



## Baggrundsnotat til Vandmiljøplan II – slutevaluering

# Udvikling i landbrugets næringsstofftab og effekt på vandmiljøet

Gitte Blicher-Mathiesen  
Kurt Nielsen  
*Danmarks Miljøundersøgelser*

### Indhold

Indledning .....	2
Kvælstof og fosfor i vandmiljøet .....	2
Det hydrologiske kredsløb .....	3
Tidsforsinkelse i grundvandets tilstrømning til vandløb.....	4
Udvikling i kvælstofkoncentration og -transport .....	4
Fjorde og kystnære områder .....	6
Åbne marine områder.....	8
Konklusion.....	9
Referencer .....	10

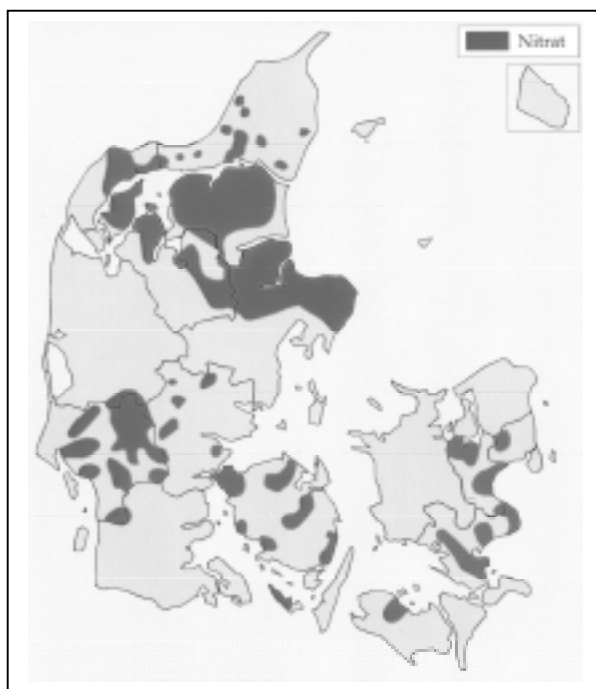
## Indledning

Baggrunden for vedtagelsen af Vandmiljøplan I i 1987 var, at vandmiljøet blev tilført for mange næringsalte. Dette medførte uacceptabel høj tilførsel af nitrat til grundvandet med risiko for drikkevandet samt for mange næringsalte i søer og havet, hvilket skabte algevækst, iltsvind og fiske-død. Vandmiljøplanens målsætning var 50 og 80 % reduktion i udledningen af henholdsvis kvælstof og fosfor. For at nå vandmiljøplanens kvælstofmålsætning blev landbrugets arealanvendelse og gødningsforbrug yderlig reguleret med vedtagelsen af Handlingsplan for et Bæredygtigt Landbrug i 1991 og Vandmiljøplan II (VMP II) i 1998.

Dette notat er en del af slutevalueringen af VMP II (Grant og Waagepetersen, 2003) og beskriver, hvordan stor udledning af næringsalte påvirker grundvand og det øvrige vandmiljø. Desuden beskrives i hvilken grad, der er registreret ændringer i miljøtilstand som følge af, at udledninger fra landbrug, rensningsanlæg m.v. er reduceret.

## Kvælstof og fosfor i vandmiljøet

Nitrat fra marker siver fra planternes rodzone videre enten til grundvandet eller via dræn til vandløb. Høje koncentrationer af nitrat gør grundvandet uegnet som drikkevand. Den vejledende koncentration er 25 mg nitrat per liter, og den højst tilladte koncentration er 50 mg nitrat per liter. Høje nitratkoncentrationer i grundvand er især et problem i områder med stor nitratudvaskning, og hvor reduktionsforhold i undergrunden samtidig er begrænset (Figur 1).



Figur 1 Områder hvor belastningen af nitrat potentielt kan være begrænsende for drikkevandsforsyningen (GEUS, 1991).

Kvælstof, som bl.a. via dræn afstrømmer til vandløb, har ikke den store indflydelse på vandløbenes økologiske tilstand, men vandløbene transporterer kvælstof videre til søer, fjorde og kystområder. Under vandets transport og ophold i vandløbssystemet sker der en vis kvælstoffjernelse og omsæt-

ning, ikke mindst i vådområder, og i de vandløbsnære arealer kan der ved oversvømmelse fjernes kvælstof.

I de fleste søer er det fosfor, som regulerer planteproduktionen, selv om kvælstof kan have betydning i nogle søtyper. Når vandet løber igennem søer, mindskes vandets indhold af kvælstof, da søerne kan omdanne nitrat til frit kvælstof, som frigives til atmosfæren. Søernes evne til at fjerne kvælstof afhænger primært af vandets opholdstid i søerne, og af om søernes har undervandsvegetation.

