



VANDLØB 2008

NOVANA

Faglig rapport fra DMU nr. 764 2010



DANMARKS MILJØUNDERSØGELSER
AARHUS UNIVERSITET



[Tom side]

VANDLØB 2008

NOVANA

Faglig rapport fra DMU nr. 764 2010

Peter Wiberg-Larsen (redaktør)



Datablad

Serietitel og nummer:	Faglig rapport fra DMU nr. 764
Titel:	Vandløb 2008
Undertitel:	NOVANA
Forfatter:	Wiberg-Larsen, P. (redaktør)
Afdeling:	Afdeling for Ferskvandsøkologi
Udgiver:	Danmarks Miljøundersøgelser© Aarhus Universitet
URL:	http://www.dmu.dk
Udgivelsesår:	Februar 2010
Redaktion afsluttet:	December 2009
Faglig kommentering:	Miljøcentrene i Danmark, By- og Landskabsstyrelsen
Finansiell støtte:	Ingen ekstern finansiering
Bedes citeret:	Wiberg-Larsen, P. (red.) 2010: Vandløb 2008. NOVANA. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 66 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 764 http://www.dmu.dk/Pub/FR764.pdf
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Sammenfatning:	Rapporten beskriver nøgleresultater fra NOVANA overvågningen af vandløb i 2008. Data fra dette år sættes således ind i en udviklingsmæssig sammenhæng. Det gælder den biologiske vandløbskvalitet (faunaklasse), som er beskrevet for et lille udsnit af danske vandløb; der er for disse en positiv udvikling i faunaklassen siden 1994. Desuden præsenteres niveauer af kvælstof og fosfor i en række vandløb, ligesom transporten af de to plantenæringsstoffer til havmiljøet er beskrevet. Såvel indholdet af kvælstof som fosfor er reduceret betydeligt inden for de seneste ca. 20 år. I et særligt temakapitel omtales tilførslen af kvælstof til kystvandene nærmere med særligt fokus på den anvendte model til beregning af tilførslen fra de dele af Danmarks areal, som ikke er dækket af målestationer i vandløbene (det såkaldt umålte opland). Modellens evne til at beregne transporten af kvælstof er vurderet og diskuteret.
Emneord:	Vandløb, overvågning, NOVANA, miljøtilstand, kvælstof, fosfor, havbelastning
Layout:	Anne-Dorthe Villumsen
Illustrationer:	Grafisk værksted, DMU Silkeborg
Omslagsfoto:	Brede Å af Peter Wiberg-Larsen
ISBN:	978-87-7073-152-2
ISSN (elektronisk):	1600-0048
Sideantal:	66
Internetversion:	Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) på DMU's hjemmeside http://www.dmu.dk/Pub/FR764.pdf
Supplerende oplysninger:	NOVANA er et program for en samlet og systematisk overvågning af både vandig og terrestrisk natur og miljø. NOVANA erstattede 1. januar 2004 det tidligere overvågningsprogram NOVA-2003, som alene omfattede vandmiljøet.

Indhold

Forord 5

Sammenfatning 6

1 Datagrundlag og databehandling 7

- 1.1 Om overvågningsprogrammet 7
- 1.2 Sådan vurderes udvikling i indhold og transport af kvælstof og fosfor 7

2 Klima og afstrømning 10

- 2.1 Klima og afstrømning i 2008 10

3 Biologisk vandløbskvalitet 14

- 3.1 Tilstand i 2008 14
- 3.2 Udvikling i den biologiske vandløbskvalitet 16

4 Kvælstof i vandløb 18

- 4.1 Tilstanden i 2008 18
- 4.2 Udvikling siden 1989 19

5 Fosfor i vandløb 21

- 5.1 Tilstanden i 2008 21
- 5.2 Udviklingen siden 1989 22

6 Kvælstofbelastning af havet 24

- 6.1 Kvælstofbelastningen fra land af havet i 2008 24
- 6.2 Sæsonvariation i vand- og kvælstofbelastningen i 2008 27
- 6.3 Udviklingen i kvælstofbelastningen 28
- 6.4 Usikkerhed på opgørelsen af kvælstoftransporten 30

7 Fosforbelastning af havet 31

- 7.1 Fosforbelastningen af havet i 2008 31
- 7.2 Udvikling i fosforbelastningen 1990 – 2008 35
- 7.3 Usikkerhed på opgørelsen af fosfortransporten 36

8 Referencer 38

Tema: Geografisk distribueret beregning af tilførslen af vand og kvælstof til havet 40

- 1 Data og metode 40
- 2 Kilder til, transport af, og tilbageholdelse af kvælstof 43
- 3 Kvælstofoverskud i dansk landbrug, samt udvaskning, retention og transport af kvælstof fra diffuse kilder 47
- 4 Modelberegnete og målte kvælstoftransporter og –koncentrationer 49
- 5 Diskussion og perspektivering 56
- 6 Konklusioner 58

Bilag 1 59

Bilag 2 62

Danmarks Miljøundersøgelser

Faglige rapporter fra DMU

[Tom side]

Forord

Denne rapport er udarbejdet af Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet som et led i den landsdækkende rapportering af det Nationale program for Overvågning af Vandmiljøet og Naturen (NOVANA), som fra 2004 har afløst NOVA-2003, det tidligere overvågningsprogram. NOVANA er fjerde generation af nationale overvågningsprogrammer med udgangspunkt i Vandmiljøplanens Overvågningsprogram, iværksat efteråret 1988.

Formålet med Vandmiljøplanens Overvågningsprogram var at undersøge effekten af de reguleringer og investeringer, som blev gennemført i forbindelse med Vandmiljøplan I (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.

Programmet er løbende tilpasset overvågningsbehovene og omfatter såvel overvågning af tilstand og udvikling i vandmiljøet og naturen, herunder den terrestriske natur og luften som udvalgte påvirkninger, miljøfremmede stoffer og tungmetaller.

Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet har som en væsentlig opgave for Miljøministeriet at bidrage til at forbedre og styrke det faglige grundlag for de miljøpolitiske prioriteringer og beslutninger. Som led heri forestår Danmarks Miljøundersøgelser den landsdækkende rapportering af overvågningsprogrammet inden for områderne ferske vande, marine områder, landovervågning, atmosfæren, samt arter og naturtyper.

I overvågningsprogrammet er der en klar arbejdsdeling og ansvarsdeling mellem fagdatacentre og Miljøministeriets miljøcentre. Fagdatacentret for grundvand er placeret hos De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland - GEUS, for punktkilder hos By- og Landskabsstyrelsen mens fagdatacentre for ferske vande, marine områder, landovervågning, atmosfæren, samt arter og naturtyper er placeret hos Danmarks Miljøundersøgelser.

Denne rapport baseret på data indsamlet af de statslige miljøcentre fra 6 overvågningsoplande og udarbejdet i samarbejde med Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse.

Konklusionerne i denne rapport sammenfattes sammen med konklusionerne fra de øvrige Fagdatacenter-rapporter i Vandmiljø og Natur, 2008, som udgives af Danmarks Miljøundersøgelser, Danmarks og De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland - GEUS.

Sammenfatning

Den biologiske kvalitet – målt ved brug af Dansk Vandløbs Fauna Indeks (DVFI) - er ved 250 årligt undersøgte stationer forbedret siden 1994. Sammensætningen af smådyrsfaunaen indikerer, at flere og flere vandløb kan siges at være af god kvalitet med ingen eller kun svag menneskelig påvirkning (dvs. faunaklasse ≥ 5). I 2008 blev 54 % af stationerne bedømt således mod kun 42 % i 1994. Tilsvarende er der blevet færre vandløb med en dårlig tilstand. Forbedringerne skyldes primært en bedre spildevandsrensning ved offentlige renseanlæg og i et vist omfang forbedrede fysiske forhold som følge af en mere miljøvenlig vandløbsvedligeholdelse. Selvom de undersøgte vandløb ikke er repræsentative for danske vandløb, bekræftes den positive udvikling af regionale undersøgelser udført af de tidligere amter.

Koncentrationen af næringsstofferne kvælstof og fosfor i vandløbene er faldet siden 1989. Kvælstofkoncentrationen er i gennemsnit reduceret med ca. 39 %, fosfor med ca. 33 %. For kvælstof skyldes det mest en reduceret udvaskning fra de dyrkede arealer. Der er dog også sket store reduktioner i udledninger med byspildevand og fra dambrug (punktkilder), men disse forureningskilder er af relativ lille betydning. For fosfors vedkommende skyldes reduktionen primært en stor indsats med hensyn til spildevandsrensning i byområder og for virksomheder. Der er således sket et meget tydeligt fald i koncentrationen af fosfor i vandløb med udledninger af spildevand eller dambrug, mens der ikke ses nogen entydig ændring i vandløb i det dyrkede land. Koncentrationerne af kvælstof og fosfor er dog stadig henholdsvis 4-5 gange og 2-3 gange så høje som de, man finder i upåvirkede naturvandløb, målt som gennemsnit for hele landet.

Der ses tilsvarende tendenser for den beregnede samlede danske tilførsel af kvælstof og fosfor til havet for perioden 1990-2008. Reduktionen i kvælstof-, og især fosforudledningen, er dog endnu større, henholdsvis 47 og 69 % for den vandføringsvægtede koncentration, på grund af forbedret spildevandsrensning på store punktkilder (renseanlæg, virksomheder) med direkte udledning til havet. Udledningen fra land blev for 2008 beregnet til hhv. ca. 64.000 tons total-kvælstof og ca. 2.500 tons total-fosfor. Den relative usikkerhed på de beregnede udledninger er beregnet til 20-25 % og ca. 20 % for hhv. kvælstof og fosfor.

Til opgørelsen af kvælstofafstrømningen til kystvandene er anvendt et nyudviklet, standardiseret beregningskoncept. Det beregner en fuldt geografisk distribueret månedlig vand- og kvælstofbelastning af de forskellige kystvande for områder uden målestationer (umålte oplande). Beregningskonceptet (modellen) er som noget nyt testet på stationer, hvor der foretages målinger (målte opland). Modellen har på dette grundlag vist sig lovende, men overestimerer sandsynligvis kvælstofafstrømningen. Det er især tilfældet i Jylland vest for israndslinjen, hvor de hydrologiske forhold afviger betydeligt fra de, som findes i resten af Danmark. Modellen vil blive forbedret i de kommende år.

1 Datagrundlag og databehandling

Jens Bøgestrand & Peter Wiberg-Larsen

1.1 Om overvågningsprogrammet

Det Nationale Program for Overvågning af Vandmiljøet og Naturen (NOVANA) 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.

Der indgår 223 vandkemiske målestationer i NOVANA. 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.

På 800 stationer udføres et økologisk undersøgelsesprogram for at vurdere den økologiske tilstand ikke blot i selve vandløbene, men for en del af de udvalgte stationer også på de vandløbsnære arealer. Der laves således undersøgelser af både bunddyrsfauna, vegetation, fysiske forhold og fiskebestand. Der indsamles også oplysninger om menneskelige påvirkninger af vandløbene for at belyse sammenhængen mellem disse faktorer og den økologiske tilstand. Denne viden er nødvendig for at kunne forvalte vandløbsmiljøet effektivt. Undersøgelserne foretages generelt i en 3- eller 6-årig cyklus, men i 250 af vandløbene laves desuden en kvalitetsbedømmelse ud fra dansk vandløbsfauna indeks (DVFI) hvert år.

På yderligere 50 lokaliteter i 12 større vandløbssystemer (det intensive program) foretages årlige undersøgelser af de fleste parametre med henblik på en bedre belysning af årsager og virkning, tidlig udvikling og interaktioner mellem de øvre og nedre dele af vandløbene.

1.2 Sådan vurderes udvikling i indhold og transport af kvælstof og fosfor

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

Hvis intet andet er nævnt, er der anvendt tidsvægtede gennemsnit 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 er beregnet ved for en given periode at dividere den samlede stoftransport med den samlede vandafstrømning.

I mange af rapportens analyser er vandløbsstationerne grupperet på grundlag af karakteren af menneskelig påvirkning i oplandet, dvs. i såkaldte typeoplande (tabel 1.1).

Tabel 1.1 Stationstyper i vandløb baseret på en inddeling efter typeopland. I de anvendte kriterier for denne inddeling er der i punktkildebidraget ikke medregnet spildevand fra spredt bebyggelse. Angivet antal stationer fordelt på oplandstyper, der er anvendt i tidsserie-analyse (1989-2008) og aktuelt 2008. Oplandstyper for tidsserie-analyser opgjort efter situationen i 1991.

Oplandstype	Type nr.	1989-2008 tidsserie-analyser	2008 aktuel status
Naturoplande *	1	6	9
Vandløb i dyrkede oplande (P)			
dyrkningsgrad > 15 % bebyggelse < 50 % punktkildebidrag < 25 g P/ha, 0,5 kg N/ha	2	33	67
Vandløb i dyrkede oplande (N)			
dyrkningsgrad > 15 % bebyggelse < 50 % punktkildebidrag < 0.5 kg N/ha	3	54	95
Vandløb med punktkilder			
punktkildebidrag > 0.5 kg N/ha	4	73	59
Vandløb med dambrugsudledninger			
P fra dambrug > 30 % af total transport > 40 % af punktkildebidrag	5	14	4
Vandløb i bebyggede områder			
> 50 % bebyggelse	6	4	5

*undersøges kun hvert tredje år (2005, 2008, etc.) siden 2003

Det skal i øvrigt bemærkes, at en del vandløb har skiftet oplandstype siden overvågningsprogrammets start, fx på grund af reduceret spildevandstilledning eller nedlæggelse af dambrug.

Kriterierne for klassifikationen af 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 i vandkvalitet og stoftransport er vurderet ud fra resultaterne fra de ca. 150 vandløbsstationer, som har været i drift siden 1991 eller tidligere. Ved analyse af udviklingen i de forskellige typer af vandløb er anvendt typeinddelingen fra 1991. Enkelte vandløbsstationer er udeladt, hvis der er en nærliggende station i det samme vandløb, ligesom afløb fra søer ikke er anvendt. Udviklingen i koncentrationen af N og P er testet statistisk med en non-parametrisk metode, som søger at eliminere år-til-år variationer, der skyldes forskelle i afstrømning (Larsen, 1999). Resultaterne af testen er desuden brugt til at beregne estimater af koncentration og stoftransport, som derved er korrigeret for vandføring/afstrømning.

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

Ca. 120 vandløbsstationer, som ligger tæt på vandløbets udmunding i havet, er anvendt ved beregning af tilførslen af kvælstof, fosfor og organisk stof til havet. Oplandet til disse stationer dækker ca. halvdelen af Danmarks areal. Vand- og stoftilførslen fra den resterende del af landets areal (det umålte opland) er modelleret som beskrevet i Bøgestrand (2009).

For at vurdere betydningen af forskellige forureningskilder er bidraget til den samlede stoftransport fra disse opgjort. Dette er gjort 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. Baggrundsbidraget, som er den arealspecifikke stofafstrømning, der ville være for det samlede opland, hvis det lå hen som natur, er beregnet ved at anvende målinger fra naturoplande som reference.

I bilag 2 findes en oversigt over samtlige vandløbsstationer, hvor der er målt vandføring og indhold af kvælstof og fosfor i 2008.

2 Klima og afstrømning

Niels Bering Ovesen

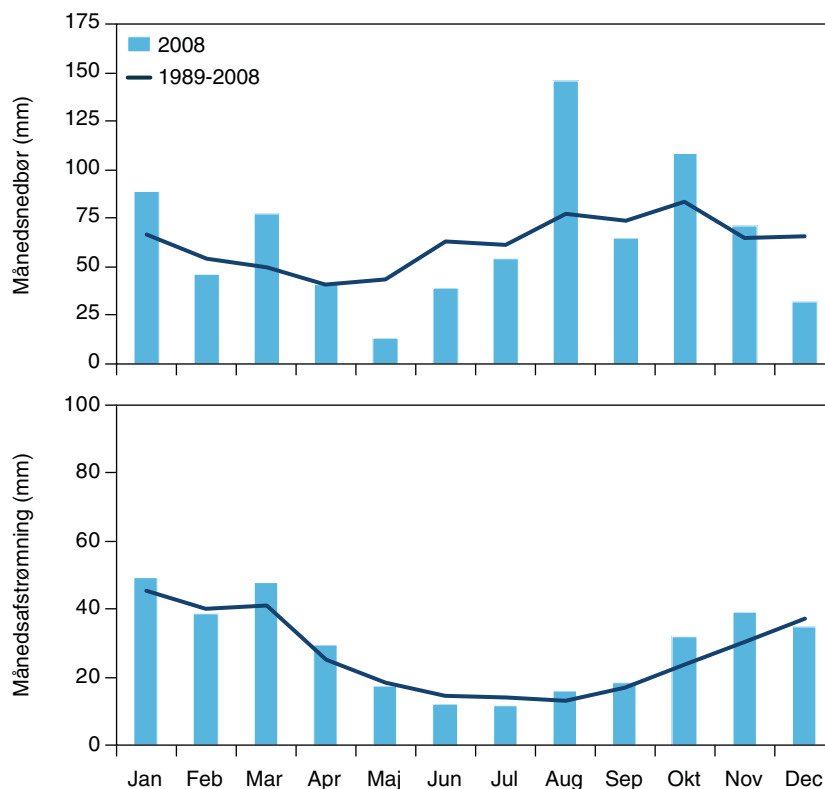
Mængden af nedbør og andre klimatiske faktorer har stor betydning for tilførslen af næringsstofferne kvælstof og fosfor til havet. Et år med meget nedbør giver en stor udvaskning og en stor tilførsel af næring til havet. Dette giver en større risiko for algeopblomstring og iltvind end i et år med gennemsnitlig eller ringe mængde nedbør.

Vejret i de enkelte år skal derfor tages i betragtning, når man vurderer udviklingen i næringsstoftilførslen til havet.

2.1 Klima og afstrømning i 2008

Vejret i 2008 var som helhed meget varmere og noget vådere end normalt. Middeltemperaturen var hele 9,4 °C, hvilket gør 2008 til det næst varmeste år, som hidtil er registreret. Til sammenligning er normalen 7,7 °C for perioden 1961-90. Nedbørmængden var i gennemsnit for landet 779 mm, hvilket er noget mere end normalt (712 mm for perioden 1961-90). Nedbøren var samtidig noget atypisk fordelt over året, idet januar, marts, oktober og især august var meget nedbørsrige (figur 2.1). Derimod regnede det væsentligt mindre end normalt i maj og juni, og også december var tør (Cappelen, 2009).

Figur 2.1 Månedsnedbør i Danmark i 2008 sammenlignet med normalen for perioden 1961-90 (for oven), samt månedsmiddelferskvandsafstrømning fra Danmark i 2008 sammenlignet med middel for perioden 1989-2008.

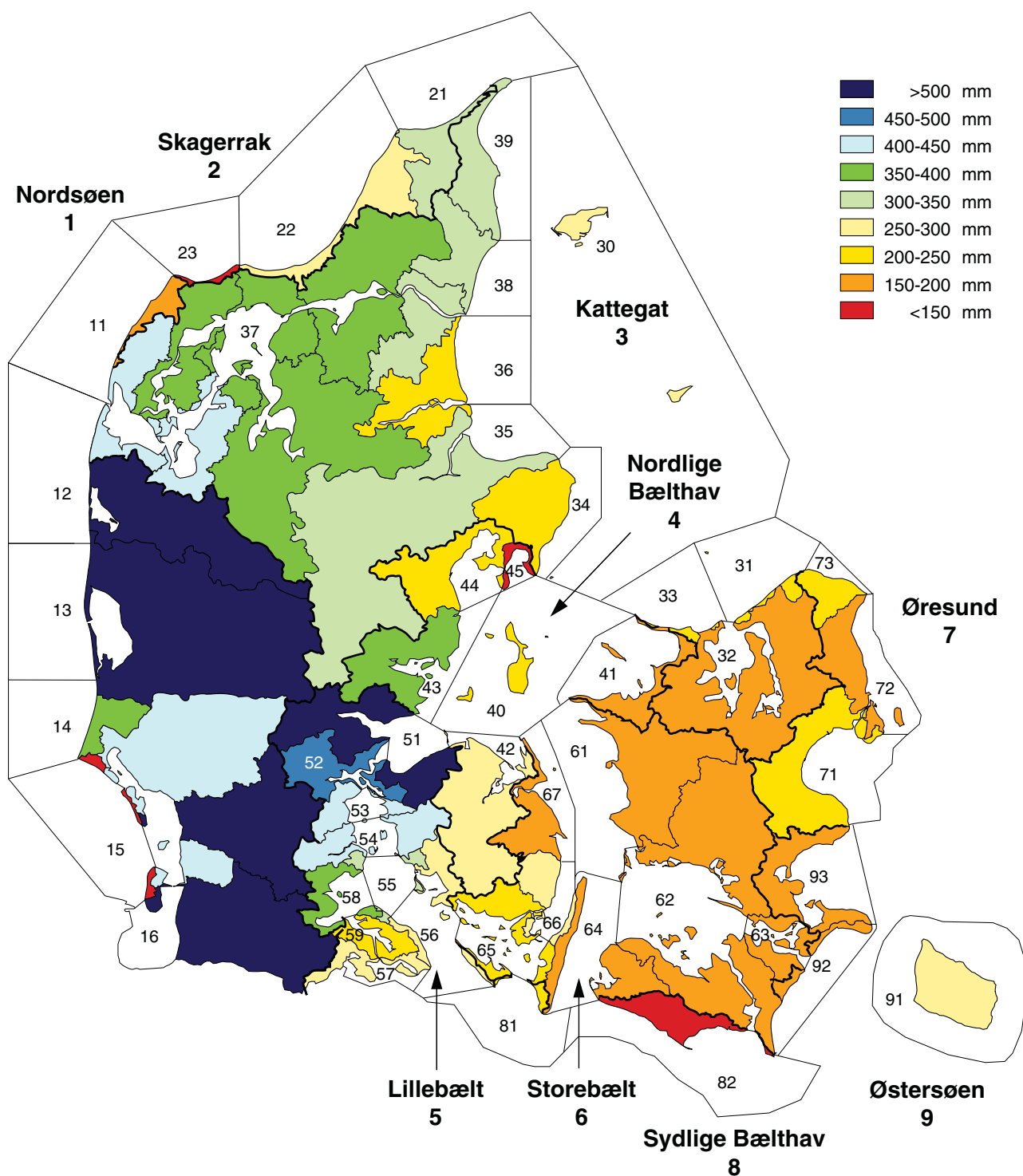


Den samlede ferskvandsafstrømning til de danske farvande blev for 2008 opgjort til ca. 15.000 millioner m³ svarende til en arealspecifik afstrømning fra Danmark på 347 mm. Det var kun lidt mere end normalt, og fordelingen over året afveg heller ikke væsentligt fra den, som forekommer i et normalt år (figur 2.1). Den ekstraordinært store nedbørsmængde i august afspejledes således ikke i vandløbsafstrømningen, hvilket skyldes, at den overskydende nedbør om sommeren næsten udelukkende går til fordampning. I bilag 1 findes en detaljeret opgørelse på månedsplan for ferskvandsafstrømningen til de enkelte kystafsnit. Det skal her bemærkes, at beregningsmetoden for de områder, der ikke er dækket af målestationer, blev ændret i forbindelse med opgørelserne i 2007 (se Bøgestrand, 2009). Hele dataserien tilbage til 1989 er således i nærværende rapport beregnet efter den nye metode. Metodeændringen har medført en generel reduktion i den beregnede afstrømningsmængde på i gennemsnit ca. 3 %. Det skal supplerende nævnes, at der siden 1989 er sket nedlæggelse eller udskiftning af et fåtal af de målestationer, der indgår i opgørelsen af afstrømningen. Der er imidlertid søgt taget højde for dette i de udførte beregninger.

Afstrømningsforholdene udviser normalt, ligesom nedbøren, en stor geografisk variation, hvilket også var tilfældet i 2008 (figur 2.2). Oplandene til farvandsområderne i det sydlige Bælthav, Storebælt, Østersøen og Øresund havde de laveste ferskvandsafstrømninger, typisk mellem 150 og 350 mm. De største afstrømninger på omkring 500 mm forekom modsat i de områder, som afvander til farvandsområderne i Nordsøen. Den geografiske variation i 2008 afveg dog noget fra det normale, idet farvandene omkring Jylland og Fyn generelt blev tilført noget mere ferskvand end normalt, hvorimod der fra Sjælland var en afstrømning lidt mindre end normalt.

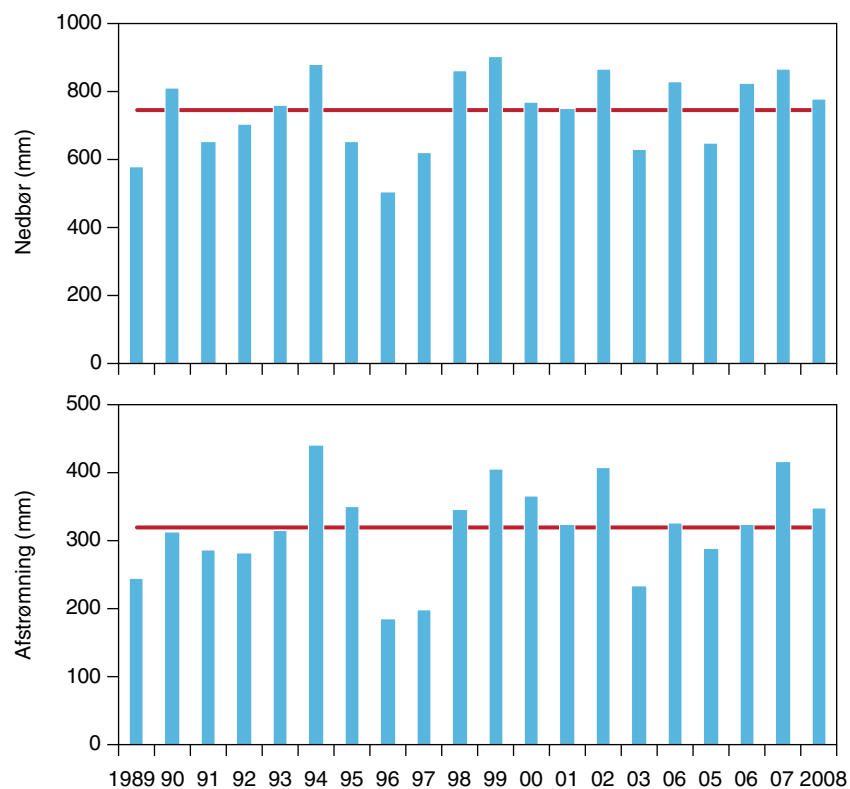
Årets samlede afstrømning var ca. 8 % over middelfafstrømningen for perioden 1989–2008, der er på 320 mm (ca. 13.760 millioner m³) (figur 2.3). Der var i 2008 en god overensstemmelse mellem ferskvandsafstrømningen og nedbøren (figur 2.3). Dette er ikke altid tilfældet, idet en atypisk fordeling af nedbørsmængden over året kan medføre en tilsvarende atypisk respons i afstrømningen. Det kan fx ske i sammenhæng med særlige fordampningsforhold eller betydelige forskelle i størrelsen af de grundvandsmagasiner, som bidrager mest til afstrømningen i vandløbene.

