

Næringsstoffer – arealanvendelse og naturgenopretning

Brian Kronvang
Lars M. Svendsen
Jens Peder Jensen
Jesper Dørge

Danmarks Miljøundersøgelser 1997

TEMA-rapport fra DMU, 13/1997,
Næringsstoffer – arealanvendelse og naturgenopretning

Forfattere: Brian Kronvang¹, Lars M. Svendsen¹, Jens Peder Jensen² og Jesper Dørge³

¹ Danmarks Miljøundersøgelser, Afdeling for Vandløbsøkologi

² Danmarks Miljøundersøgelser, Afdeling for Sø- og Fjordøkologi

³ VKI Institut for Vandmiljø

Udgiver: Miljø- og Energiministeriet, Danmarks Miljøundersøgelser©

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

Layout: Kathe Møgelvang og Juana Jacobsen

Forsidefoto: Lavmose ved Voldby Bæk, Mette Dahl

Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse

Tryk: Silkeborg Bogtryk

Papir: Cyclus Print

Sideantal: 40

Oplag: 2000

ISSN: 0909-8704

ISBN: 87-7772-341-4

Pris: 60,- kr.

Klassesæt á 10 stk: 300,- kr.

Abonnement (5 numre): 225,- kr.

(Alle priser er incl. moms, excl. forsendelse)

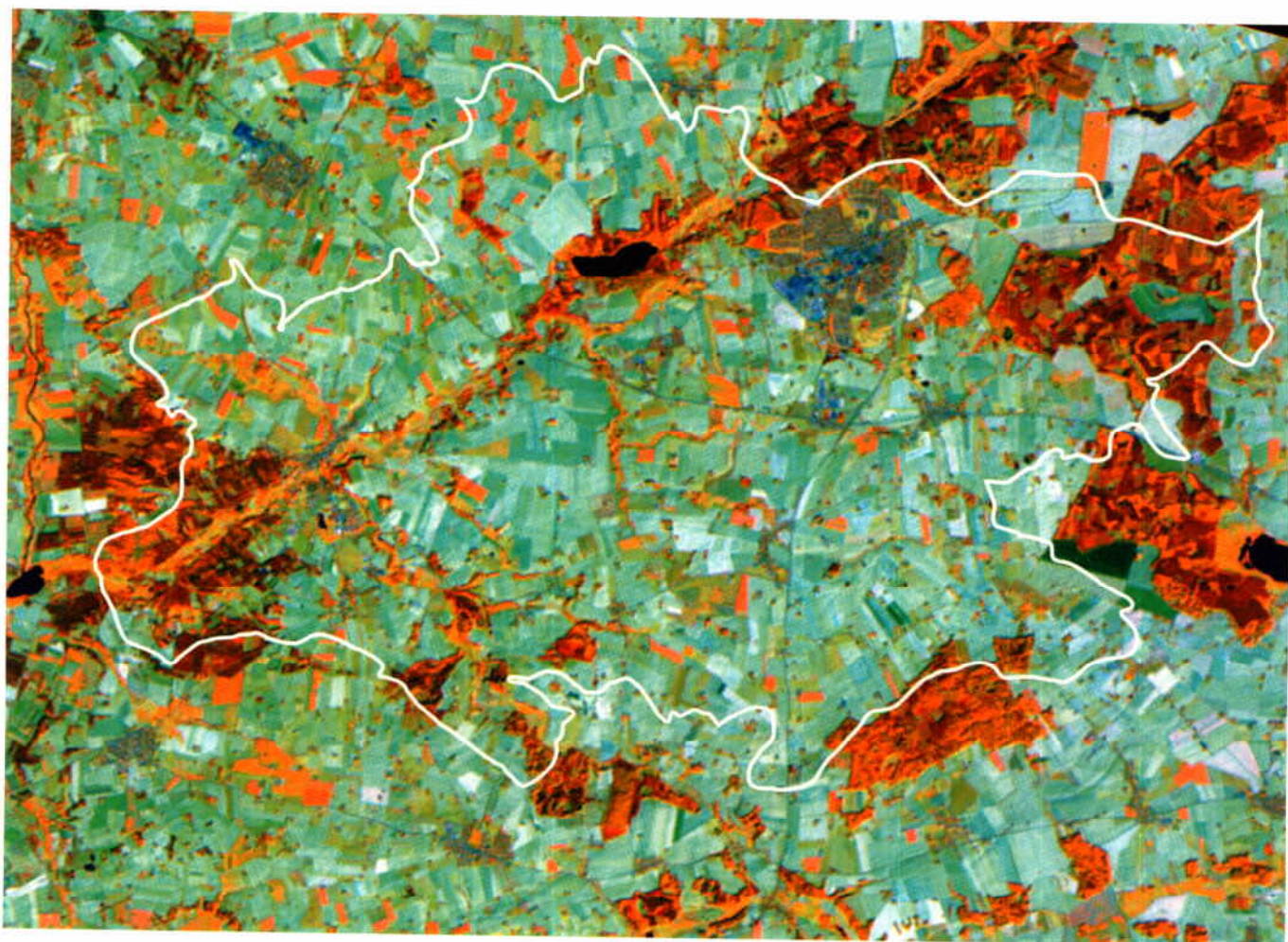
Købes i boghandelen eller hos:

Danmarks Miljøundersøgelser
Vejløvej 25
Postboks 314
DK-8600 Silkeborg
Tlf. 89 20 14 00
Fax 89 20 14 14

Miljøbutikken
Information og bøger
Læderstræde 1
DK-1201 København K
Tlf. 33 92 76 92 (Information)
Tlf. 33 37 92 92 (Bøger)

Forord	5
Kvælstof og fosfor i vandmiljøet	7
Landbrugets betydning for næringsstofstrømme	10
Arealanvendelse og naturgenopretning	15
Naturens selvrensning	19
Værkstedetsområdet omkring Gjern Å	23
TRANS – et analyseredskab	27
Miljøscenarier	29
Sammenfatning	35
Litteratur	37

Danmarks Miljøundersøgelser
Tidligere TEMA-rapporter fra DMU



AIS SATELLITBILLEDBARKIV, DIMUGIS TELEMÅLING

Landsat TM satellitbillede fra 30. august 1995 af landskaberne omkring Gjern Å. Det hvide omrids viser oplandsgrænsen. De sorte områder er åbent vand (vandløb og søer), de orange nuancer er arealer med levende vegetation, de grønne nuancer er høstede landbrugsarealer og de grå nuancer er byer. En nærmere tolkning af f.eks. de orange nuancer kan opdele dem i arealer med skove, enge m.v.

Forord

Forureningen af vandmiljøet med kvælstof og fosfor er stadigvæk et af de største miljøproblemer i vore søer, fjorde og åbne havområder. Sådan er det ikke kun i Danmark, men i de fleste europæiske lande.

De store udledninger af kvælstof og fosfor bevirker en unaturlig stor vækst af planktonalger – vandområderne eutrofieres. Da vore søer, fjorde og åbne havområder er vigtige levesteder for mange planter og dyr, sætter næringsstofforureningen grænser for biodiversiteten – det vil sige den biologiske mangfoldighed.

I Danmark er der hidtil gennemført mange foranstaltninger til nedbringelse af næringsstoffudledningen – både fra byer og det åbne land. Amternes Recipientkvalitetsplaner og Vandmiljøplanen fra 1987 er således gode eksempler på, at det nytter at stille krav om bedre rensning af spildevandet fra byer og industri.

De tilsvarende foranstaltninger i Vandmiljøplanen og Planen for Bæredygtigt Landbrug mod næringsstofforureningen fra landbruget har forbedret bl.a. opbevaringen og anvendelsen af husdyrgødningen.

Foranstaltningerne har indtil nu dog ikke givet den forventede 50% reduktion i kvælstofudledningen til vandmiljøet. Alternative foranstaltninger mod udledningen af næringsstoffer fra især landbrugsarealer til vandmiljøet ser derfor ud til at være nødvendige.

I temarapporten gennemgås vores nuværende viden omkring kvælstofs og fosfors forekomst, virkning og fjernelse i vandløb, søer og ånære arealer. Rapporten sætter særlig fokus på hvor langt vi kan komme i reduktionen af næringsstofforureningen på regionalt og lokalt niveau ved at gennemføre en række alternative foranstaltninger. Det drejer sig om øget renskrav overfor udledninger af spildevand, ekstensivering af landbrugsproduktionen og naturgenopretning af vandløb, søer og ådale.

I forbindelse med Det Strategiske Miljøforskningsprogram har Danmarks Miljøundersøgelser sammen med Vandkvalitetsinstituttet (VKI) udviklet et nyt analyseredskab kaldet TRANS. Analyseredskabet består af en lang række modeller, der i sammenhæng kan benyttes til at forudsige de økologiske effekter af nye tiltag overfor næringsstofforureningen af vandmiljøet, herunder effekterne af ændret bæredygtig arealanvendelse og naturgenopretning. De gennemførte scenarier med analyseredskabet er demonstreret på et mellemstort afstrømningsområde – Gjern Å-oplandet i Gudenå systemet. Dette opland er typisk for de naturgivne og kulturskabte forhold i mange egne af landet.

Det er vores håb, at analyseredskabet og de præsenterede resultater vil blive anvendt i debatten og i planlægningen af de kommende års indsats mod næringsstofforureningen af vandmiljøet.

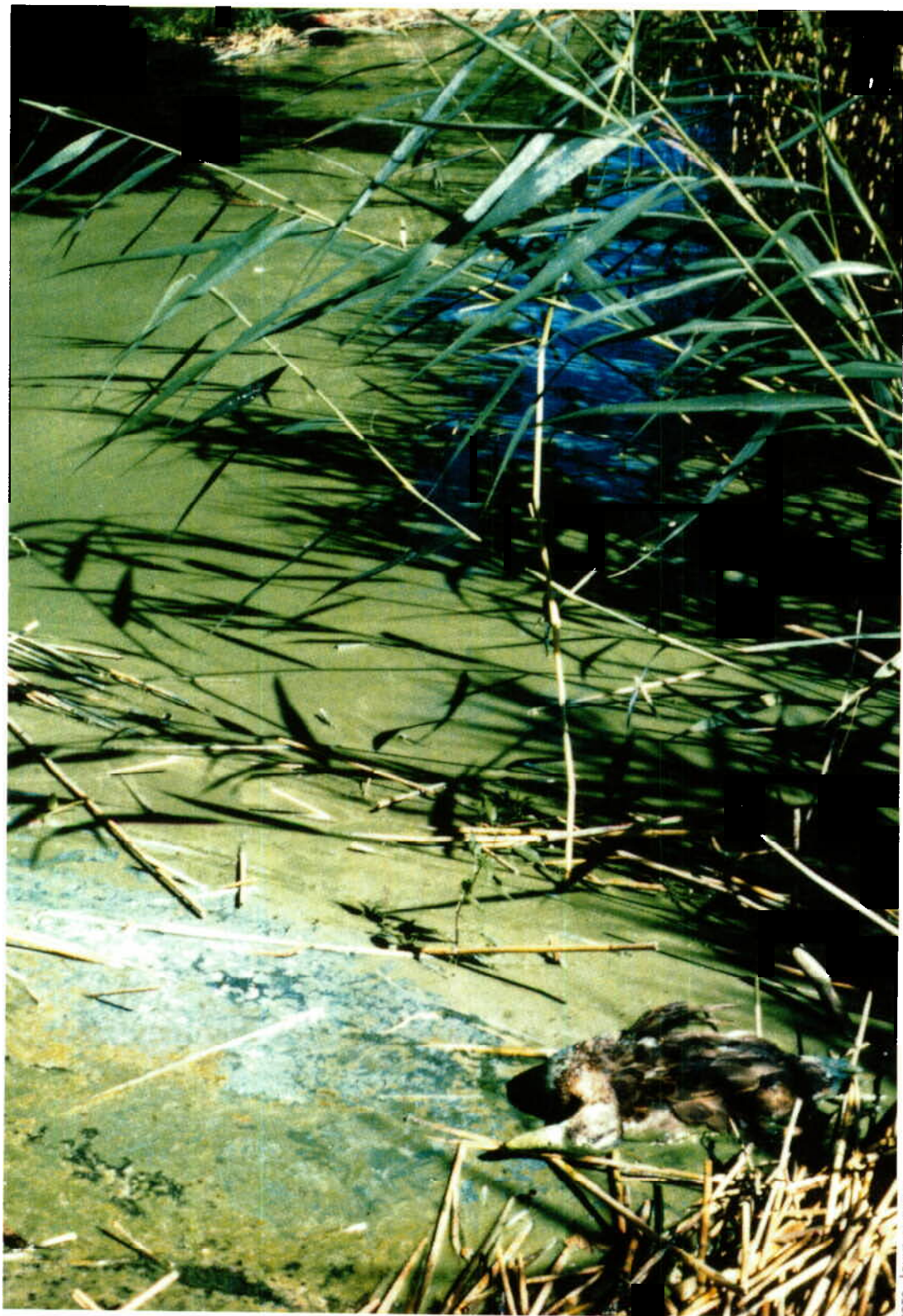


FOTO: ÅRHUS ANTIKENS M. ANDERSEN

Næringsstofforureningen af vandmiljøet er stadigvæk et af de største miljøproblemer i Danmark. Billedet viser en "grøn sø" med masseforekomst af alger.

Kvælstof og fosfor i vandmiljøet

Hvilke former af kvælstof og fosfor findes i vandmiljøet ?

I vandløb, søer og havet findes kvælstof og fosfor både som opløste næringssalte i vandet og bundet i levende og dødt organisk og uorganisk materiale. Under transporten af kvælstof og fosfor igennem vandløb og søer sker der hele tiden omsætninger mellem de opløste puljer af næringssalte og puljerne bundet til uorganiske og organiske partikler.

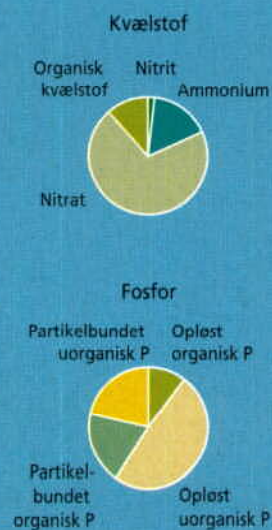
I danske vandløb findes kvælstof hovedsageligt på opløst uorganisk form – som nitrat og ammonium – der begge er let tilgængelige kvælstofforbindelser for plantevækst. Fosfor findes derimod både som opløste fosforforbindelser – primært fosfat – og fosfor bundet til organisk og uorganisk materiale. Kun det opløste fosfat er direkte tilgængeligt for algevækst. Fosfor bundet til partikler kan dog blive tilgængeligt, idet der f.eks. under iltfrie forhold på bunden af søer og fjorde kan blive frigivet fosfat fra bunden. En beskrivelse af kvælstof og fosfors transport fra kilde til hav kræver således en forståelse af de mangeartede fysiske, kemiske og biologiske processer, som påvirker næringsstofferne. Processerne styrer den form kvælstof og fosfor findes på og kan medvirke til at forsinke eller helt fjerne dele af de mængder, der oprindeligt blev udledt ved kilden.

Hvilken rolle spiller kvælstof og fosfor i vandmiljøet ?