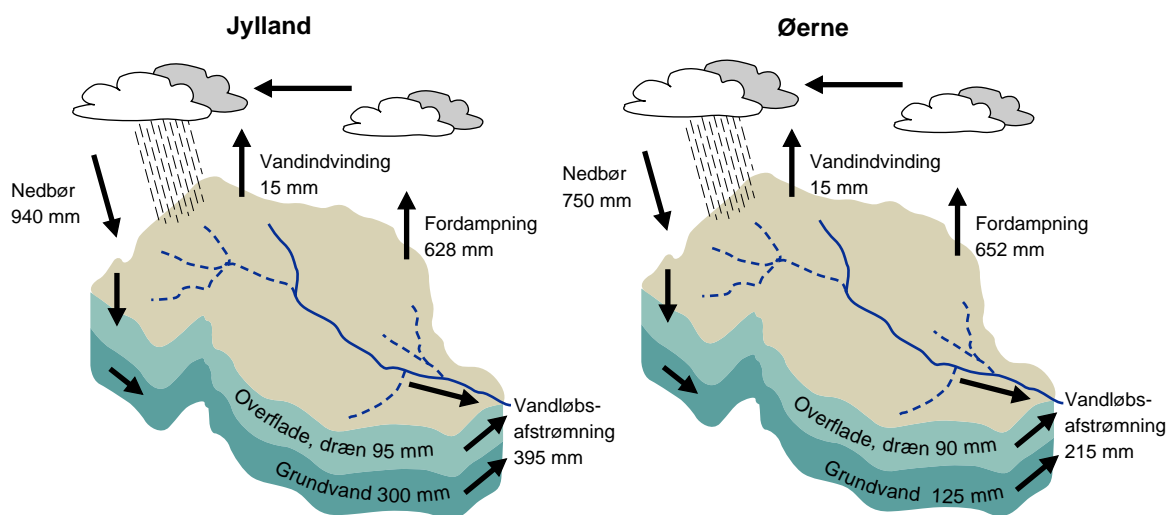
I fjorde og i havet er kvælstof vigtig, idet planteproduktionen reguleres af tilførslen af både kvælstof og fosfor. I de åbne marine områder er det kvælstof, der har størst betydning for regulering af planteproduktionen. Store tilførsler af kvælstof giver anledning til høj produktion af planteplankton og en-årige alger på havbunden. Når algerne synker ned på havbunden og rådner, øges iltforbruget, og lave iltkoncentrationer i vandet påvirker plante og dyrelivet. Herved ændres biodiversiteten markant i de marine områder. Hyppige og udbredte iltsvind er tegn på, at udledningen af næringsstoffer er for stor.

## **Det hydrologiske kredsløb**

Nedbør, fordampning og vandløbsafstrømning udgør de vigtigste dele af det hydrologiske kredsløb. Hertil kommer de vandmængder, der indvindes til vandforsyning og markvanding, som dermed fjernes fra det naturlige kredsløb.

I Danmark er der forholdsvis stor forskel på nedbøren i Jylland og på Øerne (Figur 2). Dette betyder, at vandløbsafstrømningen er ca. 180 mm større i Jylland end på Øerne. Afstrømningsmønsteret til vandløb og dermed nitratbelastningen er væsentlig forskelligt i lerede og sandede områder. I Jylland med meget sandede jorde er 24 % af vandløbsafstrømningen overfladenært, mens den tilsvarende andel udgør 42 % på Øerne, hvor der hovedsagelig findes lerjord. Opgørelsen er baseret på gennemsnitlig baseflow-indeks (Ovesen et al., 2000). I sandede områder er der på grund af dybere og længere transportvej bedre betingelser for, at der sker en reduktion i grundvandets nitratindhold, inden vandet strømmer til vandløbet.

Når det nedsivende vand med dets indhold af nitrat forlader rodzonen vil der under den videre transport i jorden og i grundvandsmagasinerne ske en vis reduktion af nitrat til frit kvælstof. Nitratreduktionens omfang er bestemt af grundvandets strømningsmønster samt de hydrogeokemiske forhold. Generelt er der nitratholdigt vand til en dybde på ca. 30-40 meter under terræn i lerjordsområder, mens det i sandede områder ofte er dybere ca. 40-50 m under terræn (Henriksen og Sonnenborg, 2003).



Figur 2 Det hydrologiske kredsløb med værdier for vandbalancen for Jylland og Øerne, 1971-2000. Modificeret efter Ovesen et al., 2000. Fordampningen er angivet som referencefordampning (Makkink med afgrødekoefficienter), derfor skal vandbalancen ikke gå op .

