



Danmarks Miljøundersøgelser  
Miljøministeriet

# Danske søer – fosfortilførsel og opfyldelse af målsætninger

VMP III, Fase II

*Faglig rapport fra DMU, nr. 480*

*[Tom side]*



Danmarks Miljøundersøgelser  
Miljøministeriet

---

# Danske søer – fosfortilførsel og opfyldelse af målsætninger

VMP III, Fase II

*Faglig rapport fra DMU, nr. 480  
2003*

*Martin Søndergaard*

*Jens Peder Jensen*

*Lone Liboriussen*

*Kurt Nielsen*

# Datablad

Titel:	Danske søer - fosfortilførsel og opfyldelse af målsætninger
Undertitel:	VMP III, Fase II
Forfattere:	Martin Søndergaard, Jens Peder Jensen, Lone Liboriussen & Kurt Nielsen
Afdeling:	Afd. for Ferskvandsøkologi
Serietitel og nummer:	Faglig rapport fra DMU nr. 480
Udgiver:	Danmarks Miljøundersøgelser© Miljøministeriet
URL:	<a href="http://www.dmu.dk">http://www.dmu.dk</a>
Udgivelsestidspunkt:	December 2003
Redaktionen afsluttet:	December 2003
Faglig kommentering:	Lisbeth Wiggers, Århus Amt, Jørgen Windolf og Kjeld Sandby, Fyns Amt
Finansiell støtte:	Ingen ekstern finansiering
Bedes citeret:	Søndergaard, M., Jensen, J.P., Liboriussen, L. & Nielsen, K. 2003: Danske søer – fosfortilførsel og opfyldelse af målsætninger. VMP III, Fase II. Danmarks Miljøundersøgelser 40 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 480. <a href="http://faglige-rapporter.dmu.dk">http://faglige-rapporter.dmu.dk</a>  Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse.
Sammenfatning:	Vandkvaliteten i mange af de danske søer lever ikke op til målsætningen. Årsagen er for høje koncentrationer af næringsstoffer, hvoraf især fosfor er vigtig. Efter mindsket tilførsel via spildevand belastes mange søer nu med fosfor via en pulje i søbunden, men selv når denne belastning aftager, og søerne er i ligevægt med den nuværende fosfortilførsel, vil fosforkoncentrationen være for høj i mange søer. Denne rapport analyserer 27 søers oplande og tilførsel af fosfor med henblik på at vurdere mulighederne for yderligere reduktioner i tilførslen af fosfor. Scenarieanalyser viser, at tilførslen af fosfor især kan reduceres, hvis der gribes ind over for landbrugsbidraget. Analyserne er forbundet med betydelig usikkerhed især i forhold til at skelne bidragene fra spredt bebyggelse, landbrug og natur.
Tegninger/fotos:	Grafisk Værksted, Silkeborg
Layout:	Anne Mette Poulsen
ISBN:	87-7772-784-3
ISSN (elektronisk):	1600-0048
Sideantal:	40
Internet-version:	Rapporten findes kun som PDF-fil på DMU's hjemmeside <a href="http://www.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_fagrapporter/rapporter/FR480.pdf">http://www.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_fagrapporter/rapporter/FR480.pdf</a>
Købes hos:	Miljøministeriet Frontlinien Strandgade 29 1401 København K Tlf.: 32 66 02 00 <a href="mailto:frontlinien@frontlinien.dk">frontlinien@frontlinien.dk</a> <a href="http://www.frontlinien.dk">www.frontlinien.dk</a>

# **Indhold**

## **Forord 5**

### **1 Sammenfatning 7**

### **2 Indledning 9**

- 2.1 Baggrund 9
- 2.2 Fosforkilder 11
- 2.3 Indhold og formål 12
- 2.4 Metoder og databaggrund 13
- 2.5 Beregning af stoftilførsel 16
- 2.6 Baggrundsbidraget 17
- 2.7 Landbrugsbidraget 18

### **3 Oplandskarakteristika 19**

- 3.1 De 27 søers oplande 19

### **4 Målsætninger og deres opfyldelse ved de nuværende belastninger 21**

- 4.1 Krav til fosforindhold og indløbskoncentrationer 21
- 4.2 Krav til reduktion i indløbskoncentrationen af fosfor 23

### **5 Scenarier 25**

- 5.1 Søerne generelt 25
- 5.2 De specifikke søer 26
  - 5.2.1 Forudsætninger 26
  - 5.2.2 Resultater 27
  - 5.2.3 Konklusioner 30

### **6 Referencer 31**

## **Bilag 33**

## **Danmarks Miljøundersøgelser**

## **Faglige rapporter fra DMU/NERI Technical Reports**

*[Tom side]*

# Forord

Denne rapport er lavet for Skov- og Naturstyrelsen og Fødevarerministeriet som led i forarbejdet (fase 2) til Vandmiljøplan III (VMP III). Rapporten er en fortsættelse af det arbejde, som den tekniske undergruppe miljømodelgruppen (F-6b) udførte i foråret 2003 under fase 1: "Kvantificering af næringsstoffers transport fra kilde til recipient samt effekt i vandmiljøet" (*Nielsen m.fl., 2003a*).

Rapporten er lavet i perioden juni 2003 til december 2003. De øvrige Fase 2 rapporter omfatter Odense Fjord og opland – scenarier for reduktion af næringsstoffer (*Nielsen m.fl., 2003b*). De økonomiske konsekvenser af ændringer i landbrugsdriften i Odense Fjords opland er vurderet i rapporten "Omkostninger ved reduktion af næringsstofafløbet til vandmiljøet" (*Jacobsen m.fl., 2003*).