Kvælstof og fosfor er nødvendige for planter vækst, både når det drejer sig om kornet på markerne og planter i vand. Landmænd er interesserede i så stor en kornproduktion som mulig, derfor gøder de med kvælstof og fosfor. I vand vil en øget tilførsel af næringsstoffer også forårsage en øget planteproduktion. Væksten af mikroskopiske plankton-

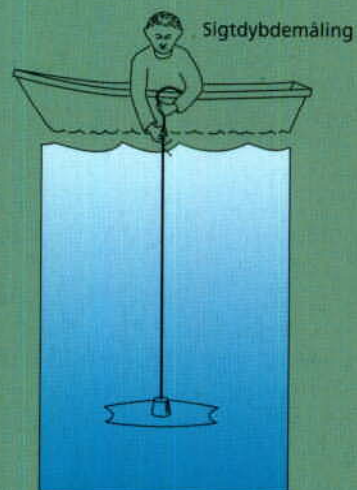
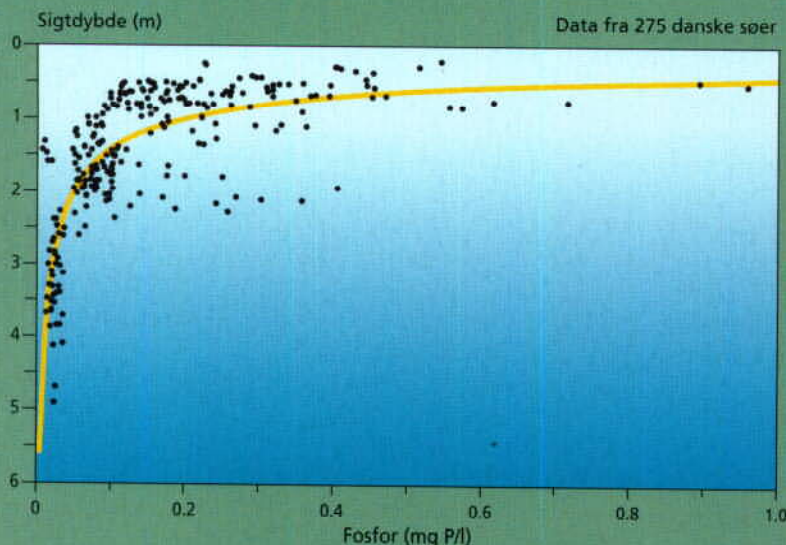
Box 1. Opløste og partikelbundne næringsstoffer

Kvælstof og fosfor findes både på opløst form og bundet til partikler i vandmiljøet. Desuden findes der både uorganiske og organiske former af både kvælstof og fosfor. Det er primært de opløste uorganiske former af kvælstof og fosfor som direkte kan udnyttes af planterne. Kvælstof og fosfor bundet til partikler kan dog også blive tilgængeligt under specielle forhold. Fosfor kan f.eks. frigives fra partiklerne under iltfrie forhold på bunden af en sø eller en fjord. Forekomsten af de vigtigste kvælstof- og fosforformer er vist i de to lagkager. Eksemplet er typisk for små vandløb, hvortil der kun udledes spildevand fra spredt bebyggelse.

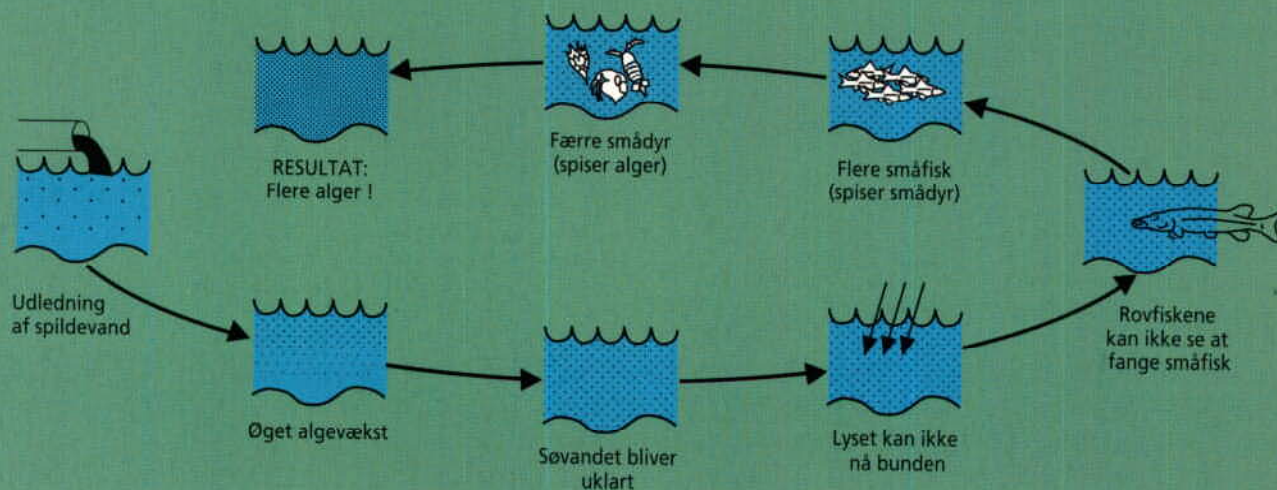


Box 2. Næringsstoffers effekt i vandmiljøet

Øget tilførsel af næringsstoffer medfører øget algevækst i søer, fjorde og havet. I søer er det fosfor, som øger algevæksten og giver uklart vand – lille sigtddybde. Sigtddybden måles ved at sænke en hvid skive ned i vandet. Når skiven ikke kan ses mere, har man et mål for vandområdets sigtddybde. Der er en tydelig sammenhæng mellem sigtddybden i danske søer og fosforindholdet i søvandet. Ved stigende fosfortilførsel og dermed fosforindhold i søvandet bliver sigtddybden hurtigt mindre – vandet bliver mere uklart.



Stigende næringsstofftilførsel medfører ikke kun øget algevækst og uklart vand, men påvirker også plante- og dyrelivet i vandmiljøet. Vandområdet kommer ud af balance og ind i en ond og selvforstærkende cirkel, som kun kan brydes ved at reducere tilførslen af næringsstoffer. I søer tilførslen af fosfor, i fjordene og havet tilførslen af kvælstof.



alger og andre planter i vort vandmiljø er hovedsageligt styret af næringsstofferne, kvælstof (N) og fosfor (P).

Under naturlige forhold er både næringsstoffertilførslen og væksten af vandplanter forholdsvis ringe, og der er et naturligt og stabilt plante- og dyresamfund. Ved stigende menneskelig påvirkning øges næringsstoffertilførslen, hvilket kan bringe dette stabile samfund ud af balance. Ved stigende næringsstoffertilførsel til en sø eller en fjord øges mængden af de mikroskopiske alger kraftigt – vandet bliver uklart. Det uklare vand bevirker, at sollyset ikke kan trænge ned til bunden, så bundplanterne uddør. De mange alger synker ned til bunden, når de dør. Her rådner de og forbruger herved af vandets indhold af ilt. Der opstår tilbagevendende perioder med iltsvind i bundvandet. Det kan resultere i fiskedød. Søen eller fjorden er på grund af den stigende næringsstoffertilførsel endt i en ond cirkel, som kun kan brydes ved en reduktion i næringsstoffertilførslen.

De fleste af vore søer og fjorde befinder sig stadig i en sådan situation. Det kaldes, at vandområdet er eutrofieret.

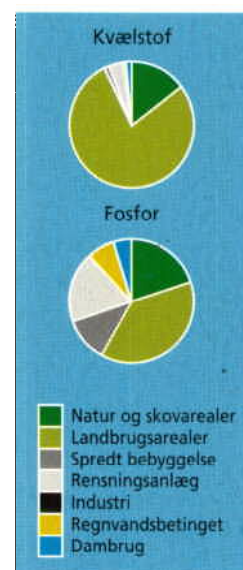
I vore søer er det primært fosfor, som medfører øget algevækst. Det skyldes, at der som hovedregel er et overskud af kvælstof for algerne at vokse af hele sommeren. Overskuddet skyldes de store udledninger fra landbrugsarealer. I de indre farvande er det derimod primært kvælstof, som begrænser væksten af planktonalger. I fjorde kan både fosfor og kvælstof være begrænsende. I forårsperioden er det oftest fosfor, som begrænser algevæksten i fjorde, mens der er rigeligt kvælstof fra vinterens afstrømning fra land. Kvælstof begrænser derimod væksten i sommerperioden. I vore mange tusinde kilometer bække og åer har kvælstof og fosfor ikke så stor betydning for levevilkårene for planter, fisk og andet dyreliv. Her er det som regel andre faktorer,

som indholdet af letomsætteligt organisk stof, okker og pesticider samt bund- og strømforhold, der er afgørende for plante- og dyrelivet.

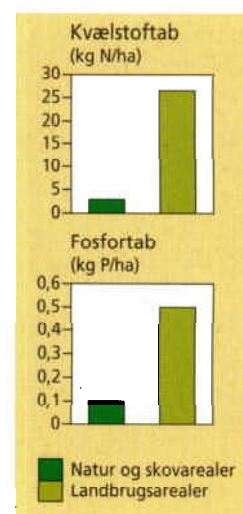
Hvor kommer kvælstof og fosfor fra ?

Kvælstof og fosfor tilføres vandløb, søer og havet med nedbøren, med spildevand fra byer, industrier og dambrug og fra de diffuse udledninger i det åbne land (landbrug, spredt bebyggelse, skove, naturarealer). I figur 1 er vist kilderne til kvælstof og fosfor i de danske søer og vandløb. De diffuse udledninger fra det åbne land er den alt-dominerende kilde til kvælstofforureningen i vandmiljøet. Den har i de sidste syv år udgjort mellem 85 og 95 procent af den totale kvælstofforurening. De diffuse fosforudledninger er i dag også den største fosforkilde til vore vandløb og søer. Det skyldes hovedsageligt, at fosforudledningerne med spildevand er reduceret med næsten 80%, men muligvis også at de diffuse fosforudledninger er stigende.

De diffuse udledninger af kvælstof og fosfor stammer hovedsageligt fra landbruget. Der er dog også en stor udledning af fosfor fra den spredte bebyggelse i det åbne land. Denne er reduceret i de seneste 10-15 år på grund af den øgede brug af fosfatfrie vaske-midler. I figur 2 er tilførslen af kvælstof og fosfor til vandløb og søer fra naturarealer, sammenlignet med tilførslen fra landbrugsarealer. Kvælstoftilførslen fra landbrugsarealer er omtrent ti gange større end fra naturarealer. Tilsvarende er fosfortilførslen fra landbrugsarealer til vandløb fem gange større end fra naturarealer.



Figur 1. Tabet af kvælstof og fosfor fra landbrugsarealer er i dag hovedkilden til næringsstoffer i ferskvand.



Figur 2. Næringsstoffetilførslen til vandløb og søer fra landbrugsarealer er fem-ti gange større end fra naturarealer.

Landbrugets betydning for næringsstofstrømme

Hvad betyder landbruget for kvælstofs forekomst i vandmiljøet ?

I Vandmiljøplanens Overvågningsprogram måles kvælstof- og fosforstrømmene på landbrugsarealerne inden for seks små vandløbsoplande hvert år, og der opstilles regnskaber herfor. Af figur 3 fremgår et sådant regnskab for kvælstofstrømme i landbruget og tabet til omgivelserne for et gennemsnitsår i perioden 1989-95. Regnskabet er opstillet for de to hovedjordtyper i Danmark – sandjord og lerjord. De tre sandjordsoplande i Syd-, Vest- og Nordjylland repræsenterer samtidig de dele af landet, der får meget nedbør og har et stort husdyrhold. De tre lerjordsoplande i Østjylland og på Øerne repræsenterer de dele af landet, der får mindre nedbør og er domineret af planteavlbrug.

Figur 3.

Landbrugets kvælstofhusholdning og tabet af kvælstof til vandmiljøet på de to dominerende danske jordtyper. (Kilde: Grant m.fl., 1996A).

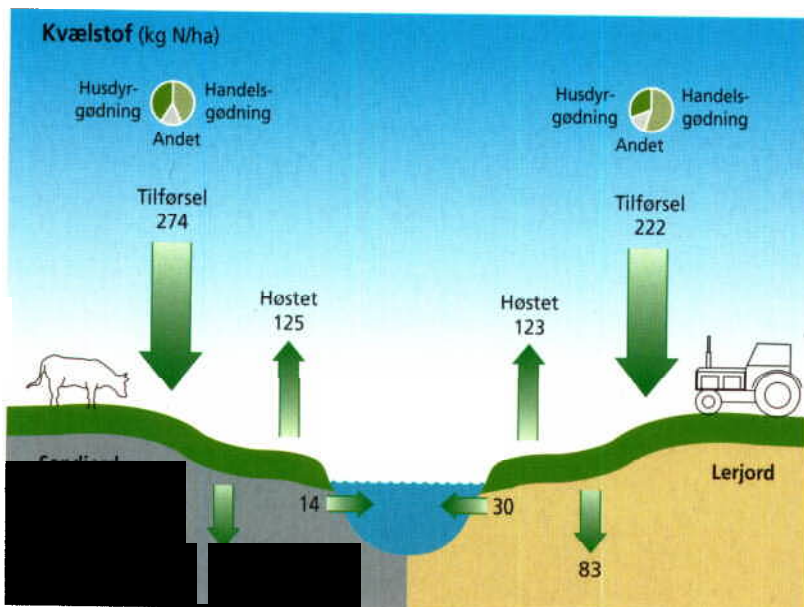


FOTO: MILJØSTYRELSEN/BENT L. MADSEN

Udbringning af gylle på marker sker i dag ved brug af slæbeslanger, der direkte nedfælder gyllen i overjorden. Herved kan næsten al kvælstoffet i gyllen udnyttes af planterne, når udbringningen sker om foråret.

Landbrugsarealer på sandjord tilføres mere kvælstofgødning end landbrugsarealer på lerjord. Det skyldes primært forskellen i de tilførte mængder af husdyrgødning. Landbrugsarealerne på sandjord tilføres således i gennemsnit næsten 150 kg kvælstof pr. hektar mere, end hvad der fjernes med afgrøderne når disse høstes. Det tilsvarende tal for lerjord er på knap 100 kg kvælstof pr. hektar.

Kvælstofudvaskningen fra marker sker næsten udelukkende i form af uorganisk kvælstof, nitrat og ammonium, der udvaskes fra jorden med den nedsivende nedbør. Hertil kommer en ammoniakfordampning til luften fra opbevaringen og udbringningen af husdyrgødning. Udvasningen af kvælstof fra landbrugsarealer til grundvand og vandløb er meget større på sandjord end på lerjord. I gennemsnit udvaskes der 135 kg kvælstof pr. hektar sandet landbrugsareal mod 83 kg kvælstof pr. hektar leret land-

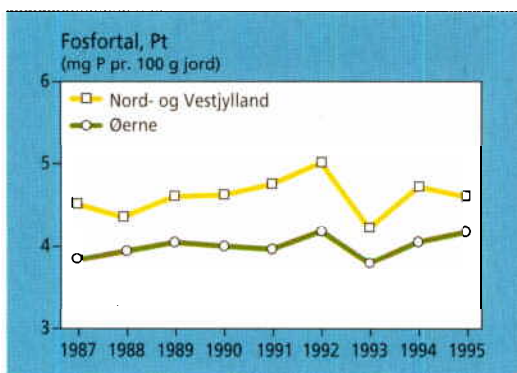


brugsareal. Kun en del af det udvaskede kvælstof fra landbrugsarealerne når frem til vandløbene. Omkring 10% af det kvælstof, der udvasker fra sandede landbrugsjorde, ender i vandløbene. I lerede vandløbsoplande kan en meget større del af det udvaskede kvælstof måles i vandløb, nemlig omkring 40%.

Årsagen til, at kun en del af det udvaskede kvælstof fra markerne når frem til vandløb, er hovedsageligt, at der i underjorden sker en omsætning af nitrat til frit kvælstof. På en sandjord vil vandet med dets indhold af kvælstof hurtigt nå ned i grundvandet – der til gengæld først efter mange års passage gennem jorden når frem til vandløb. På en sandjord er grundvandet derfor mest sårbar overfor kvælstofforurening. Vandets og kvælstoffets lange opholdstid i sandjorden giver de mekanismer, der omsætter nitrat, god tid til at virke. I lerede vandløbsoplande forholder det sig helt anderledes. Her er en stor del af vandets og dermed kvælstofs opholdstid i underjorden kortvarig. Kun en mindre del siver her ned til grundvand, mens den største del af vandet hurtigt strømmer gennem jorden via drænledninger til grøfter og vandløb. Nitraten når derfor ikke at blive omsat til frit kvælstof.

Hvad betyder landbruget for fosfors forekomst i vandmiljøet ?