## Tidsforsinkelse i grundvandets tilstrømning til vandløb

Under antagelse af at et konservativt stof transporteres med det nedsivende regnvand, vurderer GEUS, at for landet som helhed vil  $\frac{1}{3}$  af en ændret belastning slå igennem til vandløbet efter ca. 5 år, og  $\frac{2}{3}$  af en ændret belastning vil slå igennem efter ca. 50 år (Henriksen, 2003; Henriksen og Sonnenborg, 2003). Tidsforsinkelserne varierer betydeligt imellem landets regioner. F.eks. vil  $\frac{1}{3}$  af en ændret belastning slå igennem til vandløbet efter ca. 10 og 3 år for henholdsvis typiske sandjords- og lerjordsoplande, og  $\frac{2}{3}$  af en ændret belastning vil for de tilsvarende oplande slå igennem efter henholdsvis ca. 60 og ca. 6 år. Beregningerne er baseret på viden om vandkredsløbet, drænvandsafstrømning og grundvandsdannelse til øvre og dybere magasiner fra DK-modellen samt overordnede vurderinger af grundvandets transporttider. Vurderingerne er alene foretaget på vandets transportveje og ikke på kvælstof, som under en del af transportvejene reduceres. Lidt forenklet er der dog en sammenhæng mellem transporttiden i grundvandet og sandsynligheden for kvælstoffjernelse, da grundvandet i dybde magasiner som regel ikke indeholder nitrat, da det er reduceret undervejs.

## Udvikling i kvælstofkoncentration og -transport

I perioden 1989-2002, hvor VMP I og II er implementeret, er forbruget af handelsgødning og kvælstofoverskuddet for markerne reduceret med henholdsvis 165.000 og 142.000 tons N (tabel 1). Landbrugets kvælstofudvaskning fra rodzonen er for samme periode beregnet til at være reduceret med 106.000 tons N (Grant og Waagepetersen, 2003). I samme periode kan den trendestimerede reduktion i den samlede kvælstofafstrømning til havet beregnes til 45.000 tons N på baggrund af den statistiske analyse i Bøgestrand (2003). Af reduktionen på 45.000 tons kan de 18.000 tons N henføres til reduktionen i udledninger med spildevand. Kvælstofafstrømningen til havet fra landbrug, natur og øvrige arealer kan dermed estimeres til at være reduceret med 27.000 tons N (45.000-18.000 tons N), hvilket svarer til en reduktion på godt 30 %. Dette svarer nogenlunde til den udvikling, der kan påvises i kvælstoftransporten i vandløb, der afvander dyrkede oplande, hvor der for samme periode findes en reduktion i kvælstoftransporten på 27 % (Bøgestrand, 2003). For tilsva-

rende periode er de målte kvælstofkoncentrationer i rodzonen (Grant et al., 2003) og i vandløb i dyrkede oplande også reduceret (Bøgestrand, 2003).

Table 1 Reduktion i landbrugets kvælstofforbrug, kvælstofudvaskning og –transport til havet samt koncentrationer i rodzone og vandløb, 1989-2002 (tal i parentes er 95% konfidensinterval).

	1989	2002	Reduktion	
	(1000 tons N)	(1000 tons N)	(tons N)	(%)
Handelsgødning <sup>2</sup>	371	206	165	44
Markoverskud af kvælstof <sup>2</sup>	376	234	142	38
Modelberegnet udvaskning <sup>3</sup>	274	168	106	39
Trendestimeret transport til havet <sup>1</sup>				
Total kvælstoftransport	112	67	45	40 (10-57)
Spildevand inkl. spredt bebyggelse	26	8	18	69
Landbrug og øvrige arealer	86	59	27	31
Kvælstofkoncentrationer (mg N l <sup>-1</sup> )	1990	2002		
Rodzonevand (udjævnet) <sup>2</sup>				
Lerjorde	22	14		32 (11-50)
Sandjorde	34	18		47 (34-61)
Vandløb, dyrkede oplande <sup>1</sup>				31 (27-35)

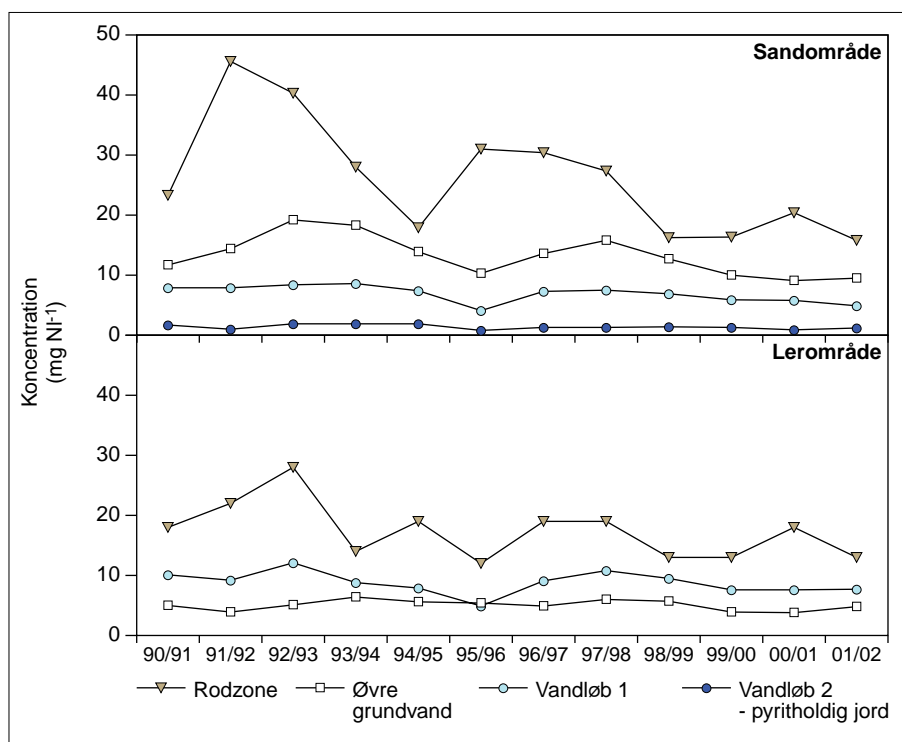
1) Bøgestrand (2003) 2) Grant et al. (2003) 3) Børgesen og Grant (2003)

