05	38	230	195	0,23	0,18	0,11	0,10
1993	7	180	182	0,08	0,06	0,05	0,05	38	259	225	0,30	0,22	0,12	0,10
1994	7	279	272	0,14	0,12	0,05	0,05	37	397	376	0,52	0,41	0,13	0,12
1995	7	229	227	0,11	0,12	0,05	0,05	37	295	266	0,36	0,26	0,12	0,11
1996	7	124	86	0,04	0,05	0,05	0,04	38	137	101	0,16	0,12	0,12	0,10
1997	7	117	99	0,04	0,04	0,04	0,03	38	154	122	0,17	0,12	0,11	0,11
1998	7	203	158	0,08	0,07	0,05	0,05	38	341	326	0,43	0,36	0,13	0,11
1999	7	249	234	0,13	0,12	0,06	0,06	37	380	345	0,54	0,41	0,15	0,11

Oplande med punktkilder (TYPE 4)							Oplande med dambrug (TYPE 5)							
Afstrømning			Transport		Vandførings- vægtet konc.		Afstrømning			Transport		Vandførings- vægtet konc.		
n	gns.	median	gns.	median	gns.	median	n	gns.	median	gns.	median	gns.	median	
1989	76	205	183	0,94	0,58	0,67	0,30	13	431	431	0,76	0,68	0,18	0,16
1990	77	292	252	0,99	0,63	0,47	0,23	14	464	454	0,67	0,67	0,15	0,15
1991	77	279	260	0,87	0,54	0,39	0,20	14	420	403	0,57	0,50	0,14	0,13
1992	77	265	232	0,55	0,42	0,25	0,16	14	430	438	0,49	0,45	0,12	0,12
1993	77	315	294	0,56	0,51	0,20	0,16	14	443	445	0,50	0,48	0,12	0,11
1994	77	441	416	0,78	0,73	0,19	0,16	14	556	579	0,65	0,63	0,12	0,11
1995	77	340	305	0,54	0,47	0,17	0,14	14	510	501	0,51	0,45	0,10	0,10
1996	77	167	150	0,31	0,27	0,23	0,18	14	341	299	0,37	0,34	0,11	0,10
1997	77	178	169	0,28	0,25	0,19	0,15	14	345	289	0,35	0,32	0,10	0,09
1998	77	350	329	0,55	0,51	0,16	0,15	14	440	462	0,47	0,42	0,11	0,10
1999	77	391	369	0,63	0,60	0,17	0,15	14	511	533	0,57	0,56	0,11	0,11

Bilag 5.2

Ændring i koncentrationen af total fosfor i vandløb i perioden 1989-99. I statistisk test er C/Q sammenhænge anvendt.



Bilag 7

Tabellen viser anvendte detektionsgrænser for de 4 hovedstationer og de 4 EU stationer (Cd og Hg) i 1999, sammenholdt med NOVA sekretariatets midlertidigt anbefalede detektionsgrænse, og det almindelige koncentrationsniveau i 1999. Analyser for syv tungmetaller er udført på fraktionerede prøver, undtagen på st. 250082 og tildels på 210084. Ved stnr. 280001 og 450002 mangler for partikelbunden fraktion oplysninger om anvendt detektionsgrænse og antal målinger under detektionsgrænsen. U = antal prøver som blev målt til at være under den anvendte detektionsgrænse. N = antal vandprøver. + = alle prøver blev målt over ikke oplyst detektionsgrænse.

Detektionsgrænser for tungmetaller, 1999

Gudenå v. A10. Bygholm Å		Odense å, Ejby Mølle		Damhuså Tvillum		Gudenå, Tvillum		Skjern å, Ahlergårde		Odense å, Nørrebroby Mølle		Suså, Holløse Mølle		Midlertidigt anbefalet detektionsgrænse		Almindeligt koncentrations-niveau	
210467		280001		450002		530028		210084		250082		450004		570058		(median, 1999)	
U		U		U		U		U		U		U		U		µg l ⁻¹	
(N=11)		(N=12)		(N=12)		(N=12)		(N=12)		(N=12)		(N=12)		(N=13)		µg l ⁻¹	
As total opløst	0,05	1	?	?	?	?	+	0						0,05		1,4	
partikelbundet																	
Cd total opløst	0,009	1	0,004	6	0,004	6	0,02	11	0,5	2/2	0,2	11	0,004	1	0,005	2	0,021
partikelbundet	0,005-0,16	5	?	?	?	?	0,1	1									
Cr total opløst	0,04-0,05	4	0,03	1	0,03	2	0,5	11									0,51
partikelbundet	0,05-6	5	?	?	?	?	0,1	4									
Cu total opløst	+	0	+	0	+	0	+	0									2,8
partikelbundet	0,05-0,4	4	?	?	?	?	+	0									
Hg total	0,005	5	0,0002	4	0,0002	1	0,2	12	0,5	2/2	1	12	0,0002	4	0,0002	1	0,0022
Pb total opløst	+	0	0,025	6	0,025	8	0,025	2									0,64
partikelbundet	0,05-0,4	4	?	?	?	?	+	0									
Ni total opløst	+	0	+	0	+	0	+	0									2,7
partikelbundet	0,05-0,4	2	?	?	?	?	0,01-0,02	5									
Zn total opløst	+	0	0,5	3	0,5	3	+	0									12
partikelbundet	0,5-4,7	4	?	?	?	?	+	0									

Bilag 9.1

Tilførsel (tons) af kvælstof, fosfor og BOD₅ via vandløb og direkte udledninger (eksklusiv havbrug) til de ni 1. ordens kystafsnit og i alt i 1999. I den diffuse belastning indgår baggrundsbidraget, bidrag fra dyrkede arealer og fra spredt bebyggelse. I denne opgørelse er der ikke taget højde for retention.

Farvands-områder	Kvælstof				Fosfor				BOD ₅			
	Diffus belastning	Punkt-kilder ferskv.	Direkte udledninger	Totalt til kystafsnit	Diffus belastning	Punkt-kilder ferskv.	Direkte udledninger	Totalt til kystafsnit	Diffus belastning	Punkt-kilder ferskv.	Direkte udledninger	Totalt til kystafsnit
Nordsøen	23000	1540	150	24700	530	160	20	700	5700	2600	130	8500
Skagerrak	3100	80	90	3200	120	10	10	140	1600	100	700	2500
Kattegat	34600	1470	850	37000	760	170	100	1040	11800	2100	2000	16300
Nordlige Bælthav	7800	500	330	8600	140	50	20	220	1800	500	200	2800
Lillebælt	8000	370	410	8800	220	40	50	330	1900	600	500	3300
Storebælt	11200	360	460	12000	190	50	50	300	2100	500	7050	10400
Øresund	2000	200	1080	3300	30	40	160	230	500	300	900	1700
Sydlig Bælthav	700	70	10	800	10	10	0	20	100	200	0	300
Østersøen	2700	40	90	2800	40	10	10	60	500	100	300	800
Danmark	93100	4620	3480	101200	2050	540	480	3030	26000	6900	11780	44680

Bilag 9.2.1

Tilførslen af kvælstof via vandløb og direkte udledninger og samlet til 1. og 2. ordens marine kystafsnit i 1999, kilderne hertil, retention i ferskvand oplandstab samt den diffuse tilførsel (inkl. retention).