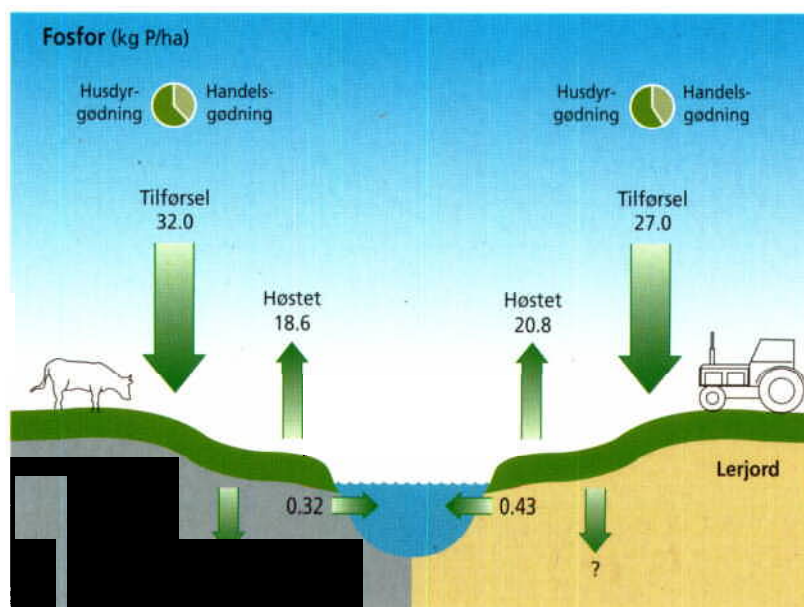
Der tilføres generelt også mere fosfor til landbrugsjorden med handels- og husdyrgødning, end der fjernes med de høstede afgrøder (figur 5). Fosfor er i modsætning til kvælstof tungt opløseligt og udvaskes i meget mindre grad end kvælstof fra jorden. Der sker derfor en ophobning af fosfor i de øverste dele af markerne – primært i pløjelaget. Ophobningen af fosfor er foregået gennem mange år. Landbruget har siden midten af 1980'erne halveret forbruget af fosfor i handelsgødning. På trods af denne reduktion tilføres der stadig mere fosfor til jorden, end der fraføres med afgrøderne.



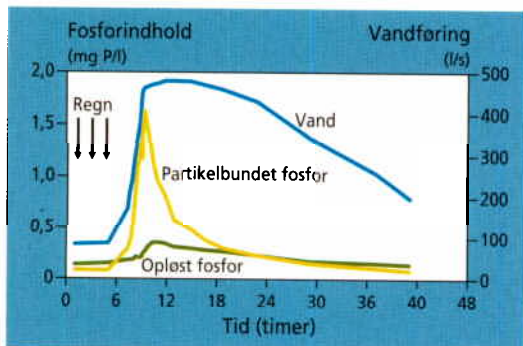
Figur 4. Indholdet af fosfor i landbrugsjorden. (Kilde: Grant m.fl., 1996A).

Indholdet af plantetilgængeligt fosfor i dansk landbrugsjord er steget betydeligt siden slutningen af 1940'erne, og figur 4 viser, at især på øerne er der tegn på en fortsat stigning i jordens fosforindhold. Denne stigning blev indtil for få år siden ikke betragtet som nogen risiko, da man troede, at jorden var i stand til at holde på næsten ubegrænsede fosformængder. I dag er vi blevet klogere. Vi ved, at risikoen for udvaskning af fosfor fra jorden stiger med stigende fosforindhold. Desuden vil der på grund af overjordens større indhold af fosfor ske en større borttransport af fosfor, når vind og vand fører små jordpartikler med sig fra markerne til vandløb og søer.

Figur 5. Landbrugets fosforhusholdning og tabet af fosfor til vandmiljøet på to dominerede jordtyper – sand og ler. (Kilde: Grant m.fl., 1996A).

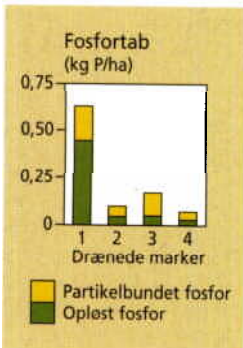


Figur 6. Fosforindholdet i drænvand og vandløbsvand stiger voldsomt, når det regner, eller når sneen smelter.



Resultaterne viser, at der sker en nedadrettet transport af partikelbundet fosfor fra mark-overfladen til drænvand via sprækker og porer i jorden. Desuden kan der nedvaskes meget opløst fosfor fra marker, hvor grundvandet står højt, og hvor der samtidig sker en stor tilførsel af fosfor med husdyrgødning.

Fosfor kan også transporteres væk fra marken oven på jorden ved hjælp af vandets og vindens kræfter – en proces som kaldes



Figur 7. Tabet af fosfor til vandløb via drænvand varierer meget fra mark til mark. (Kilde: Grant m.fl., 1996B).

Tabet af fosfor kan variere meget fra mark til mark og fra dag til dag – det er altså sværere at måle fosfortabet, end det er at måle tabet af kvælstof. I figur 6 er der vist et eksempel på, hvor meget fosforindholdet i et vandløb kan variere over korte tidsrum. Det kræver derfor mange og hyppige målinger for at beregne fosfortabet og opstille et fosforbudget for et opland til f.eks. en sø.

Nedvaskningen af fosfor kan variere meget fra mark til mark. De nedvaskede fosformængder afhænger af forhold som jordtype, jordens indhold af plantetilgængeligt fosfor, fugtighedsforhold, dyrehold mv. Et eksempel herpå er vist i figur 7, hvor tabet af fosfor fra fire forskellige marker er blevet opgjort på baggrund af meget hyppige målinger i drænvand. Fra alle fire marker er en betydelig del af fosfortabet bundet til små partikler.



FOTO: DNIMULIERS M. SVENDBSEN

Jorderosion af mark med vinterafgrøder. Der ses tydelige spor af riller på marken og aflejret sand ved bakkefoden.

Box 3. Transportveje for fosfor til vandmiljøet

Fosfor kan transporteres fra marker til vandmiljøet af flere forskellige veje. En del fosfor opløses og siver med regnvand ned i grundvand og drænvand. Andet fosfor sætter sig på fine jordpartikler. Disse kan via sprækker og store porer i jorden nedvaskes til dræn og herfra transporteres ud i vandløb og søer. De kan også skylle eller blæse ud i vandmiljøet i perioder med heftigt regnvejr, snesmeltning eller kraftig blæst, når markerne eroderes.

jorderosion. Spor af jorderosion er ofte tydelige om foråret på stejle marker i form af riller og små grøfter, hvor vandet har gravet i jorden og ført det ned ad bakke mod lavtliggende områder. De små jordpartikler transporteres længst væk. Da små jordpartikler er mere fosforholdige end f.eks. sand, er der stor risiko for, at både fosfor og eventuelle miljøfremmede stoffer – som tungmetaller og pesticider – når frem til vandløb og søer.

Jorderosion kan lokalt have meget stor betydning for tabet af fosfor fra en mark til vandløb. Specielt når der dyrkes helt ud til vandløbskanten, og der derfor mangler en beskyttende udyrket bræmme. I figur 8 er der vist et eksempel på omfanget af jorderosionen i form af dannelse af riller på skrånede marker med græs og vinterhvede. Store mængder jord og fosfor kan i vintre med megen nedbør og nyligt optøede marker på denne måde transporteres til vandløb og søer. På sin vej ovenpå jorden vil vandet også optage opløst fosfor fra jorden. Det meste af dette fosfor vil med stor sandsynlighed havne i vandløb og søer. En del af jordpartiklerne kan dog blive aflejret på marken eller i en eventuel bræmme inden de når frem til vandløb og søer.

Udover vandet kan også vinden erodere marken. Jordfygning forekommer i perioder med stærk blæst og oftest om foråret, når jorden er tør, og når marken nyligt er tilsået. Jordfygningen kan flytte store mængder sand over korte afstande. De fine jordpartikler med deres indhold af fosfor kan ophvirvles og transporteres mange kilometer væk. Jordfygningen forekommer kun i meget korte perioder og ikke hvert år. Dens betydning som fosforkilde til vandmiljøet er ikke kendt.

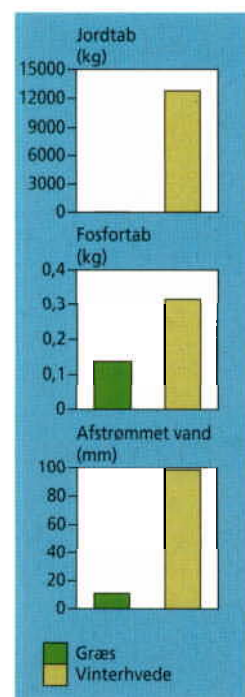
En yderligere mulighed for tab af fosfor fra marker er ved erosion af åens brinker. Brinkerose er en naturlig proces, idet et vandløb naturligt flytter sig i sin ådal. I mange ådale ses det i form af afskårne åbuer, der ligger

hen som små vandhuller. I Danmark fastholdes de fleste vandløb i et lige, kanalagtigt løb i ådalen af hensyn til dyrkningsinteresserne. De lige vandløb er dog ikke stabile, idet uddybninger af bunden har medført større risiko for, at brinker undermineres og skrider ud i åen. Således er mange af vore lige vandløb blevet både dybere og bredere, siden de blev rettet ud. Brinker kan også let skride sammen som følge af kørsel med tunge landbrugsmaskiner tæt på åen, og kreaturer kan nedtrampe brinkerne pga. manglende hegning. Store mængder jord og fosfor kan på disse måder tilføres vandløb.

Oprensninger af vandløbenes bund og sider var tidligere en tilbagevendende foreteelse i de fleste vandløb. Det sker heldigvis ikke så ofte længere. I forbindelse med selve gravearbejdet, og i den periode som går, indtil planter igen beskytter brinkerne, kan store mængder jord og fosfor føres ud i vandløbet.

Er de diffuse udledninger af næringsstoffer til vandmiljøet reduceret i de senere år?

Nedbørsmængden har stor indflydelse på den mængde kvælstof og fosfor, som tilføres vandløb, søer og fjorde fra det åbne land. I meget våde år er tabet af næringsstoffer således stort og i tørre år lille. Vejrforholdene



Figur 8.

Jorderosion på stejle marker kan være en meget betydelig kilde til jord og fosforforurening af vandløb og søer, specielt hvor der er sået vinterafgrøder, som ikke kan holde på jorden, i modsætning til f.eks. græs. (Kilde: Schjøning m.fl., 1995).

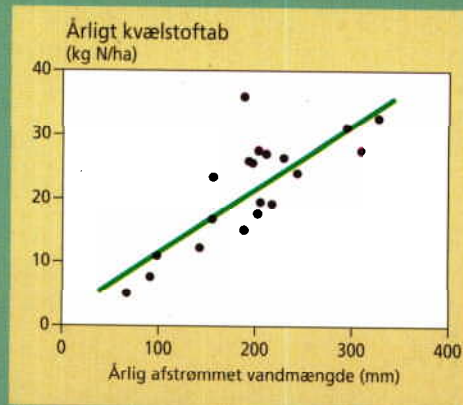


FOTO: MILJØSTYRELSEN/BENT L. MADSEN

Oprensning af vandløbene foretages med jævne mellemrum for at forbedre deres evne til at aflede vand fra markerne.

Box 4. Nedbør og kvælstoftab

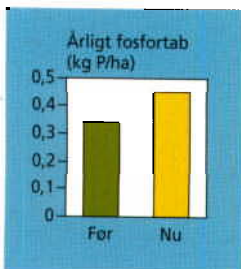
Når det regner meget, strømmer der meget vand i vandløbene og vandmiljøet tilføres meget kvælstof. I våde år er der således en større risiko for algevækst og iltsvind end i tørre år.



er således en vigtig naturgiven faktor, som påvirker næringsstofforureningens omfang i det enkelte år.

Kortlægningen af de diffuse næringsstoffab fra landbrugsjorden og effekterne i vandmiljøet stiller store krav til indsamlingen af overvågningsdata fra vandløb, søer, fjorde og hav. Hvis man ønsker at bedømme udviklingen i det diffuse tab af kvælstof og fosfor, skal der korrigeres for vejrets indflydelse. Når man gør det, viser det sig, at kvælstoftransporten i de danske vandløb steg igennem 1970'erne i takt med den stigende anvendelse af gødning i landbruget (Kristensen m.fl., 1990; Fyns Amt, 1997). I 1980'erne har kvælstoftransporten i vandløbene ligget på et konstant højt niveau med forholdsvis små udsving fra år til år.

Til gengæld er der ingen tvivl om, at fosfortransporten i vore vandløb er blevet reduceret betydeligt siden 1970'erne hovedsageligt på grund af den bedre spildevandsrensning. Nye og meget præcise målinger af fosfortabet fra små vandløbsoplande har dog vist, at vi hidtil har undervurderet omfanget af det diffuse fosfortab. Figur 9 viser, at når vi måler hver time året rundt, bliver det beregnede fosfortab meget større, end vi hidtil har troet.



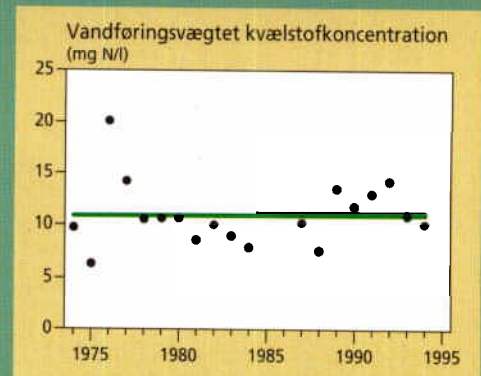
Figur 9.

Det diffuse fosfortab har indtil for nylig været undervurderet på grund af utilstrækkelige målinger. Det er især transporten af fosfor bundet til små partikler, som hidtil er blevet undervurderet.

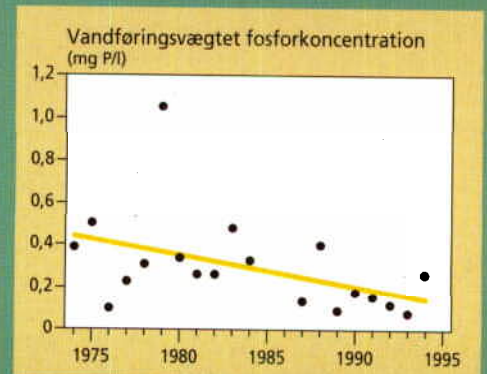
Box 5. Udvikling i næringsstoffab

Transporten af kvælstof i de danske vandløb har ikke ændret sig igennem de sidste 20 år, når der korrigeres for variationer i vandmængden, her præsenteret som vandføringsvægtet koncentration.

$$\text{Vandføringsvægtet koncentration} = \frac{\text{årlig næringsstoftransport}}{\text{årlig vandmængde}}$$



Derimod er der sket et stort fald i transporten af fosfor. Det skyldes en øget rensning af byspildevandet.