Hvis det antages, at der ikke er nogen reduktion i kvælstoftransporten fra natur og øvrige arealer, viser tallene, at indenfor en nogenlunde kort årrække på 5-10 år er det muligt at genfinde ca. 25% ( $27/106 \cdot 100$ ) af reduktionen i landbrugets rodzoneudvaskningen som reduktion i landbrugets bidrag til kvælstofafstrømning til havet.

Af tallene fremgår at 95 % konfidensintervallet for den trendestimerede kvælstofreduktion til havet ligger mellem 10 og 67 tons N. Det store interval skyldes, at kvælstofafstrømningen til havet varierer betydeligt i forhold til nedbør og afstrømning. Ekstreme nedbør og afstrømningsforhold i de kommende år vil derfor kunne påvirke estimatet, selvom der i den statistiske analyse i nogen grad er forsøgt at korrigerer for forskelle i afstrømningsmængden.

## Det øvre grundvand

I Det Nationale Overvågningsprogram måles indholdet af nitrat i det allerøverste grundvand (1,5-5 m dybde) i landovervågningsoplandene. I de sidste 4 til 5 år ses en tendens til lavere nitratindhold for sandjordsoplandene, og forløbet i perioden 1990-2002 svarer med ca. ½-1 års forsinkelse til forløbet i jordvandskoncentrationerne (Figur 3). For lerjord kan der ikke konstateres nogen entydig ændring i det øvre grundvand, men da der forekommer en betydelig nitratreduktion af grundvandet i 1,5-5 m under terræn, skal der ske relative store reduktioner i rodzoneudvaskningen, for at disse vil kunne registreres som signifikante reduktioner i grundvandet.



LA03 – Fig. 9.1

Figur 3 Udvikling i vandføringsvægtede kvælstofkoncentrationer i rodzonevandet (ca. 1 m under terræn), i det øvre grundvand udtaget mellem 1,5 og 5 m under terræn og i vandløb for henholdsvis 3 lerjordsoplande og 2 sandjordsoplande i det National Overvågningsprogram- Landovervågningen.

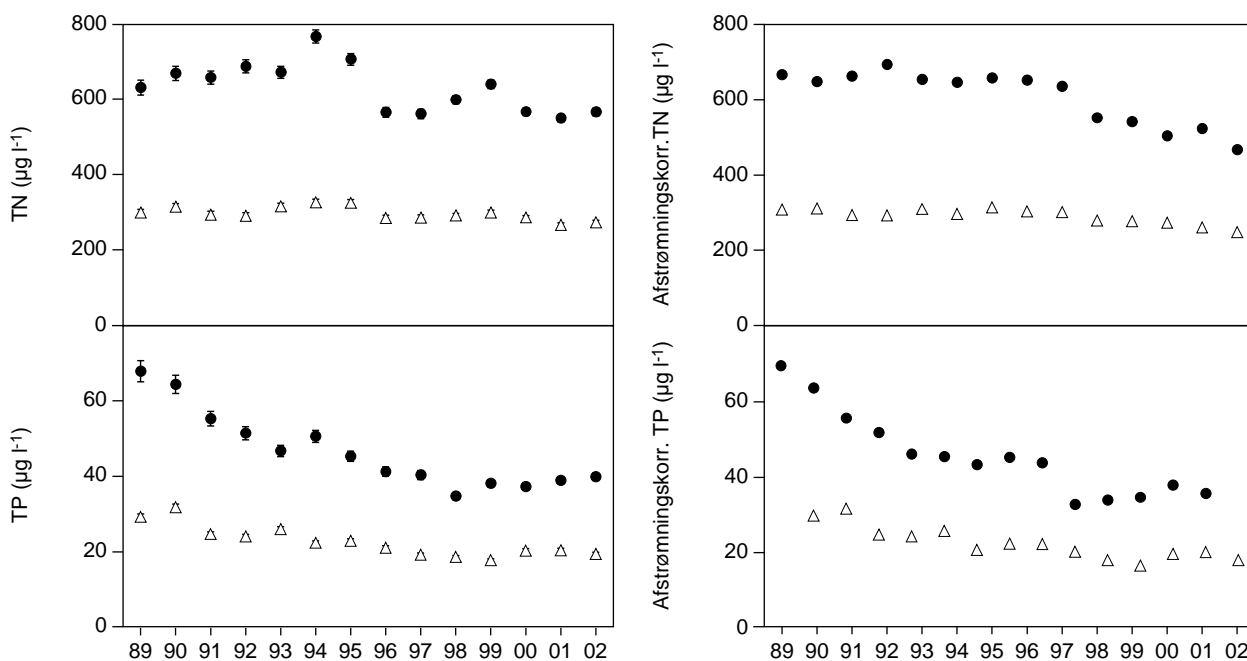
I Grundvandsovervågningen findes, at for det iltholdige grundvand, hvor nitrat endnu ikke er fjernet ved denitrifikation, ses en svag stigning i medianværdierne for nitratkoncentrationer fra ca. 34 og op til 50 mg nitrat/l for perioden 1990-1998, herefter ses en faldende tendens til ca. 35 mg nitrat/l i 2002 (Jørgensen, 2003). I beregningerne varierer antallet af indtag fra 213 stk. i 1998 til 358 stk. i 2002. I grundvand dannet omkring eller tidligere end 1988/89 (CFC-aldersdatering) ses ligeledes en faldende tendens i nitratindholdet i 1/3 af knap 40 indtag.