MARIN	Areal km ²	Tilførsel via vandløb kg	Direkte udledninger kg	Samlet tilførsel kg	Retention i ferskvand kg	Diffuse kilder %	punktkild. ferskv. %	direkte punkt. %	Oplandstab kg/ha	Diffuse tilførsel inkl. ret. kg/ha
11	171	681482	347	681829	162907	99,0	1,0	0,0	39,9	48,9
12	1639	3373133	37050	3410183	150622	90,2	8,7	1,0	20,6	19,6
13	3485	6086425	9177	6095602	599847	93,0	6,8	0,1	17,5	17,9
14	268	252937	0	252937	25713	99,7	0,3	0,0	9,4	10,4
15	75	20318	0	20318	6608	100,0	0,0	0,0	2,7	3,6
16	5222	14091960	106482	14198442	297666	94,0	5,3	0,7	27,0	26,1
21	492	1328238	914	1329152	19973	97,8	2,1	0,1	27,0	26,8
22	567	1643366	50467	1693833	15674	94,4	2,6	3,0	29,0	28,5
23	39	157935	41489	199424	3782	77,4	2,2	20,4	40,5	40,3
30	138	295103	5651	300754	0	98,1	0,0	1,9	21,4	21,4
31	86	130156	16726	146882	1167	83,2	5,5	11,3	15,2	14,4
32	1952	2910535	80872	2991407	226507	90,5	7,0	2,5	14,9	14,9
33	42	86618	3681	90299	5327	95,3	0,8	3,8	20,8	21,9
34	725	1553938	37338	1591276	123539	95,5	2,3	2,2	21,4	22,6
35	3499	6908477	24528	6933005	1344712	93,4	6,4	0,3	19,7	22,1
36	743	1968046	65890	2033936	47575	94,6	2,2	3,2	26,5	26,5
37	7608	19551880	328769	19880649	1492688	95,7	2,7	1,5	25,7	26,9
38	522	1391770	16489	1408259	14139	97,4	1,5	1,2	26,7	26,5
39	537	1320338	271926	1592264	17397	82,2	0,9	16,9	24,6	24,6
40	131	567385	6966	574351	0	94,4	4,4	1,2	43,2	41,2
41	312	598270	4460	602730	273422	97,7	1,8	0,5	19,2	27,4
42	1191	2839197	167131	3006328	83370	87,1	7,5	5,4	23,8	22,6
43	777	2433779	68471	2502250	39726	95,4	1,9	2,7	31,3	31,2
44	657	1689115	88627	1777742	114765	86,1	9,2	4,7	25,7	24,8
45	60	145031	1523	146554	5296	99,0	0,0	1,0	24,3	25,2
51	1045	2529668	7933	2537601	69828	91,8	7,9	0,3	24,2	22,9
52	506	1591133	140148	1731281	37468	88,9	3,2	7,9	31,4	31,1
53	234	653634	7707	661341	36668	98,0	0,9	1,1	27,9	29,2
54	508	1036179	54310	1090489	69177	92,3	3,0	4,7	20,4	21,1
55	94	232525	8702	241227	41659	93,4	3,5	3,1	24,7	28,1
56	289	522890	57504	580394	20814	89,2	1,2	9,6	18,1	18,6
57	210	556286	34812	591098	11839	91,6	2,6	5,8	26,5	26,3
58	258	725510	66787	792297	32814	90,4	1,5	8,1	28,1	28,9
59	239	527554	32681	560235	21191	91,7	2,7	5,6	22,1	22,3
61	1213	2602223	121911	2724134	915976	94,0	2,6	3,3	21,5	28,2
62	2345	4691045	116340	4807385	1101015	94,7	3,3	2,0	20,0	23,9
63	281	585690	38456	624146	14748	91,5	2,5	6,0	20,8	20,8
64	455	977364	87537	1064901	27646	90,6	1,4	8,0	21,5	21,8
65	436	1038896	23712	1062608	26646	96,8	1,0	2,2	23,8	24,2
66	289	975635	23360	998995	10984	96,6	1,1	2,3	33,8	33,7
67	398	707602	45779	753381	17073	92,0	2,1	5,9	17,8	17,8
71	994	1707292	308589	2015881	81643	81,2	4,1	14,7	17,2	17,1
72	467	294463	762620	1057083	314945	37,6	6,8	55,6	6,3	11,1
73	248	224359	9360	233719	325747	94,6	3,7	1,7	9,0	21,3
81	40	98180	2720	100900	6128	96,5	0,9	2,5	24,6	25,9
82	378	690756	9353	700109	12391	88,8	9,9	1,3	18,3	16,7
91	588	1410807	59627	1470434	0	95,3	0,7	4,1	24,0	23,8
92	106	222029	2832	224861	3616	96,0	2,7	1,2	20,9	20,7
93	512	1083652	23977	1107629	16984	95,4	2,5	2,1	21,2	20,9
Danmark	43070	97710804	3481818	101192622	8289420	92,6	4,2	3,2	22,7	23,5
Nordsøen	10860	24506255	191143	24697398	1243363	93,3	5,9	0,7	22,6	22,3
Skagerrak	1098	3129539	99170	3228709	39429	94,6	2,4	3,0	28,5	28,2
Kattegat	15852	36116864	852270	36969134	3273049	94,2	3,6	2,1	22,8	23,9
N. Bælthav	3128	8272778	384578	8657356	516579	90,4	5,4	4,2	26,4	26,5
Lillebælt	3383	8375380	459684	8835064	341457	91,0	4,0	5,0	24,8	24,7
Storebælt	5417	11578456	606595	12185051	2114088	93,2	2,5	4,2	21,4	24,6
Øresund	1709	2226113	1080569	3306682	722335	68,2	5,0	26,8	13,0	16,1
S. Bælthav	418	788936	12073	801009	18519	89,8	8,8	1,5	18,9	17,6
Østersøen	1206	2716488	86736	2803224	20600	95,4	1,6	3,1	22,5	22,3
Danmark	43070	97710809	3772818	101483627	8289420	92,4	4,2	3,4	22,7	23,5

Belastningen fra havdambrug kendes kun på 1. ordens niveau og er derfor ikke medregnet under direkte udledninger for 2. ordens kystafsnit.

Bilag 9.2.2

Tilførslen af fosfor via vandløb og direkte udledninger og samlet til 1. og 2. ordens marine kystafsnit i 1999, kilderne hertil, retention i ferskvand, oplandsstab samt den diffuse tilførsel (inkl. retention).