Arealanvendelse og naturgenopretning

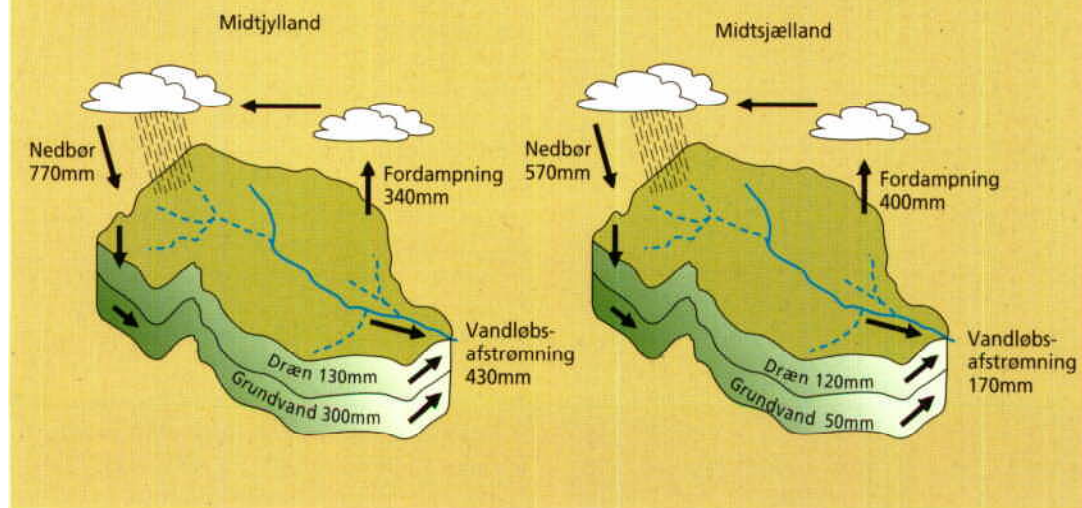
Afstrømningsområder som miljøindikator og forvaltningsenhed

Til et hvilket som helst målested i et vandløb hører et afstrømningsområde eller et opland. Et opland er populært sagt det område hvorfra regnvand i form af grundvand, drænvand og overfladisk afstrømning strømmer til det pågældende målested. Regnvandet vil på sin

vej over eller igennem jorden blive præget af omgivelserne i sit indhold af kemiske stoffer. Herunder også vandets indhold af kvælstof og fosfor. Naturgivne forhold i oplandet, som regnmængde, temperatur og jordbunden, er af afgørende betydning for, hvor store vandmængder, der siver ned i jorden og for, hvor lang tid vandet opholder sig i jorden, inden det strømmer ud i vandløbene. Under

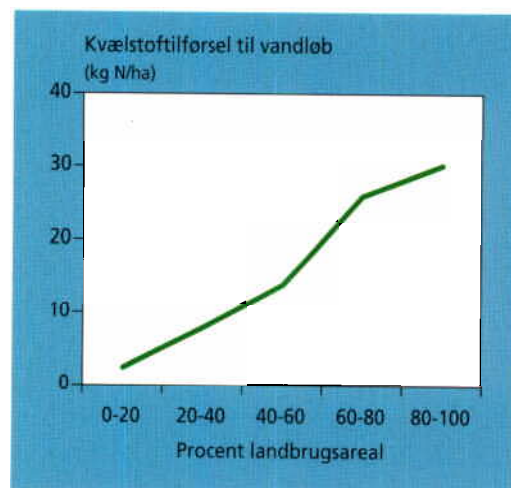
Box 6. Vandets kredsløb i oplande

Det hydrologiske kredsløb er meget forskelligt i Jylland og på Øerne. Det regner mere i Jylland end på Øerne. De sandede jorder i Jylland medfører også, at regnen hurtigere siver ned til grundvandet. Der er derfor generelt meget mere vand i de jyske vandløb end i vandløbene på Øerne. Kilde: Danmarks Statistik, 1994.



vandets passage af jorden vil en lang række fysiske, kemiske og biologiske processer ændre på vandets kemiske sammensætning. Arealernes anvendelse inden for oplandet, f.eks. til landbrug, skov mv., har stor betydning for vandets indhold af kvælstof og fosfor. For eksempel er der et meget større indhold af kvælstof og fosfor i det vand, der strømmer fra dyrkede arealer end i vand, der strømmer fra skov- og naturarealer.

Målinger af indholdet af næringsstoffer i vore vandløb er derfor en god indikator for den menneskeskabte påvirkning af næringsstofkredsløbet i det tilhørende afstrømningsområde. Den menneskelige aktivitet i området sætter så at sige sit fingeraftryk på det vand, som forlader området. I figur 10 er der vist et eksempel på sådan et fingeraftryk. En større andel dyrket areal i et afstrømningsområde medfører et højere næringsstofindhold i vandløbene. Vandløbsoplande er derfor velegnede geografiske enheder i planlægningen, forvaltningen og overvågningen af vort vandmiljø. De store datamængder om arealanvendelsen, der indsamles, kan



Figur 10.

Jo mere landbrug der findes i et vandløbsopland jo højere er kvælstoftilførslen til vandløb.

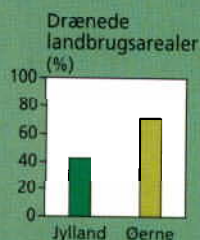
gemmes og håndteres med Geografiske Informationssystemer (GIS). Disse edb-systemer gør det muligt at sammenligne oplysninger om arealanvendelsen med konkret viden om natur- og miljøtilstanden i et opland ved udtegninger af kort over forholdene i oplandet. Kombineret med brugen af avancerede miljømodeller kan dette udnyttes til at forudsige de økologiske effekter af en given arealanvendelse eller af naturgenopretninger inden for oplandet.

Arealanvendelsen har ændret sig

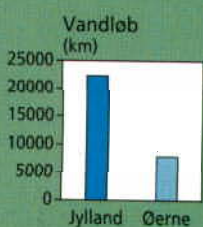
Arealanvendelsen i det åbne land har ændret sig meget gennem de sidste 100 år. Vandløb, søer, enge og moser er i stort tal forsvundet fra landskabet. De er blevet drænet væk i forbindelse med indvinding af dyrkningsjord. Mere end 90% af vore vandløb er blevet lagt i snorlige kanaler for hurtigt at kunne bortlede vand fra markerne, og omkring 50% af alle marker er i dag drænnede.

Intensiveringen af landbrugsproduktionen satte for alvor ind efter 2. Verdenskrigs afslutning. Intensiveringen har betydet, at

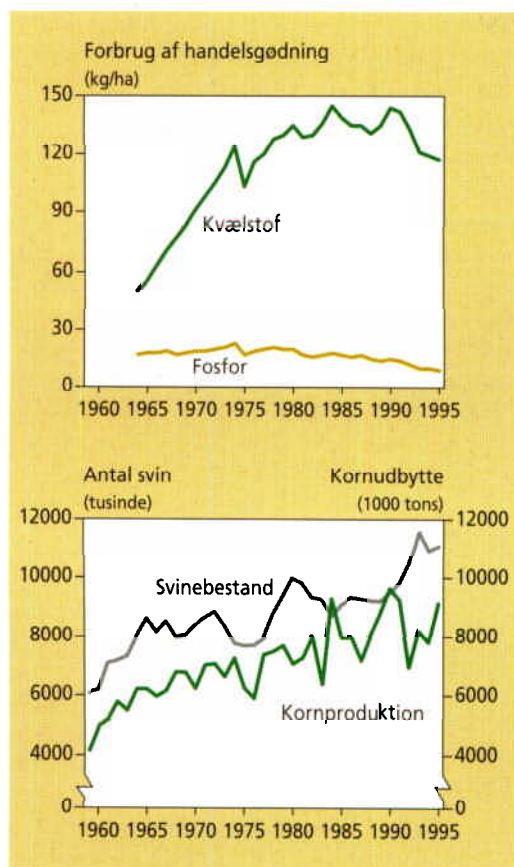
Box 7. Menneske og landskab



Den stigende og mere intensive landbrugsproduktion har igennem de sidste 100 år medført et stort behov for afdræning af marker. Den største del af markerne på Øerne er drænet, og det samme er næsten halvdelen af markerne i Jylland.



Behovet for afvandede marker har på dramatisk vis påvirket vandløbene. De er næsten alle sammen blevet udrettet til snorlige og dybe kanaler. Naturligt snoede vandløb findes således i dag næsten ikke på Øerne (0,4%) og kun i enkelte vandsystemer i Jylland (3,6%).



Figur 11.

Korndyrkningen har været stigende siden 1950'erne. Det samme har forbruget af kvælstof i handelsgødningen, mens forbruget af fosfor i handelsgødning er faldet. Svinebestanden er steget i perioden, men de totale mængder udbragt husdyrgødning er kun steget lidt på grund af et stort fald i kvægbestanden. (Kilde: Danmarks Statistik).

fra starten af 1960'erne til i dag er en stigende andel af arealerne blevet anvendt til korndyrkning. Samtidig er der sket en eksplosiv stigning i anvendelsen af handelsgødning på markerne fra starten af 1960'erne til starten af 1980'erne (figur 11). I 1980'erne stagnerede brugen af kvælstof i handelsgødning. De udbragte mængder af kvælstof i husdyrgødningen har ikke ændret sig væsentligt siden starten af 1960'erne

(Landbrugsministeriet, 1991; Grant m.fl., 1996A). I samme periode er svinebestanden steget kraftigt, men samtidig er kvægbestanden faldet meget. Forbruget af handelsgødning er siden 1990 faldet med omkring 80.000 tons som en konsekvens af den bedre udnyttelse af husdyrgødningen i landbruget (Grant m.fl., 1996A).

Hvordan kan det diffuse næringsstofftab reduceres ?

Indgreb ved kilden, dvs. omlægninger i landbrugets dyrkningsforhold, er den mest direkte vej til at få reduceret næringsstofftabet fra markerne. Herved undgås både forurening af grundvand og overfladevand. På trods af at landbruget i det væsentlige har opfyldt Vandmiljøplanens bestemmelser om bygning af gyllebeholdere, udbringning af husdyrgødning om foråret, vintergrønne marker mv., er der indtil 1995 kun registreret en reduktion i udvaskningen af kvælstof fra markerne på 14% (Grant m.fl., 1996A). Der er således langt til målsætningen om en samlet reduktion på ca. 50% i kvælstofforureningen

Box 8. Foranstaltninger mod næringsstoffudledning

Næringsstofftilførslen til vandmiljøet kan reduceres på to overordnede måder, hvorunder der findes en række forskelligartede tiltag:

1. Foranstaltninger ved kilden

- Udbygning af spildevandsrensningen
- Ekstensivering af landbrugsdriften
- Omlægninger af gødningshåndteringen, f.eks. bedre udnyttelse af husdyrgødning

2. Foranstaltninger der medfører en udnyttelse af naturens egen evne til selvrensning

- Udlægning af udyrkede bræmmer langs vandløb og søer
- Naturgenopretning af vandløb og ådale
- Reetablering af tidligere afvandede vådområder og søer
- Overrisling af enge med dræn- og grøftvand

af vandmiljøet. Selv med de yderligere tiltag i Planen for Bæredygtigt Landbrug om bedre udnyttelse af husdyrgødningen, vil dette mål ikke kunne nås. Der er derfor behov for nytænkning og iværksættelse af alternative foranstaltninger, hvis målet om en 50% reduktion skal nås.

Ekstensivering af landbrugsproduktionen er en mulig farbar vej, som med de nye miljøvenlige støtteordninger fra EU kan medvirke til at nedbringe næringsstofforureningen af vandmiljøet (Paaby og Møhlenberg, 1996).

En ekstensiv dyrkning af landbrugsarealer med et mindre forbrug af gødning vil reducere udvaskningen af næringsstoffer. En sådan ekstensivering gives der allerede tilskud til i de såkaldte "særligt miljøfølsomme områder" (SFL) for at beskytte natur, grundvand og overfladevand.

En del af ekstensiveringen kan med fordel ske i vore ådale. Naturgenopretning af vandløb og ådale kan nemlig hjælpe til med at tage toppen af kvælstof- og fosforforureningen af vandmiljøet (Iversen m.fl., 1995).

Genslynget del af Brede Å set fra luften.

Naturens selvrensning

Kvælstofomsætning kan medvirke til at forbedre tilstanden i vandmiljøet

Omsætning af nitrat-kvælstof til frit kvælstof – denitrifikation – er naturens egen rensning, der kan udnyttes til at nedbringe kvælstofforureningen af vandmiljøet. Genetablering af tidligere tiders våde enge i ådalene har således vist sig at være en særdeles effektiv måde til at få omsat nitrat, der udvaskes fra højere liggende landbrugsarealer, inden det når frem til vandløbene. Fjernelsen af kvælstof kan også øges i vore vandløb, hvis de igen kommer til at sno sig gennem ådalene og får en rig og varieret plantevækst. Endelig vil genetableringen af egentlige vådområder og søer være særdeles effektiv til at fjerne kvælstof.

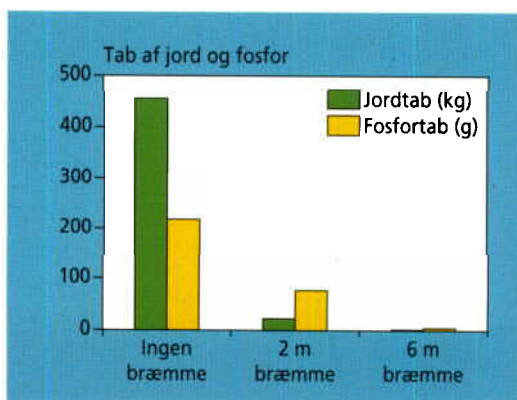
Om vinteren vil vandet fra det genoprettede, snoede vandløb i perioder oversvømme engene. Det kan kaldes naturens egen buffermekanisme. Denne viden blev tidligere udnyttet ved etableringen af talrige engvandingsanlæg, som vandede og gødede de næringsfattige enge. I dag er der meget mere kvælstof i åvandet end for hundrede år siden. En del af dette kvælstof vil blive omsat ved vandets nedsivning på engen.

Fosfortilbageholdelse kan medvirke til at reducere fosfor i vandmiljøet

Fosfor kan ikke som kvælstof omdannes til harmløse, luftformige forbindelser og dermed helt fjernes fra vandmiljøet. Derimod kan fosfor tilbageholdes ved indlejring i

sedimentet på bunden af en sø eller en fjord eller på oversvømmede engarealer.

Dyrkningsfrie bræmmer langs vandløb og søer har i forsøg vist sig at være særdeles effektive til at fange en del af den jord og fosfor, der via jorderosion løsrives fra markerne. I figur 12 er vist, at selv smalle bræmmer på to og seks meter kan opfange en stor del af fosfortabet fra marken. De smalle to meter bræmmer, som er lovpligtige langs alle naturlige vandløb, vil de fleste steder være effektive bufferzoner. De vil endvidere medvirke til at reducere erosionen af vandløbenes bredder ved deres permanente plantedække, ved at holde kreaturer væk og ved at holde landbrugsmaskiner på afstand af vandløbet. På steder med stejle marker ned mod vandløb og søer, hvor der ofte forekommer jorderosion, vil effekten af to meter bræmmer være begrænset. Sådanne steder er det nødvendigt med bredere bræmmer for effektivt at begrænse fosfortilførslen til vandløb.



Figur 12.

Selv smalle udyrkede og bevoksede bræmmer langs vandløb og søer kan begrænse jord- og fosfortilførslen til vandløb og søer. Brede bræmmer er dog nødvendige ved foden af stejle marker på grund af deres bedre evne til at tilbageholde jord og fosfor. (Kilde: Rebsdorf m.fl., 1994).

I vandløb kan fosfor tilbageholdes på bunden i kortere eller længere perioder. Det gælder især om sommeren, hvor vandplanter dæmper vandets hastighed så meget, at de små fosforrige partikler falder ned på bunden. Fosfortilbageholdelsen i vandløb er af midlertidig natur. De små fosforrige partikler bliver igen skyllet væk fra vandløbsbunden, når strømmen bliver stærk, når vandplanterne skæres, eller når de dør. Fosfor-

Genskabelse af våde enge vil også forbedre naturkvaliteten i vore omgivelser.



FOTO: DMU/CARL CHRISTIAN HOFFMANN

tilbageholdelsen i vandløb medvirker dog til at forsinke transporten af fosfor fra den kritiske forårs- og sommerperiode, hvor algerne vokser i søerne og fjordene, til vinterperioden, hvor der er større sandsynlighed for, at fosfor begravnes på sø- eller fjordbunden.

Søer er naturlige fosforfælder. Når vandløbet passerer en sø, opholder vandet sig der i kortere eller længere tid. Vandets opholdstid i søen afhænger af søens størrelse og dybde. Vandets opholdstid i søen giver de små fosforrige partikler god tid til at synke til bunds. I søer vil der derfor normalt ske en permanent tilbageholdelse af fosfor på søbunden.

Der kan også tilbageholdes store mængder fosfor på oversvømmede enge. I figur 13 er vist et eksempel på, hvor meget fosfor der kan tilbageholdes, når vandløbsvand i korte perioder overrisler eller oversvømmer engarealer.

En stor del af vandets indhold af fosfor bundet til jordpartikler bliver deponeret på engene i sådanne situationer. Betydningen heraf er især stor i de brede nedre dele af vore åsystemer, hvor meget store vandmængder kan trænge ind over engene. Erfaringen viser, at en hektar periodisk oversvømmet eng kan tilbageholde den fosformængde, som tabes fra et mere end 200 gange så stort landbrugsareal. Hovedparten af det fosfor, som deponeres på engene, er mere eller mindre hårdt bundet til jordpartikler. Derfor er der sandsynligvis ikke så stor risiko for en efterfølgende udvaskning af fosfor fra engarealerne, som fra de dyrkede arealer.