Konklusionen er, at i det øvre og iltholdige grundvand ses en begyndende reduktion i kvælstofkoncentrationerne fra ca. 1998; reduktionen er størst i sandjordsoplande.

### Fjorde og kystnære områder

Miljøtilstanden i fjorde og kystnære områder påvirkes i væsentlig grad af tilførslen af næringsstoffer fra land. Graden af påvirkning er forskellig for de enkelte fjorde afhængig af især oplandets størrelse, omfang af landbrugsdrift og spildevandstilledning samt fjordens fysiske og biologiske forhold. Fjordenes udskiftning af vand med de åbne marine områder har eksempelvis central betydning for den enkelte fjords sårbarhed over for tilførsel af næringsstoffer fra land (Rasmussen et al. 2003).

For fjorde og kystnære områder er der et signifikant fald i vandets gennemsnitlige indhold af kvælstof i perioden 1989-2002, når der korrigeres for variationer i ferskvandsafstrømningen mellem årene (figur 4). Der er imidlertid betydelige forskelle mellem de enkelte fjorde.



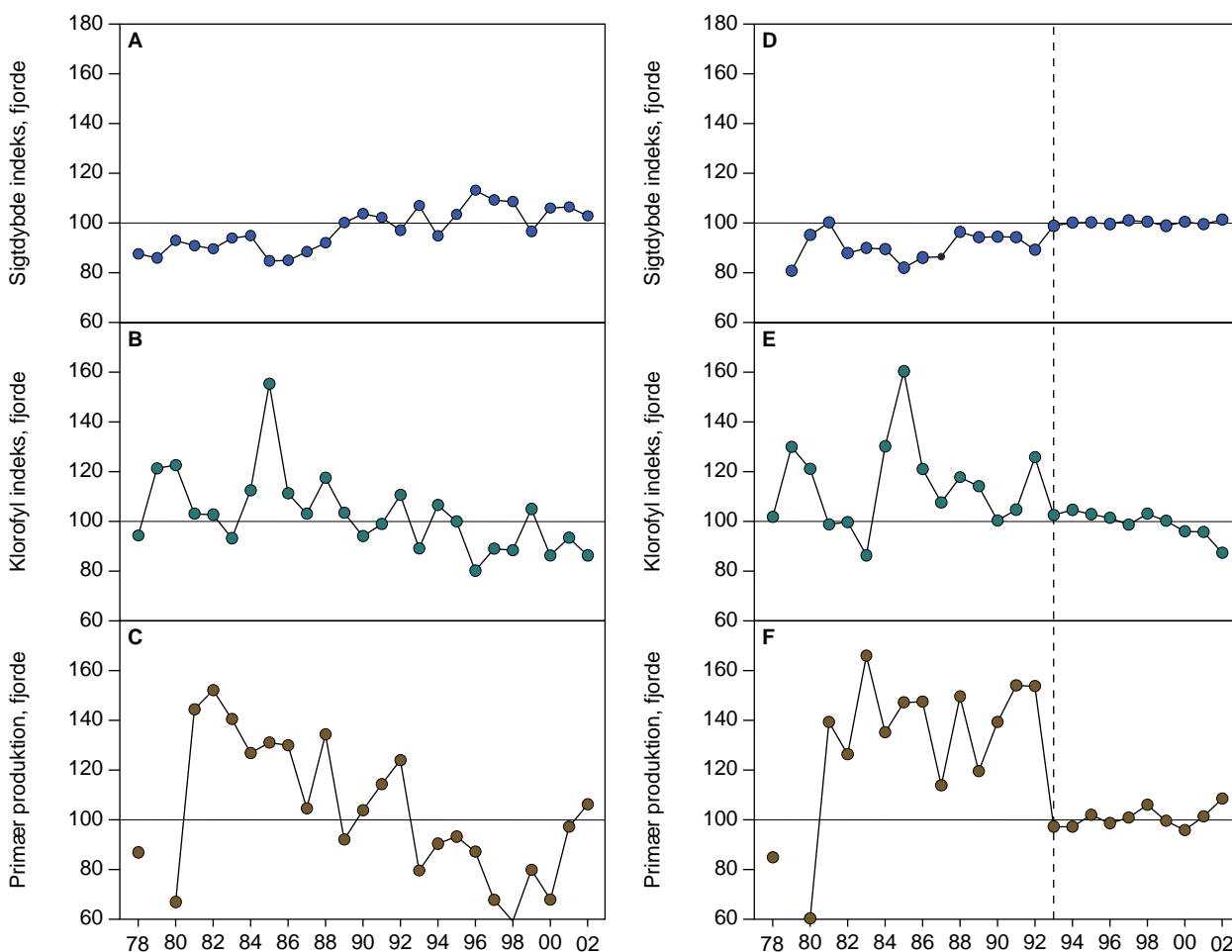
Figur 4 Årsmiddelkoncentrationer af total kvælstof (TN) og total fosfor (TP) i overfladevandet (0-10 m) for danske fjorde 1989-2002 (venstre kolonne). Tilsvarende koncentrationer korrigerede for variationer i afstrømningen (højre kolonne). Fjorde og kystnære områder er åbne cirkler, mens åbne havområder er trekanter. Middelkoncentrationer er afbildet med angivelse af 95 % konfidensgrænser (Rasmussen et al. 2003).