MARIN	Areal km ²	Tilførsel via vandløb kg	Direkte udledninger kg	Samlet tilførsel kg	Retention i ferskvand kg	Diffuse kilder %	punktkild. ferskv. %	direkte punkt. %	Oplands tab kg/ha	Diffuse tilførsel inkl. ret. kg/ha
11	171	13139	87	13226	1579	88,2	11,2	0,6	0,77	0,76
12	1639	85047	8980	94027	1460	61,7	28,9	9,4	0,52	0,36
13	3485	160212	1280	161492	5815	75,2	24,1	0,8	0,46	0,36
14	268	9785	0	9785	249	98,1	1,9	0,0	0,37	0,37
15	75	2110	0	2110	64	100,0	0,0	0,0	0,28	0,29
16	5222	413240	8768	422008	2851	77,0	20,9	2,1	0,79	0,63
21	492	52844	232	53076	194	92,4	7,2	0,4	1,08	1,00
22	567	75318	9931	85249	152	81,4	6,9	11,6	1,33	1,23
23	39	3380	1347	4727	37	55,9	15,9	28,3	0,87	0,68
30	138	12026	1128	13154	0	91,4	0,0	8,6	0,87	0,87
31	86	4245	1487	5732	11	59,1	15,0	25,9	0,50	0,40
32	1952	71628	13423	85051	-1121	41,1	43,0	16,0	0,37	0,18
33	42	990	432	1422	52	58,0	12,7	29,3	0,24	0,20
34	725	23599	4975	28574	1198	63,2	20,1	16,7	0,33	0,26
35	3499	187207	360	187567	14672	76,0	23,8	0,2	0,54	0,44
36	743	45796	5055	50851	461	79,6	10,5	9,9	0,62	0,55
37	7608	478732	40055	518787	14469	79,3	13,2	7,5	0,63	0,56
38	522	54783	945	55728	137	91,6	6,7	1,7	1,05	0,98
39	537	58120	30914	89034	169	63,1	2,3	34,7	1,08	1,05
40	131	7173	1431	8604	0	48,9	34,5	16,6	0,55	0,32
41	312	9276	532	9808	2650	72,7	23,0	4,3	0,30	0,29
42	1191	81325	2068	83393	800	70,8	26,7	2,5	0,68	0,50
43	777	49510	3444	52954	385	82,3	11,3	6,5	0,64	0,57
44	657	46204	16464	62668	1112	44,5	29,6	25,8	0,70	0,43
45	60	1559	368	1927	51	80,6	0,8	18,6	0,26	0,27
51	1045	84438	1431	85869	677	71,9	26,4	1,7	0,81	0,60
52	506	41092	20808	61900	363	55,5	11,1	33,4	0,81	0,68
53	234	14822	516	15338	355	89,7	7,0	3,3	0,63	0,60
54	508	29838	6392	36230	671	69,9	12,7	17,3	0,59	0,51
55	94	7271	1983	9254	404	61,0	18,4	20,5	0,77	0,63
56	289	15506	4295	19801	202	70,0	8,5	21,5	0,54	0,48
57	210	26421	4589	31010	115	80,1	5,1	14,7	1,26	1,19
58	258	24340	14479	38819	318	56,8	6,2	37,0	0,94	0,86
59	239	23731	4884	28615	205	78,7	4,4	16,9	0,99	0,95
61	1213	43102	12079	55181	3242	60,4	19,0	20,7	0,36	0,29
62	2345	100390	16776	117166	1690	64,7	21,2	14,1	0,43	0,33
63	281	13462	5610	19072	143	55,2	15,6	29,2	0,48	0,38
64	455	16528	10272	26800	268	52,3	9,7	37,9	0,36	0,31
65	436	24558	4029	28587	258	78,7	7,3	14,0	0,56	0,52
66	289	19455	3024	22479	106	84,1	2,5	13,4	0,67	0,66
67	398	20792	6202	26994	165	67,7	9,5	22,8	0,52	0,46
71	994	32336	33272	65608	796	21,3	28,6	50,1	0,33	0,14
72	467	25123	124890	150013	3053	7,3	11,1	81,6	0,54	0,24
73	248	13097	2662	15759	3158	67,5	18,4	14,1	0,53	0,51
81	40	2420	186	2606	59	83,3	9,7	7,0	0,61	0,56
82	378	11387	1385	12772	120	51,5	37,7	10,7	0,30	0,18
91	588	17098	9188	26286	0	61,6	3,5	35,0	0,29	0,28
92	106	6023	466	6489	35	74,4	18,5	7,1	0,57	0,46
93	512	26922	2927	29849	165	70,8	19,5	9,8	0,53	0,41
Danmark	43070	2587401	446051	3033452	64016	68,2	17,4	14,4	0,60	0,49
Nordsøen	10860	683533	22915	706448	12018	74,8	22,0	3,2	0,63	0,49
Skagerrak	1098	131543	14510	146053	382	82,9	7,2	9,9	1,20	1,11
Kattegat	15852	937127	98774	1035901	30048	74,5	16,2	9,3	0,59	0,50
N. Bælt- hav	3128	195048	29207	224255	4999	64,0	23,2	12,7	0,62	0,47
Lillebælt	3383	267457	63977	331434	3310	67,6	13,3	19,1	0,79	0,67
Storebælt	5417	238287	74792	313079	5873	61,7	14,8	23,4	0,44	0,36
Øresund	1709	70557	160824	231381	7007	16,0	16,6	67,5	0,41	0,22
S. Bælt hav	418	13807	1571	15378	180	57,0	32,9	10,1	0,33	0,21
Østersøen	1206	50042	12581	62623	200	67,3	12,7	20,0	0,41	0,35
Danmark	43070	2587401	479151	3066552	64016	67,5	17,2	15,3	0,60	0,49

Bilag 9.2.3

Tilførslen af BOD via vandløb og direkte udledninger til 1. og 2. ordens marine kystafsnit i 1999, kilderne hertil samt oplandstab.

MARIN	Areal km ²	Tilførsel via vandløb kg	Direkte udledninger kg	Samlet tilførsel kg	Diffuse kilder %	punktkild. ferskv. %	direkte punkt. %	Oplandstab kg/ha	Diffus tilførsel kg/ha
11	171	131500	1084	132584	90,2	9,0	0,8	7,7	7,0
12	1639	1177765	17861	1195626	60,5	38,0	1,5	7,2	4,4
13	3485	2703916	9610	2713526	65,9	33,7	0,4	7,8	5,1
14	268	130612	0	130612	94,4	5,6	0,0	4,9	4,6
15	75	30852	0	30852	100,0	0,0	0,0	4,1	4,1
16	5222	4174511	94049	4268560	68,8	29,0	2,2	8,0	5,6
21	492	749769	2813	752582	91,9	7,8	0,4	15,3	14,1
22	567	935778	426734	1362512	64,7	4,0	31,3	16,5	15,5
23	39	31680	289058	320738	8,5	1,3	90,1	8,1	7,0
30	138	179677	11056	190733	94,2	0,0	5,8	13,0	13,0
31	86	47537	10197	57734	72,5	9,9	17,7	5,6	4,9
32	1952	614444	140069	754513	51,9	29,6	18,6	3,1	2,0
33	42	8728	78159	86887	8,6	1,5	90,0	2,1	1,8
34	725	549426	148966	698392	72,3	6,4	21,3	7,6	7,0
35	3499	4218897	4426	4223323	85,5	14,4	0,1	12,1	10,3
36	743	574517	66877	641394	74,9	14,6	10,4	7,7	6,5
37	7608	6136387	547092	6683479	75,5	16,3	8,2	8,1	6,6
38	522	796903	7225	804128	96,5	2,6	0,9	15,3	14,9
39	537	827607	1302191	2129798	37,3	1,6	61,1	15,4	14,8
40	131	86914	16058	102972	70,0	14,4	15,6	6,6	5,5
41	312	91120	7299	98419	83,8	8,8	7,4	2,9	2,6
42	1191	768568	32382	800950	63,0	32,9	4,0	6,5	4,2
43	777	402208	43893	446101	74,6	15,5	9,8	5,2	4,3
44	657	920822	65677	986499	76,6	16,7	6,7	14,0	11,5
45	60	47630	5006	52636	90,1	0,4	9,5	8,0	8,0
51	1045	960992	14936	975928	62,4	36,1	1,5	9,2	5,8
52	506	463013	136430	599443	64,2	13,0	22,8	9,1	7,6
53	234	151996	10135	162131	89,0	4,7	6,3	6,5	6,2
54	508	349417	46626	396043	76,3	11,9	11,8	6,9	6,0
55	94	58149	12543	70692	66,4	15,8	17,7	6,2	5,0
56	289	120164	29171	149335	70,2	10,3	19,5	4,2	3,6
57	210	144131	65273	209404	62,5	6,3	31,2	6,9	6,2
58	258	142910	90714	233624	50,2	10,9	38,8	5,5	4,5
59	239	107234	44443	151677	62,9	7,8	29,3	4,5	4,0
61	1213	573087	1179664	1752751	26,7	6,0	67,3	4,7	3,9
62	2345	1062451	2934536	3996987	20,6	6,0	73,4	4,5	3,5
63	281	140065	45293	185358	62,1	13,5	24,4	5,0	4,1
64	455	180139	2680295	2860434	5,2	1,1	93,7	4,0	3,3
65	436	245052	36525	281577	79,5	7,5	13,0	5,6	5,1
66	289	172471	26948	199419	82,9	3,6	13,5	6,0	5,7
67	398	182086	100852	282938	54,9	9,4	35,6	4,6	3,9
71	994	402714	349312	752026	32,3	21,2	46,4	4,1	2,4
72	467	284508	588760	873268	19,6	12,9	67,4	6,1	3,7
73	248	113372	5619	118991	77,1	18,2	4,7	4,6	3,7
81	40	22215	1389	23604	82,1	12,0	5,9	5,6	4,9
82	378	267769	11436	279205	34,2	61,7	4,1	7,1	2,5
91	588	233975	213637	447612	50,0	2,3	47,7	4,0	3,8
92	106	52631	9825	62456	75,8	8,5	15,7	5,0	4,5
93	512	263904	33037	296941	74,9	14,0	11,1	5,2	4,3
Danmark	43070	33032214	11995181	45027395	58,0	15,4	26,6	7,7	6,1
Nordsøen	10860	8349158	178104	8527262	67,1	30,8	2,1	7,7	5,3
Skagerrak	1098	1717227	745605	2462832	65,0	4,8	30,3	15,6	14,6
Kattegat	15852	13954124	2317158	16271282	72,7	13,0	14,2	8,8	7,5
N. Bælthav	3128	2317265	487315	2804580	64,0	18,6	17,4	7,4	5,7
Lillebælt	3383	2498004	757771	3255775	59,5	17,3	23,3	7,4	5,7
Storebælt	5417	2555350	7853213	10408563	20,2	4,4	75,4	4,7	3,9
Øresund	1709	800595	943691	1744286	29,0	16,9	54,1	4,7	3,0
S.Bælthav	418	289983	12825	302808	37,9	57,8	4,2	6,9	2,7
Østersøen	1206	550508	258199	808707	61,0	7,0	31,9	4,6	4,1
Danmark	43070	33032215	13553881	46586096	56,0	14,9	29,1	7,7	6,1