Hvilke planlægningsredskaber har vi behov for ?

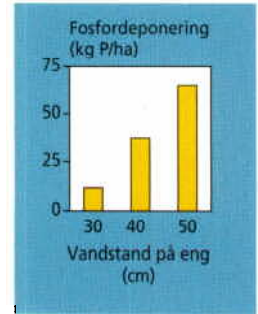
Landmænd kan nu opnå tilskud til ekstensivering via EU's MiljøVenlige Jordbrugsforanstaltninger (MVJ) – og tilskuddet bliver større, hvis landmanden tillader at

afvandingstilstanden på de lavtliggende marker forringes – dvs. et skridt på vejen til en genetablering af tidligere tiders ferskvandsenge og moser i vores ådale.

I Danmark genoprettes i disse år mange værdifulde søer, moser og enge med støtte fra Naturgenopretningsmidlerne. Hertil kommer et stort arbejde i amterne med at genoprette vandløb og ådale. Det sker i form af

egentlige restaureringer af vandløb hvor vandløbet snos på ny, og i form af miljøvenlig vandløbsvedligeholdelse, der med tiden giver vandløbet mulighed for af egen kraft at sno sig igen.

Der er i disse år et stort behov for at kunne forudsige de natur- og miljømæssige virkninger af mulige genopretningsforanstaltninger og af omkostningerne ved en sådan indsats.



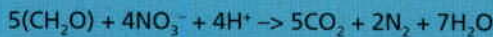
Figur 13. Når vandløbsvand oversvømmer enge, tilbageholdes vandets indhold af fine fosforrige partikler, og en del af vandets indhold af kvælstof fjernes. (Kilde: Falkum m.fl., 1997).

Box 9. Naturens selvrensning

Naturen kan selv hjælpe med at tage toppen af kvælstofforureningen ved den fjernelse af kvælstof som hele tiden sker i jord og vand. Kvælstof fjernes ved denitrifikation, hvor nitrat under iltfrie forhold ved en biologisk eller kemisk proces, omdannes til frit kvælstof, der afgasser til luften.

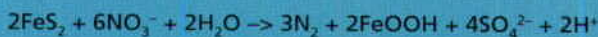
Biologisk denitrifikation

Organisk stof + nitrat + hydrogen ioner → bakterier → kuldioxid + luftformig kvælstof + vand



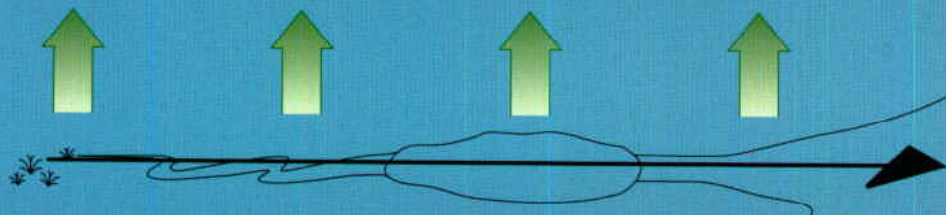
Kemisk denitrifikation

Pyrit + nitrat + vand → bakterier → luftformig kvælstof + jernforbindelse + sulfat + hydrogen ioner



Fjernelsen af kvælstof sker hele tiden i forbindelse med vandets passage gennem våde enge, vandløb, søer og fjorde. Mængden af kvælstof, som kan fjernes, afhænger bl.a. af, hvor lang tid vandet opholder sig det enkelte sted (f.eks. i engen), og hvor store områder der er med iltfrie forhold.

Våde enge	Vandløb	Søer	Fjorde
32-2100	50-700	65-220	20-550
kg N/ha pr. år	kg N/ha pr. år	kg N/ha pr. år	kg N/ha pr. år



Med de begrænsede resurser, der er afsat til naturgenopretning og de miljøvenlige foranstaltninger i dansk landbrug er det i de kommende år vigtigt, dels at kunne udpege velegnede områder til en samlet indsats, dels at få demonstreret de natur- og miljømæssige nyttevirkninger for offentligheden.

Oversvømmet eng, fra Gjern Å ved Smingevad.

Et forsøgsområde omkring Gjern Å blev i 1993 udvalgt til afprøvning af nye modeller for næringsstofstrømme. De udviklede

modeller udgør et samlet analyseredskab. Systemet kan bruges til at vurdere de miljømæssige effekter af en ændring i arealanvendelsen i området og gennemførelse af forskellige former for naturgenopretning. Gjern Å blev udvalgt som værkstedsområde, fordi oplandet med dets vandløb og søer er velbeskrevet og velundersøgt. Gjern Å-oplandet repræsenterer desuden en af de dominerende danske landskabstyper – det bakkede morænelandskab.



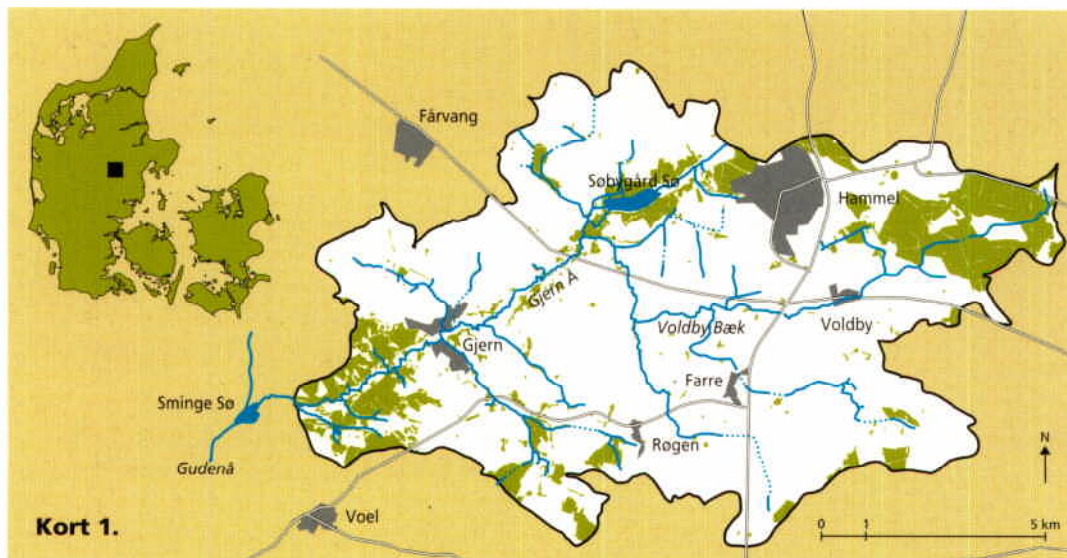
FOTO: MILJØSTYRELSEN/BENT L. MADSEN

Værkstedssområdet omkring Gjern Å

Naturgivne forhold og arealanvendelse

Gjern Å er et tilløb til Gudenåen – Danmarks længste vandløb. Gjern Å løber i et typisk østdansk morænelandskab, som var dækket af isen under den sidste nedisning. Gjern Å afvander et opland på ca. 115 km². Kort 1 viser en skitse af oplandet med de større

byer, veje, vandløb, søer og skove indtegnet. Oplandet er ud fra en nærmere analyse af de topografiske forhold blevet inddelt i 46 små deloplande med det formål nærmere at kunne analysere de geografiske variationer i jordtype, arealanvendelse, vandmængde og næringsstoftab.

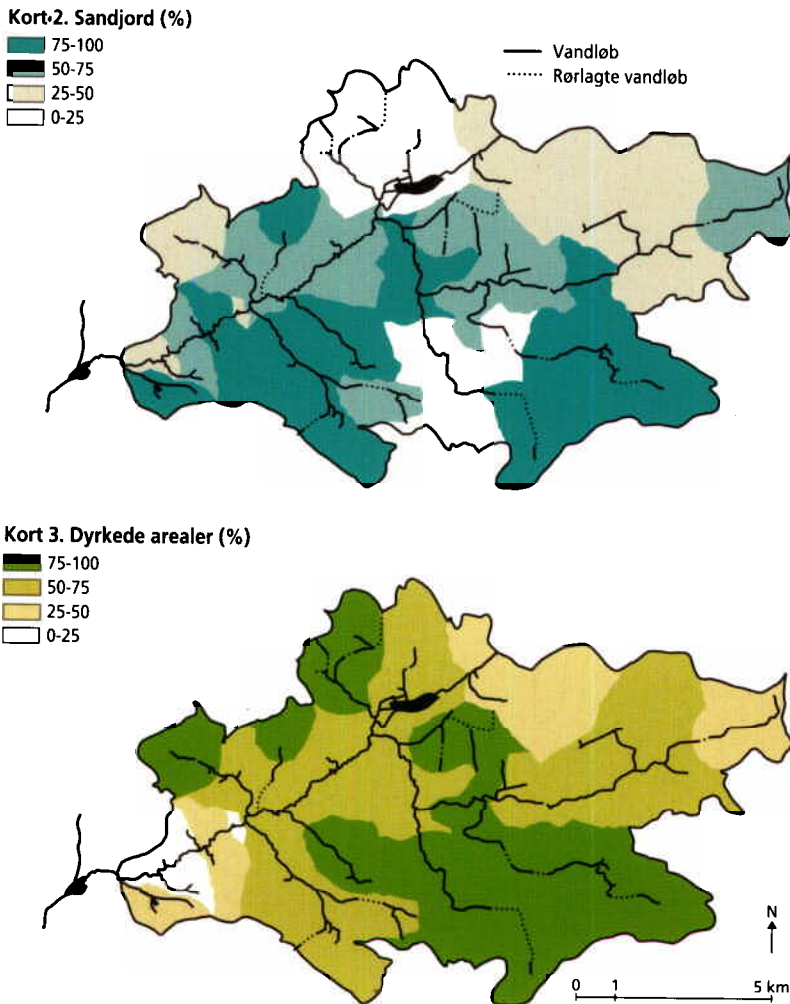


Figur 14.

Gjern Å-oplandet ligger i Midtjylland mellem Århus og Silkeborg. De administrative myndigheder i området er Århus Amt, Gjern Kommune og Hammel Kommune.

Box 10. Naturgivne og kulturskabte forhold i Gjern Å-oplandet

Naturgivne forhold		Arealanvendelse		Ferskvand og ådale	
Normal nedbør	770 mm	Landbrugsarealer	68 %	Vandløb	70 km
Sandjorder	60 %	Skovarealer	16 %	En sø	39 hektar
Lerjorder	34 %	Byer og veje	10 %	Ådale	895 hektar
Tørvejorder	6 %	Naturarealer	2 %		



Figur 15.

I Gjern Å-oplandet veksler jordtyperne mellem de meget sandede og de mere lerede og arealerne benyttes fortløftende til landbrug.

På kort 2 er vist en oversigt over jordtyperne i Gjern Åens opland. Indenfor oplandet findes meget varierende jordtyper fra de meget grovsandede jorder i den sydvestlige og sydøstlige del af oplandet til de mere lerede jorder omkring Søbygård Sø og imod syd.

Arealanvendelsen i oplandet er blevet kortlagt, bl.a. ved hjælp af satellitbilleder. Af kort 3 fremgår det, at landbrug er den dominerende arealanvendelse i store dele af oplandet. Landbrugsarealer udgør således ca. 70% af hele oplandet. Skove udgør lokalt en væsentlig del af arealerne især i den

østlige del af oplandet, i det fredede vestlige område og omkring den eneste større sø i oplandet – Søbygård Sø. Søbygård Sø er en meget forurenede, næringsrig og lavvandede sø med et areal på 39 hektar og en middeldybde på 1 meter.

Vand- og næringsstofftab

Nedbørsmængden i området er tæt på normalnedbøren for hele Danmark på 712 mm. Vandafstrømningen fra oplandet er blevet målt i vandløbene med jævne mellemrum ved i alt 35 målestationer, der geografisk ligger spredt i hele oplandet. På kort 4 er vist vandafstrømningen i 1995 fra forskellige delområder af Gjern Å-oplandet. I 1995 var nedbøren 703 mm, hvilket er lidt lavere end normalnedbøren for området.

Trods Gjern Å-oplandets begrænsede udstrækning varierer vandafstrømningen ganske betydeligt. Faktisk er der deloplande med en meget lille eller slet ingen vandtilstrømning til vandløbene. Tilsvarende er der delområder, hvor vandafstrømningen er meget stor, som i den vestlige del af oplandet langs Gjern bakker og området omkring Søbygård Sø. Den store geografiske variation i vandafstrømning viser, at vandet ikke altid følger de overjordiske vandskel, men i høj grad også er påvirket af de lokale geologiske forhold i undergrunden.

Kvælstoftabet fra delområder af Gjern Å-oplandet er vist på kort 5. Oplysningerne stammer fra målinger i 1995 ved et udvalg af de 35 målestationer. Kvælstoftabet varierer betydeligt inden for oplandet, men følger dog et vist mønster – det er generelt størst fra de delområder, hvor landbrugsarealer dominerer. Kvælstoftabet fra hele Gjern Å-oplandet var i 1995 på 173 tons, hvilket svarer til et tab på ca. 15 kg kvælstof pr. hektar.

Kort 6 viser, at tabet af fosfor også varierer meget inden for oplandet. Der kan ikke genfindes helt det samme mønster i tabet af

fosfor, som det var tilfældet for kvælstof. Det skyldes bl.a., at fosforudledninger fra rensningsanlæg betyder meget mere for indholdet af fosfor i vandløbsvand end udledninger af kvælstof fra rensningsanlæg. Der er dog tydeligvis et meget lille fosfortab fra skovområderne i Gjern Bakker i den vestlige del af oplandet. Fosfortabet fra hele Gjern Å-oplandet var i 1995 på 6,5 tons, hvilket svarer til et tab på ca. 0,57 kg fosfor pr. hektar oplandsareal.

Kilder til næringsstoffer i Gjern Å

I Gjern Å-oplandet er der fem betydende rensningsanlæg, som samlet renser spildevandet fra, hvad der svarer til ca. 20.000 personer. De samlede udledninger fra rensningsanlæggene udgjorde i 1995 ca. 38 tons kvælstof og ca. 1 tons fosfor.

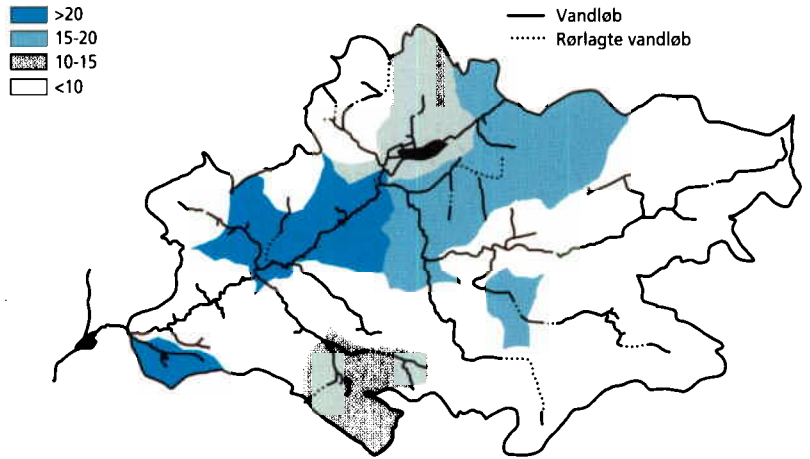
Selv om Søbygård Sø ligger langt opstrøms i Gjern Å-oplandet, påvirker søen næringsstoftransporten i de nedre dele af vandløbssystemet betydeligt. En del af det kvælstof som løber ind i søen, fjernes nemlig i søen – hovedsageligt ved denitrifikation, mens kun en mindre del bundfældes i søen. Denne fjernelse skal selvfølgelig medtages i et samlet kvælstofregnskab for Gjern Å-oplandet.