Idet vandafstrømningen i 2008 således alt i alt ikke afveg væsentligt fra, hvad der er normalt, hverken i samlet mængde eller i fordelingen over året, var betingelserne for udvaskning af næringsstoffer til vandmiljøet således, som de må forventes i et normalt år.



Figur 2.2 Ferskvandsafstrømningen (i mm) til 2. ordens marine kystafsnit i 2008. (afsnit 16 og 37 er underopdelt på 3. orden)

Figur 2.3. Årsnedbøren (for oven) og ferskvandsafstrømningen (for neden) for Danmark i perioden 1989-2008, angivet sammen med middelværdierne for perioden.



3 Biologisk vandløbskvalitet

Jens Skriver

Vandløbenes biologiske kvalitet bedømmes hvert år ud fra sammensætningen af smådyrsfaunaen fra en række danske lokaliteter. Tilstanden udtrykkes ved hjælp af Dansk Vandløbs Fauna Indeks (DVFI), som antager værdier (faunaklasser) fra 1 til 7 hvor værdien 7, angiver den bedste tilstand (Miljøstyrelsen 1998).

En lav værdi for DVFI findes tit i vandløb med dårlige iltforhold på grund af forurening med let omsætteligt organisk stof. Der er også tit en lav faunaklasse-værdi i vandløb med dårlige fysiske forhold som for eksempel vandløb, der er udrettede og uddybede, eller som vedligeholdes hårdt med opgravning og grødeskæring. Modsat vil et naturligt bugtet vandløb, som får lov at passe sig selv, og som samtidig er uden belastning med organisk stof, ofte have en høj værdi for DVFI.

De enkelte vandløb er tidligere blevet målsat af de regionale myndigheder (amterne). Til hver målsat vandløbsstrækning er der knyttet en målsætningsklasse. Det er denne målsætningsklasse, der er sammenholdt med den fundne faunaklasse (DVFI værdi), når målopfyldelsen er vurderet. I forbindelse med den i gang værende vandplanlægning, som udføres af de statslige miljøcentre under Miljøministeriet, og som er en del af implementeringen af EU's Vandrammedirektiv, vil målopfyldelsen blive vurderet efter andre retningslinjer. Der indgår ikke i denne rapport en vurdering i forhold til hverken amternes regionplanmål eller de nye vandplanmål, idet førstnævnte ikke er tidssvarende og sidstnævnte ikke var kendte ved rapportens udarbejdelse.

Ifølge Vandrammedirektivet skal der indgå andre biologiske kvalitetselementer end blot sammensætningen af smådyrsfaunaen, f. eks. vandplanter samt fisk. Det er også meningen, at den biologiske kvalitet vil skulle bedømmes ud fra indices eller lignende inden for hvert af disse andre biologiske kvalitetselementer. Sådanne indices er dog endnu ikke udviklet og interkallibreret til brug i danske vandløb.

3.1 Tilstand i 2008

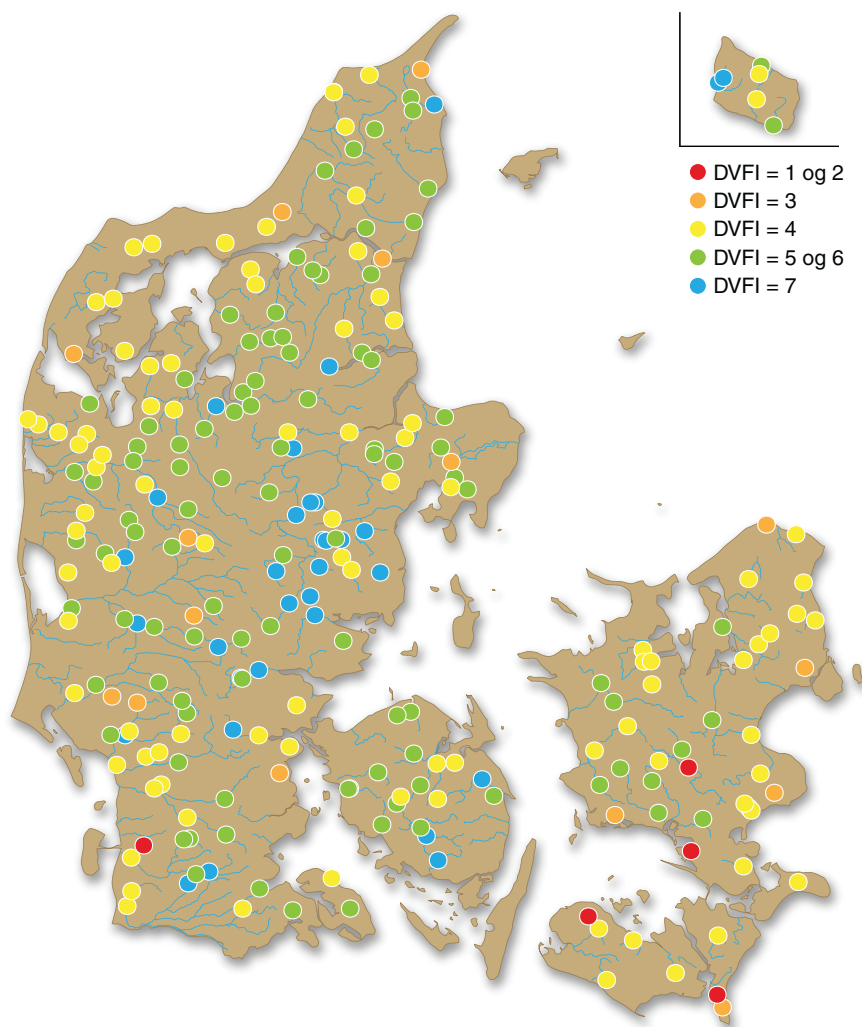
I NOVANA programmet foretages der undersøgelser af den biologiske kvalitet ud fra faunaklassen ved 800 stationer igennem den 6-årige periode, som programmet forløber over. Disse stationer er udvalgt, så de giver en god geografisk dækning og samtidig dækker vandløb med forskellig grad af menneskelige påvirkninger. Udover smådyrene undersøges også vandplan-tevegetationen og fiskebestandenes sammensætning. Disse data vil ikke blive rapporteret i denne rapport, men i senere rapporter, når data fra hele programperioden – og dermed fra alle de 800 stationer - foreligger.

Denne rapport behandler, i lighed med tidligere år, faunaklassedata fra et udsnit af de oven for nævnte 800 stationer, nemlig ca. 250 stationer, hvor faunaklassen bestemmes årligt i perioden 2004-2009.

Faunaklasserne 5, 6 og 7 blev i 2008 registreret i ca. 54 % af stationerne, svarende til forholdsvis rene og fysisk varierede vandløb (figur 3.1).

Figur 3.1 Miljøtilstanden i 2008 i danske vandløb illustreret ved hjælp af smådyrsfaunaen. Blå cirkler (DVFI faunaklasse 7) illustrerer vandløb med en naturlig eller kun svagt påvirket smådyrsfauna. Røde cirkler (DVFI faunaklasse 1 og 2) illustrerer vandløb med en kraftigt forringet smådyrsfauna. Opdelingen af DVFI værdierne i 5 kvalitetsklasser er foretaget ud fra den p.t. gældende opfattelse af klassifikationen efter Vandrammedirektivet. Farveskalaen er i overensstemmelse med retningslinjerne i de internationale standarder (DS/EN ISO 8689-2: 2000).

Dansk Vandløbsfauna Indeks (DVFI) i 2008



Tabel 3.1 Biologisk vandløbskvalitet i forskellige vandløbsstørrelser i 2008. Tallene angiver antallet af stationer indenfor hver vandløbsstørrelse og faunaklasse.

Bredde (m)	Faunaklasse (DVFI)							Total
	1	2	3	4	5	6	7	
0-2	2	3	9	34	31	9	10	98
2-5			6	36	26	8	7	83
5-10				19	18	8	12	57
> 10				4	1	-	3	8
Total	2	3	15	93	76	25	32	246

Yderligere 38 % af vandløbene havde en moderat påvirket smådyrsfauna (faunaklasse 4). Faunaklasserne 1, 2 og 3, der karakteriserer en ringe eller dårlig tilstand, udgjorde ca. 8 % af vandløbene.

Generelt havde de større vandløb en bedre miljøkvalitet end de små vandløb (tabel 3.1). Andelen af vandløb med faunaklasserne 6 og 7 øgedes således med stigende bredde fra 19 % (0-5m) til 35 % (>5m). Samtidig var der ingen af de større vandløb, der havde en dårligere tilstand

end faunaklasse 4. Regionalt var vandløbenes tilstand bedst i Jylland, Fyn og på Bornholm (tabel 3.2).

3.2 Udvikling i den biologiske vandløbskvalitet

Siden 1994 har der været foretaget indsamling af og bearbejdning af prøver fra vandløb i det nationale overvågningsprogram til beregning af DVFI. Antallet af prøver og den overordnede strategi har ændret sig hen gennem perioden. Således har antallet af stationer pr. år har ændret sig fra 222 i 1994-1997, 444 i 1998 til 1053 i 1999-2003. I perioden 2004-09 er der som allerede nævnt 250 stationer, der undersøges hvert år. Som resultatet af disse ændringer i stationsvalget er der således for hele perioden 1994-2008 kun 65 gennemgående stationer med årlige prøver.

I den følgende sammenstilling af udviklingen i miljøkvaliteten er der på grund af de oven for beskrevne forhold taget udgangspunkt i de ca. 250 stationer, som er undersøgt i NOVANA perioden, samt det udsnit af disse stationer, for hvilke der foreligger årlige undersøgelser tilbage i tiden (se figur 3.2).

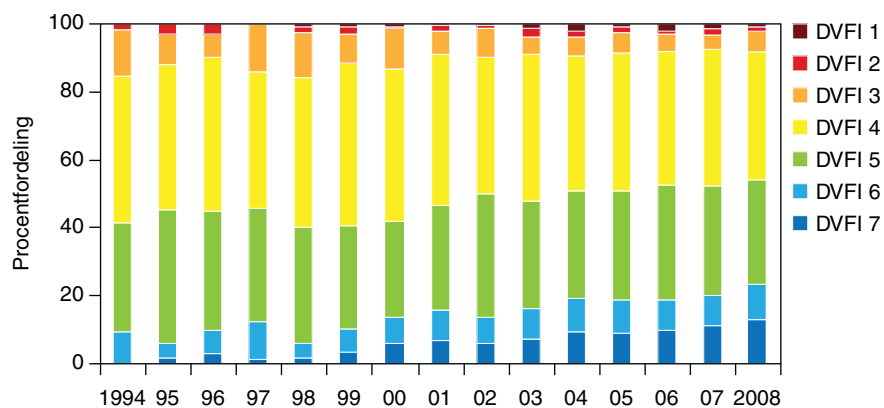
Der har gennem perioden 1994-2008 været en signifikant forbedring af tilstanden (faunaklassen) i de undersøgte vandløb, hvor andelen af vandløb med faunaklasserne 5, 6 og 7 er øget fra 42 % til 54 % ($r^2=0,66$, $P<0,001$).

Med anvendelse af det nye reviderede (og reducerede) stationsnet fra 2004 ses således en forbedring af tilstanden i perioden, der er af samme størrelsesorden som med det tidligere stationsnet for perioden 1999-2003. Revisionen af stationsnettet fra 2004 har imidlertid betydet, at andelen af vandløb med faunaklasserne 5, 6 og 7 nu er lidt højere end tidligere, idet andelen med det store stationsnet (1053 stationer) var henholdsvis 35 % og 44 % i 1999 og 2003, mens den tilsvarende andel med det nye reducerede stationsantal (ca. 250 stationer) var henholdsvis 41 % og 48 %. Det nye reviderede net med 250 stationer er dog ikke i samme omfang repræsentativt som det tidligere net med 1053 stationer. Der indgår eksempelvis ingen stationer, som med tilnærmelse kan betragtes som "referencestationer" og dermed som udgangspunkt har høj tilstand. Det er imidlertid vores vurdering, at det nye reducerede stationsnet med rimelig sikkerhed afspejler den generelle tidsmæssige ændringer i miljøkvaliteten i danske vandløb.

Formodningen om en generel forbedring af tilstanden i danske vandløb understøttes af årlige undersøgelser af miljøtilstanden i fynske vandløb på ca. 900 stationer i hele perioden 1988-2005 (figur 4.1, i Miljøcenter Odense 2007). Her er således registreret en markant og entydig fremgang i faunaklassen gennem hele perioden.

Det vurderes, at de meget små forskelle i tilstanden fra 2004 til 2008 næppe repræsenterer nogen væsentlig forbedring af tilstanden i denne periode. Under alle omstændigheder kræver ganske små ændringer i tilstanden en længere periode for at kunne registreres med sikkerhed (eller at der undersøges mange flere stationer hvert år).

Figur 3.2 Miljøtilstanden i de danske vandløb i perioden 1994-2008. I perioden 1994-97 er opgørelsen baseret på 65-72 stationer, i 1998 på 114 stationer, i 1999-2003 på 231-234 stationer og i 2004-2008 på 243-250 stationer. Blå og grøn illustrerer de rene og fysisk gode vandløb (faunaklasserne 5, 6 og 7).



4 Kvælstof i vandløb

Jens Bøgestrand

Kvælstof er et plantenæringsstof, og de menneskeskabte forøgede tilførsler af kvælstof til havet er en af de vigtigste årsager til opblomstring af alger om foråret og tidligt på sommeren og deraf følgende iltvind i sensommeren og det tidlige efterår, når en stor del af algerne nedbrydes. Forhøjede tilførsler af kvælstof kan også have en negativ betydning i vore søer. Vandmiljøplanerne har som et af de vigtigste mål at reducere tilførslen af kvælstof til havmiljøet.

Kvælstof i vandmiljøet stammer især fra udvaskning fra landbrugsarealer, men der udledes også noget fra renseanlæg, industrier og dambrug. Kvælstof har normalt kun mindre betydning for miljøet i selve vandløbene, bortset fra forhøjede koncentrationer af ammoniak, der har giftvirkning på smådyr og fisk. Derimod er vandløbene transportvej for kvælstof. Koncentrationer og transport af kvælstof i vandløbene viser, om tilførslen til havet (eller søerne) bliver mindre, sådan som det er hensigten med vandmiljøplanerne.

Der er ingen landsdækkende målsætninger/grænseværdier for koncentrationen af kvælstof i vandløb.

4.1 Tilstanden i 2008

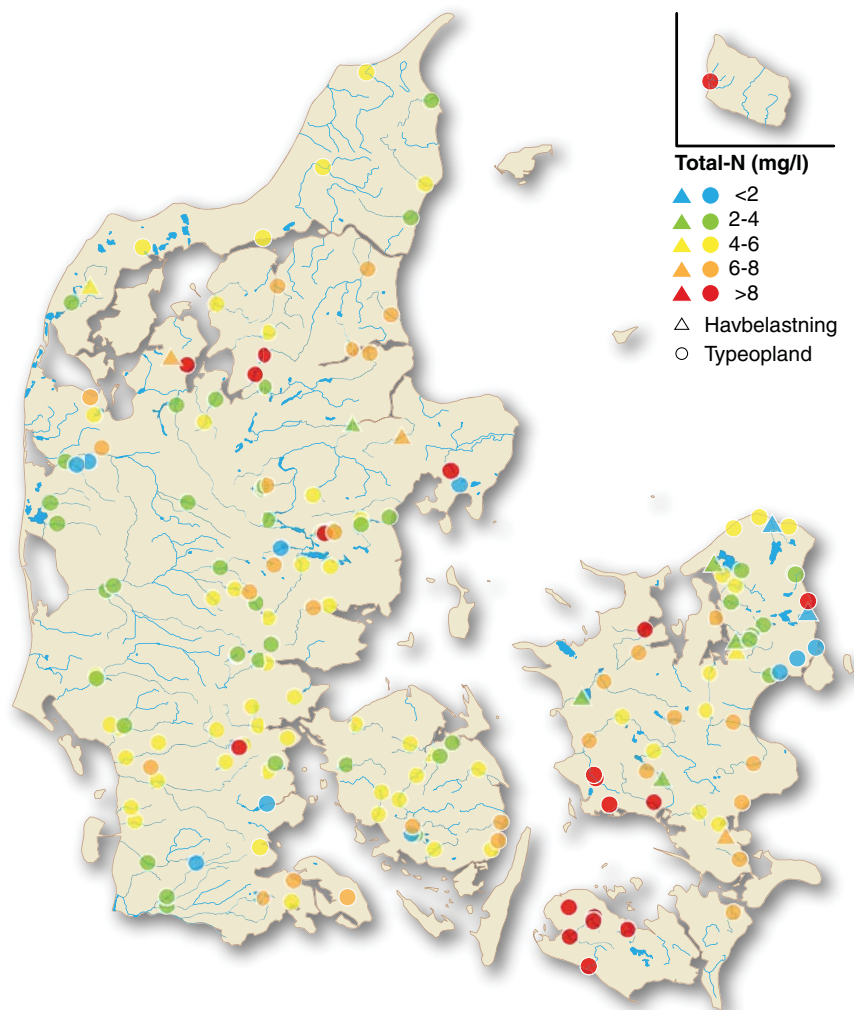
Koncentrationen af kvælstof i vandløb, som ligger i dyrkede oplande eller er udsat for væsentlige udledninger fra punktkilder, var i 2008 gennemsnitligt 4-5 gange så høj som baggrundsniveauet målt i naturvandløb (tabel 4.1). Derimod var der stort set ingen forskel på koncentrationen i vandløb, som ligger i dyrkede oplande uden punktkilder, og koncentrationen i vandløb med betydelig punktkildebelastning fra byspildevand eller industri.

Tabel 4.1. Gennemsnitlig koncentration og arealkoefficient af total kvælstof i 2008 i vandløb med forskellig type af påvirkninger. Standardafvigelse er vist i parentes.

Belastningstype	Antal vandløb	Kvælstofkoncentration (mg N/l). Gennemsnit af vandføringsvægtede årsmiddelværdier	Arealkoefficient (kg N/ha)
Naturvandløb	9	1,27 (0,55)	-
Landbrug og punktkilder	57	4,47 (1,84)	15,53 (7,61)
Landbrug uden punktkilder	98	5,47 (2,37)	15,05 (7,52)

Vandløb i Vestjylland har generelt en lavere koncentration af kvælstof end, for eksempel, de sydsjællandske vandløb (figur 4.1). I Vestjylland siver en stor del af regnvandet lang vej gennem regionale grundvandsmagasiner, før det når frem til vandløb. Under denne transport passerer meget af vandet iltfrie zoner i jorden, hvor nitrat bliver omsat ved biologisk eller kemisk denitrifikation. I østdanske vandløb vil en stor del af nedbøren med sit kvælstofindhold til gengæld strømme gennem øvre grundvandsmagasiner eller dræn uden at skulle passere iltfrie zoner. Derfor bliver der ikke fjernet så meget nitrat ved denitrifikation i denne region, og vandløbene har derfor højere kvælstofkoncentrationer.

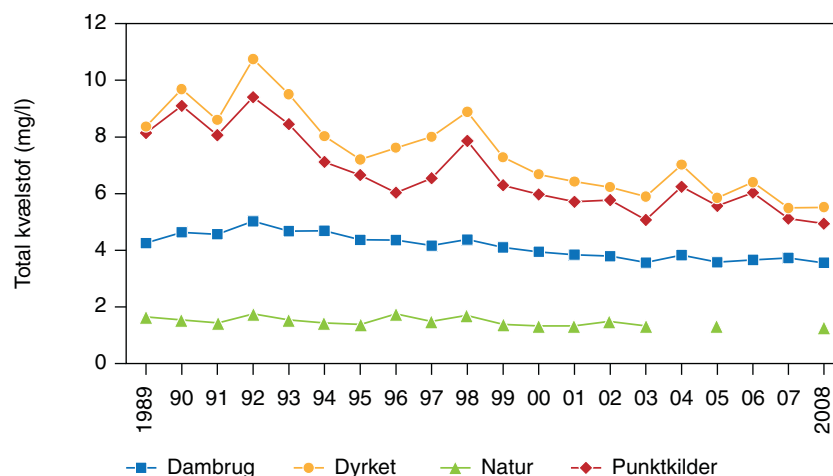
Figur 4.1. Koncentrationen af total kvælstof i vandløb i 2008. Vandføringsvægtede årsmiddelværdier.



4.2 Udvikling siden 1989

Kvælstofkoncentrationen i vandløbene har generelt været faldende, bortset fra i naturvandløbene, hvor den har været stort set uændret. Faldet har været tydeligst i de vandløb, der ligger i dyrkede oplande eller er udsat for betydende udledninger af by- eller industrispildevand (figur 4.2 og tabel 4.2). I vandløb med betydelige udledninger fra dambrug har der derimod kun været en mindre reduktion. Her har koncentrationsniveauet dog været lavere gennem hele perioden, primært fordi dambrugsdrift er koncentreret i grundvandsfødte vandløb i egne, hvor kvælstofindholdet i det tilstrømmende grundvand som tidligere nævnt er relativt lavt.

Figur 4.2. Udvikling i kvælstof-koncentration siden 1989. Gennemsnit af vandføringsvægtede årsmiddelværdier for vandløb med forskellige påvirkninger, klassificeret ud fra forholdene i 1991.



Tabel 4.2. Nøgletal for statistisk test (Seasonal Mann-Kendall og Senn's trend estimator) af udviklingstendenser for vandføringskorrigerede koncentrationer og transport af kvælstof. Middelværdier $\pm$ 95% konfidensinterval. (+ : stigning; - : fald).

Alle vandløb omfatter et antal vandløb udover de 4 nævnte typer.

Oplandstype 1991	Antal stationer	Antal med signifikant fald	Antal med signifikant stigning	Procentvis ændring i koncentration.	Procentvis ændring i transport
Natur	7	3	0	-16 $\pm$ 18	-26 $\pm$ 24
Dyrket	63	56	1	-39 $\pm$ 4	-43 $\pm$ 4
Punktkilder	75	72	0	-39 $\pm$ 4	-42 $\pm$ 4
Dambrug	15	13	0	-31 $\pm$ 7	-32 $\pm$ 7
Alle	164	146	1	-36 $\pm$ 3	-39 $\pm$ 3

5 Fosfor i vandløb

Jens Bøgestrand

Fosfor er ligesom kvælstof et plantenæringsstof og er den vigtigste årsag til forekomsten af en forøget mængde af planktonalger i mange søer. Fosfor er også af betydning for tilstanden i mange fjorde. Af disse årsager har vandmiljøplanerne haft som et mål at reducere udledningen af fosfor til vandmiljøet.

Fosfor er tidligere blevet udledt i store mængder til vandmiljøet fra byernes rensningsanlæg og industrier. Efter de seneste årtiers store forbedringer i spildevandsrensning er tabet fra landbrugsjorder og de spredt liggende ejendomme uden for kloakerede områder imidlertid nu den vigtigste kilde til fosfor i vandløbene.

Fosfor har kun mindre betydning for tilstanden i vandløbene, men via vandløb transporteres fosfor til søer og fjorde. Derfor er målte koncentrationer og beregnede transporter vigtige for at kunne vurdere, om tilførslerne til søer og fjorde bliver mindre som ønsket.

Der er ingen landsdækkende målsætninger/grænseværdier for koncentrationen af fosfor i vandløb.

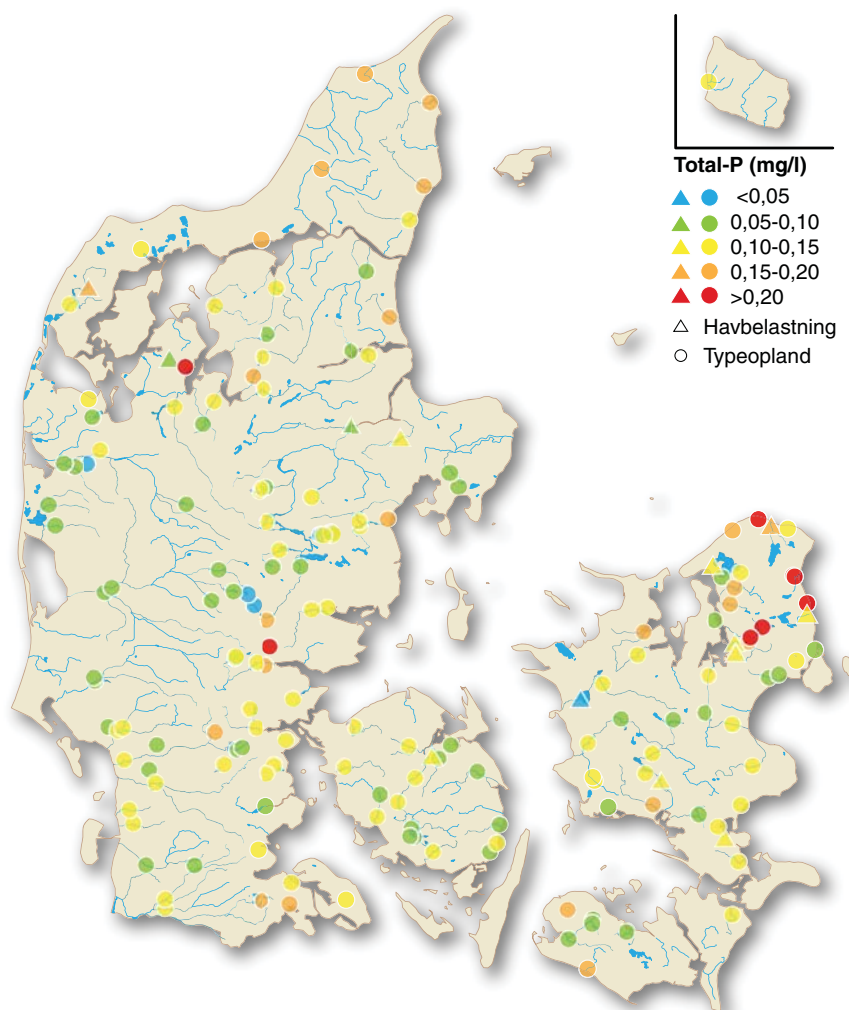
5.1 Tilstanden i 2008

Koncentrationen af fosfor i vandløb, som ligger i dyrkede oplande eller er udsat for væsentlige udledninger fra punktkilder, var i 2008 gennemsnitligt 2-3 gange så høj som niveauet målt i naturvandløb (tabel 5.1). Der er dog forskel på vandløb, som kun påvirkes af landbrugsdrift og spredt bebyggelse uden for kloakerede områder, og vandløb som også belastes med spildevand fra renseanlæg, idet sidstnævnte gruppe af vandløb har de højeste gennemsnitskoncentrationer af fosfor.

Tabel 5.1. Gennemsnitlig koncentration og arealkoefficient af total fosfor i 2008 i vandløb med forskellig type af påvirkninger. Standardafvigelse i parentes.

	Antal vandløb	Fosforkoncentration (mg P l ⁻¹)	Arealkoefficient (kg P ha ⁻¹)
	Gennemsnit af vandføringsvægtede årsmiddelværdier		
Naturvandløb	9	0,06 (0,03)	-
Landbrug og punktkilder	57	0,14 (0,07)	0,49 (0,25)
Landbrug uden punktkilder	77	0,11 (0,03)	0,32 (0,21)

Figur 5.1. Koncentrationen af total fosfor i vandløb i 2008. Vandføringsvægtede års-middelværdier.