Bilag 9.3

Ferskvands-, kvælstof-, fosfor- og BOD5-tilførslen til marine kystafsnit via vandløb og direkte udledninger i 1999.

Månedsvandtransport (millioner m³) i 1999

Farvandsområde	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	år
Nordsøen	707	571	786	486	349	336	309	249	287	679	387	908	5031
Skagerrak	67	35	73	39	26	43	30	34	30	65	30	90	415
Kattegat	776	552	859	570	388	416	375	332	339	610	401	948	5392
Nordlige Bælthav	214	125	230	92	51	51	41	41	38	90	44	220	986
Lillebælt	266	160	268	101	61	56	43	39	43	108	55	317	1419
Storebælt	321	199	366	108	77	57	33	35	28	52	38	254	1436
Øresund	72	45	82	30	24	17	8	18	11	14	9	68	403
Sydlig Bælthav	21	13	24	4	4	1	1	1	0	1	1	15	86
Østersøen	75	45	78	30	26	9	4	5	3	12	13	81	388
Danmark	2521	1744	2765	1460	1006	987	845	755	780	1631	977	2902	18372

Månedtilførsel af kvælstof til marine kystafsnit via vandløb og direkte udledninger inkl. havdambbrug (ton) i 1999

Farvandsområder	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	år
Nordsøen	3346	2592	3370	1986	1268	1159	1018	785	1016	2747	1455	3955	24697
Skagerrak	450	214	475	224	143	207	139	153	153	364	167	539	3229
Kattegat	5159	3295	5359	2956	2177	2301	1924	1766	1792	2868	2107	5265	36969
Nordlige Bælt.	1781	954	1668	545	264	189	160	145	175	547	247	1982	8657
Lillebælt	1579	985	1534	601	319	246	207	186	235	706	319	1918	8835
Storebælt	2843	1627	2806	499	304	305	141	255	147	429	217	2613	12185
Øresund	561	376	629	212	162	138	117	168	132	142	129	541	3307
Sydlig Bælthav	221	136	228	23	20	4	2	2	1	2	3	158	801
Østersøen	621	351	536	178	174	47	21	20	19	39	49	749	2803
Total	16559	10531	16604	7224	4831	4596	3729	3481	3672	7845	4693	17719	101484

Månedtilførsel af nitrat-nitrit kvælstof til marine kystafsnit via vandløb og direkte udledninger inkl. havdambbrug (ton) i 1999

Farvandsområder	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	år
Nordsøen	2350	1775	2516	1514	986	864	747	603	750	2016	1112	2962	18193
Skagerrak	384	191	414	192	119	163	106	129	120	292	135	443	2688
Kattegat	4039	2592	4328	2353	1898	1915	1611	1458	1470	2248	1751	4256	29920
Nordlige Bælt.	1456	746	1289	411	179	119	98	89	107	389	175	1542	6600
Lillebælt	652	418	604	215	119	93	69	67	73	208	99	721	3337
Storebælt	2593	1476	2515	432	247	251	115	223	125	385	190	2357	10909
Øresund	266	200	296	134	114	107	95	125	105	110	104	278	1932
Sydlig Bælthav	210	132	210	22	18	3	1	1	1	2	3	150	752
Østersøen	584	322	495	162	159	39	18	17	17	34	41	652	2540
Total	12533	7854	12668	5433	3837	3554	2859	2712	2768	5682	3610	13362	76872

Månedtilførsel af fosfor til marine kystafsnit via vandløb og direkte udledninger inkl. havdambrug (ton) i 1999

Farvandsområder	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	år
Nordsøen	82	72	93	63	36	36	34	21	35	91	42	103	706
Skagerrak	17	9	15	8	8	12	10	7	11	21	8	20	146
Kattegat	115	82	122	90	74	82	68	58	63	97	61	123	1036
Nordlige Bælt.	34	19	38	16	11	12	11	10	9	18	8	37	224
Lillebælt	48	30	52	22	16	17	15	14	15	28	15	59	331
Storebælt	44	36	50	19	19	21	15	20	13	20	12	44	313
Øresund	24	22	25	19	18	17	16	20	17	16	16	22	231
Sydlig Bælthav	3	2	3	1	1	0	1	1	0	1	0	3	15
Østersøen	10	6	13	4	6	3	3	2	3	3	2	8	63
Total	376	279	411	241	189	201	172	154	166	295	165	419	3067

Månedtilførsel af orthofosfat fosfor til marine kystafsnit via vandløb og direkte udledninger inkl. havdambrug (ton) i 1999

Farvandsområder	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	år
Nordsøen	21	16	23	17	9	10	10	8	10	24	10	25	183
Skagerrak	6	3	5	4	3	5	5	4	5	8	3	5	57
Kattegat	57	37	57	38	29	37	36	33	31	47	29	58	490
Nordlige Bælt.	18	9	15	5	5	5	6	6	6	10	5	20	111
Lillebælt	20	13	19	10	8	9	9	9	9	15	9	27	159
Storebælt	29	20	27	12	13	16	12	17	11	16	10	30	210
Øresund	18	16	17	15	15	14	14	16	15	14	13	17	184
Sydlig Bælthav	2	1	2	1	0	0	0	1	0	0	0	2	10
Østersøen	5	3	5	2	4	3	2	2	2	2	2	4	36
Total	176	118	170	103	87	100	94	96	90	137	82	188	1441

Månedtilførsel af BOD til marine kystafsnit via vandløb og direkte udledninger inkl. havdambrug (ton) i 1999