Tilsvarende har søen også betydning for fosforregnskabet for hele Gjern Å-oplandet. En stor mængde fosfor er i dag ophobet i

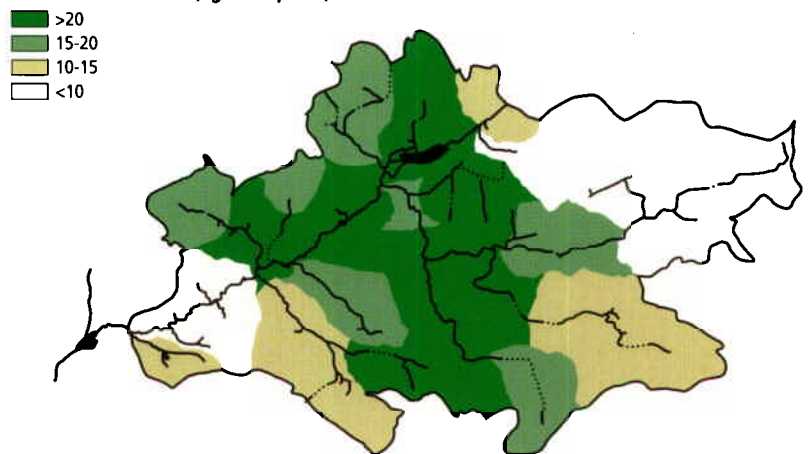
Figur 16.

Afstrømningen af vand, kvælstof og fosfor i vandløb varierer betydeligt i Gjern Å-oplandet. Forskellene i vandafstrømningen er primært bestemt af naturgivne forhold som nedbør, geologi og topografi. Forskellene i kvælstof- og fosfortab er derimod primært bestemt af kulturskabte forhold, som dræning, arealanvendelse og udledninger af spildevand. Kort 4-6 viser forholdene i 1995.

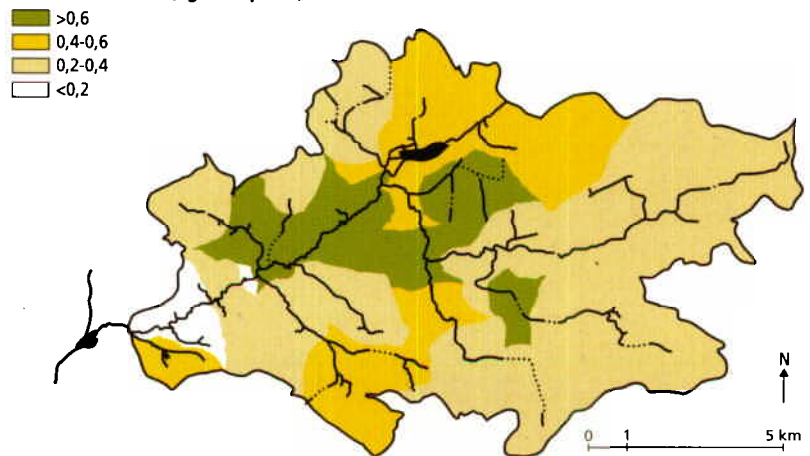
Kort 4. Vandafstrømning (l/s pr. km²)



Kort 5. Kvælstoftab (kg N/ha pr. år)



Kort 6. Fosfortab (kg P/ha pr. år)





Figur 17. Et regnskab for kilderne til kvælstof og fosfor i Gjern Å i 1995 viser, at en meget stor del stammer fra landbrugsarealer.

sedimentet på bunden af søen. Da fosfortilførslen til søen i 1983 blev kraftigt reduceret, begyndte søen pludseligt at frigive den 'gamle' fosfor fra søbunden – søen blev til en fosforkilde. I dag løber der stadigvæk mere fosfor ud af søen, end der kommer ind. Søen afgiver nu med mange års forsinkelse fosforen fra Hammel by.

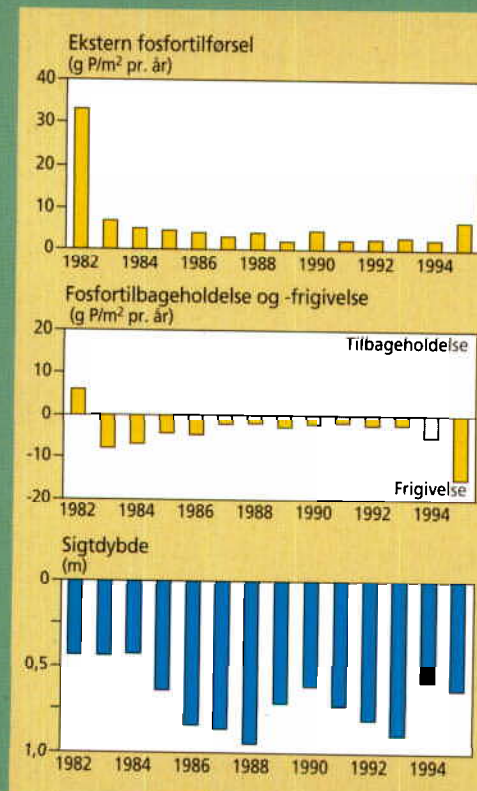
Figur 17 viser det samlede regnskab for kvælstof- og fosfortilførslen til vandløb og søer i Gjern Å-oplandet for 1995. Udledningerne af kvælstof og fosfor fra rensningsanlæggene udgør henholdsvis 20% og 15% af den samlede tilførsel. Søbygård Sø bidrager i dag med godt 30% af fosforregnskabet for hele Gjern Å-oplandet på grund af fosforfrigivelsen fra søbunden. Den diffuse tilførsel af kvælstof og fosfor til vandløb og søer udgjorde i 1995 henholdsvis 80% for kvælstof og 45% for fosfor.

I den diffuse næringsstofftilførsel indgår også udledninger fra ukloakerede bebyggelser i oplandet – den spredte bebyggelse, som udgør omkring 2000 personer. Udledningerne herfra til vandløbene kan beregnes til at udgøre ca. 3 tons for kvælstof og ca. 1,1 tons for fosfor. Udledninger fra den spredte bebyggelse er dermed en ubetydelig post i kvælstofregnskabet (<2%), men udgør næsten 17% i fosforregnskabet.

Landbrugsarealerne i Gjern Å-oplandet er således den største enkeltkilde til kvælstof og fosforindholdet i vandløb og sø.

Box 11. Fortidens synder

Indtil 1983 blev Søbygård Sø voldsomt forurenet med spildevand fra Hammel by. Søens vand blev i denne periode mere og mere uklart – lavere sigtddybe – på grund af algeopblomstringer om sommeren. Store fosformængder ophobede sig i perioden før 1983 i slammet på søbunden, idet søen netto tilbageholdte en del af de tilførte fosformængder. Efter indførelsen af kemisk rensning af spildevandet fra rensningsanlægget i Hammel i 1983 faldt fosfortilførslen til søen dramatisk. Samtidig holdt søen op med at tilbageholde fosfor på søbunden. I stedet blev søen en fosforkilde, idet der hvert år skete en nettofrigivelse af fosfor fra bunden. Vandet i Søbygård Sø er derfor stadig meget uklart med ringe sigtddybe i årene efter 1983. Det skyldes primært, at søen i sommerperioden, hvor der er iltfrie forhold på søbunden, afgiver en del af det fosfor, der i perioden før 1983 blev tilledt og deponeret på bunden.



TRANS – et analyseredskab

TRANS modellen – en introduktion

Et nyt integreret analyseredskab – kaldet TRANS – er blevet udviklet af Danmarks Miljøundersøgelser i et samarbejde med VKI. TRANS sammenkobler eksisterende og nyudviklede modeller for diffuse næringsstofudledninger, vandets bevægelse, transport af opløste og partikelbundne stoffer, samt næringsstoff tilbageholdelse og -omsætning i ferskvandssystemer og ådale.

TRANS er udviklet for at understøtte den regionale planlægning og beslutningstagen vedrørende vedligeholdelse, restaurering og genopretning af søer, vandløb og ådale. TRANS kan således benyttes til at beregne konsekvenserne af en ændret arealanvendelse i kombination med forslag til f.eks. naturgenopretning både helt lokalt og på oplandsniveau. TRANS er således et beslutningsstøttesystem i den regionale vandmiljøplanlægning.

I TRANS indgår der en række selvstændigt udviklede modeller, som er koblet sammen til en helhed. Udgangspunktet for udviklingen har været at lave relativt simple modeller med et beskedent datakrav, der samtidig giver troværdige resultater.

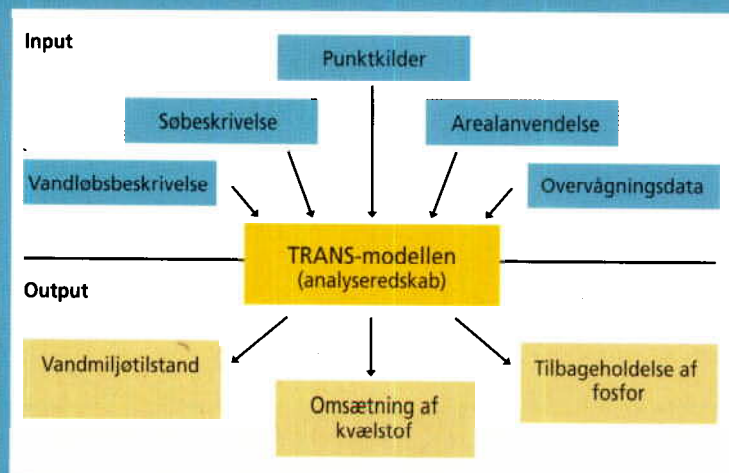
Modelbeskrivelserne bygger på et stort datamateriale fra danske vandløb, søer og vådområder. Modellerne er derfor primært erfaringsbaserede beskrivelser af de fysiske, kemiske og biologiske processer, der har betydning for transport og tilbageholdelse af næringsstoffer.

Modelopbygningen i TRANS

De enkelte delmodeller i TRANS er blevet indlagt i den dynamiske vandløbsmodel MIKE 11. Denne model kan beregne vandstand, vandføring og transporten af stof i vandløb, søer og på oversvømmede enge over givne tidsrum. TRANS bygger på en

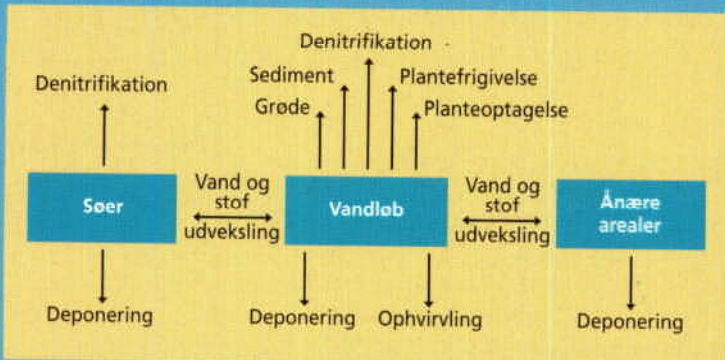
Box 12. TRANS-modellen

Det nye analyseredskab omkring afstrømningsområder kan ud fra en række forholdsvis simple oplysninger om de natur- og kulturgivne forhold i området levere oplysninger om tilstanden i vandmiljøet på en valgt lokalitet og et valgt tidspunkt. Modellen kan herudover beregne tilførslen og tilbageholdelsen af næringsstoffer i vandløb, søer og på oversvømmede enge under nuværende forhold og i fremtidige tænkte situationer – scenarier – til støtte for beslutninger om eventuelle lokale foranstaltninger.



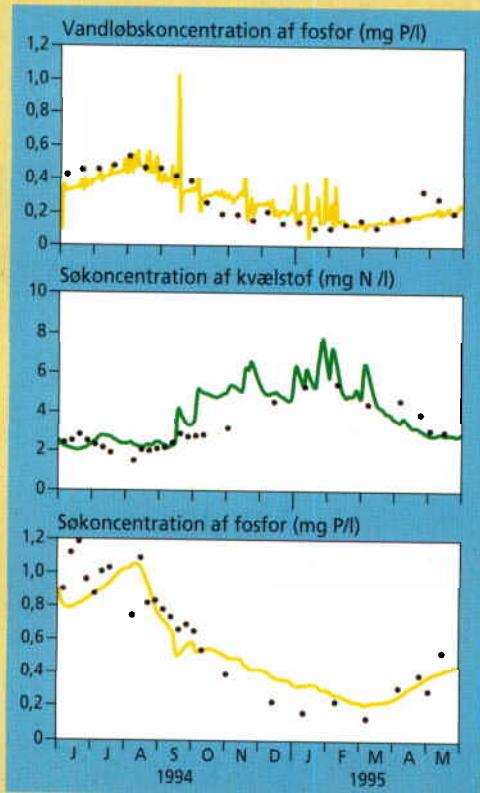
Box 13. Hvad kan simuleres med TRANS ?

Diagram af modelstrukturen i TRANS med angivelse af de enkeltmekanismer, der kan beskrives.



Box 14. Sådan virker TRANS

TRANS-modellen kan på tilfredsstillende vis simulere de observerede forhold i de forskellige dele af Gjern Å-systemet. Det gælder, hvad angår vandstand og vandføring i vandløb, opvækst af grøde og indholdet af kvælstof og fosfor i åvandet og i Søbygård Sø. Punkterne viser målinger og de optrukne linier viser model-simuleringer.



opdeling af ferskvandssystemet i 3 dele – søer, vandløb og ånære arealer. De forskellige beskrivende modeller for omsætning og tilbageholdelse af næringsstoffer bliver i TRANS aktiveret for hver af disse tre typer. Overgangen fra det ene miljø til det andet er i sigens natur svær at fastsætte præcis. Adskillelsen foregår ved at studere tværsnitsopmålinger af vandløb og ådal. I Gjern Å-systemet er der således foretaget en opmåling af alle vandløb, søer og ånære arealer. Ud fra den fysiske beskrivelse af vandløbssystemet kan TRANS herefter beregne hvor meget vandløbsvand, der strømmer ind over det ånære areal til et givet tidspunkt.

I TRANS er medtaget modeller for kvælstof-omsætning via denitrifikation i vandløb og søer samt under oversvømmelse af ånære arealer. Hertil kommer beskrivelser af fosfortilbageholdelsen i søer, optagelse og frigivelse af kvælstof og fosfor i grøden, kvælstof- og fosfortilbageholdelse i forbindelse med deponering af partikulært materiale under oversvømmelse af ånære arealer, samt tilbageholdelse og ophvirvling af kvælstof- og fosforholdigt materiale på vandløbsbunden.

I TRANS modellen findes endnu ikke en beskrivelse af kvælstofomsætningen, når grøfter og dræn brydes, og vand fra baglandet skal passere gennem jorden i det ånære areal, inden det når frem til vandløb. Den aktuelle viden og forskning omkring denne proces er endnu ikke så langt, at velunderbyggede modelbeskrivelser foreligger.

Hvor godt virker TRANS så ?

I Gjern Å-systemet er TRANS sat op, afstemt og testet på meget store datamængder indsamlet i 1994-95. Modellen kan både beskrive vandføringen, væksten af vandplanter og koncentrationen af kvælstof og fosfor på tilfredsstillende måde.

Miljøscenarier

De anvendte scenarier

Miljøkonsekvenserne af tre scenarier – forbedret spildevandsrensning, ændring i arealanvendelse og naturgenopretning – er blevet simuleret med det nye analyseredskab for hele Gjern Å-oplandet. Resultaterne af disse tre scenarier er dels beregnet selvstændigt, dels i et samlet 'ultimativt' scenarie for at få et billede af, hvor meget det er muligt realistisk at reducere udledningen af næringsstoffer. Alle scenarier er gennemført for perioden juni 1994 til maj 1995.

TRANS-modellen gør det muligt at beskrive konsekvenserne for kvælstof- og fosfortransporten og omsætningen på forskellige tidspunkter af året et givet sted i systemet. Konsekvenserne af scenarierne kan dog bedst og mest simpelt belyses ved at betragte resultaterne i nogle nøglepunkter – eksempelvis i Søbygård Sø og ved udløbet af Gjern Å i Gudenåen.

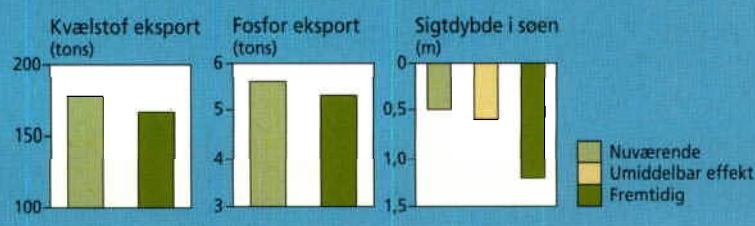
Hvad er miljøeffekten af bedre spildevandsrensning ?