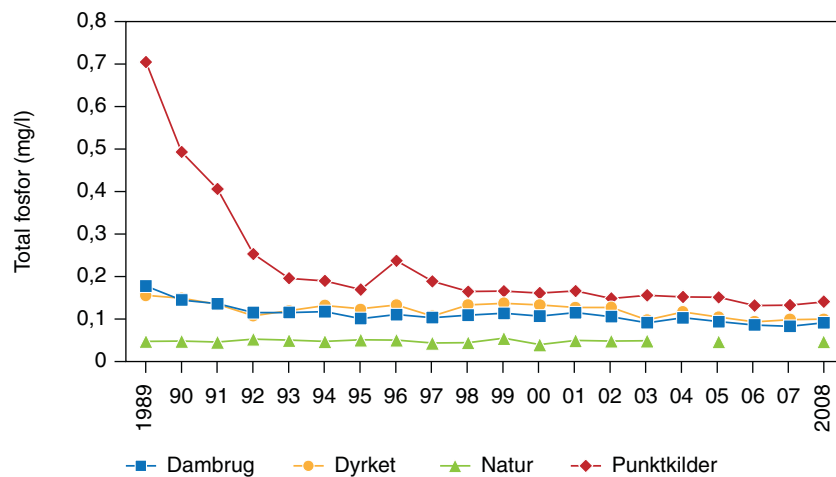


Høje koncentrationer af fosfor optræder især i det tæt befolkede Nord-sjælland (figur 5.1), men også den øvrige del af Sjælland har relativt meget fosfor i vandløbene, idet den store befolkningstæthed giver anledning til forholdsvis store udledninger fra renseanlæg og spredt bebyggelse. Samtidig er der generelt mindre afstrømning og dermed mindre vand til at fortynde med i de sjællandske vandløb (figur 2.2). I de mere tyndt befolkede egne i Midt- og Vestjylland, hvor afstrømningen generelt også er større, er der lavere koncentrationer af fosfor.

5.2 Udviklingen siden 1989

Koncentrationen af total fosfor i punktkildebelastede vandløb er faldet markant gennem første halvdel af 1990'erne og er nu kun lidt højere end i dyrkningspåvirkede vandløb (figur 5.2 og tabel 5.2). Faldet skyldes de foranstaltninger, der er sat i værk for at reducere forureningen fra byspildevand og industrielle udledere, både i forbindelse med Vandmiljøplanen og regionale tiltag. I dambrugspåvirkede vandløb er fosforkoncentrationen også faldet signifikant som følge af formindskede udledninger fra dambrug. I naturvandløb er der ingen signifikant ændring. I vandløb i dyrkede områder er der forskelligt rettede ændringer, men klar overvægt af vandløb i hvilke der forekommer fald i koncentrationen. Regionale forskelle er ikke testet.

Figur 5.2. Udvikling i fosfor-koncentration siden 1989. Gennemsnit af vandføringsvægtede årsmiddelværdier for vandløb med forskellige påvirkninger, klassificeret ud fra forholdene i 1991.



Tabel 5.2. Nøgletal for statistisk test (Seasonal Mann-Kendall og Senn's trend estimator) af udviklingstendenser for vandføringskorrigerede koncentrationer af fosfor. Middelværdier $\pm$ 95 % konfidensinterval. (+ : stigning; - : fald).

Alle vandløb omfatter et antal vandløb udover de 4 nævnte typer.

Oplandstype 1991	Antal stationer	Antal med signifikant fald	Antal med signifikant stigning	Procentvis ændring i koncentration	Procentvis ændring i transport
Natur	7	0	0	0 ± 10	1 ± 13
Dyrket	38	20	2	-20 ± 9	-15 ± 8
Punktkilder	75	69	0	-47 ± 5	-44 ± 5
Dambrug	15	12	0	-29 ± 11	-31 ± 11
Alle	164	120	3	-32 ± 4	-33 ± 4

6 Kvælstofbelastning af havet

Jørgen Windolf, Jens Bøgestrand, Ane Kjeldgaard, Brian Kronvang, Søren Erik Larsen, Niels Bering Ovesen & Hans Thodsen

Kvælstofbelastningen (dvs. kvælstoftilførslen) er opgjort for 2. og 3. ordens kystafsnit, jf. oplandene på kortene fig. 6.1 – 6.3. For ca. 49 % af Danmark er belastningen opgjort direkte ved hjælp af vandløbsmålestationer (målte oplande). For den øvrige del af landet er belastningen beregnet ved hjælp af en model for den diffuse afstrømning fra de umålte oplande og resultaterne herfra summeret med spildevandsudledningerne i de umålte oplande. Opgørelsesmetoder og modelberegninger er beskrevet i Ovesen et al. (2009) i nærværende rapports temakapitel.

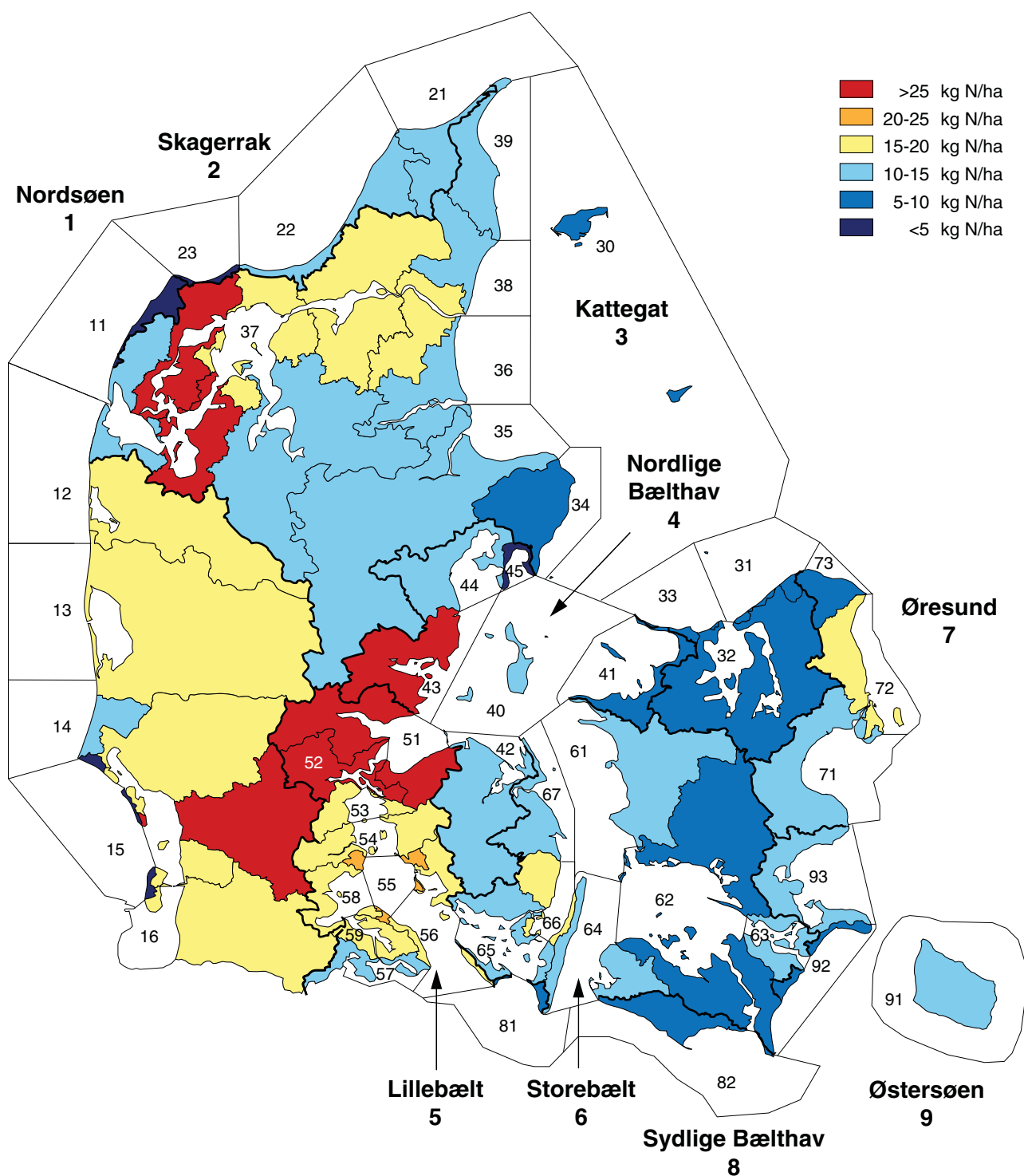
En test af modellen på de målte oplande viser imidlertid, at den sandsynligvis overestimerer kvælstofafstrømningen, ikke mindst i Jylland vest for israndslinjen. Der er imidlertid tale om en første version af en model, som der vil blive arbejdet videre med.

6.1 Kvælstofbelastningen fra land af havet i 2008

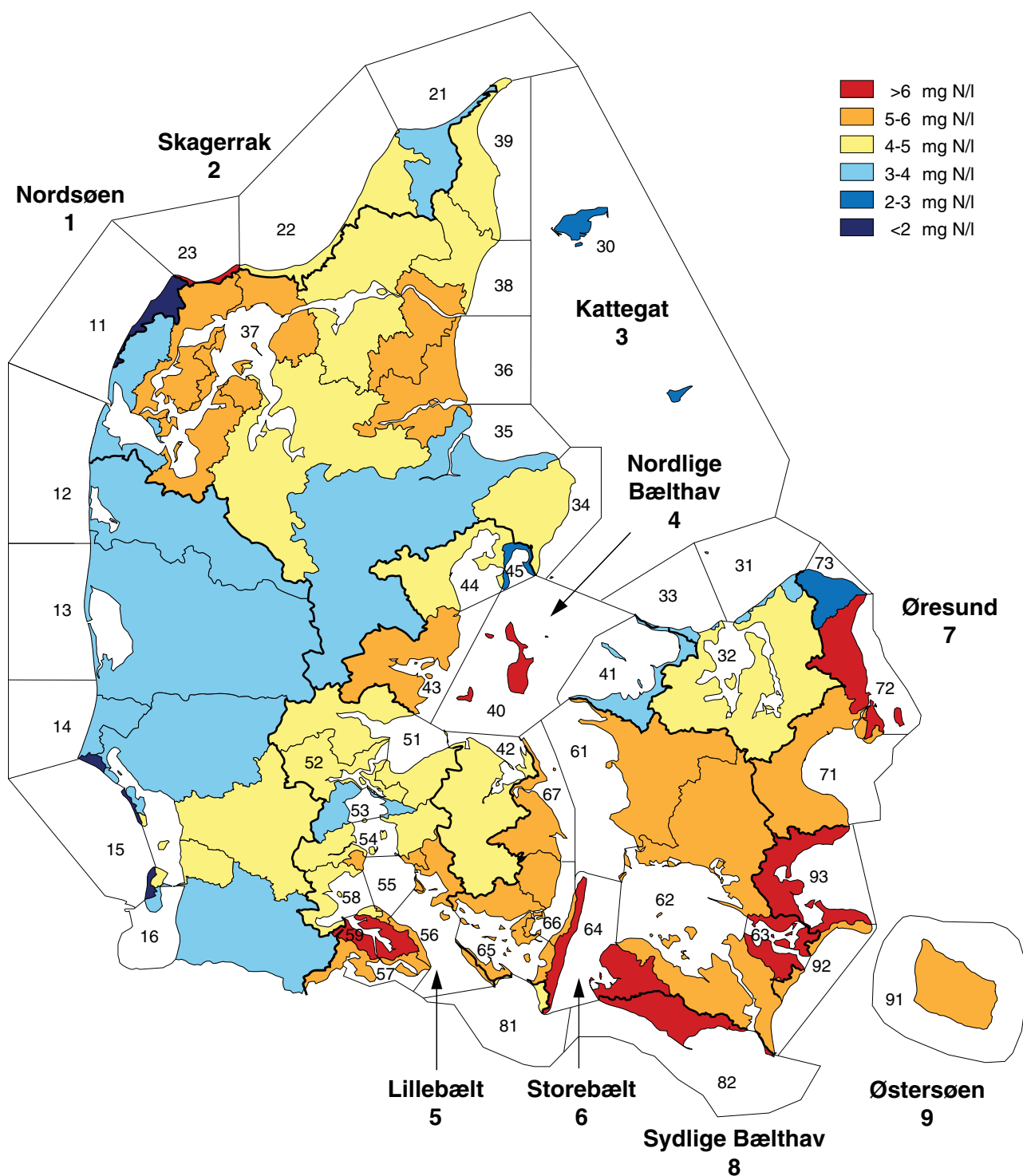
I 2008 blev der fra land i alt beregnet en tilførsel af ca. 64.000 tons total kvælstof til kystafsnittene i Danmark. Dermed var tilførslen 17 % mindre end gennemsnittet for perioden 1990-2008. Samtidig var vandafstrømningen i 2008 på 347 mm eller 7 % større end gennemsnittet for perioden 1990-2008.

Oplandstabet pr. ha af total kvælstof var i 2008 størst i det vestlige Jylland, dele af Østjylland samt i dele af Limfjordsområdet, mens det var mindst på Sjælland (figur 6.1). Derimod var indholdet af total-kvælstof i det afstrømmende vand størst i det østlige Danmark og mindst i den vestlige del af landet, (figur 6.2). Når oplandstabet af total-kvælstof alligevel blev størst i det vestlige Jylland, skyldes det bl.a., at vandafstrømningen er meget større her end i det østlige Danmark. Det bemærkes også, at kvælstofkoncentrationerne i det vand, der afstrømmede med Gudenåen og nåede frem til Randers Fjord og nærliggende kystvande, var mindre end i tilgrænsende områder. Forklaringen er den betydelige kvælstoffjernelse, der sker ved vandets passage af de mange søer i oplandet.

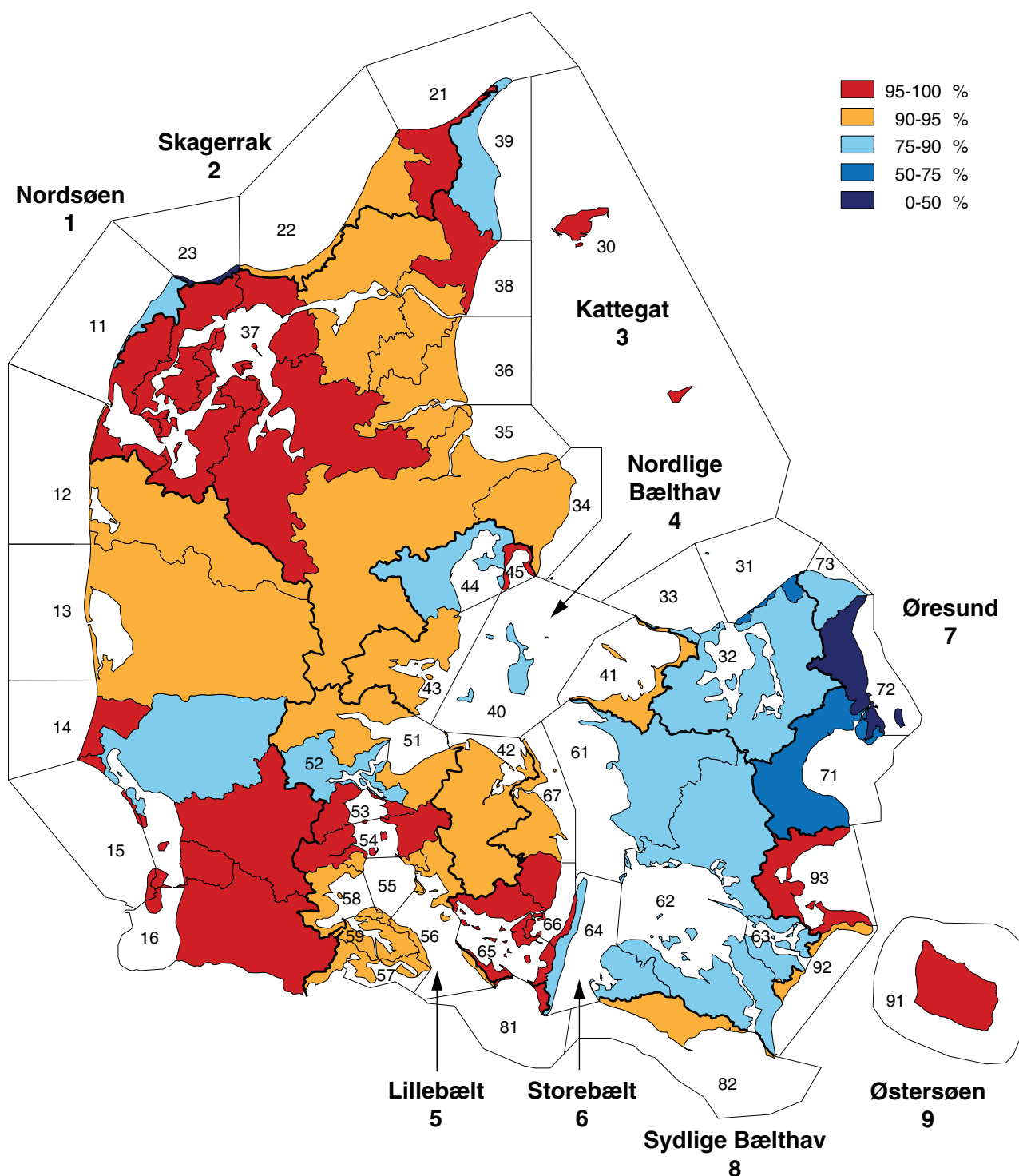
De diffuse kilders andel af den samlede kvælstofudledning til kystområderne varierede betydeligt henover landet. De diffuse kilder omfatter primært tilførsler fra såvel dyrket som udyrket jord, samt i mindre omfang fra spredt liggende ejendomme i det åbne land. De diffuse kilder var mindst betydende omkring de større byer og størst i de åbne landområder (figur 6.3). I hovedparten af Jylland og på Fyn bestod den samlede kvælstofafstrømning således altovervejende af den diffuse afstrømning fra dyrkede og udyrkede arealer (>90 %). På Sjælland og specielt i Storkøbenhavn var den diffuse andel noget mindre, fordi spildevandsudledningerne til overfladevand her er betydende. For landet som helhed var den samlede udledning fra punktkilder (renseanlæg knyttet til bymæssig bebyggelse, dambrug, virksomheder) på 5.600 tons N, mens den diffuse udledning udgjorde 58.700 tons N svarende til en fordeling på henholdsvis 8,7 % og 91,3 % af den totale kvælstofbelastning.



Figur 6.1 Tabet af total kvælstof fra oplandene til kystområderne i 2008.



Figur 6.2 Kvælstofbelastningen til kystområderne i 2008 angivet som vandføringsvægtede koncentrationer.

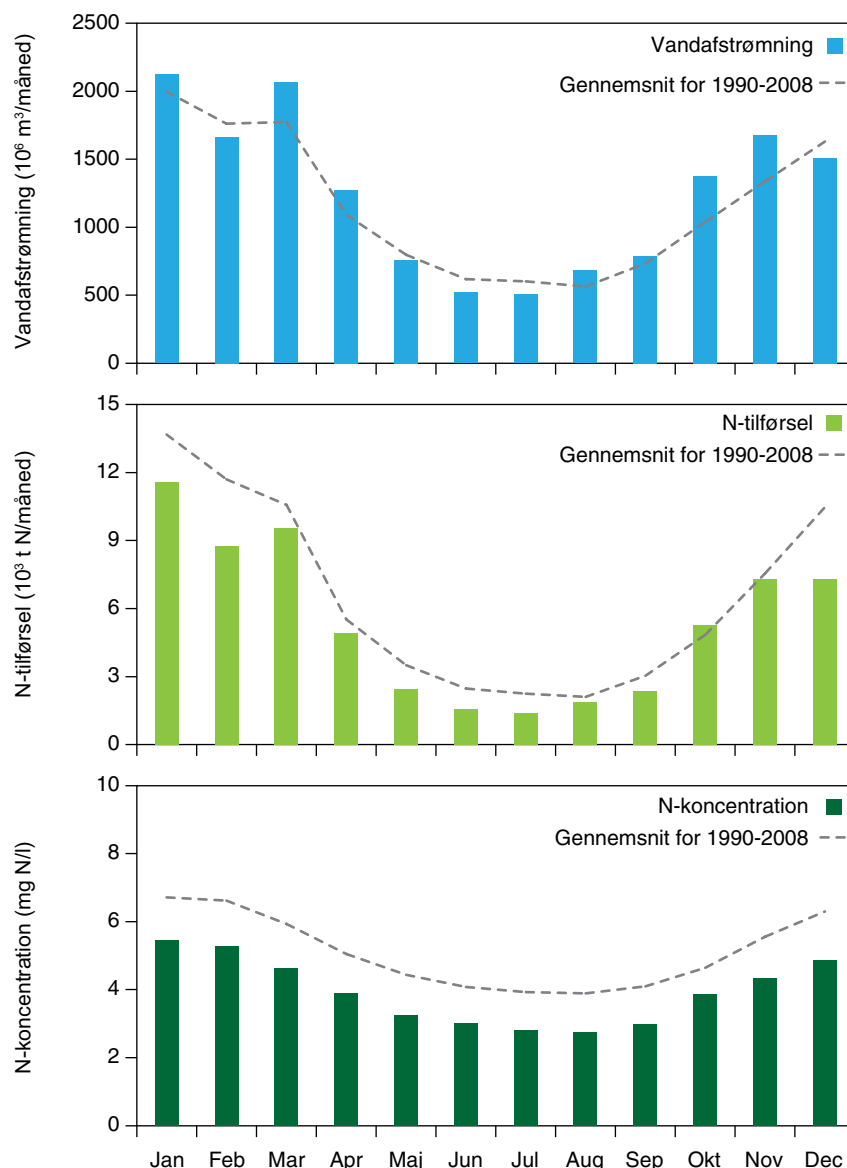


Figur 6.3 Den diffuse andel af den totale kvælstoftilførsel til kystområderne i 2008.

6.2 Sæsonvariation i vand- og kvælstofbelastningen i 2008

Sæsonfordelingen i vandafstrømning i 2008 er vist i figur 6.4. Den var tæt på den gennemsnitlige fordeling for perioden 1990-2008. Kvælstofafstrømningen var derimod i de enkelte måneder i 2008 generelt mindre end gennemsnittet for perioden 1990-2008 (figur 6.4). Den beregnede totale kvælstofkoncentration i det afstrømmende vand var derimod måned for måned markant mindre i 2008 sammenlignet med gennemsnittet for perioden 1990-2008 (figur 6.4).

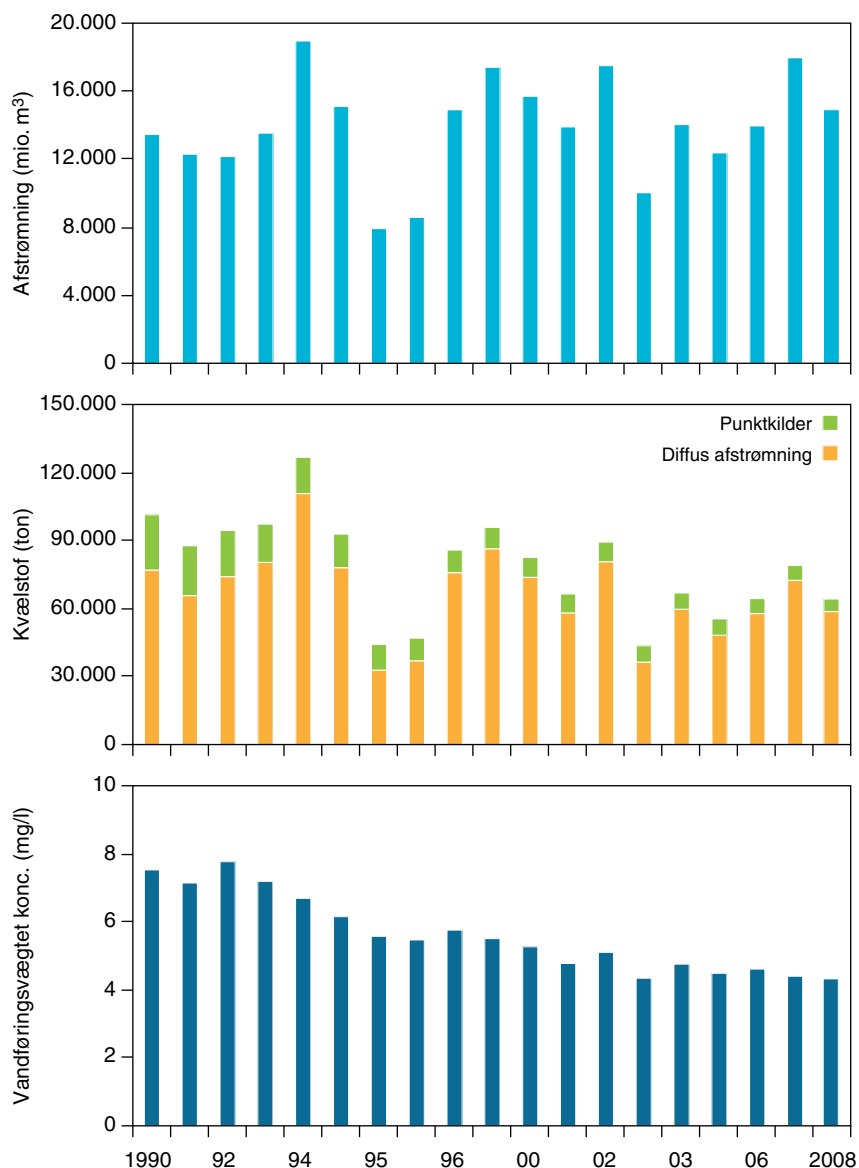
Figur 6.4 Den månedsvise vandafstrømning, kvælstoftilførsel og vandføringsvægtede kvælstofkoncentration i det afstrømmende vand til havet omkring Danmark i 2008 og som gennemsnit for perioden 1990-2008.



6.3 Udviklingen i kvælstofbelastningen

Variationen i de årlige samlede kvælstoftilførsler til kystvandene følger i udpræget grad variationen i vandafstrømningen (figur 6.5). Det ses dog også klart af figuren, at kvælstoftilførslen generelt har været faldende siden 1990. Faldet har dog specielt været tydeligt, når der ses på udviklingen i den vandføringsvægtede koncentration af total-kvælstof (figur 6.5, nederst). Koncentrationerne er således faldet fra et niveau på omkring 7-8 mg N/l i starten af 1990'erne til i de senere år at variere mellem 4,3 og 4,6 mg N/l. Størstedelen af faldet skyldes en reduktion i af de landbrugsrelaterede diffuse udledninger af kvælstof, mens kun en mindre del kan forklares med en reduceret udledning af kvælstof via spildevand (figur 6.5, midt).

Figur 6.5 Udviklingen i ferskvandsafstrømning, kvælstoftilførsel og vandføringsvægtet kvælstofkoncentration i det afstrømmende vand til havet omkring Danmark, 1990-2008. Kvælstoftilførselen er fordelt på diffuse kilder (inkl. spildevand fra spredt bebyggelse) og spildevand fra punktkilder.