Farvandsområder	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	år
Nordsøen	906	848	1142	790	528	503	516	302	419	1004	470	1099	8527
Skagerrak	280	183	296	159	134	203	202	142	142	225	139	358	2463
Kattegat	1677	1278	1936	1318	1237	1795	1238	922	878	1316	836	1841	16271
Nordlige Bælt.	341	249	433	294	224	214	163	153	134	201	95	303	2805
Lillebælt	378	284	482	292	232	185	151	175	167	303	152	455	3256
Storebælt	1007	1005	1150	870	882	799	725	756	701	789	710	1015	10409
Øresund	183	182	227	160	141	120	97	139	104	104	98	190	1744
Sydlig Bælthav	51	43	41	21	71	10	5	10	4	4	3	40	303
Østersøen	136	83	130	62	83	45	30	27	27	33	39	114	809
Total	4960	4155	5837	3967	3531	3874	3127	2626	2576	3978	2542	5414	46586

Bilag 9.4

Ferskvands-, kvælstof-, fosfor- og BOD5-tilførslen til marine kystafsnit via vandløb og direkte udledninger for 1989 til 1999.

Afstrømning	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	1989-99		
1. Nordsøen	4083	4987	4240	4554	4600	6178	5356	2837	3100	5031	6056	4638		
2. Skagerrak	253	350	292	297	270	466	363	244	245	415	564	342		
3. Kattegat	4272	5143	4528	4493	4560	6711	5531	3454	3610	5392	6565	4933		
4. Nordlige Bælthav	543	890	734	698	940	1373	961	377	478	986	1236	838		
5. Lillebælt	732	1059	903	969	1170	1652	1244	580	628	1419	1517	1079		
6. Storebælt	703	1115	1296	1065	1590	2156	1462	372	471	1436	1569	1203		
7. Øresund	214	282	353	244	380	504	375	135	165	403	399	314		
8. Sydlige Bælthav	41	86	83	73	110	119	79	29	36	86	87	75		
9. Bornholm	188	175	274	238	340	430	254	163	153	388	381	271		
Danmark	11029	14087	12703	12631	13960	19589	15625	8191	8886	15557	18372	13694		
% af samlet afstrømning	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	1989-99	% af oplandsareal	oplandsareal
1. Nordsøen	37,0	35,4	33,4	36,1	33,0	31,5	34,3	34,6	34,9	32,3	33,0	33,9	25,2	10860
2. Skagerrak	2,3	2,5	2,3	2,4	1,9	2,4	2,3	3,0	2,8	2,7	3,1	2,5	2,5	1098
3. Kattegat	38,7	36,5	35,6	35,6	32,7	34,3	35,4	42,2	40,6	34,7	35,7	36,0	36,8	15852
4. Nordlige Bælthav	4,9	6,3	5,8	5,5	6,7	7,0	6,2	4,6	5,4	6,3	6,7	6,1	7,3	3128
5. Lillebælt	6,6	7,5	7,1	7,7	8,4	8,4	8,0	7,1	7,1	9,1	8,3	7,9	7,9	3383
6. Storebælt	6,4	7,9	10,2	8,4	11,4	11,0	9,4	4,5	5,3	9,2	8,5	8,8	12,6	5417
7. Øresund	1,9	2,0	2,8	1,9	2,7	2,6	2,4	1,6	1,9	2,6	2,2	2,3	4,0	1709
8. Sydlige Bælthav	0,4	0,6	0,7	0,6	0,8	0,6	0,5	0,4	0,4	0,6	0,5	0,5	1,0	418
9. Bornholm	1,7	1,2	2,2	1,9	2,4	2,2	1,6	2,0	1,7	2,5	2,1	2,0	2,8	1206
Danmark	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	43070
Kvælstoftilførsel (ton) (*)	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	1989-99		
1. Nordsøen	17425	23232	19730	25617	22100	27700	21560	12172	1223 ⁷	21513	24659	20722		
2. Skagerrak	2473	3641	2762	3931	2400	3600	2610	1699	1608	2979	3222	2811		
3. Kattegat	27154	34338	28922	32567	31900	42700	33110	18965	1998 ⁸	33630	36969	30931		
4. Nordlige Bælthav	5484	9219	6776	7816	9700	10800	6580	3008	3528	8851	8610	7307		
5. Lillebælt	7740	11584	8985	10567	10600	12900	8440	4001	4459	10615	8786	8971		
6. Storebælt	8335	15231	12843	12859	17500	17400	11300	2620	3785	13960	12036	11624		
7. Øresund	7227	11161	7327	6433	8000	7700	5980	3165	2562	4241	3307	6100		
8. Sydlige Bælthav	617	1185	867	1080	1270	1100	770	294	214	985	801	835		
9. Bornholm	2178	2435	3484	3322	4350	4500	2500	1623	1505	3861	2803	2960		
Danmark	78633	112026	91696	104192	107820	128400	92850	47548	4988⁶	100635	101193	92262		
Kvælstof: samlet belastning (%)	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	1989-99		
1. Nordsøen	22,2	20,7	21,5	24,6	20,5	21,6	23,2	25,6	24,5	21,4	24,4	22,5		
2. Skagerrak	3,1	3,3	3,0	3,8	2,2	2,8	2,8	3,6	3,2	3,0	3,2	3,0		
3. Kattegat	34,5	30,7	31,5	31,3	29,6	33,3	35,7	39,9	40,1	33,4	36,5	33,5		
4. Nordlige Bælthav	7,0	8,2	7,4	7,5	9,0	8,4	7,1	6,3	7,1	8,8	8,5	7,9		
5. Lillebælt	9,8	10,3	9,8	10,1	9,8	10,0	9,1	8,4	8,9	10,5	8,7	9,7		
6. Storebælt	10,6	13,6	14,0	12,3	16,2	13,6	12,2	5,5	7,6	13,9	11,9	12,6		
7. Øresund	9,2	10,0	8,0	6,2	7,4	6,0	6,4	6,7	5,1	4,2	3,3	6,6		
8. Sydlige Bælthav	0,8	1,1	0,9	1,0	1,2	0,9	0,8	0,6	0,4	1,0	0,8	0,9		
9. Bornholm	2,8	2,2	3,8	3,2	4,0	3,5	2,7	3,4	3,0	3,8	2,8	3,2		
Danmark	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100,0	100,0	100,0		

Fosfortilførsel (ton) (*)	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	1989-99
1. Nordsøen	1416	981	760	590	514	730	583	301	298	503	703	671
2. Skagerrak	224	280	236	177	134	200	141	69	67	81	143	159
3. Kattegat	1476	1566	1032	916	850	1250	916	600	613	828	1036	1008
4. Nordlige Bælthav	523	413	236	191	225	310	197	118	112	190	219	249
5. Lillebælt	834	787	557	464	326	390	329	180	159	300	327	423
6. Storebælt	598	879	555	459	432	460	278	197	171	318	296	422
7. Øresund	1563	1514	1240	1023	986	1000	765	460	357	283	231	857
8. Sydlige Bælthav	55	56	29	22	24	24	23	16	8	16	15	26
9. Bornholm	145	192	145	164	130	130	90	68	43	77	63	113
Danmark	6834	6668	4790	4006	3621	4494	3322	2009	1828	2596	3033	3927