Scenariet omfatter en iværksættelse af yderligere rensningsforanstaltninger på de fem rensningsanlæg i oplandet. Der er således stillet yderligere krav til koncentrationen af kvælstof og fosfor i det udløbsvand, som forlader rensningsanlægget. Kun det ene af spildevandsanlæggene i oplandet – Hammel rensningsanlæg – falder på grund af sin størrelse ind under Vandmiljøplanens krav

til rensning af spildevand. Renseanlæg med en kapacitet på mere end 15.000 person-ækvivalenter skal rense spildevandet ned til 8 mg kvælstof pr. liter og 1,5 mg fosfor pr. liter. I amtets vandkvalitetsplaner er der dog ofte sat skærpede krav til spildevandets rensning af især fosfor. Det gælder således også for rensningsanlæggene i Gjern Å-oplandet, som vejledende skal rense spildevandet ned til 0,3 mg fosfor pr. liter fra år 2001. I scenariet med forbedret spildevandsrensning er der regnet med optimal rensning på alle fem anlæg med en rensning ned til 8 mg kvælstof pr. liter og 0,2 mg fosfor pr. liter.

Box 15. Øget spildevandsrensning (scenarie 1)

En øget rensning af spildevandet i Gjern Å-oplandet for kvælstof og fosfor vil kun reducere eksporten af kvælstof og fosfor fra Gjern Å til Gudenåen i beskedent omfang. Den bedre fosforrensning af spildevandet fra Hammel by vil umiddelbart kun øge sommersigtdybden i søen ubetydeligt, men efter nogle år, når den ophobede fosforpulje på søbunden er tømt ud, vil der ske kraftige forbedringer i søens miljøtilstand.



Den samlede kvælstoftilførsel til Gjern Å-systemet vil i scenariet falde med 28 tons eller 13%. Samtidig reduceres selvrensningen i vandmiljøet med 17 tons, især på grund af en mindre kvælstoftilførsel fra rensningsanlægget i Hammel til Søbygård Sø og en deraf følgende mindre kvælstofomsætning. Den samlede eksport af kvælstof fra Gjern Å til Gudenåen vil derfor kun blive reduceret med 11 tons. Man kan lidt forenklet sige, at investeringen i bedre kvælstofrensning på rensningsanlæg ikke giver fuldt udbytte i vandmiljøet på grund af søen.

I scenariet reduceres fosfortilførslen til Gjern Å-systemet med 0,6 tons eller med 13%. Den samlede eksport af fosfor fra Gjern Å til Gudenåen reduceres dog kun med 0,3 tons. Dette skyldes både en større fosforfrigivelse fra søbunden og en mindre fosfortilbageholdelse på de ånære arealer. Den bedre fosforrensning af spildevandet fra Hammel medfører om sommeren kun en forbedring i sigtddybden i søen på 10 centimer. Dette skyldes den øgede fosforfrigivelse fra søbunden. Rensningsindsatsen slår altså

ikke fuldt igennem med det samme. Efter nogle år vil søen igen være i ligevægt, dvs. der frigives netto ikke mere fosfor fra søbunden. I denne situation vil sigtddybden i søen om sommeren stige med 70 centimer som følge af den forbedrede rensning af spildevandet for fosfor.

Hvad er miljøeffekten af en ekstensivering af landbrugsarealerne ?

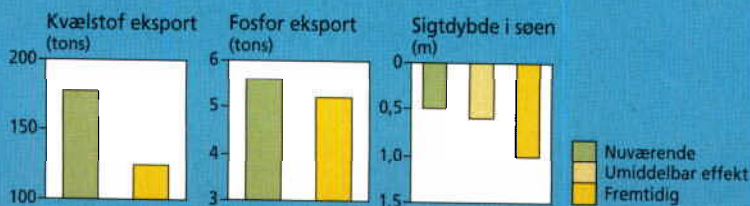
Scenariet omfatter en ekstensivering af 20% af landbrugsarealerne i Gjern Å-oplandet. Ekstensiveringen betyder at landbrugsjorden tages ud af omdriften og omlægges til udyrkede arealer. I Gjern Å-oplandet vil ekstensiveringen omfatte et areal på i alt 1.500 hektar.

Den samlede kvælstoftilførsel til Gjern Å-systemet vil i scenariet falde med 66 tons eller 30%. Samtidig reduceres selvrensningen i vandmiljøet med 13 tons på grund af et mindre kvælstofindhold i åvandet. Den samlede eksport af kvælstof fra Gjern Å til Gudenåen bliver således reduceret med 53 tons eller 30%.

Box 16. Ekstensivering af landbrugsarealer (scenarie 2)

Ekstensivering af 20% af landbrugsarealerne i Gjern Å-oplandet vil få stor betydning med hensyn til at reducere eksporten af kvælstof fra Gjern Å til Gudenåen. Den tilsvarende effekt for fosfor vil være marginal. Målrettet ekstensivering af risiko-områder for fosfortab samt brede, udyrkede bræmmer langs vandløb vil med sikkerhed kunne reducere fosforeksporten mere end her vist.

Ekstensiveringen af landbrugsdriften vil kun få ringe betydning for sigtddybden i søen om sommeren.



I scenariet falder fosforbelastningen af Gjern Å-systemet med 0,4 tons svarende til 8%. Den samlede fosforeksport fra Gjern Å-oplandet reduceres med de samme 0,4 tons. Indgrebet slår altså fuldt igennem i vandmiljøet. I scenariet er ekstensiveringen ikke målrettet mod særlige risikoområder for fosfortab. En større reduktion i fosforbelastningen af Gjern Å-systemet vil netop kunne opnåes ved at målrette ekstensiveringen af landbrugsdriften mod skrånende marker ned mod vandløb og søer og/eller i form af etableringen af brede dyrkningsfrie bræmmer langs vandløb og søer for at reducere tilførslen af fosfor fra jord- og brinkerosion. Værktøjer til udpegning og beregning af miljøeffekterne heraf er dog endnu ikke udviklet.

forhold i åerne og de omkringliggende enge – bl.a. vil åerne flere steder og hyppigere oversvømme engene, end det er tilfældet i dag. Scenariet forudsætter selvfølgelig en ekstensivering af landbrugsproduktionen i ådalene. I dette scenarie er betydningen af ekstensiveringen dog holdt ude, således at effekten af selve naturgenopretningen kan belyses selvstændigt.

Den samlede kvælstoftilførsel til Gjern Å-systemet ændrer sig ikke i naturgenopretningsscenariet, idet kvælstofomsætningen i de våde enge, som angivet ovenfor, ikke har kunnet medtages i TRANS-modellen. De flere kilometer åbne vandløb, den dybere sø og kvælstoffjernelsen ved det større omfang af oversvømmelser af enge med åvand giver en forøget selvrensning på 13 tons kvælstof. Den samlede eksport af kvælstof fra Gjern Å-oplandet til Gudenåen bliver derfor reduceret med 7%.

I naturgenopretningsscenariet øges tilbageholdelsen af fosfor med 1,7 tons, hvilket slår fuldt igennem i eksporten fra Gjern Å-

oplandet. Naturgenopretning medvirker altså til en betydelig reduktion i fosforeksporten fra Gjern Å til Gudenåen på 30%. En umiddelbar miljømæssig gevinst ved naturgenopretningen fås i Søbygård Sø, idet sigtdybden stiger med 70 centimeter.

Hvad er effekten af at afskære dræn og grøfter i engene ?

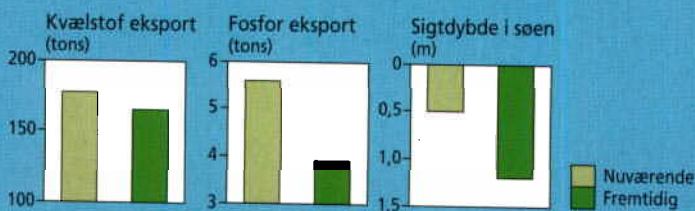
TRANS-modellen indeholder beskrivelser af de fleste selvrensningsmekanismer for kvælstof og fosfor i ferskvandssystemer. Desværre indeholder modellen endnu ikke en beskrivelse af kvælstofomsætning og fosfortilbageholdelse i våde enge, når dræningen af disse ophører ved at dræningen af disse afskæres, og grøfter blokeres eller fyldes op. Vand fra højereliggende landbrugsarealer, der i dag passerer engene i dræn og grøfter, vil ved et sådant tiltag blive tvunget gennem engene med en længere opholdstid til følge. Det vil især medføre en øget fjernelse af kvælstof, mens det er mere usikkert, hvad der vil ske med fosfor. For også at inkludere effekten af afskæring af dræn og grøfter, er der gennemført en simpel overslagsberegning på, hvor meget ekstra kvælstof, der kan omsættes i de engarealer, som på kortet fra 1870 over Gjern Å er angivet til at have været våde enge og moser.

For hundrede år siden lå omkring en tredjedel af de vandløbsnære arealer i Gjern Å-systemet hen som våde enge eller moser. Hvis det lavt sat antages, at våde udrænedede engarealer årligt kan omsætte 100 kg kvælstof pr. hektar, vil det medføre en reduktion i kvælstoftilførslen til Gjern Å på ca. 30 tons. En del af den forøgede kvælstofomsætning i de våde enge vil blive modvirket af en mindre selvrensning i vandløb, søer og på oversvømmede enge, pga. det lavere kvælstofindhold i vandløbsvandet. Betydningen heraf har dog ikke kunnet medtages i beregningerne. Reduktionen i kvælstofeksporten fra Gjern Å til Gudenåen ved afbrydelse af dræn og grøfter i ådalen er

Box 17. Naturgenopretning (scenarie 3)

Naturgenopretning af vandløb, ådale og søen i Gjern Å-systemet vil reducere både kvælstof- og fosforeksporten til Gudenåen. Størst vil betydningen være for fosfor. Afskæres dræn og grøfter i engene vil det medføre en større reduktion for kvælstof, som gennemgås i næste afsnit.

Naturgenopretningen vil medføre en stor og umiddelbar forøgelse i sigtdybden i Søbygård Sø. Miljøtilstanden i søen vil således blive mærkbart forbedret.



derfor ukendt, men vil antagelig være i størrelsesordenen 25 tons.

Det kan lade sig gøre !

De tre selvstændige scenarier for rensning af punktkilder, ændret arealanvendelse og naturgenopretning kan kombineres i et 'ultimativt' scenarie. Dette scenarie demonstrerer, hvor langt man kan komme i et vandløbsopland med tiltag som er rimeligt opnåelige.

Hvis det vælges at ekstensivere 20% af landbrugsarealerne i Gjærn Å-oplandet, svarer det til 1.500 hektar. Ekstensiveres dyrkningsforholdene i ådalene, svarer det i Gjærn Å-systemet til ca. 900 hektar. EU's nye MiljøVenlige Jordbrugsforanstaltninger (MVJ-ordninger) kan give arealtilskud til sådanne foranstaltninger, hvor også engenes afvandingstilstand ændres. Ordningerne er selvfølgelig frivillige for landmændene.

Demonstrationsprojekter omkring genopretning af ådale og bæredygtig landbrugsproduktion er i disse år på vej i Danmark. Ekstensiveringen af de yderligere 600 hektar landbrugsjord kan f. eks. bruges til skovrejsning og/eller beskyttelse af sårbare grundvandsmagasiner.

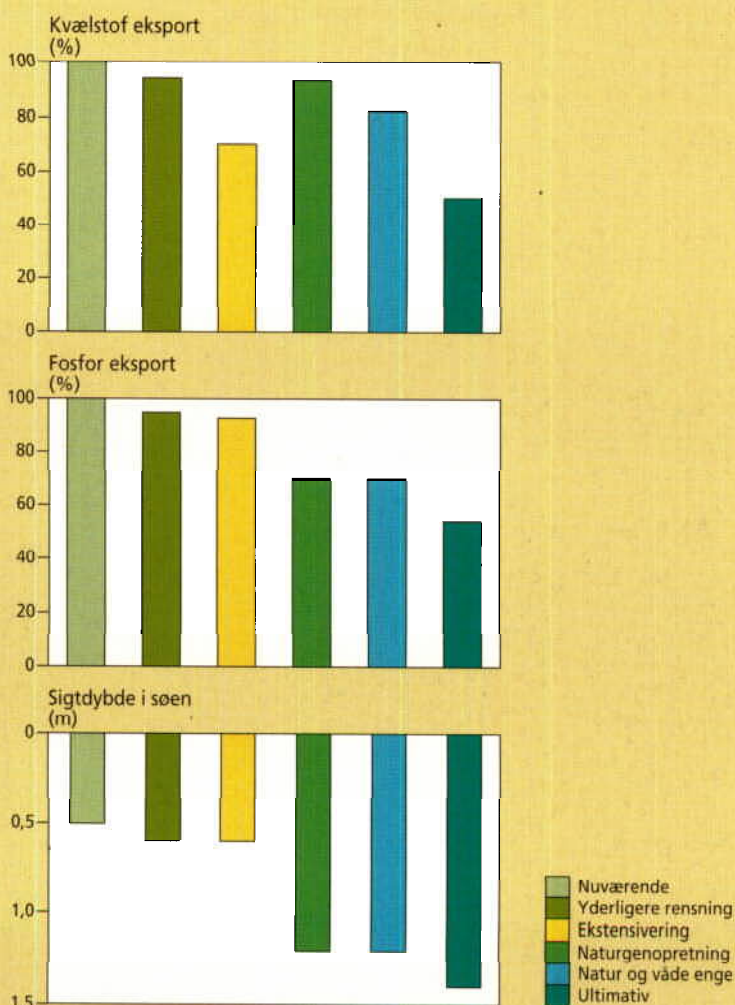
Den samlede kvælstoftilførsel til Gjærn Å-systemet vil i det ultimative scenarie, hvor spildevandsrensning, ændret arealanvendelse og naturgenopretning gennemføres samtidig, blive reduceret med 94 tons svarende til 44%. Reduktionen i kvælstoftilførslen vil medføre et lavere indhold af kvælstof i vandløbsvandet. Dermed vil selvrensningen i vandløb, søer og på oversvømmede enge falde med ca. 26 tons. Den samlede eksport af kvælstof fra Gjærn Å-oplandet til Gudenåen bliver i det ultimative scenarie derfor reduceret med 68 tons.

Hertil kommer en yderligere reduktion i kvælstofbelastningen på i størrelsesordenen 30 tons som følge af den forøgede omsætning

Box 18. Hvor langt kan vi komme ?

Ved at gennemføre en kombination af bedre spildevandsrensning, ekstensivering af 20% af landbrugsarealerne og naturgenopretning af vandløb, søer og ånære arealer vil kvælstof- og fosforeksporten fra Gjærn Å til Gudenåen blive reduceret betydeligt. For kvælstof med mere end 50% og for fosfor med knap 50%.

Miljøtilstanden i Søbygård Sø vil i det ultimative scenarie blive forbedret betydeligt, idet søen vil blive klarvandet med en sigtdybde på næsten halvanden meter.



af kvælstof i de genetablerede våde enge, når dræn og grøfter sløjfes. Effekten heraf slår, som ovenfor beskrevet, heller ikke fuldt igennem på grund af et fald i selvrensningen i vandløb og søer. Det forventes, at effekten heraf vil blive på i størrelsesordenen 25 tons kvælstof. Samlet set vil eksporten af kvælstof fra Gjern Å-oplandet til Gudenåen derfor blive reduceret med 93 tons.

I det ultimative scenarie reduceres fosforbelastningen af Gjern Å-systemet med 1 tons svarende til 21%. Tilbageholdelsen af fosfor i vandløb, søer og ånære arealer øges i scenariet med 1,6 tons, hvilket betyder, at den samlede fosforeksport fra Gjern Å-oplandet reduceres med 2,6 tons. Miljøtilstanden i Søbygård Sø vil forbedres væsentligt, idet sigtdybden vil blive forøget med næsten en meter.

Hvad vil det koste ?