En nøjere statistisk analyse (Mann-Kendall trend test, tabel 6.1) viser, at der er tale om et signifikant fald på 47 % i den vandføringsvægtede koncentration af total-kvælstof i det afstrømmende vand. Netop udviklingen i den vandføringsvægtede kvælstofkoncentration er et godt mål for den reelle udvikling i kvælstofafstrømningen, fordi det delvist er muligt at tage højde for de store naturlige år til år udsving i vandafstrømning. For hvert af de 9 farvandsområder kan der også konstateres et fald i kvælstofkoncentrationen, varierende mellem 30 og 74 % (tabel 6.1). For hele landet faldt de vandføringsvægtede koncentrationer i den diffuse tilførsel ligeledes signifikant med 38 % i perioden 1990-2008. I oplandene til farvandsområderne varierede faldet mellem 33 og 46 %.

Tabel 6.1. Mann-Kendall trend-test af udviklingen i hhv. den samlede og i den diffuse tilførsel af kvælstof til kystområderne for perioden 1990–2008. Resultaterne er angivet som procentvis ændring i forhold til et estimeret niveau for 1990. Testen er lavet på vandføringsvægtede koncentrationer.

Farvandsområde	Kvælstof	
	Diffus tilførsel % ændring	Samlede tilførsel % ændring
Nordsøen	-32	-39
Skagerrak	-44	-66
Kattegat	-33	-41
Nordlige Bælthav	-46	-48
Lillebælt	-45	-53
Storebælt	-43	-46
Øresund	-42*	-91
Sydlig Bælthav	-33	-33
Østersøen	-39	-51
Danmark	-38	-47

6.4 Usikkerhed på opgørelsen af kvælstoftransporten

En sammenligning mellem kvælstoftransporten for de målte oplande beregnet ud fra hhv. aktuelle målinger ved vandløbsmålestationer og modellen for de umålte oplande viser en bias, hvor modellen sandsynligvis overestimerer transporten (se denne rapports temakapitel). Der er derfor behov for at forbedre modellen

En teoretisk statistisk beregning har derudover vist, at den relative usikkerhed på den samlede årlige kvælstofbelastning til danske farvande er 20-25 %. Som led i denne beregning er den relative usikkerhed på belastningen fra det umålte område fundet til at være ca. 45 %, mens den relative usikkerhed på belastningen fra det målte område er skønnet til kun 5-10 %. Eftersom størrelsen af retention og bidrag fra punktkilder er væsentlig mindre end det diffuse bidrag, må usikkerheden på retention og punktkilder anses for at være ubetydelig for den samlede usikkerhed.

Målet med aftalen om 'Grøn Vækst' er bl.a. at reducere den årlige landbrugsrelaterede kvælstoftilførsel til havet med 19.000 tons. Det vurderes, at med en usikkerhed på 20-25 % på beregningen af den samlede årlige transport af kvælstof til havet, vil det være muligt at detektere dette mål.

7 Fosforbelastning af havet

Niels Bering Ovesen, Jørgen Windolf, Søren Erik Larsen

Fosforbelastningen er, som kvælstofbelastningen, opgjort for 2. og 3. ordens kystafsnit, jf. oplandene på kortene fig. 7.2 – 7.4. For ca. 49 % af Danmark er transporten opgjort direkte ved hjælp af målestationerne (målte oplande). For den øvrige del af landet (umålte oplande) er belastningen beregnet ved hjælp af en model for den diffuse tilførsel, og resultaterne herfra er summeret med spildevandsudledningerne (fra renseanlæg, dambrug, industriudledninger) og derefter fratrasket retentionen i søer og naturlige vådområder. Den diffuse tilførsel omfatter dels tab af fra dyrkede og udyrkede jorder, dels udledninger af spildevand fra spredt liggende ejendomme i det åbne land (dvs. uden for kloakerede områder). Modellen for den diffuse udledning anvender data for jordtype, dyrkningsgrad, andel af vådområder, nedbør og Baseflow som forklarende variable. Opgørelsesmetoder og modelberegninger er beskrevet i Ovesen et al. (2009).

Ved kildeopsplitningen er den samlede diffuse belastning angivet som differensen mellem totalbelastningen og spildevandsudledningerne. Det tilgængelige datasæt for spildevandsudledningerne (inkl. dambrug) er imidlertid ikke komplet, hvilket medfører betydelig usikkerhed. Der er derfor behov for en fremtidig reberegning af belastningen, når disse data foreligger.

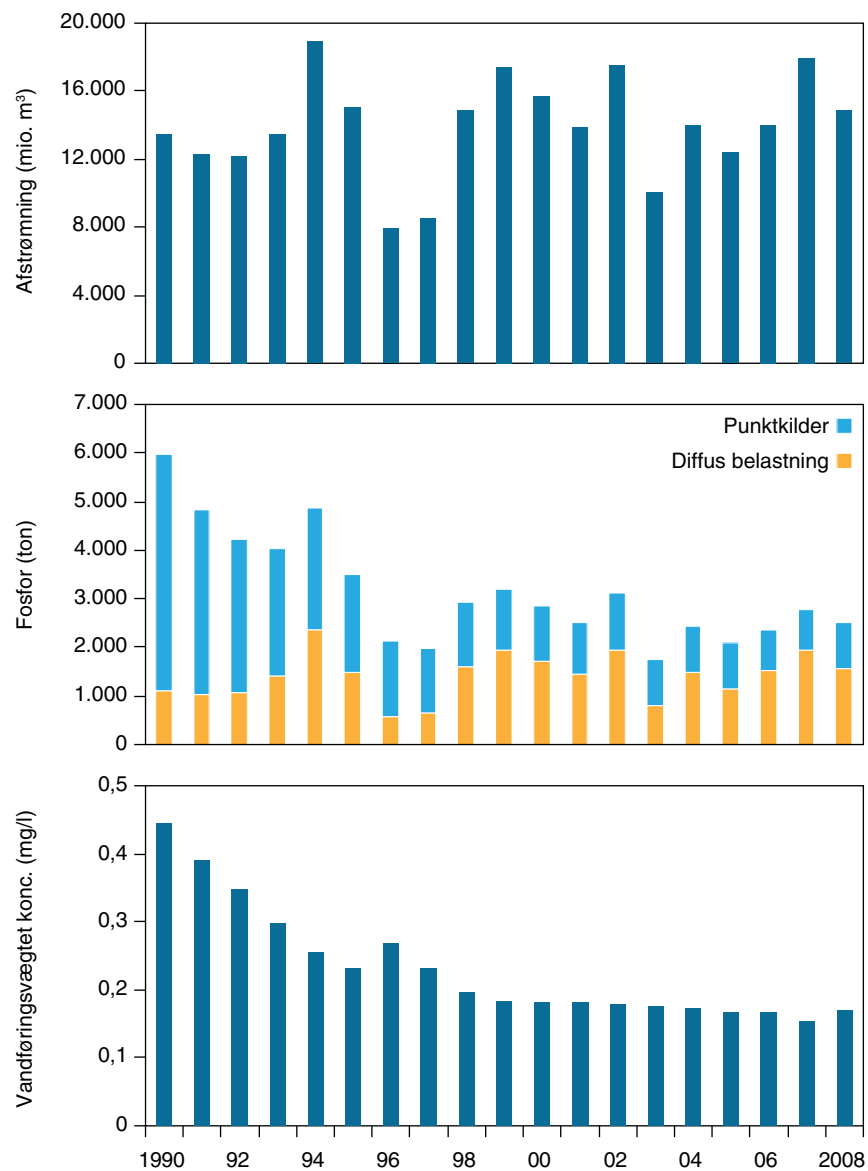
Modellen for beregning af fosforbelastningen fra de umålte oplande er ikke som for kvælstof testet på de målte oplande. Graden af bias er derfor ikke kendt. Dertil kommer øvrige usikkerheder ved beregningerne. Det gælder også for de, som bygger på reelle målinger, hvor det kan være vanskeligt at "fange" de pulse af fosfor, som forekommer ved store afstrømninger. Samlet set er der stort behov for forbedring af metoderne til beregning af fosfortransporten.

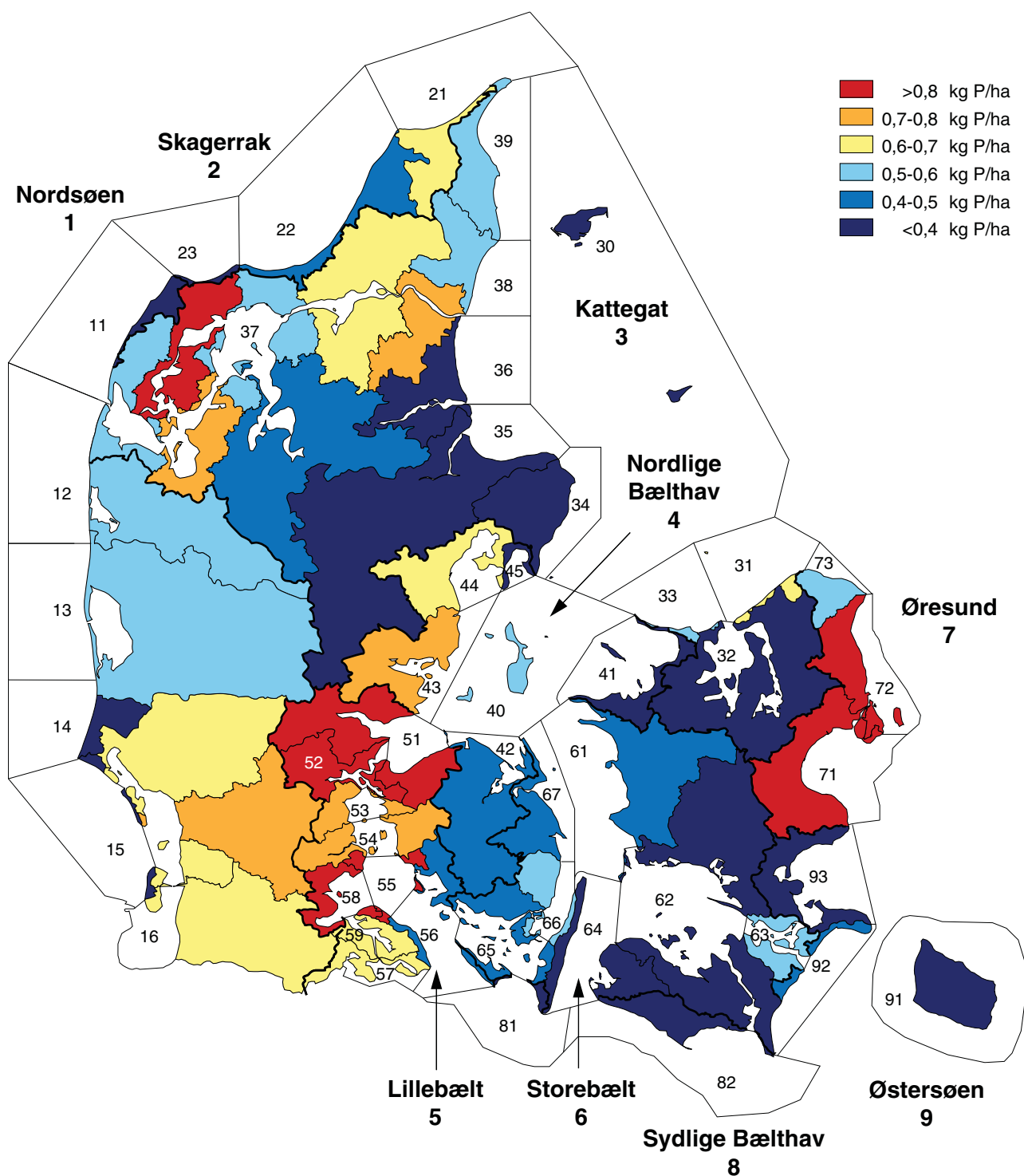
7.1 Fosforbelastningen af havet i 2008

I 2008 blev der i alt beregnet en tilførsel af ca. 2.500 tons fosfor (P) til de danske farvandsområder (figur 7.1). Det svarer til gennemsnitsmængden for de seneste 4 – 5 år. Det skyldes formodentlig hovedsageligt, at vandafstrømningen var på et niveau svarende til middel, idet der er en positiv sammenhæng mellem det diffuse fosfortab og afstrømningen (figur 7.1). Den regionale belastning varierede betragteligt i 2008 (figur 7.2). Størst var oplandstabet (pr. ha) af total fosfor (kg P/ha) til områderne i den sydøstlige del af Jylland og til Øresund, hvor oplandstabet i flere områder var større end 0,8 kg P/ha. Den vandføringsvægtede koncentration af total fosfor var højest i de samme områder samt til Århus Bugt og Storstrømmen i det sydlige Sjælland (figur 7.3).

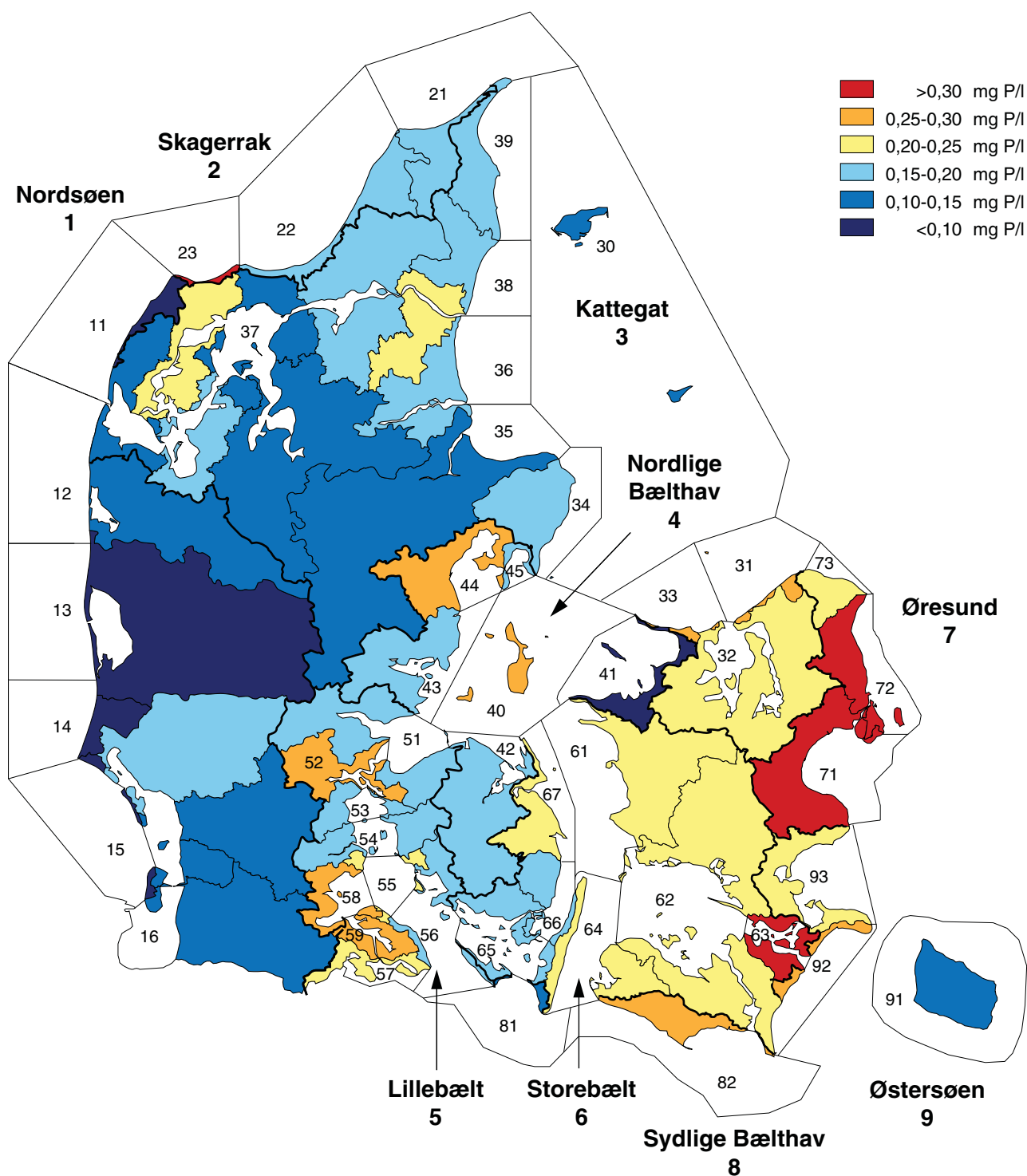
Den samlede udledning fra punktkilder var på ca. 940 tons P, hvilket er ca. 15 % mindre end i 2007. Den diffuse belastning udgjorde ca. 1.600 tons P. De diffuse kilders andel af den samlede fosforudledning til kystområderne varierer betydeligt henover landet. Den er mindst omkring de større byer og størst i de åbne landområder (figur 7.4).

Figur 7.1 Ferskvandsafstrømningen, den samlede tilførsel af fosfor til de marine kystafsnit og den vandføringsvægtede koncentration for 1990 til 2008.

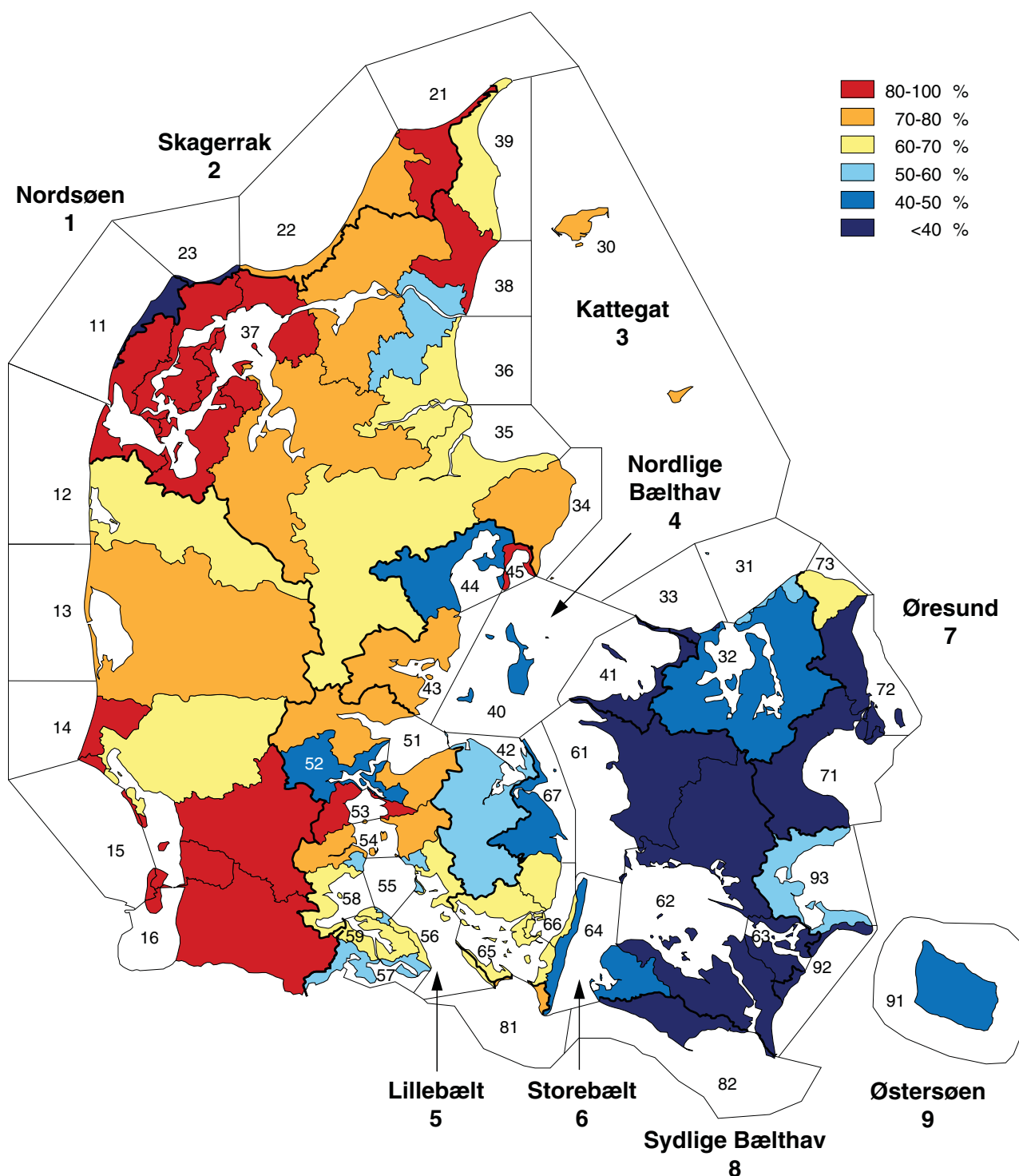




Figur 7.2 Oplandstabet af total fosfor fra oplandene til kystområderne i 2008.



Figur 7.3 Fosforbelastningen til kystområderne angivet som en vandføringsvægtet koncentration i 2008.



Figur 7.4 Den diffuse andel af den totale fosforbelastning til kystområderne i 2008.

7.2 Udvikling i fosforbelastningen 1990 – 2008

I figur 7.1 er der vist den vandføringsvægtede koncentration af total fosfor beregnet for det ferskvand, som strømmer til havet omkring Danmark som overfladevand. Der ses en tydelig reduktion i koncentrationen i perioden 1990-2008. Reduktionen forekommer især i perioden 1990 til 1999 og ser derefter ud til at være på et rimeligt konstant niveau på omkring 0,17 mg P/l. I tabel 7.1 er resultatet af en statistisk Mann-Kendall trend test vist, og der er konstateret et signifikant fald på 69 % i den sam-

lede tilførsel af total fosfor målt som vandføringsvægtet koncentration. En sådan test i udvikling på den vandføringsvægtede koncentration er et mål for udviklingen delvist rensat for de store år-til-år udsving i afstrømningen. Tendensen ses i alle de 9 overordnede farvandsområder (tabel 7.1). De konstaterede fald skyldes et fald i udledningen af fosfor fra punktkilder, som især er stort i oplandet til Øresund, hvor der derfor er sket det største fald. Den diffuse tilførsel synes på landsplan at være steget med ca. 20 % i perioden 1990-2008, men ændringen er ikke statistisk signifikant, og dækker over forskelligt rettede ændringer i forskellige dele af landet.

Tabel 7.1 Mann-Kendall trend-test af udviklingen i hhv. den samlede og i den diffuse tilførsel af fosfor til kystområderne for perioden 1990–2008. Resultaterne er angivet som procentvis ændring i forhold til et estimeret niveau for 1990. Testen er lavet på vandføringsvægtede koncentrationer.

Farvandsområde	Fosfor	
	Diffus tilførsel % ændring	Samlede tilførsel % ændring
Nordsøen	20*	-39
Skagerrak	11*	-85
Kattegat	28	-46
Nordlige Bælthav	-14*	-59
Lillebælt	14*	-49
Storebælt	-17*	-64
Øresund	-	-81
Sydlig Bælthav	-15*	-45
Østersøen	-18*	-92
Danmark	19*	-69

*Testen viser ikke en signifikant udvikling

7.3 Usikkerhed på opgørelsen af fosfortransporten

Transporten af fosfor til kystvandene er beregnet ud fra dels målinger for ca. ½ delen af Danmarks areal, dels modelberegninger for resten. Det er imidlertid ikke - som for kvælstof - testet, hvor god modellen er ved at lade modellen beregne transporten for de målte oplande og sammenligne med transporten beregnet ud fra målinger.

En teoretisk statistisk beregning har vist, at den relative usikkerhed på beregningen af den samlede årlige fosforbelastning til danske farvande er ca. 20 %. Som led i beregningen er den relative usikkerhed på belastningen fra det umålte område fundet til at være 60 %. Den relative usikkerhed på belastningen fra det målte område er skønnet til 10-20 %. Tidligere beregninger har imidlertid påvist, at den målte transport af fosfor kan være undervurderet med i størrelsesordenen 40 %. For fosfor er størrelsen af punktkilderne væsentlig og det skønnes, at de er opgivet med en relativ usikkerhed på 20 %.

Som allerede omtalt er den samlede transport af fosfor til de danske kystvande beregnet til ca. 2.500 tons i 2008. Det betyder, at det med en relativ usikkerhed på 20 % på denne transport ikke vil være muligt statistisk sikkert at afgøre, om der opnås en reduktion i den landbrugsrelaterede fosfortilførsel til vandløb og søer på 210 ton, således som det er målet med 'Grøn Vækst'. Der vil endvidere reelt være tale om en mindre mængde end 210 tons (< ca. 8 % af den samlede tilførsel), som i givet fald

ikke når frem til havet, idet en del vil tilbageholdes i søer og vådområder.

Der er i forbindelse med det nationale overvågningsprogram igangsat projekter, der sigter mod at forbedre muligheden for at beregne mere "korrekte" transporter af fosfor ud fra målinger i vandløb. Dertil kommer et stort behov for at teste og om muligt at forbedre modellen for beregning af transporten fra umålte oplande. Endelig er det vigtigt, at udledningerne af fosfor via spildevand i opgøres med større sikkerhed.

8 Referencer

Bøgestrand, J. (red.) (2001). Vandløb og kilder 2000. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. 120 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 378

Bøgestrand, J. (red.): Vandløb 2007. NOVANA, 2009. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 108 s. – Faglig rapport fra DMU nr 711.

Børgesen, C. D., Waagepetersen, J, Iversen, T. M., Grant, R., Jacobsen, B. & Elmholt, S. (2009). Midtvejsevaluering af Vandmiljøplan III. DJF Rapport Markbrug 142. Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet. (tabel p. 160).

Cappelen, J. (2009). Danmarks klima 2008 med Torshavn, Færøerne og Nuuk, Grønland. Teknisk Rapport 09-01. Danmarks Meteorologiske Institut. www.dmi.dk/dmi/tr09-01

Grant, R., & Waagepetersen, J. (2003). Vandmiljøplan II – slutevaluering. Danmarks Miljøundersøgelser.

Grizetti, B. Bourai, F. & Windolf, J. (2004). Modelling nitrogen pressure in the Odense River Basin. Report from JRC ISPRA, Italy. 18 pp.

Jørgensen, T.B., Clausen, J., Bjerring Hansen, R., Søndergaard, M., Sortkjær, L. & Jeppesen, E. (2009). Søer 2007. NOVANA. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 68 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 710.

Kronvang, B., Hezlar, J., Boers, P., Jensen, J.P., Behrendt, H. Anderson, T., Arheimer, B. Venohr, M. & Hoffmann, C.C. (2004). Nutrient Retention Handbook, Software Manual for EUROHARP-NUTRET and Scientific review on nutrient retention. EUROHARP report 9-2004, NIVA report SNO 4878/2004, Oslo, Norway. 103 pp.

Kronvang, B., Behrendt, H., Andersen, H.E., Arheimer, B., Barr, A., Borgvand, S. A., Bouraoui, F., Granlund, K. Grizetti, B., Groenendijk, P., Schwaiger, E. Hezlar, J., Hoffmann, L., Johnsson, H., Panagopoulos, Y. Lo Porto, A., Reisser, H. Schoumans, O., Anthony, S. Silgram, M. Venohr, M. & Larsen, S.E. (2009). Ensemble modelling of nutrient loads and nutrient load partitioning in 17 European catchments. J. Environ. Monit., 2009. 11, 572-583.