Der er et signifikant fald i koncentrationen af fosfor i fjorde og kystnære områder gennem perioden 1989-2002, både når de målte koncentrationer sammenlignes direkte, og også når man tager hensyn til variationer i afstrømningen (figur 4). Selv om der er et generelt fald i fosforkoncentrationen som følge af forbedret spildevandsrensning, er der væsentlige forskelle i størrelsen af faldet for de enkelte fjorde.

Som følge af de lavere tilførsler af næringsstoffer er der en tendens til, at mængden af planteplankton målt som klorofyl er reduceret i fjordene siden 1980'erne (figur 5). Produktionen af planteplankton varierer betydeligt mellem årene, men produktionen er nu markant lavere end i 1993. Årsagen hertil er, at perioder med potentiel næringsstofbegrænsning af planteplankton er øget i fjordene. Som følge af de markante reduktioner i tilførslen af fosfor på grund af forbedret spildevandsrensning er fosfor blevet begrænsende i langt større omfang end tidligere. Siden 1998 er perioder med kvælstofbegrænsning også øget (Rasmussen et al. 2003).

Udbredelsen af ålegræs er faldet i flere fjorde, mens der generelt ikke er ændringer i de kystnære områder. Tilbagegangen af ålegræs i fjordene kan ikke umiddelbart forklares, da der ikke er ændringer i sigtdybden og dermed lysforholdene siden 1993.

På grund af for høje tilførsler af næringsstoffer er amternes målsætninger for fjorde og kystnære områder generelt ikke opfyldt, med undtagelse af Dybsø Fjord og Karrebæksminde Bugt.