De anslåede årlige omkostninger af en bedre spildevandsrensning, ekstensivering af

landbrugsarealer og naturgenopretning kan overslagsmæssigt opgøres. Omkostningerne består både af engangsinvesteringer, f.eks. til udbygget spildevandsrensning, opgravning af bundslam fra Søbygård Sø og restaurering af vandløb, samt driftsudgifter i form af arealstøtte til landmænd i forbindelse med ekstensiveringen af landbrugsarealerne. Den samlede årlige udgift er beregnet til at være i størrelsesordenen 11-14 mill. kr., når den opgøres over en 20 årig periode.

Beregningerne i scenariet viser således, at kvælstofeksporten fra Gjern Å-oplandet kan reduceres med godt 50% for en pris af omkring 150 kroner pr. kg kvælstof pr. år i 20 år. Det er omtrent samme beløb, som det koster at fjerne kvælstof på de store rensningsanlæg ved hjælp af denitrifikation. I det ultimative scenarie opnås for samme pris næsten en halvering af fosforforureningen, og der genskabes muligheder for et rigt og varieret plante- og dyreliv i de genoprettede vandløb, søer og våde enge.



FOTO: DMU/CARL CHRISTIAN HOFFMANN

Ekstensivering af landbrugsarealer og naturgenopretning forbedrer både miljø- og naturtilstanden i vore omgivelser.

Sammenfatning

Forureningen af vort vandmiljø med kvælstof og fosfor er stadigvæk et af de største miljøproblemer i Danmark såvel som i mange andre europæiske lande. Forekomsten af giftige alger og iltsvind i søer, fjorde og indre farvande er tilbagevendende problemer.

Årsagen til problemet er, at der stadig udledes store mængder af næringsstoffer til vandmiljøet. I de senere år er der i gennemsnit udledt 95.000 tons kvælstof og 2.500 tons fosfor med de danske vandløb til havet. De fortsat store udledninger af især kvælstof sker på trods af kravene i Vandmiljøplanen om en reduktion af udledningen på 50%.

Investeringerne i rensning af byernes spildevand har været en stor succes. Udledningerne af især fosfor og organisk stof, men også kvælstof, er reduceret meget betydeligt over en årrække. Udledningen af næringsstoffer fra landbruget er således i dag hovedkilden til kvælstof og en meget væsentlig kilde til fosfor i vandmiljøet. Udledningen af næringsstoffer fra landbruget er i dag stadig så stor, at den fastholder mange søer, fjorde og havet i en dårlig miljøtilstand.

Siden Vandmiljøplanen blev vedtaget er der gennemført mange miljøforanstaltninger i dansk landbrug. Formålet har været at få en bedre udnyttelse af kvælstoffet i husdyrgødningen. De seneste analyser viser, at der i 1990'erne er sket en reduktion på 14%, og at målet med en halvering af kvælstoftilførslen til vandmiljøet ikke vil blive nået med de iværksatte initiativer.

De diffuse udledninger af fosfor fra landbrugsarealer er større end hidtil antaget. På

trods af en stor reduktion i det danske forbrug af fosfor i handelsgødning sker der stadig en nettotilførsel af fosfor til jorden. Derudover har de mange marker med vinterafgrøder medført en øget jorderosion og en dermed øget risiko for tilførsel af fosfor til vandmiljøet.

Dræning af marker, kanalisering af vandløb og opdyrkning af ånære arealer har ændret på en række naturlige processer, som omsætter og tilbageholder næringsstoffer. Naturgenopretning i form af gensnoning af vandløb og genskabelse af våde enge kan derfor medvirke til at genskabe disse processer og til yderligere at reducere næringsstofftransporten i vandløb og dermed belastningen af søer, fjorde og havet.

Et nyt modelværktøj TRANS er blevet udviklet under Det Strategiske Miljøforskningsprogram. TRANS er et beslutningsstøtteredskab, som kan anvendes til at forudsige effekterne af forskellige tiltag i et vandløbsopland.

TRANS er blevet sat op og testet i Gjern Å-systemet i Gudenåens opland og anvendt til at forudsige effekterne af forskellige scenarier på næringsstofftransporten i Gjern Å og miljøtilstanden i Søbygård Sø. Der er mange muligheder for at reducere næringsstoffbelastningen, herunder generelle ændringer i landbrugsdriften. Her er valgt følgende scenarier

- bedre spildevandsrensning
- ekstensivering af 20% af landbrugsarealerne
- naturgenopretning med genskabelse af snoede vandløb, søens oprindelige skikkelse m.v.

Derudover er det konservativt vurderet, hvad effekten af afskæring af dræn og grøfter i engene vil betyde.

Modelberegningerne på Gjern Å-systemet viser

- at for kvælstof vil den største effekt fås ved ekstensivering af landbrugsdriften fulgt af naturgenopretning med våde enge. Samlet vil kvælstoftransporten fra oplandet blive omtrent halveret i forhold til situationen i 1994/95
- at for fosfor vil den største effekt fås ved naturgenopretning med gensoning af vandløb og reetablering af våde enge. Samlet vil fosfortransporten fra oplandet blive godt halveret
- at miljøtilstanden i søen på kort sigt kun forbedres lidt, men at der på langt sigt kan opnås betydelige forbedringer i miljøtilstanden

Hovedkonklusionen er, at hvert enkelt tiltag i vandløbsoplandet kan bidrage til at løse en del af problemerne vedrørende næringsstofbelastning af vandmiljøet. En samlet løsning forudsætter en kombination af flere tiltag, herunder naturgenopretning. Selvom videngrundlaget vedrørende effekter på naturkvaliteten endnu er beskedent, vurderes det, at naturgenopretning derudover vil bidrage til et mere rigt og varieret plante- og dyreliv. For at øge videngrundlaget er der behov for storskalaprojekter, som kan dokumentere de natur- og miljømæssige gevinster ved forskellige naturgenopretningstiltag, samt belyse omkostningerne for den enkelte landmand og for samfundet.

Litteratur

Danmarks Statistik, 1994: Tal om Natur og Miljø, 235 s.

Danmarks Statistik, flere årgange. Statistisk årbog og landbrugsstatistik.

Falkum, Ø., Kronvang, B. og Svendsen, L.M., 1997: Stoffilbageholdelse på oversvømmede enge. Vand & Jord, 4 årgang, nr. 3, 125-129.

Fyns amt, 1997: Vandmiljøovervågning. De fynske vandløb. Tema: Ferskvand. Fyns amt, 210 s.

Grant, R., Jensen, P.G., Andersen, H.E., Laubel, A., Deibjerg, C., Rasmussen, H. og Rasmussen, P., 1996A: Vandmiljøplanens Overvågningsprogram. Landovervågningsoplade. Faglig rapport fra Danmarks Miljøundersøgelser, nr. 175, 147 s.

Grant, R., Laubel, A., Kronvang, B., Andersen, H.E., Svendsen, L.M. and Fuglsang, A., 1996B: Loss of dissolved and particulate phosphorus from arable catchments by subsurface drainage. Water Research, Vol. 30, No. 11, 2633-2642.

Iversen, T.M., Kronvang, B., Hoffmann, C.C., Søndergaard, M. and Hansen, H.O., 1995: Restoration of aquatic ecosystems and water quality. In Møller, H.S. (ed). Nature Restoration in the European Union. Proceedings of a seminar, Denmark 29-31 May 1995. Ministry of Environment and Energy, The National Forest and Nature Agency, Denmark, 63-69.

Kristensen, P., Kronvang, B., Jeppesen, E., Græsbøll, P., Erlandsen, M., Rebsdorf, Aa., Bruhn, A. og Søndergaard, M., 1990: Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1989. Ferske vandområder, vandløb, kilder og søer. Faglig rapport fra Danmarks Miljøundersøgelser nr. 5, 130 s.

Landbrugsministeriet, 1991: Bæredygtigt landbrug. En teknisk redegørelse 1991. Landbrugsministeriet, 366 s.

Paaby, H. og Møhlenberg, F., 1996: Kvælstofbelastning af havmiljøet. Temarapport fra Danmarks Miljøundersøgelser, 1996/9, 39 s.

Rebsdorf, Aa., Friberg, N., Hoffmann, C.C. og Kronvang, B., 1994: Ånære arealers samspil med vandløb. Miljøprojekt nr. 275, Miljøstyrelsen, 140 s.

Schjønning, P., Sibbesen, R., Hansen, A.C., Hasholt, B., Heidmann, T., Madsen, M.B. og Nielsen, J.D., 1995: Overfladeafstrømning, vanderosion og tab af fosfor fra to landbrugsjorde i Danmark., SP report, No. 14, Statens Planteavlsvforsøg, 196 s.

Supplerende litteratur

Forekomst og effekter af næringsstoffer i vandmiljøet

Jensen, J.P., Lauridsen, T., Søndergaard, M., Jeppesen, E., Agerbo, E. og Sortkjær, L., 1996: Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1995. Ferske vandområder - søer. Faglig rapport fra Danmarks Miljøundersøgelser, nr. 176, 95 s.

Kaas, H., Møhlenberg, F., Josefson, A., Rasmussen, B., Krause-Jensen, D., Jensen, H.S., Svendsen, L.M., Windolf, J., Middelboe, A.L., Sand-Jensen, K. og Pedersen, M.F. 1996: Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1995. Marine områder. Danske fjorde - status over miljøtilstand, årsagssammenhænge og udvikling. Faglig rapport fra DMU, nr. 179, 206 s.

Kristensen, P., Jensen, J.P. og Jeppesen, E. 1990: Eutrofieringsmodeller for søer. NPO-forskning fra Miljøstyrelsen, Nr. C90, 120 s.

Sand-Jensen, K. 1996: Økologi i søer og vandløb. G.E.C. Gads Forlag, København 1996, 188 s.

Kilder til næringsstoffer i vandmiljøet

GEUS, 1995: Grundvandsovervågning 1995. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, 208 s. + 25 bilag.

Grant, R., Jensen, P.G., Andersen, H.E., Laubel, A., Deibjerg, C., Rasmussen, H. og Rasmussen, P., 1996: Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1995. Landovervågningsoplande. Faglig rapport fra Danmarks Miljøundersøgelser, nr. 175, 147 s.

Miljøstyrelsen, 1995: Vandmiljø-95. Grundvandets miljøtilstand samt status for det øvrige vandmiljø tilstand i 1994. Redegørelse fra Miljøstyrelsen, Nr. 3, 155 s.

Munkholm, L.J. og Sibbesen, E., 1997: Tab af fosfor fra landbrugsjord. Miljøforskning, nr. 30, Det Strategiske Miljøforskningsprogram, 63 s.

Windolf, J.(ed), 1996. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1995: Ferske vandområder - vandløb og kilder. Faglig rapport fra Danmarks Miljøundersøgelser, nr. 177, 165 s. + 12 bilag.

Omsætning og tilbageholdelse af næringsstoffer i jord og vand

Christensen, P.B., Nielsen, L.P., Revsbech, N.P. og Sørensen, J., 1991: Denitrifikation i våd- og vandområder. I: Kvælstof, fosfor og organisk stof i jord og vandmiljøet. Rapport fra konsensuskonference, Undervisningsministeriets Forskningsafdeling - 1991, 10-1 til 10-24.

Hoffmann, C.C., Dahl, M., Kamp-Nielsen, L. og Stryhn, H., 1993: Vand- og stofbalance i en natureng. Miljøprojekt nr. 231, Miljøstyrelsen, 149 s.

Rebsdorf, Aa., Friberg, N., Hoffmann, C.C. og Kronvang, B., 1994: Ånære arealers samspil med vandløb. Miljøprojekt nr. 275, Miljøstyrelsen, 140 s.

Thyssen, N., Erlandsen, M., Kronvang, B. og Svendsen, L.M., 1990: Vandløbsmodeller - biologisk struktur og stofomsætning. NPO-forskning fra Miljøstyrelsen, Nr. C10, 104 s.

Naturgenopretning og vandløbsrestaurering

Hansen, H.O. 1996: Vandløbsrestaurering - eksempler og erfaringer fra Danmark. Miljø- og Energiministeriet, Danmarks Miljøundersøgelser, Faglig rapport nr. 151, 135 s.

Miljøstyrelsen 1994: Vandløbene - ti år med den nye vandløbslov. Miljøministeriet, Miljøstyrelsen, Miljønyt nr. 10, 217 s.

Jeppesen, M., Søndergaard, M., Jensen, H.J. og Müller, J.P. 1989: Restaurering af søer ved indgreb i fiskebestanden. Status for igangværende undersøgelser. Del 1: Hovedrapport. Danmarks Miljøundersøgelser 1989.

Danmarks Miljøundersøgelser

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

Henvendelser kan rettes til: *URL: <http://www.dmu.dk>*

Danmarks Miljøundersøgelser *Direktion og Sekretariat*
Postboks 358 *Forsknings- og Udviklingssektion*
Frederiksborgvej 399 *Afd. for Atmosfærisk Miljø*
DK-4000 Roskilde *Afd. for Havmiljø og Mikrobiologi*
Tlf. 46 30 12 00 *Afd. for Miljøkemi*
Fax 46 30 11 14 *Afd. for Systemanalyse*

Danmarks Miljøundersøgelser *Afd. for Arktisk Miljø*
Tagensvej 135, 4. sal
DK-2200 København N
Tlf. 35 82 14 15
Fax 35 82 14 20

Danmarks Miljøundersøgelser *Afd. for Vandløbsøkologi*
Postboks 314 *Afd. for Sø- og Fjordøkologi*
Vejlsovej 25 *Afd. for Terrestrisk Økologi*
DK-8600 Silkeborg
Tlf. 89 20 14 00
Fax 89 20 14 14

Danmarks Miljøundersøgelser *Afd. for Landskabsøkologi*
Grenåvej 12, Kalø *Afd. for Kystzoneøkologi*
DK-8410 Rønne
Tlf. 89 20 17 00
Fax 89 20 15 14

Publikationer:

DMU udgiver faglige rapporter, tekniske anvisninger, temarapporter samt årsberetninger.

Et katalog over DMU's aktuelle forsknings- og udviklingsprojekter er tilgængeligt via World Wide Web.

I årsberetningen findes en oversigt over det pågældende års publikationer.

Tidligere TEMA-rapporter fra DMU

- Nr. 1/1994: **Kvælstoftilførsel til Limfjorden**
Brian Kronvang m.fl., 16 sider, Kr. 50,-.
- Nr. 2/1994: **Luftforurening i danske byer**
Kåre Kemp og Finn Palmgren, 42 sider, Kr. 100,-.
- Nr. 3/1995: **Ozon som luftforurening**
Jes Fenger, 48 sider, Kr. 80,-.
- Nr. 4/1996: **Tungmetaller i danske jorder**
John Jensen m.fl., 40 sider, Kr. 100,-.
- Nr. 5/1996: **Forureningsbekæmpelse med mikroorganismer**
Ulrich Karlson m.fl., 32 sider, Kr. 30,-.
- Nr. 6/1996: **Status og jagttider for danske vildtarter**
Jesper Madsen m.fl., 112 sider, Kr. 110,-.
- Nr. 7/1996: **Naturens tålegrænser for luftforurening**
Morten Strandbjerg og Lisbeth Mortensen, 40 sider, Kr. 60,-.
- Nr. 8/1996: **Anskydning af vildt**
Henning Noer, Jesper Madsen, Helmuth og Pout Hartmann, 52 sider, Kr. 80,-.
- Nr. 9/1996: **Kvælstofbelastning af havmiljøet**
Henrik Paaby og Flemming Møhlenberg, 40 sider, Kr. 60,-.
- Nr. 10/1996: **Havets usynlige liv**
Åke Hagström, Torkel Gissel Nielsen, Jens Kjerulf Petersen og Thomas Forbes, 33 sider, Kr. 50,-.
- Nr. 11/1997: **En atmosfære med voksende problemer..., luftforureningens historie**
Jes Fenger, 64 sider, Kr. 90,-.
- Nr. 12/1997: **Reservatnetværk for vandfugle**
Preben Clausen, Jesper Madsen, Palle Uhd Jepsen og Bjarne Søgaard, 52 sider, Kr. 80,-.

De enkelte hæfter i serien "TEMA-rapport fra DMU" beskriver resultaterne af DMU's forskning inden for et afgrænset område. Rapporterne er skrevet på letforståeligt dansk og henvender sig til alle, der er interesseret i miljø og natur. Serien er udformet så den kan bruges i undervisningen i folkeskolens ældste klasser og i gymnasiet.