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

Miljøcenter Odense (2007). Odense Pilot River Basin. Demonstrationsprojekt for vandplanlægning i Odense Fjord-oplandet. Vandrammedirektivets artikel 13. Miljøministeriet – Miljøcenter Odense, 122 s.

Miljøstyrelsen (1998). Biologisk bedømmelse af vandløbskvalitet. Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 5/1998.

Ovesen, N.B., Larsen, S.E., Bøgestrand, J. & Konvang, B. (2007) Fosforbelastning af havet. S. 33-41 i: Bøgestrand, J. (red), Vandløb 2007. NOVANA, 2009. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 108 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 711.

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

Waagepetersen, J. Børgesen, C.B., Grant, R. & Iversen, T.I. (2008). Midtvejsevaluering af VMPIII. Det jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet.

Windolf, J., Jeppesen, E., Jensen, J.P. & Kristensen, P. (1996). Modelling of Seasonal Variation in Nitrogen Retention and In-lake Concentration. A Four-Year Mass Balance Study in 16 Shallow Danish Lakes. - Biogeochemistry 33: 25-44.

Windolf, J. , Henriksen, H.J., Ovesen, N.B. & Troldborg, L. (2009a). Ferskvandsafstrømning. Vand og Jord nr. 3, 2009.

Windolf, J. , Henriksen, H. J. & Troldborg, L. (2009b). Ferskvandsafstrømning. Temakapitel i: Bøgestrand, J. (red): Vandløb 2007. NOVANA, 2009. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 108 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 711.

Windolf, J. & Tornbjerg, H. (2009). Kvælstofreduktion. Vand og Jord nr. 2, 2009, p. 74-79.

Tema: Geografisk distribueret beregning af tilførslen af vand og kvælstof til havet

Jørgen Windolf, Jens Bøgestrand, Ane Kjeldgaard, Brian Kronvang, Søren Erik Larsen, Niels Bering Ovesen & Hans Thodsen

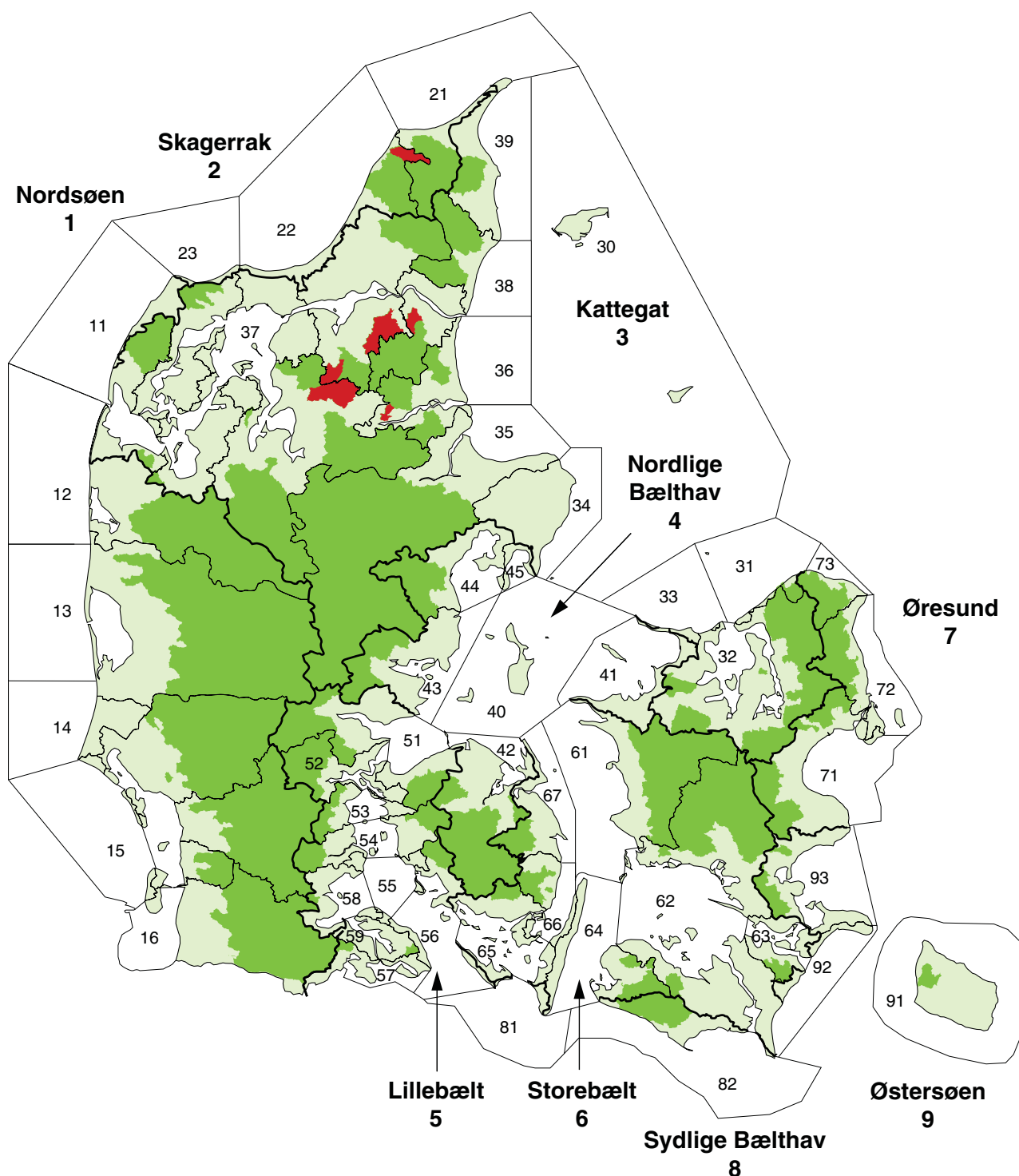
Et nyudviklet standardiseret beregningskoncept er anvendt til at beregne en fuldt geografisk distribueret opgørelse af den månedlige tilførsel (som afstrømning) af ferskvand og kvælstof til de forskellige kystvande i Danmark. I det nye modelkoncept beregnes vandafstrømningen, kvælstofstofbidraget fra diffuse kilder (dyrkede/udyrkede jorder, spildevand fra spredt liggende ejendomme) og kvælstofretention i søer og vandløb i de umålte områder af landet. Metoden blev første gang introduceret ved den seneste rapportering (Bøgestrand (red.) 2009). I nærværende rapportering er for første gang foretaget tilsvarende modelberegninger for det målte opland (i alt bestående af 119 vandløbsoplande). Herved kan modelberegnete værdier sammenlignes med de, som fås ud fra de foretagne målinger. Det nye modelkoncept anvender en kombination af målinger, simple modeller og erfaringstal med det formål at sammenkæde vand- og stofstrømme. Det nye modelkoncept kan således anvendes til at beskrive næringsstofkilder og næringsstofomsætning på vandets vej fra 'jord-til-fjord'. De overordnede resultater af beregningerne er præsenteret i kapitel 6.

1 Data og metode

Til beregning af den totale kvælstoftilførsel fra land er der for perioden 1990-2007 anvendt data fra 119 målestationer, hvorfra der forligger måledata for hele perioden. I 2008 er målinger ophørt på 6 af disse stationer i Nordjylland (figur 1). Det således 'målte' opland omfatter ca. 49 % af Danmarks areal.

Med det nye modelkoncept er der for hele landet gennemført en distribueret beregning af den månedlige vandafstrømning og kvælstoftilførsel fra diffuse kilder, samt en beregning af den retention (omsætning og tilbageholdelse), der sker af kvælstof under transporten gennem vandløb, vådområder og søer mod fjorde og øvrige kystnære områder. Kvælstofretentionen udgøres hovedsageligt af den kvælstofreduktion, der sker ved omdannelse af nitrat til gasformigt kvælstof (denitrifikation), derefter tilføres atmosfæren. Denne omdannelse foregår som en primært mikrobiel proces i grundvand, vandløb, søer og vådområder. I mindre grad sker der desuden en optagelse af kvælstof i vandplanter og alger, og indlejring af organisk kvælstof i sedimenter i vådområder og søer.

Modelberegningerne tager udgangspunkt i en inddeling af landet i mindre deloplande af en størrelse på typisk 25-50 km² (benævnt polygoner). Ved seneste rapportering (Ovesen et al. 2009) blev disse beregninger alene gennemført for de umålte opland, der ligger nedstrøms for målestationer i vandløb. Nu foreligger der imidlertid også en komplet distribueret beregning for hele landet.



Figur 1 Afstrømningsoplandene til de målestationer, hvorfra målte kvælstof- og fosfortransporter indgår i beregningerne (1990-2008). For 6 oplande (røde) i Nordjylland er målinger ophørt ved udgangen af 2007. Afstrømningsoplandene til de 58 hhv. 2. og 3. ordens kystafsnit, hvortil kvælstof- og fosfortransporten opgøres, er vist.

Hvert polygon tilknyttes indledningsvist en månedlig arealspecifik vandafstrømning (mm/måned) de enkelte år. Inden for de enkelte oplande til målestationer i vandløb antages denne vandafstrømning at være homogent fordelt. For oplande nedstrøms målestationerne (umålt opland) er anvendt en vandafstrømning beregnet efter principperne beskrevet i Windolf et al. (2009a, b). På grund af den usikkerhed, der er forbundet med disse beregninger, er det valgt at anvende en gennemsnitlig månedlig vandafstrømning for umålte oplande til større kystafsnit (i alt 58 såkaldte 2.-3. ordens kystafsnit).

Størrelsen af det diffuse tab af total-kvælstof fra et givet polygon til overfladevand beregnes for hver måned ved en kombination af den beregnede vandafstrømning og en modelberegnet vandføringsvægtet koncentration af total-kvælstof. Konceptet for den anvendte empiriske kvælstofmodel er kort beskrevet i Ovesen et al. (2009). Den udviklede kvælstofmodel for koncentrationen i overfladevand (C_{TN}) kan kort beskrives således:

Månedlig $C_{TN} = f(\text{jordtype (\% sandjord)}, \text{dyrkningsgrad}, \text{afvandingsgrad}, \text{månedlig nedbør}, \text{månedens lufttemperatur}, \text{årligt kvælstofoverskud i landbruget (landstal)})$.

Blandt de indgående variable er dyrkningsgraden klart den mest betydende. Herefter følger efter aftagende betydning: Nedbør > afvanding > temperatur > andel af sandjord.

De beregnede månedlige udledninger af total-kvælstof fra de enkelte polygoner kan herefter summeres for større oplande. Disse summeringer foretages som standard for oplandene til målestationerne i havbelastningsnettet og for de umålte oplande til de 58 kystafsnit. Fra den beregnede kvælstofudledning til overfladevand i umålte oplande trækkes modelberegnete kvælstofreduktioner i vandløb, søer og vådområder, og eventuelle spildevandsudledninger lægges til. Det samlede resultat af disse beregninger giver den månedlige kvælstofbelastning fra oplandet til et givet kystafsnit.

Det opstillede modelkoncept omfatter også selvstændigt og sammenhængende 'kædeberegninger' af vand- og kvælstofbelastninger til omkring 600 større søer, samt en modelleret kvælstofretention i den enkelte sø det enkelte år (sensu Windolf et al., 1996). Den anvendte model beregner den relative kvælstofretention som en funktion af den enkelte sø's middeldybde og den årlige vandopholdstid. Retentionsprocenten øges ved stigende opholdstid og mindre vanddybde. Den herved beregnede årlige mængde tilbageholdt total kvælstof fordeles månedsvist ud fra den pågældende måneds kvælstoftilførsels relative andel af den årlige kvælstoftilførsel.

Ved beregningerne af den samlede vandafstrømning og kvælstofbelastning til de enkelte kystafsnit er naturligvis anvendt data fra målestationer i vandløb. Data fra målestationer i havbelastningsnettet kan imidlertid også anvendes til at vurdere godheden af den model, der anvendes for det umålte opland. Det kan lade sig gøre, fordi der for hvert enkelt måleopland foreligger såvel målte som modelberegnete kvælstofkoncentrationer og -transporter.

De målte kvælstoftransporter (og koncentrationer) vurderes på årsbasis at være ret præcist bestemt (med 5-10 % usikkerhed), mens der er betydelig større usikkerhed på de 'målte' månedsværdier for kvælstofkoncentration og -transport i vandløb. Disse er nemlig typisk tilvejebragt ved kun 1-2 enkelte øjeblikmålinger af koncentrationen i det givne vandløb – og i en given måned. Dette bør erindres ved sammenligning af 'målte' og modelberegnete månedlige værdier.

Hovedvægten i de efterfølgende afsnit i dette kapitel er derfor lagt på en sammenstilling og vurdering af målte og modellerede kvælstoftransporter.

ter, herunder en vurdering af behovet for videreudvikling af det samlede beregningskoncept.

2 Kilder til, transport af, og tilbageholdelse af kvælstof

I tabel 1 er vist nøgletal for kilderne til kvælstoftransporten, den beregnede kvælstofretention og den samlede tilførsel til kystvandene. Tallene er opgjort for 2008 og sammenlignet med gennemsnittet for perioden 1990-2008. Desuden er der foretaget en opdeling på det målte og det umålte opland. I tabellen indgår såvel målte som modellerede værdier for det målte opland.

Tabel 1 Nøgletal for kilder, transport og tilbageholdelse af kvælstof, 1990-2008

Kvælstof, 1990-2008	1990-2008			2008		
	10 ³ t N/år (målt areal)	10 ³ t N/år (umålt areal)	10 ³ t N/år Danmark	10 ³ t N/år (målt areal)	10 ³ t N/år (umålt areal)	10 ³ t N/år Danmark
Udvaskning fra rodzonen						
Udvaskning dyrket areal, 10 ³ t N/år (1)			204			
Udvaskning udyrket areal, 10 ³ t N/år (1)			8			
Samlet N-udvaskning, 10³ t N/år			212			
Brutto diffus udledt, 10³ t N/år (model)	53,5	45,1	98,6	47,9	41,1	89,0
Retention små søer	0,2	0,4	0,6	0,2	0,4	0,6
Retention, store søer	5,3	2,5	7,8	4,6	2,4	7,0
Retention skovvandløb og små vandløb	2,9	3,3	6,3	2,8	3,3	6,1
Retention, vandløb (> 2m)	4,2	4,5	8,8	4,1	4,4	8,5
Retablerede vådområder (2)	0,1	0,05	0,1	0,3	0,2	0,5
Retention, oversvømmelse i ådale	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1
Total retention, 10³ t N/år	12,8	10,9	23,7	12,1	10,7	22,8
Model. transport (diffus) 10 ³ t N/år	40,6	34,2	74,9	35,8	30,4	66,2
Målt transport 10 ³ t N/år	36,0			30,2		
- heraf spildevand fra punktkilder	2,8			1,9		
Målt transport (diffus) 10 ³ t N/år	33,2			28,4		
Afvigelse (model-målt)/model %	18%			20%		
Anvendt transport (diffus) 10³ t N/år (3)	33,2	34,2	67,3	28,4	30,4	58,7
+ Spildevand (4)	2,8	4,8	7,6	1,9	1,3	3,1
+ Spildevand, direkte til havs (4)		2,8	2,8		2,5	2,5
N tilførsel til marint vand, 10³ t N/år	36,0	41,8	77,7	30,2	34,1	64,3
<i>Total retention (5)</i>			145			
<i>Retention i grundvand (5)</i>			121			
<i>Retention i overfladevand (5)</i>			24			

(1) Beregnet ved antaget gennemsnitsklima for 1990-2005 under anvendelse af 3 forskellige udvaskningsmodeller. Nettovandbalancen for det dyrkede areal for to af disse modeller er som gennemsnit for perioden 395 og 375 mm. For landet som helhed er antaget en nettovandbalance på 309 mm og for det udyrkede areal ca. 175 mm/år

(2) Den anførte retention omfatter IKKE retention i nyanlagte større søer (disse er medtaget under posten: store søer).

(3) For 1990-2008 modelberegnes for det målte opland en N-transport fra diffuse kilder på 40,6 kT N/år, men der måles en transport på 36 kT. I det målte opland udledes i snit 2,8 kT N med spildevand og fratrækkes dette den målte transport fås et estimat på 33,2 kT N for målt transport fra diffuse kilder af N. Det er naturligvis denne målte transport der **anvendes** i de videre beregninger (tillægges spildevand og bidrag fra umålt opland). For umålt opland er det den modelberegnete N transport fra diffuse kilder, der anvendes og tillægges bidrag fra spildevand (til vandløb og direkte til marint vand).

(4) I den nuværende opsætning af beregningsprogram til kildeopsplitning indregnes ingen retention af det udledte spildevand.

(5) Beregnet som N-udvaskning fra rodzonen – kvælstoftransport (diffus). Retention i overfladevand er særskilt estimeret. Rest-retention antages at være reduktion i grundvand. Beregnet i forhold til N-udvaskningen estimeres en relativ total retention på 68 % +/- 0,95 S.E., som gennemsnit for perioden 1990-2008.

2.1 Det målte opland, 1990-2008

Ses indledningsvist på tallene for det målte opland (1990-2008), er der med den empiriske model for kvælstofudledning til overfladevand beregnet en bruttoudledning på 53.500 tons N/år og en samlet kvælstofretention i overfladevand på 12.800 tons N/år. Dermed fås en modelberegnet kvælstoftilførsel fra diffuse kilder for det målte opland på 40.600 tons N/år beregnet som differencen mellem bruttoudledningen og retentionen i overfladevand. Den samlede målte transport af total-kvælstof fra det målte opland er som gennemsnit i perioden beregnet til 36.000 tons N/år. I denne målte transport indgår en relativt mindre mængde kvælstof udledt med spildevand fra punktkilder i det målte opland (2.800 t N/år). Fratrækkes denne spildevandsmængde den målte kvælstoftransport, fås en kvælstoftransport fra diffuse kilder i det målte opland på 33.200 tons N/år. Dette er 7.400 tons N/år mindre (-18 %) end den modelberegnete transport på 40.600 tons N/år. Det er naturligvis den målte transport fra det målte opland, der efterfølgende er medtaget i beregningerne af den samlede kvælstoftilførsel til kystvandene.

Afviselserne mellem målte og modellerede kvælstoftransporter fra det målte opland er nærmere præsenteret og diskuteret i efterfølgende afsnit. Forskellen kan helt overordnet enten skyldes en for stor modelberegnet bruttoudledning af kvælstof til overfladevand og/eller en for lavt beregnet kvælstofretention i vandløb, vådområder og søer.

Den samlede beregnede kvælstofretention i det målte opland udgøres af retention i vandløb (7.100 tons N/år), retention i søer (5.500 tons N/år) og en mindre estimeret retention i retablerede vådområder og ved oversvømmelser af vandløbsnære arealer (200 tons N/år).

Retentionen af kvælstof i vandløb er estimeret under antagelse af en arealspecifik retentionsrate, der antages at være mindst i små vandløb (660 kg N/ha år) og noget højere i større vandløb (920 kg N/ha år). Raten er udtryk for et gennemsnit af fundne litteraturværdier (fx Kronvang et al., 2004). Disse gennemsnitlige antagne værdier afviger betydeligt fra de tilsvarende medianværdier, henholdsvis 250 og 305 kg N/ha år for små og store vandløb, hvilket kan betyde en overestimering af retentionen ved brug af gennemsnitværdier. Eftersom de fundne rater er arealrelaterede, har det til udregning af den samlede retention i vandløb været nødvendigt at estimere det samlede areal af vandløbene. Datagrundlaget herfor vurderes at være behæftet med betydelig usikkerhed. For det enkelte år er de angivne retentionsrater justeret i forhold til den relative år-til-år variation i gennemsnitlig kvælstofretention i søer, der indgår i det nationale overvågningsprogram NOVANA. Det vurderes derfor, at der må forventes at være en betydelig usikkerhed på de beregnede kvælstofretentioner i vandløb.

I oplandet til Odense Å (v. Kratholm) kan der med de beskrevne forudsætninger beregnes en kvælstofretention på 120 tons N/år. Denne er imidlertid i rimelig overensstemmelse med 2 andre uafhængige model-estimer (MONERIS: 135 tons N/år; NL-Cat: 166 tons N/år, jf. EURO-HARP, unpublished). Grizetti et al. (2004) modelberegnete desuden for det målte opland til Odense Fjord en gennemsnitlig årlig bruttoudledning af total-kvælstof til overfladevand på 1850 tons N/år (1990-1999) og en samlet N retention i overfladevand på 270 tons N/år svarende til 14 % af bruttoudledningen. Disse beregninger er i god overensstemmelse med

resultaterne fra beregningskonceptet anvendt i denne rapport. Således beregnes for samme periode for det målte opland til Odense Fjord en bruttoudledning på 1720 tons N og en retention på 240 tons N/år i overfladevand (12 % af bruttoudledning). Retentionen i søer i det målte opland til Odense Fjord beregnes i øvrigt til 26 tons N/år. Resten af den samlede retention i overfladevand ($240-26=224$ tons N/år) forudsættes at foregå i selve vandløbene i det målte opland.

De beregnede retentioner i større søer er gennemført sø- og årsspecifikt ved anvendelse af empiriske retentionsmodeller (sensu Windolf et al., 1996). Beregningerne er lavet for i alt 291 søer i det målte opland med et samlet søareal på 25.000 hektar. Den beregnede kvælstofretention var på 5.300 tons N/år, der svarer til en rate på 215 kg N/ha søareal pr. år. Dette er noget mindre end det gennemsnit, der er beregnet for de 12 søer fra det nationale overvågningsprogram, hvor gennemsnitsretentionen af kvælstof for perioden 1989-2006 er beregnet til 330-360 kg N/ha år (Jørgensen et al., 2009). 25 % og 75 % fraktilen for kvælstofretentionen i disse overvågningssøer varierer dog betydeligt - hhv. 84 til 513 kg N/ha år.

Hvad angår retentionen for mindre søer, er disse først søgt kategoriseret efter, om de har afløb og tilløb, idet kun sådanne antages at tilbageholde kvælstof i betydende omfang. Dernæst er antaget varierende arealspecifikke retentionsrater afhængig af dyrkningsgrad og jordtype i oplandet (60-400 kg N/ha). Arealet af disse søer udgør i det målte opland 12,7 km². Ud fra arealer og de antagne arealspecifikke retentionsrater er kvælstofretentionen herefter estimeret for disse små søer.

Yderligere kvælstofretention er estimeret for retablerede vådområder og for oversvømmede vandløbsnære arealer. Det bemærkes, at den estimerede retention for retablerede vådområder ikke omfatter retention i ny-anlagte større søer, idet denne retention er indregnet i retentionsestimatet for de større søer. Størrelsesordenen af retentionen i retablerede vådområder (200 kg N/ha år) vurderes at være realistisk, og den influerer i øvrigt ikke meget på den samlede retention af kvælstof i det målte opland. Derimod kan den estimerede kvælstofretention, der sker ved oversvømmelse af vandløbsnære arealer, være underestimeret. Det er antaget, at der sker en kvælstofretention på omkring 1 kg N/ha pr. dag med oversvømmelse. Overslag over varigheden af oversvømmelser det enkelte år er baseret på hydrologiske data fra kun 5 vandføringsstationer. Grundlaget for at give et kvalificeret overslag over denne retention, især hvad angår kendskabet til udstrækning af de arealer, der lejlighedsvist oversvømmes og varigheden af disse oversvømmelser, er således ringe.

Den samlede opgjorte kvælstofretention i vandløb, søer og vådområder er som nævnt ovenfor behæftet med betydelig usikkerhed. Når den modellerede diffuse kvælstoftransport i det målte opland bliver noget større end den aktuelt målte, er forklaringen dog næppe en generel underestimering af kvælstofretentionen i overfladevand, men sandsynligvis snarere relateret til en overestimering af de modelberegnedes udledninger til de ferske vandområder for landet som helhed.

2.2 Det umålte opland, 1990-2008

Den estimerede bruttoudledning af total kvælstof i det umålte opland (45.100 tons N/år) er lidt mindre end i det målte, og det samme er de be-

regnede kvælstofretentioner i overfladevand (tabel 1). Det sidste skyldes primært en lavere beregnet kvælstofretention i større søer, hvor der beregnes en retention på 2.500 tons N/år svarende til 140 kg N/ha søareal. I alt 311 søer med et søareal på 181 km² indgår i beregningerne for det umålte opland. De øvrige estimerede kvælstoftilbageholdelser i det umålte opland er generelt af samme størrelse som i det målte opland, og samlet er beregnet en retention i overfladevand i det umålte opland på 10.900 tons N/år. Dermed er den gennemsnitlige kvælstoftransport fra diffuse kilder i det umålte opland på 34.200 tons N/år, beregnet som differencen mellem modelleret bruttoudledning og kvælstofretention i overfladevand. Det må antages, at den sande kvælstoftransport fra diffuse kilder (som for det målte opland) er noget mindre end den modelberegne.

2.3 Landstal for 1990-2008

Den gennemsnitlige tilførsel af total-kvælstof fra Danmark til de omkringliggende kystvande er som gennemsnit for perioden 1990-2008 beregnet til 77.700 tons N/år (tabel 1). Heraf udgør total kvælstof udledt med spildevand fra punktkilder 10.400 tons N/år.

En overordnet sammenkædning af de beregnede data for udledning, retention og transport af kvælstof for perioden 1990-2008 kan sammenfattes således:

- Udvaskningen af kvælstof fra rodzonen (nitrat-N) under dyrkede og udyrkede arealer er beregnet til 212.000 tons N/år
- Retentionen i overfladevand er beregnet til ca. 23.700 tons N/år (11 % af det udvaskede kvælstof)
- Den del af kvælstoftransporten med ferskvand til kystvandene som stammer fra diffuse kilder er beregnet til 67.300 tons N/år
- Dermed estimeres en retention i grundvand på 121.000 tons N/år, beregnet som differencen mellem kvælstof udvaskning og summen af kvælstoftransporten fra diffuse kilder og retentionen i overfladevand. Kvælstofretentionen i grundvand – beregnet som ovenstående – udgør derved 57 % af den samlede udvaskning fra rodzonen.
- Den samlede retention i overfladevand og i grundvand er beregnet til ca. 68 % af det udvaskede kvælstof fra rodzonen.
- Den anvendte metode til beregning af kvælstoftransport fra diffuse kilder i det umålte opland overestimerer formentlig det diffuse tab.

2.4 Kvælstofstrømme og omsætninger, 2008

De beregnede data for 2008 (tabel 1) kan kort opsummeres således:

- Den samlede landbaserede kvælstoftilførsel til kystvandene er beregnet til 64.300 tons N/år. Heraf udgør kvælstof udledt med spildevand fra punktkilder 5.600 tons N/år

- Kvælstofretentionen i overfladevand er beregnet til 22.800 tons N/år. Retentionen for de enkelte delposter afviger ikke meget fra de tilsvarende for perioden 1990-2008 som gennemsnit.