Fosfor: samlet belastning (%)	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	1989-99
1. Nordsøen	20,7	14,7	15,9	14,7	14,2	16,2	17,5	15,0	16,3	19,4	23,2	17,1
2. Skagerrak	3,3	4,2	4,9	4,4	3,7	4,5	4,2	3,4	3,7	3,1	4,7	4,1
3. Kattegat	21,6	23,5	21,5	22,9	23,5	27,8	27,6	29,9	33,5	31,9	34,1	25,7
4. Nordlige Bælthav	7,7	6,2	4,9	4,8	6,2	6,9	5,9	5,9	6,1	7,3	7,2	6,3
5. Lillebælt	12,2	11,8	11,6	11,6	9,0	8,7	9,9	9,0	8,7	11,6	10,8	10,8
6. Storebælt	8,8	13,2	11,6	11,5	11,9	10,2	8,4	9,8	9,4	12,2	9,8	10,7
7. Øresund	22,9	22,7	25,9	25,5	27,2	22,3	23,0	22,9	19,5	10,9	7,6	21,8
8. Sydlige Bælthav	0,8	0,8	0,6	0,5	0,7	0,5	0,7	0,8	0,4	0,6	0,5	0,7
9. Bornholm	2,1	2,9	3,0	4,1	3,6	2,9	2,7	3,4	2,4	3,0	2,1	2,9
Danmark	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100,0	100,0

(*) eksklusiv havbrug

Bilag 9.5

Kvælstof- og fosfor retention beregnet ud fra overvågningsprogrammet for søer.

Kvælstofretention (tons)	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	1989-99
Nordsøen	1694	1682	1665	2129	1879	1669	1186	813	981	1829	1243	1525
Skagerrak	55	53	53	67	60	53	38	26	31	58	39	48
Kattegat	4804	4597	4637	5427	5116	4458	3512	2339	2671	4909	3273	4159
Nordlige Bælthav	675	685	686	870	779	701	501	338	410	758	517	629
Lillebælt	472	459	457	581	517	457	327	224	267	502	341	419
Storebælt	1928	2336	2825	2965	2765	2683	1753	920	1104	2679	2114	2188
Øresund	1001	972	968	1231	1093	965	683	475	565	1061	722	885
Sydlig Bælthav	26	25	25	32	28	25	18	12	14	27	19	23
Bornholm	28	28	28	35	31	28	20	14	16	30	21	25
Danmark	10684	10837	11344	13337	12267	11038	8038	5162	6060	11854	8289	9901

Fosforretention (tons)	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	1989-99
Nordsøen	9,0	8,2	12,6	4,5	7,6	11,2	5,5	5,2	4,5	9	12	8
Skagerrak	0,3	0,3	0,4	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0	0	0
Kattegat	50,2	25,8	59,6	-38,1	36,4	-33,6	49,8	26,2	28,4	30	30	24
Nordlige Bælthav	4,0	3,4	5,5	2,6	4,0	4,5	2,9	2,7	1,7	3	5	4
Lillebælt	2,5	2,6	3,7	1,6	2,6	3,1	1,6	1,6	1,3	2	3	2
Storebælt	46,6	43,7	30,3	12,6	21,1	16,9	-2,4	-14,2	-18,5	16	6	14
Øresund	5,4	5,5	7,8	3,5	5,4	6,7	3,2	3,3	2,9	5	7	5
Sydlig Bælthav	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0	0	0
Bornholm	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0	0	0
Danmark	118	90	120	-13	78	10	61	25	21	65	64	58

Bilag 9.6

Kildefordeling for de samlede kvælstof- og fosfortilførsler til de marine kystafnit 1989 til 1999.

De diffuse udledninger inkluderer udledninger fra spredt bebyggelse til ferskvand.

KVÆLSTOF												
Diffuse udledninger (%)	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	1989-99
1. Nordsøen	72,6	83,1	83,8	86,5	88,5	91,2	89,1	85,4	85,3	91,0	92,4	86,8
2. Skagerrak	60,7	74,9	66,3	54,9	79,1	86,4	80,4	85,6	86,7	92,1	94,1	77,4
3. Kattegat	78,2	85,2	85,1	88,8	88,0	90,8	90,2	86,2	88,0	91,5	93,0	88,1
4. Nordlige Bælthav	60,7	78,4	75,8	81,5	89,7	91,4	85,2	75,8	78,5	90,1	89,2	83,3
5. Lillebælt	58,7	76,4	75,9	81,3	89,7	90,3	87,6	81,4	84,7	91,1	89,8	83,0
6. Storebælt	67,5	83,7	82,1	82,7	90,3	92,4	89,4	61,5	77,6	92,3	91,4	86,0
7. Øresund	16,7	47,7	24,8	24,4	40,0	38,6	26,8	13,2	26,9	61,9	60,4	34,9
8. Sydlige Bælthav	70,3	84,6	90,4	94,2	94,5	88,7	94,7	83,8	85,5	95,0	87,4	89,4
9. Bornholm	76,9	79,4	84,6	81,6	89,7	92,2	88,0	90,0	90,9	95,1	93,9	88,0
Danmark	66,4	78,9	77,4	80,7	85,2	87,9	84,9	78,8	82,5	90,3	91,0	82,8
Punktkilder ferskvand (%)	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	1989-99
1. Nordsøen	16,0	9,2	8,0	8,3	8,7	7,0	8,3	12,0	11,8	8,1	6,9	9,0
2. Skagerrak	6,9	4,5	5,5	3,9	3,8	2,5	5,8	7,9	5,4	4,1	3,0	4,6
3. Kattegat	10,8	7,8	7,9	6,9	6,0	4,8	5,5	8,1	7,1	5,4	4,7	6,6
4. Nordlige Bælthav	26,5	15,1	18,3	13,5	7,6	5,8	7,5	12,8	10,8	6,1	6,9	11,1
5. Lillebælt	10,3	6,4	7,3	7,0	4,9	4,2	6,0	9,2	7,6	4,9	5,5	6,3
6. Storebælt	12,1	6,9	7,5	6,8	4,1	3,6	4,4	18,9	9,2	4,4	4,8	6,1
7. Øresund	5,8	3,9	6,3	5,5	3,8	4,2	4,2	5,2	7,8	5,8	6,9	5,1
8. Sydlige Bælthav	5,4	3,6	5,7	2,3	1,8	2,2	2,7	8,2	9,8	4,0	11,1	4,3
9. Bornholm	4,8	4,1	2,4	1,4	1,6	1,1	2,0	3,2	3,2	2,4	3,0	2,4
Danmark	12,3	7,8	8,1	7,3	5,9	4,9	6,0	9,7	8,6	5,7	5,5	7,1
Direkte udledninger (%)	1989,0	1990,0	1991,0	1992,0	1993,0	1994,0	1995,0	1996,0	1997,0	1998,0	1999	1989-99
1. Nordsøen	11,5	7,7	8,2	5,2	2,7	1,8	2,6	2,5	3,0	1,0	0,6	4,1
2. Skagerrak	32,3	20,6	28,2	41,3	17,1	11,1	13,8	6,4	7,9	3,9	2,9	18,0
3. Kattegat	11,0	7,0	7,1	4,4	6,0	4,4	4,3	5,7	4,9	3,1	2,3	5,3
4. Nordlige Bælthav	12,8	6,5	5,9	5,0	2,7	2,8	7,3	11,4	10,7	3,8	3,9	5,6
5. Lillebælt	31,0	17,3	16,9	11,7	5,5	5,4	6,4	9,4	7,7	4,0	4,7	10,7
6. Storebælt	20,4	9,4	10,4	10,6	5,6	4,0	6,2	19,6	13,2	3,3	3,8	7,9
7. Øresund	77,5	48,4	68,9	70,1	56,1	57,1	69,1	81,6	65,3	32,3	32,7	60,0
8. Sydlige Bælthav	24,3	11,8	3,9	3,5	3,7	9,1	2,6	8,0	4,7	1,0	1,5	6,4
9. Bornholm	18,4	16,4	13,0	16,9	8,7	6,7	10,0	6,8	5,9	2,5	3,1	9,6
Danmark	21,3	13,3	14,4	12,0	8,9	7,2	9,1	11,5	9,0	4,0	3,4	10,1
Punktkilder i alt (%)	1989,0	1990,0	1991,0	1992,0	1993,0	1994,0	1995,0	1996,0	1997,0	1998,0	1999	1989-99
Nordsøen	27,4	16,9	16,2	13,5	11,5	8,8	10,9	14,6	14,7	9,0	7,6	13,2
Skagerrak	39,3	25,1	33,7	45,1	20,9	13,6	19,6	14,4	13,3	7,9	5,9	22,6
Kattegat	21,8	14,8	14,9	11,2	12,0	9,2	9,8	13,8	12,0	8,5	7,0	11,9
Nordlige Bælthav	39,3	21,6	24,2	18,5	10,3	8,6	14,8	24,2	21,5	9,9	10,8	16,7
Lillebælt	41,3	23,6	24,1	18,7	10,3	9,7	12,4	18,6	15,3	8,9	10,2	17,0
Storebælt	32,5	16,3	17,9	17,3	9,7	7,6	10,6	38,5	22,4	7,7	8,6	14,0
Øresund	83,3	52,3	75,2	75,6	60,0	61,4	73,2	86,8	73,1	38,1	39,6	65,1
Sydlige Bælthav	29,7	15,4	9,6	5,8	5,5	11,3	5,3	16,2	14,5	5,0	12,6	10,6
Bornholm	23,1	20,6	15,4	18,4	10,3	7,8	12,0	10,0	9,1	4,9	6,1	12,0
Danmark	33,6	21,1	22,6	19,3	14,8	12,1	15,1	21,2	17,5	9,7	9,0	17,2