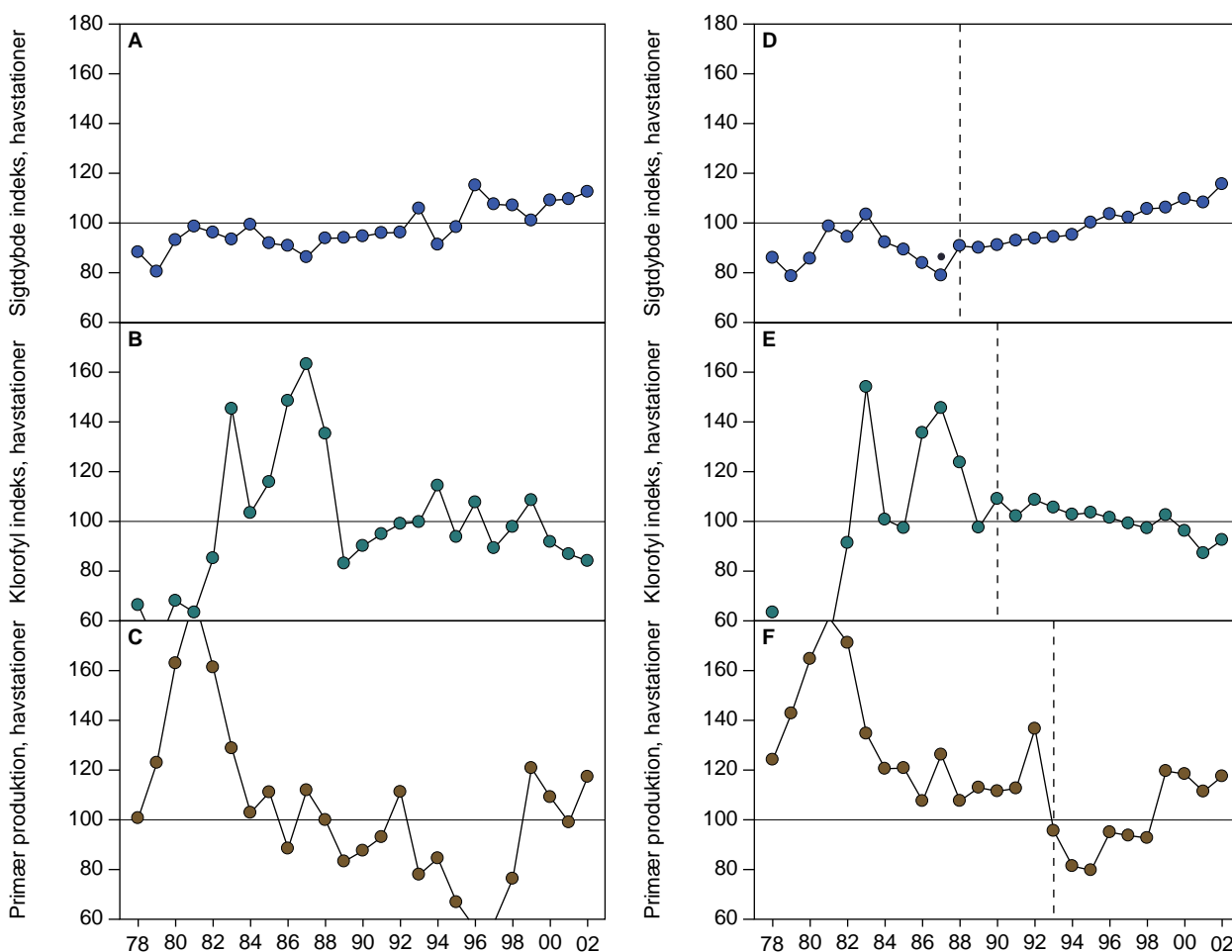
Figur 5 Udvikling i sigtddybe, klorofylkoncentration og planteplankton produktion i fjorde. Værdier er indeks for marts til oktober (sigtddybe, klorofyl) og hele året (primærproduktion). A, B og C viser observerede indeks. D, E og F viser de klimakorrigerede indeks og er beregnet fra 1993 og frem og derefter anvendt på hele perioden (Rasmussen et al.2003).

## Åbne marine områder

Påvirkningen med næringsstoffer fra Danmark har langt mindre betydning i de åbne marine områder end i fjorde og kystnære områder, da Danmark kun bidrager med 1/3 af det biologisk aktive kvælstof, som tilføres de åbne indre danske farvande (Ærtebjerg et al. 2002). Alligevel har lokale tilførsler af næringsstoffer en tydelig effekt på miljøforholdene i disse områder (Hansen og Markager, 2003). Beregninger i Hansen og Markager (2003) viser, at gennemførelsen af Vandmiljøplan I og II i år 2000 har medført en ca. 10 % forbedring af miljøtilstanden i de åbne farvande. Beregningen er udført med to forskellige metoder: en empirisk (DMU) og en procesbaseret (DHI).

Ifølge det Nationale Overvågningsprogram er der for de åbne marine områder en tendens til et fald i vandets kvælstofkoncentration, og der er et signifikant fald i fosforkoncentrationen i overfladevandet i perioden 1989-2002 (Rasmussen et al., 2003). Hvis der korrigeres for variationer i ferskvandsafstrømningen, er der et signifikant fald for både fosfor og kvælstof (figur 4).





Figur 6 Udvikling i sigtdybde, klorofylkonc. og planteplankton produktion i åbne indre farvande. Værdier er indeks for marts til oktober (sigtdybde, klorofyl) og hele året (primærproduktion). A, B og C viser observerede indeks. D, E og F viser de klimakorrigerede indeks og er beregnet fra 1988 (sigtdybde), 1990 (klorofyl) og 1993 (primærproduktion) og derefter anvendt på hele perioden (Rasmussen et al.2003).

Status for perioden er, at sigtdybden er øget markant og perioder med potentiel begrænsning af planteplankton produktionen er øget i samme periode. Desuden er mængden af planteplankton målt som klorofyl faldet (figur 6).