3 Kvælstofoverskud i dansk landbrug, samt udvaskning, retention og transport af kvælstof fra diffuse kilder

I foregående afsnit er kvælstoftilførslen til kystvande og kvælstofretention opgjort for landet som helhed for perioden 1990-2008. Det er herunder vurderet, at der er en samlet gennemsnitlig retention af det kvælstof, der udvaskes fra rodzonen under dyrkede og udyrkede arealer på 68 %. Kvælstofudvaskningen fra de dyrkede arealer er mindsket markant som følge af de forskellige vandmiljøplaner, og dette er den primære forklaring på, at den samlede reduktion i de landbaserede kvælstoftilførsler til kystvandene er faldet med 47 % i samme periode. Det er velkendt, at der ikke i alle vandløb er en øjeblikkelig og fuld respons i kvælstoftransporten i vandløb, dvs. som en effekt af en reduceret kvælstofudvaskning fra rodzonen. Det skyldes faktorer som opholdstid i grundvandsmagasiner og kvælstofretention i grundvand og overfladevand. I dette afsnit søges det belyst, hvorledes den samlede kvælstofretention fra rodzone til kystvandene har udviklet sig på landsplan.

Den samlede kvælstofretention inklusive evt. tidsforsinkelser i grundvand beregnes som forskellen mellem den mængde nitrat kvælstof, der et givet år udvaskes fra rodzonen, og den mængde total kvælstof fra diffuse kilder, der med vandløbene strømmer til de marine kystvande. For at beregne kvælstofretentionens generelle udvikling siden 1990 er det nødvendigt at søge at rense de enkelte års værdier af kvælstofudvaskning og diffus kvælstoftransport for betydningen af år-til-år variationer i klimaet. Først og fremmest er det her variationer i vandafstrømningen, der er betydende.

For kvælstofudvaskningen foreligger en sådan 'klimanormaliseret' udvaskning fra de dyrkede arealer for perioden siden 1989 (Grant & Waagepetersen 2003, Waagepetersen et al. 2008, Børgesen et al. 2009). De årlige værdier er beregnet for såkaldt 'agrohydrologiske' år (1. april år N til 31. marts år N+1). Imidlertid er der ikke umiddelbart tilgængelige udvaskninger for de agrohydrologiske år 1990-1994. For disse år er der derfor indledningsvist opstillet en regressionligning for sammenhængen mellem det beregnede kvælstofoverskud i dansk landbrug (x) og udvaskningen af kvælstof fra de dyrkede arealer (y). Den fundne sammenhæng er stærkt signifikant ($y = 62,69 \exp^{0,0032x}$, $r^2 = 0,97$, $n = 14$). Ud fra denne sammenhæng er kvælstofudvaskningen fra det dyrkede areal estimeret for hvert af de 'manglende' år 1990-1994.

Kvælstoftransporten med ferskvand fra diffuse kilder til de kystnære områder er beregnet som tidligere omtalt i dette kapitel. De beregnede månedstransporter er imidlertid summeret på agrohydrologiske år for at "matche" udvaskningen. En sammenstilling af disse transporter med kvælstofudvaskningen kræver indledningsvist en 'klima'-normalisering af transporterne. Denne normalisering er gennemført ved først at opstille en lineær afstrømnings/transport (QT) sammenhæng på logaritmetransformerede vandafstrømninger (Q_{mm} /agrohydrologisk år) og de bereg-

nede totale kvælstoftransporter fra diffuse kilder (T). Sammenhængen opstillet på data fra årene 1990-97 kan udtrykkes således:

$$\ln T = \alpha + \beta \cdot \ln(Q),$$

Den logaritme-transformerede og klimanormaliserede sammenhæng opstilles herefter således:

$$\ln T_{norm} = \ln T - \beta \cdot (\ln Q - \ln(324)),$$

hvor T er total kvælstoftransport fra diffuse kilder i et givet år, Q er vandafstrømning i mm i samme givne år, og β er den estimerede hældning. Tallet 324 i ligningen er den gennemsnitlige afstrømning i mm/agrohydrologisk år for hele perioden.

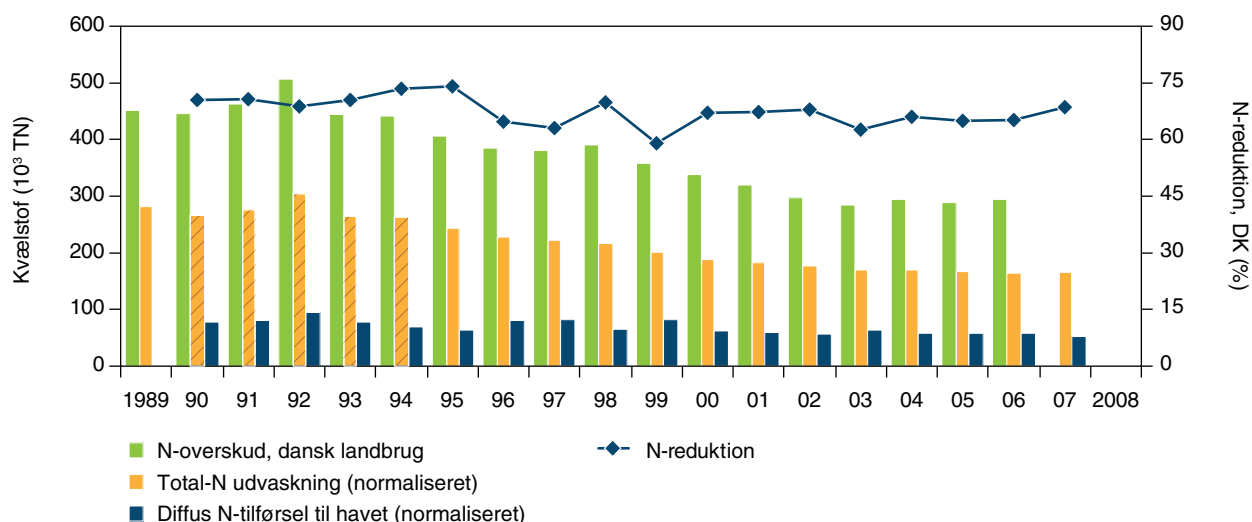
Efterfølgende transformeres tilbage for at beregne den klimanormaliserede kvælstoftransport i ferskvand fra diffuse kilder (tons N):

$$T_{norm} = 1,0085 \cdot \exp(\ln T_{norm}),$$

hvor 1,0085 korrigerer for, at der er anvendt logaritme-transformerede data.

Den klimanormaliserede diffuse kvælstofafstrømning er således – ideelt set – renset for betydningen af de år-til-år varierende vandafstrømninger. En statistisk test af udviklingen i denne klimanormaliserede kvælstoftransport viser et signifikant ($p < 0,05$) fald på 37 % gennem perioden siden 1990. Dette er reelt det samme fald, som statistisk set blev vist for udviklingen i den beregnede diffuse kvælstofkoncentration (se afsnit 6.3).

I figur 2 er vist udviklingen i kvælstofoverskuddet i dansk landbrug og de normaliserede kvælstofudvaskninger og kvælstoftransporter fra diffuse kilder til havet. For hvert agrohydrologisk år er kvælstofretentionen beregnet som differencen mellem disse to tal. Den gennemsnitlige kvælstofretention over hele perioden 1990-2007 er beregnet til 68 %. Over perioden er der en - lige akkurat – signifikant udvikling ($p = 0,049$) under antagelse af, at kvælstofretentionen udvikler sig lineært over tid. Dette ser dog ikke ud til at være opfyldt, fordi der er en tydelig tendens til et fald efter 1995. Hvorvidt dette forhold skyldes ændrede opgørelsesmetoder eller en sand udvikling kræver flere analyser. Ud fra den gennemsnitlige kvælstofretention og den beregnede trend kan der beregnes en startværdi for N-retentionen i 1990 på 71 % med konfidensgrænser på 68-74 % (CL 95 %) og en slutværdi i 2007 på 64 % med konfidensgrænser på 61-68 %.



Figur 2 Udviklingen i dansk landbrugs kvælstofoverskud, klimanormaliseret N-udvaskning (dyrket+udyrket areal) og klimanormaliseret kvælstoftilførsel fra diffuse kilder til kystområderne fordelt på agrohydrologiske år (1. april år N til 31. marts år N+1). Udvikling i beregnet N-retention = $(N\text{-udvaskning} - N\text{-transport (diffus)}) \cdot 100 / N\text{-udvaskning (\%)}$.

Ovenstående beregninger er gennemført for landet som helhed. Der er imidlertid stor geografisk variation i såvel kvælstofudvaskningen som i tabet af total-kvælstof fra diffuse kilder. Også kvælstofretentionen vil variere betydeligt geografisk set, som følge af forskelle i forhold i grundvandsmagasiner og overfladevand.

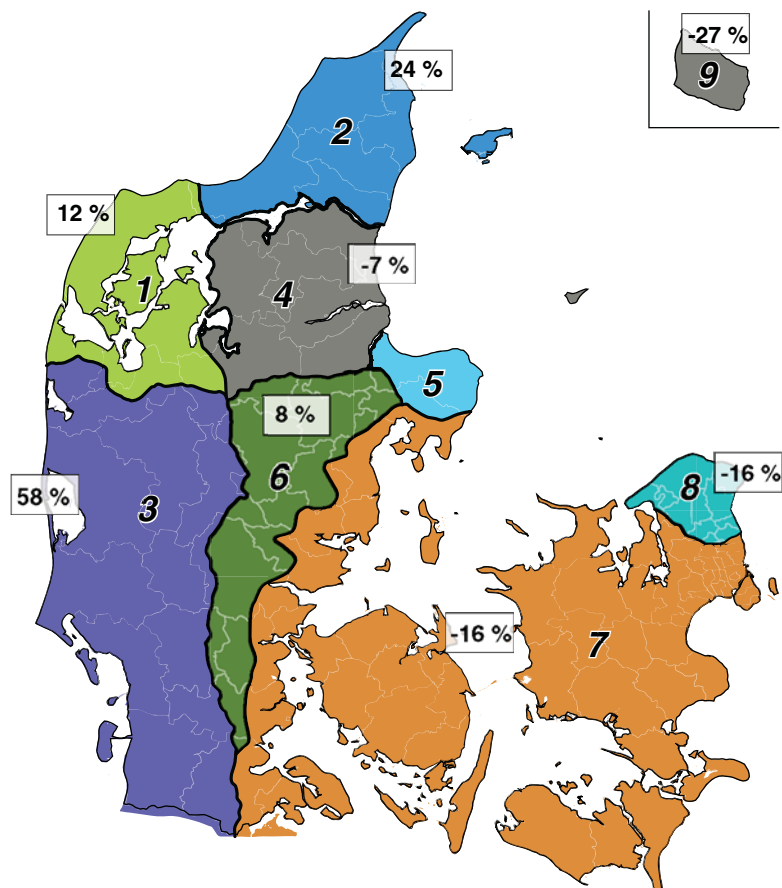
4 Modelberegnete og målte kvælstoftransporter og –koncentrationer

Som kort beskrevet i dette kapitels afsnit 3 er der over perioden 1990-2008 fundet en afvigelse mellem de modelberegnete og de målte kvælstofafstrømninger fra det samlede målte afstrømningsopland. I dette afsnit ses nærmere på sammenhængene mellem målte og modellerede kvælstofafstrømninger. Disse vurderinger foretages for enkelte målestationer, for regioner og for landet som helhed.

4.1 Georegioner

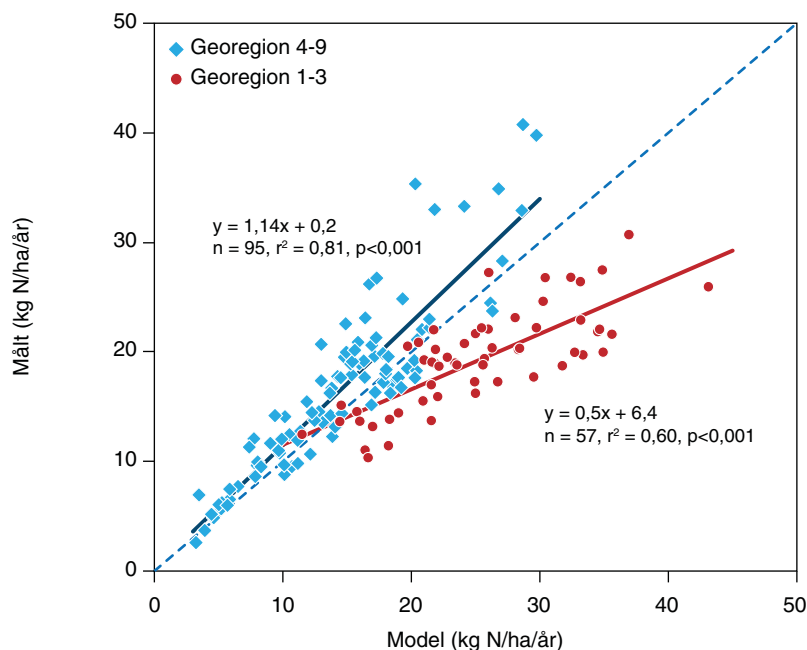
Danmark kan inddeles i 9 georegioner. Summeres de målte og modellerede kvælstoftransporter inden for hver af disse over hele perioden, indikerer beregningerne, at modellen overestimerer den målte kvælstoftransport med 12-58 % i georegion 1-3 (figur 3). I georegion 4-6 er afvigelserne mindre (- 7 til 8 %), mens der mod øst i georegion 7 og 8 med modellen beregnes 16 % mindre kvælstoftransport, end der er målt i det målte opland i disse to regioner. På Bornholm underestimeres kvælstoftransporten i det ene vandløbsopland, der er målt, med 27 %.

Figur 3 Forskellen mellem den gennemsnitlige målte og modellerede kvælstoftransport for det målte opland indenfor hver af de 9 danske georegioner, 1990-2008.



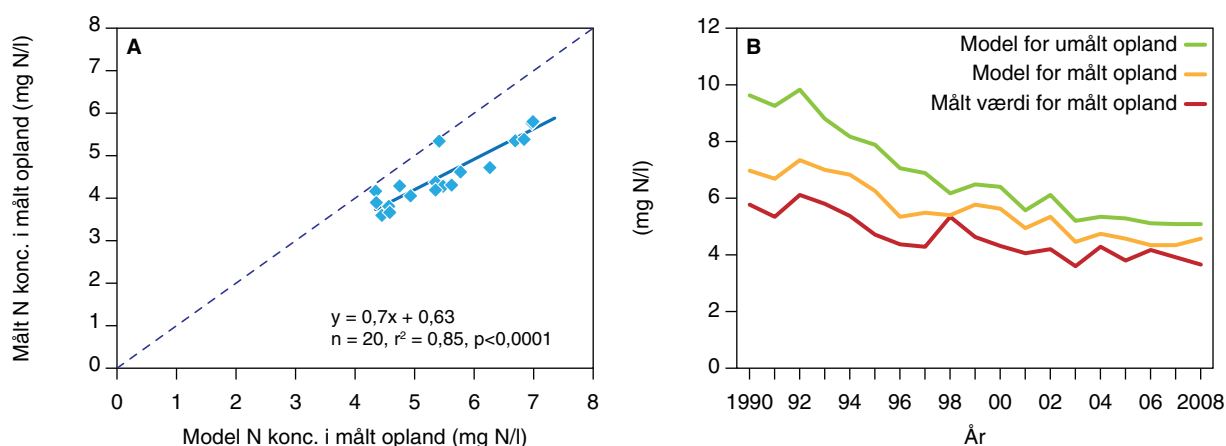
I figur 4 er vist relationer mellem de modellerede og målte kvælstoftransporter fra de enkelte georegioner i de enkelte år (det bemærkes, at der ikke er målestationer i georegion 5). Der er vist særskilte relationer for hhv. georegionerne 1-3 og 4-9. Den bedste sammenhæng findes for georegion 4-9 med en forklaringsgrad (r^2) på 0,81. Samtidig ligger de modellerede og målte værdier ikke langt fra 1:1 linjen. For georegion 1-3 er forklaringsgraden noget mindre ($r^2 = 0,60$), og afvigelsen mellem de målte og modellerede værdier er dermed større. De modelberegnete værdier er her – specielt i den høje ende – betydeligt større end de målte. Samtidig ses dog også, at modellen for begge grupper har pænt fat i den relative år-til-år variation.

Figur 4 Sammenhænge mellem modellerede (x) og målte (y) årlige arealafstrømninger af kvælstof i de 9 danske georegioner, (jf. figur 3). Der er vist særskilte relationer for georegion 1-3 og georegion 4-9 dækkende perioden 1990-2008. Den samlede relation for alle punkter (ej vist i graf) er: $Y = 0,62X + 6,1$ ($r^2=0,56$, $p<0,0001$).



4.2 Landstal

Sammenhængen mellem den gennemsnitlige målte og modelberegnete kvælstofkoncentration i det afstrømmende ferskvand fra det samlede målte opland er vist i figur 5A. De viste koncentrationer er vandføringsvægtede årsværdier, og altså beregnet som kvælstoftransporten fra det målte opland divideret med den tilhørende ferskvandsafstrømning. Relationen er signifikant ($r^2=0,85$; $p<0,0001$). Der er dog en vis afvigelse mellem de målte og modellerede kvælstofkoncentrationer, og denne er størst ved de højeste koncentrationer. Eksempelvis modelberegnes en koncentration på 7 mg N/l ved målte koncentrationer på ca. 5,5 mg N/l. Afvigelsen er mindre ved lave målte koncentrationer, idet der fx modelberegnes en koncentration på 4 mg N/l ved en målt koncentration på omkring 3,4 mg N/l.



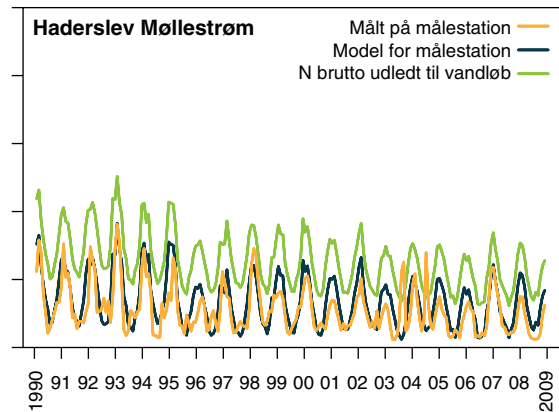
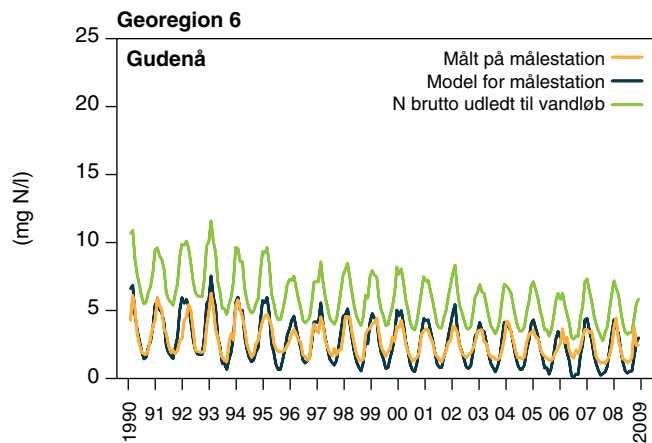
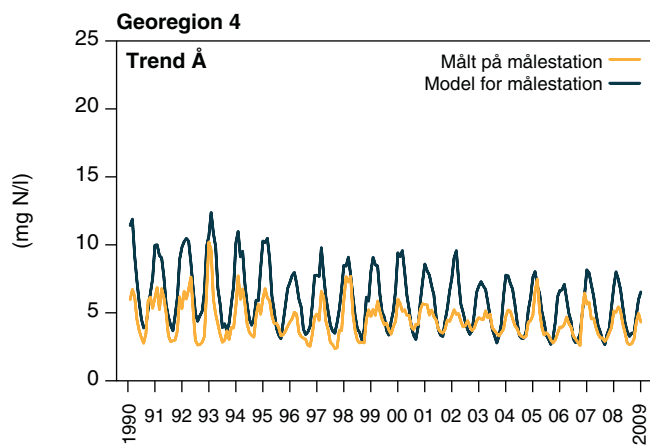
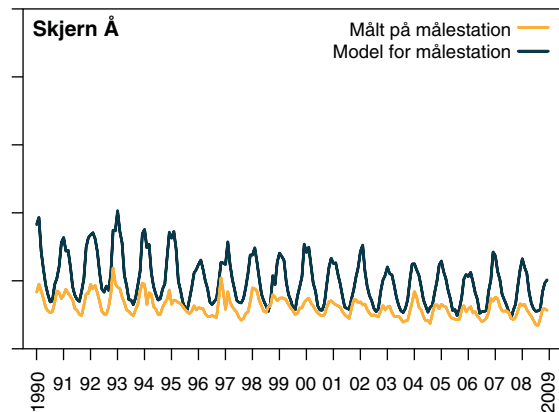
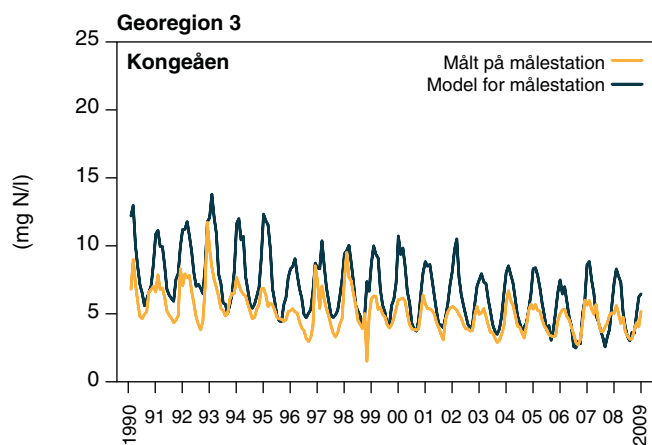
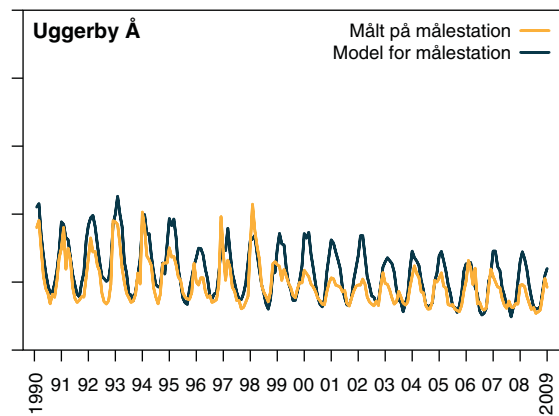
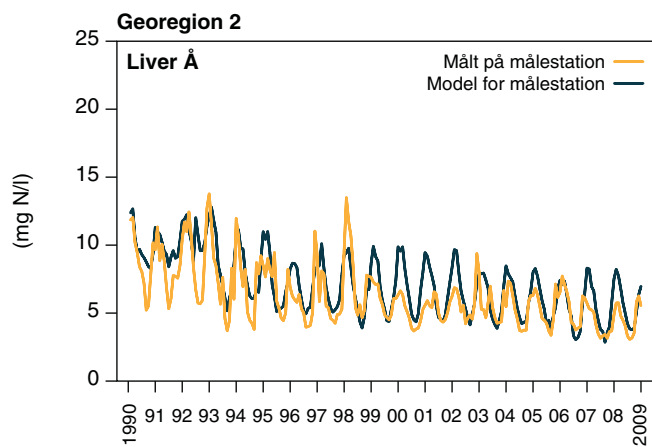
Figur 5 (a) Sammenhæng mellem den målte og modellerede vandføringsvægtede kvælstofkoncentration i ferskvand fra det 'målte' opland i Danmark, 1990-2008. Årsværdier. (b) Udvikling i vandføringsvægtet kvælstofkoncentration i ferskvand. For målt opland er vist såvel målte som modellerede koncentrationer. For umålt opland alene modellerede koncentrationer (inkl. bidrag fra spildevand fra punktkilder).

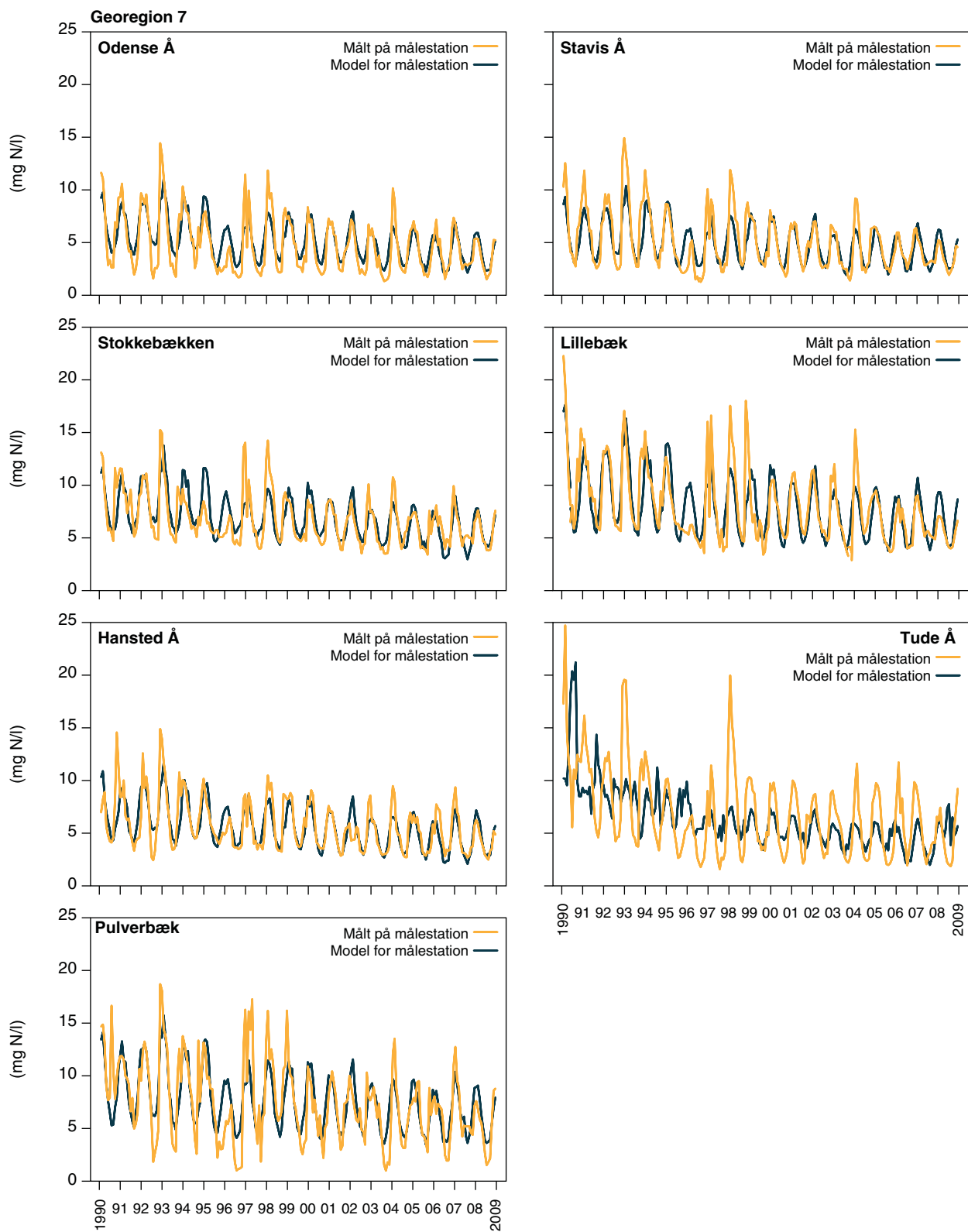
Udviklingen af kvælstofkoncentrationerne fra det målte opland er vist i figur 5B. De modellerede koncentrationer er – i overensstemmelse med figur 5A - gennem perioden lidt højere end de målte. Såvel de målte som de modellerede koncentrationer aftager dog tydeligt gennem perioden 1990-2008.