FOSFOR

Diffuse udledninger (%)	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	1989-99
1. Nordsøen	11,6	11,8	28,2	37,1	53,1	64,4	62,8	39,2	45,7	56,1	69,2	38,6
2. Skagerrak	11,4	41,7	18,6	22,6	33,6	53,5	46,1	60,9	62,3	61,7	81,5	39,6
3. Kattegat	19,6	43,8	35,1	42,5	44,5	60,5	58,2	52,0	54,0	55,7	68,2	46,9
4. Nordlige Bælthav	0,2	5,3	32,2	29,3	48,9	61,0	49,2	33,9	35,4	52,6	54,1	31,0
5. Lillebælt	15,7	28,4	26,2	33,0	49,4	60,5	55,9	41,1	48,6	56,7	60,0	37,6
6. Storebælt	0,0	40,1	24,5	29,2	39,4	58,0	43,2	32,0	35,8	47,5	48,0	34,4
7. Øresund	5,2	16,9	2,7	2,2	2,7	6,5	13,3	1,3	1,8	11,0	10,6	6,9
8. Sydlige Bælthav	11,9	17,3	37,9	59,1	50,0	62,5	65,2	37,5	19,2	43,8	30,6	35,2
9. Bornholm	5,8	45,9	35,2	22,6	25,4	47,7	0,0	50,0	43,6	59,7	52,7	33,0
Danmark	10,3	28,0	22,4	26,5	33,4	48,2	44,6	34,6	39,0	50,0	60,3	32,6

% punktkilder ferskvand	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	1989-99
1. Nordsøen	30,7	37,2	33,8	40,3	38,3	28,8	31,6	51,5	47,9	39,2	28,1	34,9
2. Skagerrak	27,9	19,0	21,6	22,6	12,7	6,5	10,6	17,4	15,3	19,8	10,5	17,4
3. Kattegat	45,7	30,7	35,5	25,0	29,6	19,5	23,7	28,5	26,8	29,2	22,3	29,5
4. Nordlige Bælthav	64,1	58,4	50,8	46,6	36,9	22,9	26,9	36,4	38,7	38,4	34,8	44,9
5. Lillebælt	23,7	20,8	23,2	22,4	20,2	19,0	20,1	23,9	25,0	26,7	21,8	22,2
6. Storebælt	46,6	28,1	38,0	27,9	28,5	22,4	28,8	32,5	31,4	33,0	32,5	32,1
7. Øresund	7,6	7,2	7,7	6,2	6,7	6,5	6,3	6,5	10,8	17,0	19,9	7,7
8. Sydlige Bælthav	15,3	16,6	34,5	13,6	25,0	20,8	21,7	31,3	55,8	50,0	59,1	25,4
9. Bornholm	31,5	16,6	9,7	4,3	11,5	6,2	11,1	14,7	19,2	23,4	27,2	14,8
Danmark	31,5	25,5	26,2	22,5	22,8	17,6	20,4	26,5	27,6	30,3	25,0	25,2

% direkte udledninger	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	1989-99
1. Nordsøen	57,7	51,0	38,0	22,5	8,6	6,8	5,7	9,3	6,4	4,8	2,7	26,5
2. Skagerrak	60,7	39,3	59,7	54,8	53,7	40,0	43,3	21,7	22,4	18,5	8,0	43,0
3. Kattegat	34,8	25,5	29,5	32,5	25,9	20,0	18,1	19,5	19,2	15,1	9,5	23,5
4. Nordlige Bælthav	35,8	36,3	16,9	24,1	14,2	16,1	23,9	29,7	25,9	8,9	11,1	24,0
5. Lillebælt	60,7	50,8	50,6	44,6	30,4	20,5	24,0	35,0	26,4	16,7	18,2	40,1
6. Storebælt	53,3	31,9	37,5	42,9	32,2	19,6	28,1	35,5	32,7	19,5	19,6	33,5
7. Øresund	87,2	76,0	89,6	91,7	90,6	87,0	80,4	92,2	87,4	72,1	69,5	85,3
8. Sydlige Bælthav	72,7	66,1	27,6	27,3	25,0	16,7	13,0	31,3	25,0	6,3	10,2	39,4
9. Bornholm	62,8	37,5	55,2	73,2	63,1	46,2	88,9	35,3	37,2	16,9	20,1	52,2
Danmark	58,1	46,5	51,4	51,0	43,8	34,1	35,0	38,9	33,3	19,7	14,7	42,1

Punktkilder i alt (%)	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	1989-99
Nordsøen	88,4	88,2	71,8	62,9	46,9	35,6	37,2	60,8	54,3	43,9	30,8	61,4
Skagerrak	88,6	58,3	81,4	77,4	66,4	46,5	53,9	39,1	37,7	38,3	18,5	60,4
Kattegat	80,4	56,2	64,9	57,5	55,5	39,5	41,8	48,0	46,0	44,3	31,8	53,1
Nordlige Bælthav	99,8	94,7	67,8	70,7	51,1	39,0	50,8	66,1	64,6	47,4	45,9	69,0
Lillebælt	84,3	71,6	73,8	67,0	50,6	39,5	44,1	58,9	51,4	43,3	40,0	62,4
Storebælt	100,0	59,9	75,5	70,8	60,6	42,0	56,8	68,0	64,2	52,5	52,0	65,6
Øresund	94,8	83,1	97,3	97,8	97,3	93,5	86,7	98,7	98,2	89,0	89,4	93,1
Sydlige Bælthav	88,1	82,7	62,1	40,9	50,0	37,5	34,8	62,5	80,8	56,3	69,4	64,8
Bornholm	94,2	54,1	64,8	77,4	74,6	52,3	100,0	50,0	56,4	40,3	47,3	67,0
Danmark	89,7	72,0	77,6	73,5	66,6	51,8	55,4	65,4	61,0	50,0	39,7	67,4

Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser - DMU - er en forskningsinstitution i Miljø- og Energiministeriet. DMU's opgaver omfatter forskning, overvågning og faglig rådgivning indenfor 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 og Sekretariat
Forsknings- og Udviklingssektion
Afd. for Atmosfærisk Miljø
Afd. for Havmiljø
Afd. for Mikrobiel Økologi og Bioteknologi
Afd. for Miljøkemi
Afd. for Systemanalyse
Afd. for Arktisk Miljø

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

Overvågningssektionen
Afd. for Sø- og Fjordøkologi
Afd. for Terrestrisk Økologi
Afd. for Vandløbsøkologi

Danmarks Miljøundersøgelser
Grenåvej 12-14, Kalø
8410 Rønde
Tlf.: 89 20 17 00
Fax: 89 20 15 15

Afd. for Landskabsøkologi
Afd. for Kystzoneøkologi

Publikationer:

DMU udgiver faglige rapporter, tekniske anvisninger, temarapporter, samt årsberetninger. Et katalog over DMU's aktuelle forsknings- og udviklingsprojekter er tilgængeligt via World Wide Web.