På grund af for høje tilførsler af næringsstoffer er amternes målsætninger ikke opfyldt for de åbne marine områder, med undtagelse af de åbne dele af Nordsøen og Skagerrak.

## Konklusion

Landbrugets kvælstofoverskud for markerne er faldet med godt 140.000 tons pr år, og den årlige udvaskning er ifølge modelberegninger faldet med godt 100.000 tons N siden 1990. Samtidig er tilførslen af fosfor til vandløb, søer og marine områder faldet meget markant på grund af den stærkt forbedrede spildevandsrensning.

Ændringer i grundvandets nitratindhold kan spores i de øvre grundvand, mens det dybere grundvand dels er dannet før Vandmiljøplanernes vedtagelse, og i øvrigt ofte er uden nitrat, fordi det er reduceret under vandets transportvej.

På trods af reduktionen i tilførslen af næringsstoffer er både de fleste søer og marine områder eutrofierede. Forbedringerne kan spores i nogle søer på grund af mindre fosfortilledning fra især rens-

ningsanlæg, men kun omkring 1/3 af søerne opfylder de målsætninger, som amterne har angivet for søernes tilstand. Opfyldelse af målsætningerne for søer kræver, at tilførslen af fosfor fra marker reduceres.

Tilførslen af kvælstof og især fosfor er reduceret markant til mange fjorde, men tilførslen af næringsstoffer er fortsat så høj, at langt de fleste fjorde er eutrofierede. Dette ses blandt andet af algeopblomstringer samt hyppige og udbredte iltsvind. Endvidere er målsætningerne generelt ikke opfyldt i fjorde og kystnære områder. Også de åbne marine områder er fortsat eutrofierede.

Ifølge prognosen for kvælstofudvaskningen fra marker i 2003 forventes det, at VMP I og II's målsætning til reduktionen er meget tæt på at blive opfyldt, men de fleste vandområder er fortsat eutrofierede.

## Referencer

Blicher-Mathiesen, G., Grant, R., Jørgensen, U. og Poulsen, H. D. (2003) Vandmiljøplan II – slutevaluering af de enkelte virkemidler. Status 2002 og prognose for 2003. Notat fra DMU og DJF.

Bøgestrand, J.(red.) (2003) Vandløb 2002. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. faglig rapport nr. X <http://faglige-rapporter.dmu.dk> (frigives 1. december 2003).

Børgesen, C. og Grant, R. (2003) Vandmiljøplan II – Modelberegning af kvælstofudvaskningen på landsplan, 1984-2002. Notat fra DMU og DJF.

GEUS (1991)

Grant, R. og Waagepetersen, J. (2003) Vandmiljøplan II – slutevalueringen. Rapport fra DMU og DJF.

Grant, R., Blicher-Mathiesen, G., Petersen, M.L., Rasmussen, P. og Petersen, M (2003) Landovervågningsopland 2002. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig rapport fra DMU nr. <http://faglige-rapporter.dmu.dk> (frigives 1. december, 2003).

Grant, R. (2002) Genberegning af effekterne af Vandmiljøplan I og II. Danmarks Miljøundersøgelser, November 2002, Notat 15 pp.

Henriksen, H.J. (2003) Hvornår slår effekten af forskellige foranstaltninger igennem i vandmiljøet. Notat fra GEUS. 7 sider.

Henriksen, H.J. og Sonnenborg, A. (red.) (2003) Ferskvandets kredsløb. NOVA 2003 Temarapport. GEUS, DMU, DJF og DMI. <http://www.geus.dk>

Jørgensen, L.F. (2003) Grundvandsovervågningen 2002. NOVA 2003. Faglig rapport fra GEUS. <http://www.geus.dk> (frigives 1. december, 2003)

Ovesen, N., Iversen, H.L., Larsen, S.E., Müller-Wohlfeil, D-I., Svendsen, L.M., Blicher, A.M. og Jensen, P.M. (2000) Afstrømningsforhold i danske vandløb. Danmarks Miljøundersøgelser – faglig rapport fra DMU nr. 340.

Rasmussen, M. (red.) (2003) Marine områder 2002- Miljøtilstand og udvikling. NOVA 2003. Faglig rapport fra DMU . <http://faglige-rapporter.dmu.dk> (frigives 1. december 2003)

Ærtebjerg, G. (red.) (2002) Marine områder 2001 – miljøtilstand og udvikling. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig rapport fra DMU nr. 419. <http://faglige-rapporter.dmu.dk>

Grant, R., Blicher-Mathiesen, G., Jørgensen, V., Kyllingsbæk, A., Poulsen, H.D., Børstning, C., Jørgensen, J.O., Schou, J.S., Kristensen, E.S., Waagepetersen, J. & Mikkelsen, H. (2000) Vandmiljøplan II – midtvejsevaluering. Rapport fra DMU og DJF.