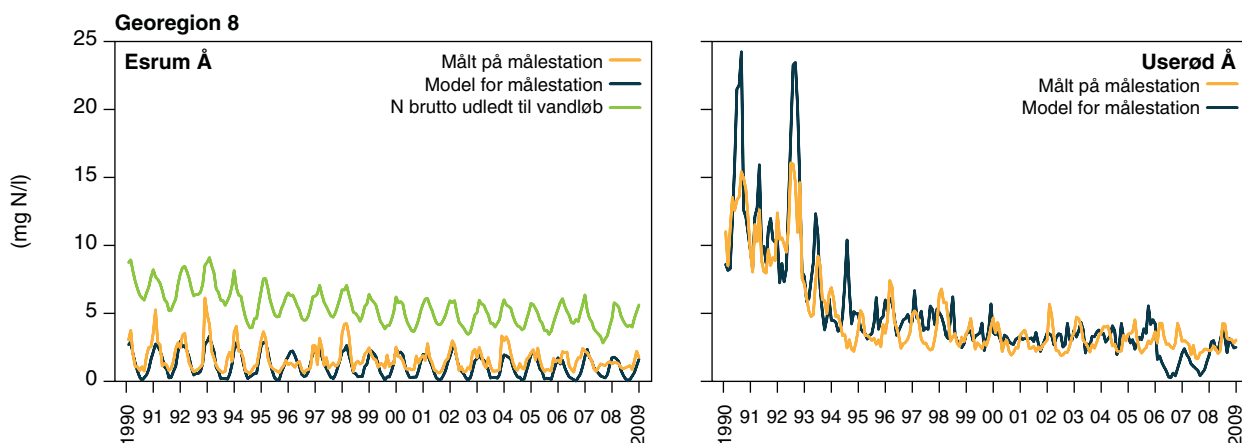
De modellerede kvælstofkoncentrationer i det umålte opland er – især i 1990'erne - betydeligt højere end koncentrationerne i det målte opland (figur 5B). Det skyldes, at koncentrationsbidraget fra spildevandsudledninger er markant større i det umålte end i det målte opland. Således bidrager spildevandsudledningerne med omkring 2-3 mg N/l til den samlede koncentration i det umålte opland i starten af 1990'erne mod kun omkring 0,6 mg N/l i det målte opland. Renses de viste koncentrationer i figur 5B for betydningen af spildevandsudledninger, findes helt ens modellerede kvælstofkoncentrationer fra diffuse kilder i hhv. det umålte og målte opland og ligeledes en helt ens udvikling gennem tid ($r^2=0,99$). Da de modellerede koncentrationer i det målte opland generelt er større end de målte koncentrationer (figur 5A), er det nærliggende at antage, at de modellerede koncentrationer i det umålte opland også er for høje, og at der dermed generelt også estimeres en for høj kvælstofbelastning fra det umålte opland.

4.3 Målestationer i vandløb

I figur 6 er vist en række eksempler på simulerede og målte månedlige kvælstofkoncentrationer fra målestationer i vandløb. Ved vurderinger af modellens 'egnethed' for de enkelte målestationer bør det naturligvis erindres, at de målte koncentrationer er baseret på typisk 1-2 enkeltmålinger i hver måned. Der er dermed en ikke ubetydelig usikkerhed på de målte værdier. Denne usikkerhed er størst i vandløb med stor dynamik i vandafstrømningen og mindre i vandløb med en mere jævn vandafstrømning over året.







Figur 6 Modellerede og målte afstrømningsvægtede kvælstofkoncentrationer fra 16 målestationer, angivet som månedsværdier, perioden 1990-2008. For tre stationer (Haderslev Mølleå; Gudenåen og Esrum å) med betydende søer i oplandet er tillige vist udviklingen i de modelberegne kvælstofudledninger til vandløb (inden retention i søer og andet overfladevand).

Tre af de viste vandløb ligger nedstrøms søer, hvor der sker en betydelig retention af kvælstof. Specielt i Gudenåens opland med de mange søer kvælstofretentionen meget betydelig. I oplandet til målestationen ved Motorvej A10 i Gudenåen er der modelberegnet en specifik årlig kvælstofretention for mere end 50 søer og foretaget en sæsonfordeling af denne retention. Beregningerne er gennemført i 'kæder', således at der for hvert delopland til de enkelte søer modelberegnes en brutto-udledning af kvælstof ved anvendelse af den tidligere omtalte empiriske model. Herfra trækkes så sekventielt de retentioner af kvælstof, der sker ved vandets passage af de enkelte søer. Ud fra disse modelberegne søretentioner og øvrige retentioner samt tillæg af udledte kvælstofmængder med spildevand simuleres en månedlig koncentration af kvælstof ved målestationen ved A10. I figuren for Gudenåen er supplerende vist udvikling og variation i den modelberegne kvælstofkoncentration i ferskvand. Der er hermed tale om koncentrationer, som ville have forekommet ved den nedstrøms målestation i Gudenåen, såfremt der ikke forekom kvælstofretention i søerne opstrøms herfor. Det fremgår, at der – som forventet – sker en meget betydelig reduktion i kvælstofkoncentrationen, inden vandet med dets kvælstofindhold når frem til målestationen. Det fremgår også umiddelbart, at der er høj grad af sammenfald i de modellerede og målte kvælstofkoncentrationer ved målestationen. Resultater fra to andre vandløb med stor kvælstoffjernelse i søer viser samme mønster. Såvel i Esrum Å nedstrøms Esrum og Gurre Sø som i Haderslev Møllestrøm nedstrøms Haderslev dam rammes niveau, sæsonvariation og udvikling i kvælstofkoncentrationerne. Det bør her erindres, at der ikke er foretaget nogen egentlig kalibrering af det etablerede model- og beregningskoncept på nogle af de indgående målestationer, der indgår ved opgørelse af havbelastningen. En sådan kalibrering er mulig og vil givetvis kunne medføre endnu bedre simuleringer end vist. En anden sæsonfordeling af den modelberegne årlige kvælstofretention vil muligvis også kunne medvirke til at bringe de simulerede koncentrationer endnu bedre på plads. Anvendelse af en egentlig månedsspecifik model for kvælstof tilbageholdelsen i søer kan således også komme på tale (Windolf et al., 1996).

For de øvrige målestationer medtaget i figur 6 ses lignende lovende simuleringer af kvælstofkoncentrationernes sæsondynamik og udvikling gennem perioden. Det gælder ikke mindst et større vandløb som Odense

Å; her rammes udvikling og sæsonvariation således fint i sammenligning med en lang række andre modeller, som er testet på dette vandløb (Kronvang et al., 2009). Simuleringerne er derimod ikke nær så overbevisende for vandløbene i specielt Georegion 3. Her er simuleringer i fx Skjern Å og Konge Å klart utilfredsstillende. De modelberegnede kvælstofkoncentrationer er alt for høje i forhold til de målte og sæsonvariationen for dynamisk. Tilsvarende resultater er fundet for lignende vandløb inden for georegion 3 (ej vist her: Vidå, Stor Å, Varde Å, Karup Å m.fl.). Dette peger på behovet for en revurdering og recalibrering af den anvendte empiriske model til beregning af kvælstofkoncentrationen i det vand som strømmer fra diffuse kilder til vandløb.

Den eksisterende model- og beregningsopsætning kan heller ikke simulere sæsondynamik og udvikling i kvælstofkoncentrationer i vandløb med en relativ stor tilførsel af oxideret grundvand med tilhørende høje kvælstofkoncentrationer. Det er veldokumenteret, at der i sådanne vandløb er en lang responstid fra ændringer i kvælstofudvaskningen fra rodzonen slår igennem og medfører ændringer i koncentrationsniveauet i vandløb. Blandt de vandløb, som er anvendt i opgørelserne af havbelastningen, gælder dette fx Kastbjerg Å og Simested Å (ej vist i figur).

Til gengæld estimerer modellen fint ændringer i fx spildevandstilførsler. Således fås høje såvel målte som modelberegnedes kvælstofkoncentrationer (10-15 mg N/l) i Usserød Å i starten af 1990'erne, hvorefter der sker et markant fald til et niveau omkring 3-4 mg N/l de seneste år. Det markante fald i starten af perioden skyldes således markant reduceret udledning af kvælstof med spildevand.

5 Diskussion og perspektivering

Der foreligger nu, som beskrevet i dette kapitel, en første fuldt distribueret beregningsmodel for kvælstofudledningerne til overfladevand og den kvælstofretention, der sker under transporten mod de enkelte kystafsnit. Beregningsmodellen tager udgangspunkt i beregnede kvælstofudledninger fra deloplande (polygoner), og disse summeres inden for valgte definerede større oplande. Efter at estimerede kvælstofretentioner i overfladevand er fratrasket, kan nettotransporten af kvælstof ud af disse større oplande beregnes. Således er nettotransporten summeret for de 119 vandløbsoplande, der anvendes ved beregningerne af havbelastningen (for det målte opland). Beregningsmodellen giver således viden om kilderne til og omsætningen af kvælstof inden for de målte oplande.

De modelberegnedes nettotransporter af kvælstof er summeret og beregnet for 58 umålte oplande til 2.-3. ordens kystafsnit, der sammen med det målte oplandsareal udgør landet samlede areal. Summen af de målte transporter og de modelberegnedes nettotransporter af kvælstof i de umålte opland har således resulteret i en tidsserie for den beregnede månedlige kvælstofbelastning af de 58 kystafsnit for perioden 1990-2008.

Beregningsmodellens potentiale vurderes med baggrund i resultaterne præsenteret i dette kapitel som lovende. Det anvendte modelkoncept kan naturligvis forbedres, både hvad angår den bagvedliggende empiriske kvælstofmodel, og beregningerne af kvælstofretention herunder det foreliggende datagrundlag. Først og fremmest er der behov for en revurde-

ring og recalibrering af den empiriske kvælstofmodel for vandløb beliggende vest for israndslinjen. Her overestimerer modellen således klart kvælstofudledningerne. Modellens anvendelse af nedbøren som forklarende variabel i vandløb, der har forskellig hydrologisk respons på nedbøren, vil resultere i en forskel i den simulerede kvælstofkoncentration. Selv om der er opnået meget fine simuleringer af de målte kvælstofkoncentrationer i mange vandløb i det østlige Danmark (Georegion 4-9), er der også for enkelte af disse vandløb større afvigelser. En nærmere vurdering af simuleringseffektiviteten for enkeltvandløb kan derfor anvendes ved en justering af den empiriske kvælstofmodel. Et specielt problem er, at kvælstofkoncentrationen i vandløb i områder med ringe reduktionskapacitet for kvælstof i grundvand simuleres utilfredsstillende. I sådanne vandløb er der en lang responstid mellem ændringer i landbrugets kvælstofoverskud og ændringer i kvælstofkoncentrationerne i vandløb.

Inden for de større målte vandløbsoplande kan der med fordel ved modelberegningen af kvælstofudledningen gennemføres en bedre differentiering af vandafstrømningen. Det er fx veldokumenteret, at den arealspecifikke vandafstrømning varierer betydeligt inden for Gudenåens opland og andre større oplande.

Hvad angår kvælstofretentionen, bør det specielt vurderes, om den, hvad angår oversvømmede arealer, er tilstrækkelig vel beskrevet. I særdeleshed er der i beregningerne ikke medtaget retention i de ofte oversvømmede kystnære engarealer. Den meget betydelige beregnede kvælstofretention i vandløb bør desuden underkastes en nærmere kontrol ud fra direkte målinger, ligesom bedre estimater for vandløbsarealerne og deres geografiske fordeling vil kunne forbedre det endelige beregningsresultat.

For det umålte oplande vurderes specielt behov for fortsat arbejde med at optimere videns- og datagrundlaget for ferskvandsafstrømningen

I beregningerne for det målte opland indgår 119 målestationer i vandløb, hvor der er foretaget kontinuerte målinger og beregninger af vand- og kvælstoftransporten i perioden siden 1990. Seks af disse stationer blev dog nedlagt ved starten af 2008. Der eksisterer derudover data fra en række andre målestationer, men disse har ikke en fuld måletidsserie for perioden og er oprindeligt blevet fravalgt og ikke anvendt i beregningerne af hensyn til at bevare en konsistens (ensartet metode) for hele perioden. Det vil være fornuftigt også at inddrage resultater fra disse stationer i beregningerne under forudsætning af, at der kan etableres en modelopretning af de simulerende kvælstofkoncentrationer og transporter. Sådanne modelopretninger er foretaget for en række målestationer, der indgår i beregningerne af ferskvandsafstrømningen (Windolf et al., 2009a, b). Behovet herfor vil øges, hvis antallet af målestationer reduceres.

Det etablerede beregningskoncept vil blive forbedret i de kommende år. Herved vil vand- og næringsstofftilførslerne kunne opgøres med større nøjagtighed. Dertil kommer det ønskelige i at kunne beregne på en finere geografisk skala end de 58 kystafsnit, der pt. er omfattet af beregningerne. En sådan forbedring vil ikke alene være relevant som modelværktøj i relation til det nationale overvågningsprogram, men vil også være et vigtigt værktøj i det fortsatte arbejde med udarbejdelse af vandplaner.

6 Konklusioner

Med baggrund i resultaterne præsenteret i dette kapitel kan drages følgende konklusioner:

- Den anvendte beregningsmetode overestimerer sandsynligvis den samlede kvælstofbelastning. I 2008 udgjorde denne overestimering formodentlig omkring 6.000 t N.
- For perioden 1990-2008 er der som gennemsnit beregnet en samlet kvælstofretention i overfladevand på knap 24.000 t N/år, svarende til ca. 11 % af den samlede kvælstofudvaskning fra rodzonen under dyrkede og udyrkede arealer. Reduktionen i grundvand er estimeret til omkring 121.000 t N/år (svarende til 57 % af kvælstofudvaskningen).
- Det anvendte beregningskoncept og beregningerne af den distribuerede kvælstofudledning og kvælstofretention vil blive søgt forbedret i de kommende år.
- Det anvendte modelkoncept indeholder desuden et potentiale for at simulere effekten af ændringer i klima (nedbør, temperatur) og ændringer i landbrugets kvælstofoverskud.

Bilag 1

2008	FARVANDS- OMRÅDE	OP- LAND	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	.Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	År	Som Vinter mer l/s/ km ²	År	År 10E6 m ³	
		km ²													mm				
11	HANSTHOLM- THYBORØN	173	25,0	17,9	14,9	9,5	8,5	4,7	4,7	4,4	6,4	14,0	25,6	18,1	154	7,1	2,7	4,9	27
12	THYBORØN- VEDERSØ	1640	71,7	57,0	65,7	42,2	29,6	21,6	21,4	26,0	31,5	61,0	61,9	46,1	536	22,0	12,0	17,0	879
13	VEDERSØ- NYMINDEGAB	3485	71,8	52,3	66,8	46,4	31,3	21,8	22,1	27,6	33,8	60,9	64,7	46,2	546	22,3	12,4	17,3	1902
14	NYMINDEGAB- BLÅVAND	266	67,1	40,2	45,5	24,6	15,6	12,2	9,7	12,9	19,2	57,8	55,9	36,6	397	17,3	8,0	12,6	106
15	BLÅVAND- GRÆNSE	74	19,5	16,2	21,3	9,4	2,6	0,7	0,1	1,7	5,8	18,3	22,6	12,4	131	6,5	1,8	4,1	10
161	GRÅDYB TIDE- VANDSOMRÅ- DE	1820	57,7	35,8	45,2	30,9	24,6	18,8	16,8	19,5	25,8	47,4	58,8	43,3	424	17,4	9,6	13,5	773
162	KNUDEDYB TIDEVANDS- OMRÅDE	1453	70,8	57,4	79,7	44,8	27,0	18,0	16,6	27,8	37,2	66,1	80,4	49,6	575	24,5	12,1	18,2	836
163	JUVRE DYB TIDEVANDS- OMRÅDE	273	56,5	45,2	60,7	30,3	11,0	6,2	6,2	21,0	27,9	65,6	69,3	35,6	436	19,0	8,7	13,8	119
165	LISTER DYB TIDEVANDS- OMRÅDE	1602	55,9	54,4	64,5	38,6	20,1	11,4	10,9	26,3	32,1	69,7	70,1	51,7	506	21,4	10,7	16,0	810
21	TANNIS BUGT	492	56,2	38,5	39,5	24,8	14,4	12,9	12,9	19,8	21,5	34,1	38,7	31,3	345	14,6	7,3	10,9	170
22	JAMMERBUG- TEN	567	47,7	30,7	30,4	14,8	5,7	7,2	9,6	11,5	16,0	24,4	30,5	25,4	254	11,5	4,7	8,0	144
23	VIGSØ BUGT	37	7,3	5,5	4,6	2,1	0,6	0,2	0,3	0,5	3,1	5,1	10,4	6,1	46	2,3	0,6	1,5	2
30	ÅBNE KATTE- GAT	140	43,6	29,4	32,2	20,9	10,3	8,4	8,1	11,1	17,1	21,8	30,7	26,3	260	11,7	4,8	8,2	36
31	HESSELØ BUGT ØST	85	30,7	24,2	28,5	17,3	6,9	4,9	4,8	7,9	6,0	22,1	33,1	42,5	229	11,3	3,3	7,3	20
32	ISEFJORD- ROSKILDE FJORD	1952	27,0	21,2	25,5	15,1	7,4	4,3	3,6	4,6	4,3	8,1	20,9	35,1	177	9,3	2,0	5,6	346
33	HESSELØ BUGT VEST	40	33,9	27,4	29,3	13,1	5,6	3,7	2,9	3,1	3,3	11,8	25,0	46,0	205	11,2	1,9	6,5	8
34	DJURSLAND	726	30,0	23,6	30,1	21,5	17,1	12,9	12,0	11,7	11,5	15,1	18,8	19,0	223	9,1	5,1	7,1	162
35	HEVRING BUGT	3498	47,5	41,0	46,2	32,9	22,2	14,8	16,2	20,1	19,7	23,5	31,6	28,7	345	14,6	7,3	10,9	1206
36	ÅLBORG BUGT SYD	744	33,0	25,6	32,0	20,2	15,0	11,4	11,9	14,7	13,1	17,3	22,7	21,3	238	9,9	5,2	7,6	177
371	LANGERAK	696	48,9	39,0	46,3	30,5	22,3	16,7	17,2	18,8	18,9	25,2	29,0	27,0	340	14,1	7,5	10,8	236
372	NIBE-GJØL BREDNING	1702	53,3	36,6	44,1	31,0	18,0	14,8	17,4	25,1	24,2	31,7	35,7	29,0	361	14,7	8,2	11,4	614
373	LØGSTØR BREDNING	695	57,7	46,2	63,8	32,4	17,1	12,7	11,4	13,7	15,8	34,8	35,0	37,3	378	17,4	6,6	12,0	263
374	LIMFJORD MIDT-SYD	2621	41,9	36,7	41,9	30,9	24,1	18,5	18,5	22,3	20,7	31,4	35,1	29,5	351	13,8	8,5	11,1	921
375	LIMFJORD SYD FOR MORS	584	74,7	57,7	85,6	39,5	19,4	10,5	9,8	9,4	13,6	40,1	40,8	43,6	445	21,9	6,5	14,1	260
376	LIMFJORD NORDVEST FOR MORS	698	59,0	50,3	50,1	27,4	17,5	10,2	9,3	8,9	17,3	34,0	53,7	44,0	382	18,2	6,1	12,1	266

2008	FARVANDS- OMRÅDE	OP- LAND	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	.Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	År	Som Vintermer	År	År	
		km ²							mm						mm	l/s/ km ²		10E6 m ³	
377	NISSUM BREDNING	600	59,7	50,9	48,8	30,1	19,3	13,1	14,1	13,1	19,4	40,4	71,9	52,9	434	20,1	7,5	13,8	260
38	ÅLBORG BUGT NORD	522	61,4	38,6	44,4	29,8	15,2	11,0	10,7	17,5	17,9	22,6	32,6	29,9	332	15,1	6,0	10,5	173
39	ÅLBÆK BUGT	536	48,0	34,5	39,3	28,3	16,7	12,2	11,8	17,1	20,3	24,8	31,1	28,0	312	13,4	6,5	9,9	167
40	FARVANDET OMKRING SAMSØ	132	43,1	29,9	37,3	24,8	14,6	7,2	6,4	5,8	4,4	7,1	19,7	17,9	218	11,0	2,9	6,9	29
41	SEJERØ BUG- TEN	314	33,9	28,3	26,1	15,0	4,8	2,4	1,5	2,0	4,1	5,7	14,8	36,3	175	9,9	1,3	5,6	55
42	NORD FOR FYN	1193	46,5	41,9	41,0	22,0	12,3	7,9	4,6	9,3	11,0	19,3	25,9	25,6	267	13,0	4,0	8,5	319
43	HORSENS FJORD	781	78,1	48,5	74,8	28,8	13,1	8,8	8,2	12,9	30,1	23,3	43,4	26,7	397	19,2	6,1	12,6	310
44	ÅRHUS BUGT	657	47,8	32,7	44,4	27,1	15,0	7,9	6,2	8,2	9,9	10,2	19,6	18,1	247	12,1	3,6	7,8	162
45	EBELTOFT VIG	60	27,4	16,9	29,2	8,4	0,9	0,6	1,5	2,8	21,9	7,8	14,4	10,3	142	6,8	2,2	4,5	8
51	NORDLIGE LILLEBÆLT	1045	72,8	59,3	76,8	37,9	24,6	19,4	19,6	27,8	32,6	44,4	51,8	33,8	501	21,3	10,6	15,9	523
52	SNÆVRINGEN	502	72,2	57,1	78,9	36,7	21,2	15,1	12,5	23,8	29,8	44,6	54,7	30,9	477	21,1	9,2	15,1	240
53	BREDNINGEN NORD	234	65,1	53,5	71,1	30,2	16,8	11,7	9,3	19,8	21,3	51,9	54,6	25,9	431	19,2	8,2	13,7	101
54	BREDNINGEN SYD	509	52,9	47,2	60,6	31,6	17,7	13,8	13,3	23,5	24,8	53,6	55,2	33,1	427	17,9	9,2	13,5	217
55	MELLEMSTE BÆLT ØST	92	48,8	46,8	48,7	23,2	7,5	7,0	6,3	8,2	12,6	35,7	59,2	31,1	335	16,5	4,9	10,6	31
56	SYDLIGE LIL- LEBÆLT	288	45,0	39,1	38,1	19,7	6,3	5,1	4,5	5,7	9,5	21,0	49,8	29,6	273	14,2	3,3	8,7	79
57	FLENSBORG FJORD	242	35,9	26,5	32,2	15,0	8,4	8,5	6,7	11,3	10,9	47,6	41,9	26,4	271	11,4	5,9	8,6	66
58	MELLEMSTE BÆLT VEST	259	41,1	41,5	45,7	25,0	17,0	16,3	17,0	17,4	18,2	44,2	67,3	34,4	385	16,3	8,2	12,2	100
59	ALS FJORD OG SUND	239	33,2	25,7	34,1	15,9	8,4	8,3	6,3	8,3	7,1	32,2	36,6	26,4	243	11,0	4,4	7,7	58
61	STOREBÆLT	1213	33,1	28,8	30,0	22,4	7,8	2,3	1,9	4,0	3,7	7,1	18,2	35,5	195	10,7	1,7	6,2	236
62	SMÅLANDS- FARVANDET VEST	2345	29,8	24,8	32,6	23,2	6,3	3,5	2,1	2,8	3,0	4,6	15,0	36,3	184	10,3	1,4	5,8	431
63	SMÅLANDS- FARVANDET ØST	281	24,3	15,3	23,4	35,5	5,4	2,7	1,9	1,9	2,9	4,6	5,3	26,8	150	8,3	1,2	4,8	42
64	LANGELANDS BÆLT	455	32,8	22,5	40,9	14,9	11,7	0,7	0,6	0,8	1,2	2,9	8,4	30,6	168	9,6	1,1	5,3	76
65	SYDFYNSKE ØHAV	436	34,5	31,2	47,7	24,7	10,6	7,4	4,8	5,6	7,0	19,2	29,2	28,4	250	12,5	3,4	7,9	109
66	LANGELANDS- SUND	289	38,3	34,3	50,9	27,5	18,1	12,1	9,9	10,8	9,2	22,9	32,5	32,0	298	13,8	5,2	9,5	86
67	STOREBÆLT VEST	398	34,5	34,2	40,3	18,5	10,2	5,2	4,1	5,3	4,5	9,0	14,6	20,1	200	10,4	2,4	6,4	80
71	ØRESUND SYD	981	31,9	24,2	35,6	20,4	11,4	4,1	3,6	5,0	3,6	7,3	16,5	39,1	203	10,7	2,2	6,4	199
72	ØRESUND NORD	498	23,6	19,8	31,2	17,8	9,1	5,2	5,1	8,3	6,4	9,8	14,9	27,1	178	8,6	2,8	5,6	89
73	ØRESUND TRAGT	248	28,6	25,4	30,4	21,2	11,0	9,0	8,4	11,9	12,1	18,9	25,5	34,1	236	10,6	4,5	7,5	59

	FARVANDS- 2008 OMRÅDE	OP- LAND	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	.Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	År	Som	År	År	
		km ²							mm						mm	l/s/ km ²		10E6 m ³	
81	BÆLTHAV VEST	40	32,2	28,4	44,6	22,1	8,7	6,4	4,5	4,2	6,3	17,5	24,9	25,1	225	11,3	3,0	7,1	9
82	BÆLTHAV ØST	378	19,8	11,7	24,6	14,1	5,2	2,1	1,9	3,5	3,2	3,8	8,8	30,1	129	7,0	1,2	4,1	49
91	BORNHOLM	590	34,2	15,4	35,1	18,9	5,7	1,6	1,7	4,5	5,4	60,6	25,5	43,0	252	11,0	5,0	8,0	148
92	FALSTER-MØN ØST	106	26,6	15,8	23,7	36,5	5,7	2,9	2,5	2,6	3,3	5,0	6,0	28,4	159	8,8	1,4	5,0	17
93	FAKSE BUGT	513	27,9	20,8	37,0	24,3	6,9	3,3	2,6	2,9	1,3	4,9	15,3	38,1	185	10,5	1,4	5,9	95
	DANMARK	43041	49,3	38,6	47,9	29,5	17,6	12,0	11,7	15,8	18,3	31,9	39,0	35,0	347	15,3	6,8	11,0	14915