I årsberetningen findes en oversigt over det pågældende års publikationer.

Faglige rapporter fra DMU/NERI Technical Reports

2000

- Nr. 307: Cadmium Toxicity to Ringed Seals (*Phoca hispida*). An Epidemiological Study of possible Cadmium Induced Nephropathy and Osteodystrophy in Ringed Seals from Qaanaaq in Northwest Greenland. By Sonne-Hansen, C., Dietz, R., Leifsson, P.S., Hyldstrup, L. & Riget, F.F. (in press)
- Nr. 308: Økonomiske og miljømæssige konsekvenser af merkedsordningerne i EU's landbrugsreform. Agenda 2000. Af Andersen, J.M., Bruun et al. 63 s., 75,00 kr.
- Nr. 309: Benzene from Traffic. Fuel Content and Air Concentrations. By Palmgren, F., Hansen, A.B., Berkowicz, R. & Skov, H. 42 pp., 60,00 DKK.
- Nr. 310: Hovedtræk af Danmarks Miljøforskning 1999. Nøgleindtryk fra Danmarks Miljøundersøgelsers jubilæumskonference Dansk Miljøforskning. Af Secher, K. & Bjørnsen, P.K. 104 s., 100,00 kr.
- Nr. 311: Miljø- og naturmæssige konsekvenser af en ændret svineproduktion. Af Andersen, J.M., Asman, W.A.H., Hald, A.B., Münier, B. & Bruun, H.G. 104 s., 110,00 kr.
- Nr. 312: Effekt af døgnregulering af jagt på gæs. Af Madsen, J., Jørgensen, H.E. & Hansen, F. 64 s., 80,00 kr.
- Nr. 313: Tungmetalledfald i Danmark 1998. Af Hovmand, M. & Kemp, K. 26 s., 50,00 kr.
- Nr. 314: Virkemidler i pesticidpolitikken. Reduktion af pesticidanvendelsen på behandlede jordbrugsarealer. Af Hasler, B., Schou, J.S., Ørum, J.E. & Gårn Hansen, L. 71 s., 75,00 kr.
- Nr. 315: Ecological Effects of Allelopathic Plants – a Review. By Kruse, M., Strandberg, M. & Strandberg, B. 64 pp., 75,00 DKK.
- Nr. 316: Overvågning af trafikens bidrag til lokal luftforurening (TOV). Målinger og analyser udført af DMU. Af Hertel, O., Berkowicz, R., Palmgren, F., Kemp, K. & Egeløv, A. 28 s. (Findes kun i elektronisk udgave)
- Nr. 317: Overvågning af bæver *Castor fiber* efter reintroduktion på Klosterheden Statsskovdistrikt 1999. Red. Berthelsen, J.P. 37 s., 40,00 kr.
- Nr. 318: Order Theoretical Tools in Environmental Sciences. Proceedings of the Second Workshop October 21st, 1999 in Roskilde, Denmark. By Sørensen, P.B. et al. 170 pp., 150,00 DKK.
- Nr. 319: Forbrug af økologiske fødevarer. Del 2: Modellering af efterspørgsel. Af Wier, M. & Smed, S. 184 s., 150,00 kr.
- Nr. 320: Transportvaner og kollektiv trafikforsyning. ALTRANS. Af Christensen, L. 154 s., 110,00 kr.
- Nr. 321: The DMU-ATMI THOR Air Pollution Forecast System. System Description. By Brandt, J., Christensen, J.H., Frohn, L.M., Berkowicz, R., Kemp, K. & Palmgren, F. 60 pp., 80,00 DKK.
- Nr. 322: Bevaringsstatus for naturtyper og arter omfattet af EF-habitatdirektivet. Af Pihl, S., Søgaard, B., Ejrnæs, R., Aude, E., Nielsen, K.E., Dahl, K. & Laursen, J.S. 219 s., 120,00 kr.
- Nr. 323: Tests af metoder til marine vegetationsundersøgelser. Af Krause-Jensen, D., Laursen, J.S., Middelboe, A.L., Dahl, K., Hansen, J. Larsen, S.E. (in press)
- Nr. 324: Vingeindsamling fra jagtsæsonen 1999/2000 i Danmark. Wing Survey from the Huntig Season 1999/2000 in Denmark. Af Clausager, I. 50 s., 45,00 kr.
- Nr. 325: Safety-Factors in Pesticide Risk Assessment. Differences in Species Sensitivity and Acute-Chronic Relations. By Elmegaard, N. & Jagers op Akkerhuis, G.A.J.M. 57 pp., 50,00 DKK.
- Nr. 326: Integrering af landbrugsdata og pesticidmiljømodeller. Integreerede MiljøinformationsSystemer (IMIS). Af Schou, J.S., Andersen, J.M. & Sørensen, P.B. 61 s., 75,00 kr.
- Nr. 327: Konsekvenser af ny beregningsmetode for skorstenshøjder ved lugtemission. Af Løfstrøm, L. (Findes kun i elektronisk udgave)
- Nr. 328: Control of Pesticides 1999. Chemical Substances and Chemical Preparations. By Krongaard, T., Petersen, K.K. & Christoffersen, C. 28 pp., 50,00 DKK.
- Nr. 329: Interkalibrering af metode til undersøgelser af bundvegetation i marine områder. Krause-Jensen, D., Laursen, J.S. & Larsen, S.E. (i trykken)
- Nr. 330: Digitale kort og administrative registre. Integration mellem administrativt registre og miljø-/naturdata. Energi- og Miljøministeriets Areal informations System. Af Hansen, H.S. & Skovpetersen, H. (i trykken)
- Nr. 331: Tungmetalledfald i Danmark 1999. Af Hovmand, M.F. Kemp, K. (i trykken)
- Nr. 332: Atmosfærisk deposition 1999. NOVA 2003. Af Ellermann, T., Hertel, O. & Skjødt, C.A. (i trykken)
- Nr. 333: Marine områder – Status over miljøtilstanden i 1999. NOVA 2003. Hansen, J.L.S. et al. (i trykken)
- Nr. 334: Landovervågningsoplande 1999. NOVA 2003. Af Grant, R. et al. (i trykken)
- Nr. 335: Søer 1999. NOVA 2003. Af Jensen, J.P. et al. (i trykken)
- Nr. 336: Vandløb og kilder 1999. NOVA 2003. Af Bøgestrand J. (red.) (i trykken)
- Nr. 337: Vandmiljø 2000. Tilstand og udvikling. Faglig sammenfatning. Af Svendsen, L.M. et al. (i trykken)