Bilag 2

DMU-NR	VANDLØB	LOKALITET	4. ORD. FARV.	2/3. ORD. FA RV.	OPL. ARE AL, KM2	Q-2008 brutto	N, P,- 2008	ALT. STAT
10091	KLITMØLLER Å	KVADDERKÆR	1110	11	30,6	X		
20005	ELLING Å	ELLING KIRKE	3920	39	123,4	X	X	
20006	SÆBY Å	HUMMELBRO	3910	39	108,2	X	X	
30002	UGGERBY Å	NS RANSBÆK	2110	21	347,5	X	X	
40002	LIVER Å	GL. KLITGÅRD	2213	22	250,0	X	X	
40004	VARBRO Å	PRIVAT BRO	2213	22	47,3			
40005	LIVER Å	RØDE BRO	2213	22	253,7		X	40002
50003	VOER Å	FÆBROEN	3816	38	238,7	X	X	
60001	RY Å	MANNA	3722	372	284,7	X	X	
70003	LINDHOLM Å	ELKÆR BRO	3721	372	104,2	X	X	
80001	GERÅ	MELHOLT KIRKE	3814	38	153,8	X	X	
90001	STORÅ	BROMØLLE	3761	376	95,7	X	X	90101
90002	LANGESLUND KANAL	V. TVEKÆRGÅRD	3723	372	6,7	X		
90021	TRANUM Å	ØLAND-TRANUM PUMPE-STATION	3726	372	123,0	X	X	
90022	TØMMERBY Å	LANGVAD BRO	3761	376	28,0	X		
90101	STORÅ	BROMØLLE BRO - NS SAMMENLØB	3761	376	95,7			
100006	HALKÆR Å	V. ÅGÅRD	3724	372	41,8	X	X	
100009	HERREDS Å	VEGGER BRO	3724	372	107,8	X	X	X
100010	KÆRS MØLLEÅ	OS INDKILDESTRØMMEN	3721	372	100,1	X	X	
100011	ROMDRUP Å	V. LODSHOLM BRO	3715	371	28,1	X	X	
100013	DYBVAD Å	NS BREDKILDE BÆK	3731	373	52,6	X	X	
100014	BINDERUP Å	BINDERUP MØLLE, NS	3723	372	90,4	X		
100016	HASSERIS Å	FREJLEV	3722	372	41,1	X	X	
110011	HVIDBJERG Å	HVIDBJERG MØLLEGÅRD	3773	377	235,8	X	X	X
120001	VEJERSLEV BÆK	AMSTERDAM	3764	376	15,2	X		
130005	LERKENFELD Å	LERKENFELD MØLLEGÅRD	3743	374	115,3	X		
130010	TREND Å	V. TREND	3741	374	138,4		X	130019
130019	TREND Å	FREDBJERG BRO	3741	374	116,3	X	X	
140016	LINDENBORG Å	VED MØLLEBRO	3713	371	318,8	X	X	X
150002	KASTBJERG Å	NORUP	3611	36	96,3	X	X	X
150032	HASLEV GÅRDS Å	TRÆPÆLEBRO	3623	36	81,5	X	X	X
150034	VALSGÅRD BÆK	VED TRENBAKKE	3613	36	14,3	X		
150035	VILLESTRUP Å	Ns Oue Mølle	3611	36	126,0			
150042	ONSILD Å	ÅLYKKEVEJ	3613	36	31,8	X		
150044	HODAL BÆK	IDV. 579 - NS BRO						
150046	KORUP Å	V. SKIVEVEJ	3613	36	18,8	X		
150073	VILLESTRUP Å	HØGHOLT BRO	3611	36	62,6	X		150035
160023	BREDKÆR BÆK	v. Ouegård Bro	3612	36	126,0	X	X	X
160024	FALD Å	NS. KÆRGÅRD MØLLE DAMBRUG	3754	375	17,1	X	X	X
		KOKHOLM	3771	377	24,2	X	X	X

DMU-NR	VANDLØB	LOKALITET	4. 2/3.		OPL.ARE AL, KM2	Q- Q-2008 brutto	N, P,- 2008	ALT.STAT
			ORD. FARV RV.	ORD.FA				
	LYBY-GRØNNING							
160030	GRØFT	HULEBRO	3747	374	11,3		X	
160034	VIUM MØLLEÅ	ÅGÅRD	3751	375	37,0			
160053	HELLEGÅRD Å	TINDSKOV BRO	3754	375	34,3	X		
		TINDSKOV BRO, N FOR						
160054	HINNERUP Å	ØSTERGÅRD	3734	373	75,5	X		
160070	VIUM MØLLEÅ	VIUM MØLLE	3751	375	30,8	X	X	160034
170004	HVAM BÆK	GL. HVAM	3745	374	15,2		X	170007
170005	SIMESTED Å	SDR. BORUP	3745	374	223,0			
170007	SIMESTED Å	SKIVE-HOBRO LANDEVEJ	3745	374	218,1	X	X	170005
180077	SKALS Å	LØVEL BRO	3745	374	556,4	X	X	X
190012	JORDBRO Å	JORDBRO MØLLE	3745	374	110,8	X	X	X
190016	FISKBÆK Å	NYBRO JERNBANEN	3745	374	64,3		X	
200021	KOHOLM Å	FLYNDERSØMØLLE	3747	374	80,2		X	
200024	KARUP Å	NØRKÆR BRO	3747	374	626,7	X	X	X
210413	ALLING Å	NY RÆVEBRO, FLØJSTRUP	3533	35	237,9	X	X	X
210467	GUDENÅ	MOTORSVEJBRO A10	3532	35	2602,9	X	X	X
220062	STORÅ	SKÆRUM BRO	1243	12	1096,7	X	X	X
230055	EGÅ	JERNBANEBRO	4411	44	46,9		X	
230087	HEVRING Å	VADBRO	3520	35	78,6		X	
	ØKSEN MØLLE							
230108	BÆK	BRO NS GRÅSKEBÆK	3410	34	18,4		X	
240001	RYOM Å	RYOMGÅRD BRO	3420	34	75,6		X	
		SYDLIG BRO VED GAM-						
240002	ØRUM Å	MELMØLLE	3420	34	49,2		X	
240003	SKOD Å	RIDDERLUND	3420	34	28,7		X	
240004	SKÆRVAD Å	KIRIAL-A16	3420	34	33,4		X	
240061	FELDBÆK	SØ FOR FELDBÆKGÅRD	3420	34	0,6			X
250075	HOVER Å	VEJBRO SYD FOR HEE	1321	13	91,8	X	X	X
250078	OMME Å	SØNDERSKOV BRO	1323	13	619,8	X	X	X
250081	SKJERN Å	KODBØL	1323	13	1558,0			
250086	TIM Å	V. SØNDERBY	1321	13	80,6	X	X	X
250091	LYDUM Å	SDR. LYDUM	1323	13	77,7		X	
250097	SKJERN Å	GJALDBÆK BRO	1323	13	1554,3	X	X	X
250147	GANER Å	KLOSTER (SKJERN)	1323	13	126,1		X	
260080	ÅRHUS Å	MUSEUMSBRO	4460	44	323,5	X	X	X
270021	GIBER Å	FULDEN	4450	44	47,0		X	
270035	RÆVS Å	NØLEV ASSEDRUP BRO	4360	43	85,2		X	
270045	HANSTED Å	ST. HANSTED BRO	4334	43	136,3	X	X	X
280001	BYGHOLM Å	KØRUP BRO	4334	43	154,2	X	X	X
		300 m ns Årup Mølle dam-						
290009	ROHDEN Å	brug	5133	51	97,6	X	X	
	LANGSLADE REN-							
300013	DE	V.UDLØB I VESTERHAVET	1410	14	15,7		X	
300016	FIDDE STRØM	FIDDE BRO	1410	14	35,5	X	X	
310016	ALSLEV Å	V. FORUMBRO	1610	161	87,4		X	
310027	VARDE Å	V. VAGTBORG	1610	161	814,6	X	X	X

DMU-NR	VANDLØB	LOKALITET	4. 2/3.		OPL.ARE AL, KM2	Q- Q-2008 brutto	N, P,- 2008	ALT.STAT
			ORD. FARV RV.	ORD.FA RV.				
310032	FRISVAD MØLLE- BÆK	NØ F. ARMVADGÅRD	1610	161	14,4		X	
320001	VEJLE Å	HARALDSKÆR	5135	51	198,9	X	X	
320004	GREJS Å	GREJSDALENS PLANTE- SKOLE	5135	51	63,4	X	X	
320022	HØJEN Å	NEDERBRO	5135	51	29,2	X	X	
330004	SPANG Å (BRED- STRUP Å)	BREDSTRUP	5132	51	64,5	X	X	
340003	KOLDING Å	EJSTRUP	5263	52	89,4	X	X	
340019	KOLDING Å	ALPEDALEN (S.F.ELMEHØJ)	5263	52	268,1			X
340023	SEEST MØLLEÅ	MØGELMOSEHUS - OS KOLDING Å	5263	52	28,2	X	X	
340024	HARTEVÆRKET	INDLØBSKANALEN	5263	52	142,9	X	X	
350006	BRAMMING- HOLSTED Å	V. SDR. VONG	1610	161	212,8	X	X	X
350010	SNEUM Å	V. NØRÅ BRO	1610	161	223,4	X	X	X
350011	SMØRPØT BÆK	V. A11	1610	161	6,6			X
350018	BRAMMING- HOLSTED Å	GOLFBANE BRO	1610	161	212,8			
360009	KONGE Å	V. VILSLEV SPANG	1620	162	427,0	X	X	X
370011	SOLKÆR Å	MØLLEBRO	5350	53	29,5	X	X	X
370034	HADERSLEV MØL- LESTRØM	HADERSLEV	5440	54	104,5	X	X	X
370036	KÆR MØLLE Å	TILL. T. HEJLS NOR	5341	53	4,9	X	X	X
370038	TAPS Å	VED RENSNINGSANLÆG	5341	53	65,1	X	X	X
370039	SILLERUP BÆK	VADBRO	5460	54	30,1	X	X	
380023	HJORTVAD Å	V. BREMKROG	1620	162	118,3	X	X	X
380024	RIBE Å	V. STAVNAGER BRO	1620	162	675,5	X	X	X
390001	BRØNS Å	BRØNS V.FORSØGSDAMBRUG	1630	163	94,1	X	X	X
390002	REJSBY Å	VADEHAVET	1630	163	43,5	X	X	X
400001	BREDE Å	BREDEBRO	1651	165	290,0	X	X	X
410012	ELSTED BÆK	T.T.GENNER BUGT	5841	58	12,4	X	X	X
410014	FISKBÆK	T.T.FLENSBORG FJORD	5722	57	19,8	X	X	X
410016	PULVERBÆK	T.T.MJANG DAM, ALS	5923	59	13,5	X	X	X
410020	BLÅ Å - BOVRUP BÆK	BLANSSKOV	5910	59	30,9	X	X	
410023	NORDBORG BÆK	S FOR VESTERMØLLE - OS STYRT	5810	58	12,4	X	X	
420016	GRØNÅ	RØRKÆR	1651	165	537,4	X	X	X
420021	VIDÅ	EMMERSKE	1651	165	247,9	X	X	X
430001	STORÅ	MØLLEBRO (4.6)	5120	51	136,8	X	X	X
430003	RINGE Å	3.05	4260	42	28,0		X	
430007	VIBY Å	2.90	5241	52	29,1		X	
440021	VINDINGE Å	NS ULLERSLEV RENS. (9.90)	6722	67	127,6	X	X	X
450001	ODENSE Å	EJBY MØLLE, NS RENS (ST 8.45)	4232	42	535,0	X	X	
450002	ODENSE Å	NS EJBY SLUSE (9.45)	4232	42	535,0			X
450005	STAVIS Å	STAVIS BRO (ST 8.25)	4233	42	78,0	X	X	X
450043	LINDVED Å	1.20	4232	42	64,7	X	X	X
450044	LUNDE Å	7.25	4232	42	41,6		X	
450046	RYDS Å	RUGÅRDSVEJ (1.85)	4233	42	41,8		X	

DMU-NR	VANDLØB	LOKALITET	4.OR 2/3		ORD.FA RV.	OPL.ARAL RV.	, KM2	Q- Q-2008 brutto	N, P,- 2008	ALT.STAT
			D.FA RV.	ORD.FA RV.						
450048	VEJRUP Å	2.30	4232	42	41,5		X			
450058	GEELS Å	3.45	4232	42	28,3	X	X	X		
460001	BRENDE Å	ST 5.3	5411	54	102,5	X	X	X		
460017	HÅRBY Å	3.10	5621	56	78,5	X	X	X		
		SANDAGER KIRKEMADE								
460020	PUGE MØLLEÅ	(3.40)	5413	54	61,9		X			
470001	HUNDSTRUP Å	ST 6.86	6512	65	57,8	X	X	X		
470033	LILLEBÆK	FREDSKOVVEJ	6650	66	4,4	X	X	X		
470035	SYLTEMÆ Å	2.40	6510	65	32,7		X			
470036	VEJSTRUP Å	1.80	6650	66	40,0	X	X	X		
470037	STOKKEBÆKKEN	1.80	6650	66	53,3	X	X	X		
470063	KONGSHØJ Å	6.05	6650	66	53,6		X			
480004	ESRUM Å	ØRNEVEJ	7320	73	128,2	X	X	X		
480007	HØJBRO Å	V. HANEBJERG GÅRD	3110	31	36,3	X	X	X		
480010	SØBORG KANAL	PARKVEJ	7330	73	57,7	X	X	X		
480011	ØSTERBÆK	SV FOR STENSTRUP GÅRD	7320	73	8,9	X	X	X		
490054	ARRESØ KANAL	ARRESØDAL SLUSE	3221	32	256,6	X	X	X		
500048	KIGHANERENDEN	CAROLINE MATHILDEVEJ	7220	72	5,1	X	X	X		
500051	MØLLEÅ	STAMPEN MØLLE	7220	72	120,1	X	X	X		
500056	NIVE Å	V. JELLEBRO	7230	72	62,4	X	X	X		
500057	USSERØD Å	NIVE MØLLE	7230	72	74,8	X	X	X		
510002	KALVEMOSE Å	BUTTERUP BRO	3246	32	35,5		X			
510018	BREGNINGE Å	BREGNINGE	4120	41	23,5		X			
	LAMMEFJORD									
510020	SØKANAL	Audebo	3216	32	62,3	X	X	X		
510024	TUSE Å	NYBRO	3246	32	106,9	X	X	X		
510025	EJBY Å	V. ÅHUSE	3240	32	20,2		X			
510026	ELVERDAMSÅEN	V. KRAGEBRO	3244	32	33,9		X			
520025	GRÆSE Å	V. HØRUP, LINDEBJERG	3222	32	25,4	X	X	X		
520029	HAVELSE Å	STRØ BRO	3222	32	102,7	X	X	X		
520033	MADEMOSE Å	S FOR TØRSLEV	3223	32	5,4	X	X	X		
520039	VÆREBRO Å	V. VEKSØ BRO	3223	32	110,5	X	X	X		
520063	HOVE Å	S. F. GUNDSØGÅRD	3224	32	67,8	X	X	X		
520068	LANGVAD Å	STOREMØLLEBRO	3226	32	175,2	X	X	X		
520071	MAGLEMOSE Å	V. F. LANDBOGÅRD	3224	32	26,0					
520199	MAGLEMOSE Å	ST.VALBY V. ÅGERUPVEJ	3224	32	27,1	X	X	X	520071	
530010	LL. VEJLE Å	PILEMØLLEN	7127	71	25,5	X	X	X		
530011	ST. VEJLE Å	VEJLEBROVEJ	7127	71	51,8	X	X	X		
530026	SKENSVED Å	V. NAURBJERG BRO	7126	71	25,0					
530028	DAMHUSÅEN	LANDLYSTVEJ	7128	71	63,8	X	X	X		
530029	LADEGÅRDSÅEN	ØSTRE ANLÆG	7216	72	22,3	X	X	X		
530054	SKENSVED Å	V. ÅVAD	7126	71	24,5		X		530026	
540002	FLADMOSE Å	DYSSEGÅRD	6221	62	14,0	X	X	X		
550015	NDR. HALLEBY Å	AFLØB TISSØ	6120	61	417,7	X	X	X		
560001	BJERGE Å	FÅRDRUP	6130	61	56,3	X	X	X		
560002	SEERDRUP Å	JOHANNESDAL	6130	61	69,2	X	X	X		
560005	TUDEÅ	VALBYGÅRD	6130	61	260,2	X	X	X		
570052	FLADSÅ	JØRGENSEMINDE	6223	62	22,3			X	570053	
570053	FLADSÅ	RETTESTRUP	6223	62	67,9		X			

DMU-NR	VANDLØB	LOKALITET	4.OR 2/3		OPL.ARAL , KM2	Q- Q-2008 brutto	N, P,- 2008	ALT.STAT
			D.FA RV.	ORD.FA RV.				
570055	SALTØ Å	NS. HARRESTED Å	6223	62	146,3	X	X	X
570058	SUSÅ	S.F.HOLLØSE BRO	6223	62	756,1	X	X	X
580047	KØGE Å	V. LELLINGE DAMBRUG	7124	71	134,1	X	X	X
590005	KROGBÆK	V. KROGBÆKSBRO	7122	71	44,0		X	
590006	TRYGGEVÆLDE Å	V. LL. LINDE	7122	71	130,3	X	X	X
590008	VEDSKØLLE Å	EGØJE	7122	71	32,4		X	
		SYD FOR LØGHUS, NS						
590010	STEVNS Å	TILLØB	7122	71	37,0		X	
600024	FAKSE Å	BORRESHOVED	9360	93	19,3		X	
600027	HULEBÆK	N.F. BROSKOV	9350	93	7,8	X	X	X
600029	KØNG Å	PUMPESTATION INDV.	6225	62	48,8		X	
600031	MERN Å	SAGEBY BRO	9330	93	42,9	X	X	X
600032	NÆS Å	PUMPESTATION	6225	62	44,0		X	
600033	RØDLERSBÆK	MARKBRO	9350	93	9,6		X	
		TRANEGÅRD						
600035	LILLE Å	TRANEGÅRD	9360	93	18,5	X	X	X
600036	TUBÆK	TUBÆK MØLLE	9350	93	54,0	X	X	X
600037	VIVEDE MØLLEÅ	RIDEBRO	9360	93	27,3		X	
		PST. BØTØ NOR S-						
610010	SYDKANALEN	INDVENDIG(1F)	6253	62	29,7		X	
610011	SØRUP Å	LUNDBY BRO	6252	62	30,2		X	
610012	TINGSTED Å	TINGSTED	6252	62	36,1		X	
610013	FRIBRØDRE Å	RODEMARK	6330	63	54,8	X	X	X
		PST. BØTØ NOR N-						
610015	NORDKANALEN	INDVENDIG(2F)	6253	62	47,5		X	
620011	HALSTED Å	PUMPESTATION INDV.	6421	64	67,3		X	
620014	HØJVADS RENDE	LILLE ROSNING	6421	64	9,9			X 620011
		MARREBÆKS-						
620015	RENDE	LILLE KØBELEV	6420	64	24,6	X	X	X
620017	RYDE Å	PUMPESTATION INDV.	6421	64	85,2	X	X	X
620022	ÅMOSE RENDEN	N.F. HULEBÆK HUSE	6421	64	14,9			X 620011
630007	SAKSKØBING Å	KRENKERUP	6262	62	41,0		X	
640025	NÆLDEVADS Å	STRÆDESKOV (32L)	6262	62	39,8	X	X	X
		KRAMNITZE PUMPESTATI-						
650001	HOVEDKANAL, 39	ON	8210	82	203,1	X	X	X
660014	BAGGE Å	HASLE KLINKER	9120	91	42,6	X	X	X
670017	ØLE Å	S. F. BOESGÅRD	9150	91	48,7	X	X	
670018	KOBBE Å	KOBBEDAL	9130	91	24,3	X	X	

DMU Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser er en del af Aarhus Universitet.	På DMU's hjemmeside www.dmu.dk finder du beskrivelser af DMU's aktuelle forsknings- og udviklingsprojekter.
DMU's opgaver omfatter forskning, overvågning og faglig rådgivning inden for natur og miljø.	Her kan du også finde en database over alle publikationer som DMU's medarbejdere har publiceret, dvs. videnskabelige artikler, rapporter, conferencebidrag og populærfaglige artikler.

Yderligere information: www.dmu.dk

Danmarks Miljøundersøgelser Frederiksborgvej 399 Postboks 358 4000 Roskilde Tlf.: 4630 1200 Fax: 4630 1114	Administration Afdeling for Arktisk Miljø Afdeling for Atmosfærisk Miljø Afdeling for Marin Økologi (hovedadresse) Afdeling for Miljøkemi og Mikrobiologi Afdeling for Systemanalyse (hovedadresse)
---	--

Danmarks Miljøundersøgelser Vejlsøvej 25 Postboks 314 8600 Silkeborg Tlf.: 8920 1400 Fax: 8920 1414	Afdeling for Ferskvandsøkologi Afdeling for Marin Økologi Afdeling for Terrestrisk Økologi
--	--

Danmarks Miljøundersøgelser Grenåvej 14, Kalø 8410 Rønde Tlf.: 8920 1700 Fax: 8920 1514	Afdeling for Systemanalyse Afdeling for Vildtbiologi og Biodiversitet
---	--

Faglige rapporter fra DMU

På DMU's hjemmeside, www.dmu.dk/Udgivelser/, finder du alle faglige rapporter fra DMU sammen med andre DMU-publikationer. Alle nyere rapporter kan gratis downloades i elektronisk format (pdf).

Nr./No. 2009

- 759 Control of Pesticides 2008. Chemical Substances and Chemical Preparations.
By Krongaard, T. 25 pp.
- 758 Oplandsmodellering af vand og kvælstof i umættet zone for oplandet til Højvads Rende.
Af Grant, R., Mejlhede, P. & Blicher-Mathiesen, G. 74 s.
- 755 Historisk udbredelse af ålegræs i danske kystområder.
Af Krause-Jensen, D. & Rasmussen, M.B. 38 s.
- 754 Indicators for Danish Greenhouse Gas Emissions from 1990 to 2007.
By Lyck, E., Nielsen, M., Nielsen, O.-K., Winther, M., Hoffmann, L. & Thomsen, M. 94 pp.
- 753 Environmental monitoring at the Seqi olivine mine 2008-2009.
By Søndergaard, J., Schiedek, D. & Asmund, G. 48 pp.
- 751 Natur og Miljø 2009 – Del B: Fakta.
Af Normander, B., Henriksen, C.I., Jensen, T.S., Sanderson, H., Henrichs, T., Larsen, L.E. & Pedersen, A.B. (red.) 170 s. (also available in print edition, DKK 200)
- 750 Natur og Miljø 2009 – Del A: Danmarks miljø under globale udfordringer.
Af Normander, B., Jensen, T.S., Henrichs, T., Sanderson, H. & Pedersen, A.B. (red.) 94 s. (also available in print edition, DKK 150)
- 749 Thick-billed Murre studies in Disko Bay (Ritenbenk), West Greenland.
By Mosbech, A., Merkel, F., Boertmann, D., Falk, K., Frederiksen, M., Johansen, K. & Sonne, C. 60 pp.
- 747 Bunddyr som indikatorer ved bedømmelse af økologisk kvalitet i danske søer.
Af Wiberg-Larsen, P., Bjerring, R. & Clausen, J. 46 s.
- 746 NEC-2020 emission reduction scenarios. Assessment of intermediary GAINS emission reduction scenarios for Denmark aiming at the upcoming 2020 National Emission Ceilings EU directive.
By Slentø, E., Nielsen, O.-K., Hoffmann, L., Winther, M., Fauser, P., Mikkelsen, M.H. & Gyldenkerne, S. 216 pp.
- 745 NuukBasic. Conceptual design and sampling procedures of the biological programme of NuukBasic.
By Aastrup, P., Nymand, J., Raundrup, K., Lauridsen, T.L., Krogh, P.H., Schmidt, N.M., Illeris, L. & Ro-Poulsen, H. 70 pp.
- 744 Danish Emission Inventories for Stationary Combustion Plants. Inventories until year 2007.
By Nielsen, M., Nielsen, O.-K., Plejdrup, M. & Hjelgaard, K. 216 pp.
- 743 Dioxin og biologisk effektmonitoring i ålekvabbe i kystnære danske farvande.
Af Strand, J., Bossi, R., Dahllöf, I., Jensen, C.A., Simonsen, V., Tairova, Z. & Tomkiewicz, J. 66 s.
- 742 Vildtbestande og jagttider i Danmark: Det biologiske grundlag for jagttidsrevisionen 2010.
Af Noer, H., Asferg, T., Clausen, P., Olesen, C.R., Bregnballe, T., Laursen, K., Kahlert, J., Teilmann, J., Christensen, T.K. & Haugaard, L. 288 s.
- 741 Biodiversity at the Ecosystem Level – Patterns and Processes.
Proceedings of the 2nd DanBIF conference, 26-27 April 2009.
By Balslev, H. & Skov, F. (eds.). 44 pp.
- 739 Emission Inventory for Fugitive Emissions in Denmark.
By Plejdrup, M.S., Nielsen, O.-K. & Nielsen, M. 47 pp.
- 738 Økologisk risikovurdering af genmodificerede planter i 2008.
Rapport over behandlede forsøgsudsætninger og markedsføringssager.
Af Kjellsson, G., Damgaard, C., Strandberg, M., Simonsen, V. & Krogh, P.H. 48 s.
- 737 Environmental monitoring at the former lead-zinc mine in Maarmorilik, Northwest Greenland, in 2008.
By Schiedek, D., Asmund, G., Johansen, P., Rigét, F., Johansen, K., Strand J., & Mølvig, S. 70. pp.
- 736 Naturtilstand på terrestriske naturarealer – besigtigelser af § 3-arealer.
Af Fredshavn, J.R., Nygaard, B. & Ejrnæs, R. 46 s.
- 735 Naturtilstand i habitatområderne. Habitatdirektivets lysåbne naturtyper.
Af Fredshavn, J.R. & Ejrnæs, R. 76 s.
- 734 Undervandsplanter som indikatorer for vandkvalitet i søer.
Af Søndergaard, M., Johansson, L.S., Jørgensen, T.B. & Lauridsen, T.L. 48 s.

[Tom side]

VANDLØB 2008

NOVANA

Rapporten beskriver nøgleresultater fra NOVANA overvågningen af vandløb i 2008. Data fra dette år sættes således ind i en udviklingsmæssig sammenhæng. Det gælder den biologiske vandløbskvalitet (faunaklasse), som er beskrevet for et lille udsnit af danske vandløb; der er for disse en positiv udvikling i faunaklassen siden 1994. Desuden præsenteres niveauer af kvælstof og fosfor i en række vandløb, ligesom transporten af de to plantenæringsstoffer til havmiljøet er beskrevet. Såvel indholdet af kvælstof som fosfor er reduceret betydeligt inden for de seneste ca. 20 år. I et særligt temakapitel omtales tilførslen af kvælstof til kystvandene nærmere med særligt fokus på den anvendte model til beregning af tilførslen fra de dele af Danmarks areal, som ikke er dækket af målestationer i vandløbene (det såkaldt umålte opland). Modellens evne til at beregne transporten af kvælstof er vurderet og diskuteret.