Rapporten anvender data fra overvågnings søerne i det nationale overvågningsprogram til at beregne, i hvilket omfang fosfortilførslen skal nedsættes, for at de nuværende politisk vedtagne målsætninger vil blive opfyldt. I rapporten analyseres søernes oplande med henblik på at beskrive fosforbelastningen fra forskellige kilder og vurdere søernes respons under forskellige scenarier af reduceret belastning.

Rapporten indeholder også regneeksempler på konsekvenser af mulige målsætninger i relation til Vandrammedirektivet. I regneeksemplerne er der regnet med, at lavvandede søer skal have en fosforkoncentration under  $50 \mu\text{g P l}^{-1}$  for at leve op til kravet om god økologisk kvalitet. For de dybe søer (middeldybde  $> 3$  m) er der regnet med at fosforkoncentrationen skal under  $25 \mu\text{g P l}^{-1}$  (*Søndergaard m.fl., 2003*).

Projektets styregruppe har bestået af Søren S. Kjær, SNS, Pieter Feenstra, FVM, Merete Styczen, DHI, Karl Iver Dahl-Madsen, DHI, Jens Chr. Refsgaard, Christen Duus Børgesen, DJF og Harley Bundgaard Madsen, Fyns Amt og Kurt Nielsen, DMU (projektleder). Rapporten har været diskuteret i VMP III grupperne vedrørende regionale og generelle virkemidler, hvor også scenarier for ændringer i landbrugsdriften har været diskuteret. Forfatterne takker kolleger for konstruktive forslag og kritik, samt bidrag til rapporten. Lisbeth Wiggers, Århus amt samt Jørgen Windolf og Kjeld Sandby, Fyns Amt, takkes også for kommentarer til rapporten.

*[Tom side]*



# 1 Sammenfatning

Denne rapport beskriver kilderne til fosfor til de danske søer i forhold til søernes tilstand og målsætninger for deres vandkvalitet. Rapporten vurderer også, hvilke effekter forskellige grader af reduktioner i fosforkilderne generelt vil have på tilførslen af fosfor og mulighederne for at søernes målsætning kan opfyldes. Analyserne er baseret på en gennemgang af 27 danske ferskvandssøer.

Danske søer har i dag generelt en ringe vandkvalitet, hvilket skyldes, at de tilføres betydelige mængder næringsstoffer. Især tilførslen af fosfor er afgørende, fordi fosfor oftest er den begrænsende faktor for produktionen af planteplankton. Den rigelige tilgængelighed af fosfor betyder, at de fleste danske søer er uklare og med en flora og fauna, der adskiller sig væsentligt fra den upåvirkede tilstand. Halvdelen af søerne har en sigtddybde (gennemsigttighed) på mindre end 85 cm. Undervandsplanterne er ofte helt væk eller kraftigt reduceret i udbredelse, og fiskebestanden er ændret fra en ligelig fordeling mellem rovfisk og byttefisk til en dominans af skaller og brasen.

Den største fosforkilde til søerne stammer i dag fra det åbne land, hvoraf landbrugsbidraget udgør en betydelig andel. Tidligere udgjorde spildevand fra byerne og andre punktkilder også en stor andel til mange søer, men denne er i dag reduceret kraftigt via omfattende investeringer i spildevandsrensning og er kun i få søer stadigvæk en vigtig kilde.

På trods af den reducerede fosfortilførsel er tilstanden i langt de fleste danske søer stadigvæk dårlig, og kun ca. 1/3 lever op til de målsætninger, som amterne har angivet for søernes tilstand. Der er dog betydelige forskelle i de krav, som de forskellige amter stiller til de enkelte søer, men Vandrammedirektivets implementering vil formentlig medvirke til at gøre disse forskelle mindre.

Årsagen til den ringe vandkvalitet på trods af reduceret tilførsel skyldes blandt andet, at mange søer har en forsinket respons, fordi der i en årrække frigives fosfor fra en pulje ophobet i søbunden. Men selv når denne interne pulje når en ligevægt med den nuværende fosfortilførsel, vil der være mange søer, som ikke opfylder målsætningen, fordi tilførslen ude fra stadigvæk er for høj. Der er derfor behov for at vurdere mulighederne for yderligere reduktioner i tilførslen af fosfor til søerne, hvis tilstanden skal forbedres.

En række scenarieberegninger, hvor der i varierende grad reduceres på de forskellige fosforkilder, viser, at koncentrationen af fosfor i det vand, der løber til søerne især kan mindskes, hvis der gribes ind over for landbrugsbidraget. For nogle søers vedkommende stammer en betydelig andel også fra spredt bebyggelse. Derimod er der kun få søer, hvor en yderligere reduktion i spildevandsbidraget kan føre til væsentlige ændringer.

Tilsvarende kan de 27 søer især bringes tættere på at opfylde amternes nuværende målsætninger og et regneeksempel på Vandrammedirektivets krav, hvis der gribes ind over for landbrugsbidraget. I visse søer kan alene en reduktion i fosforbidraget fra landbruget være tilstrækkelig, mens der i andre søer er brug for at gribe ind overfor flere kilder.

Scenarieregningerne er forbundet med betydelige usikkerheder. Dette skyldes især vanskeligheder med at adskille og kvantificere fosforbidraget fra de tre fosforkilder: spredt bebyggelse, landbrug og natur. En mere præcis klarlægning af disse forhold ville være med til at optimere indsatsen over for at nedbringe tilførslen af fosfor til danske søer.

## 2 Indledning

### 2.1 Baggrund

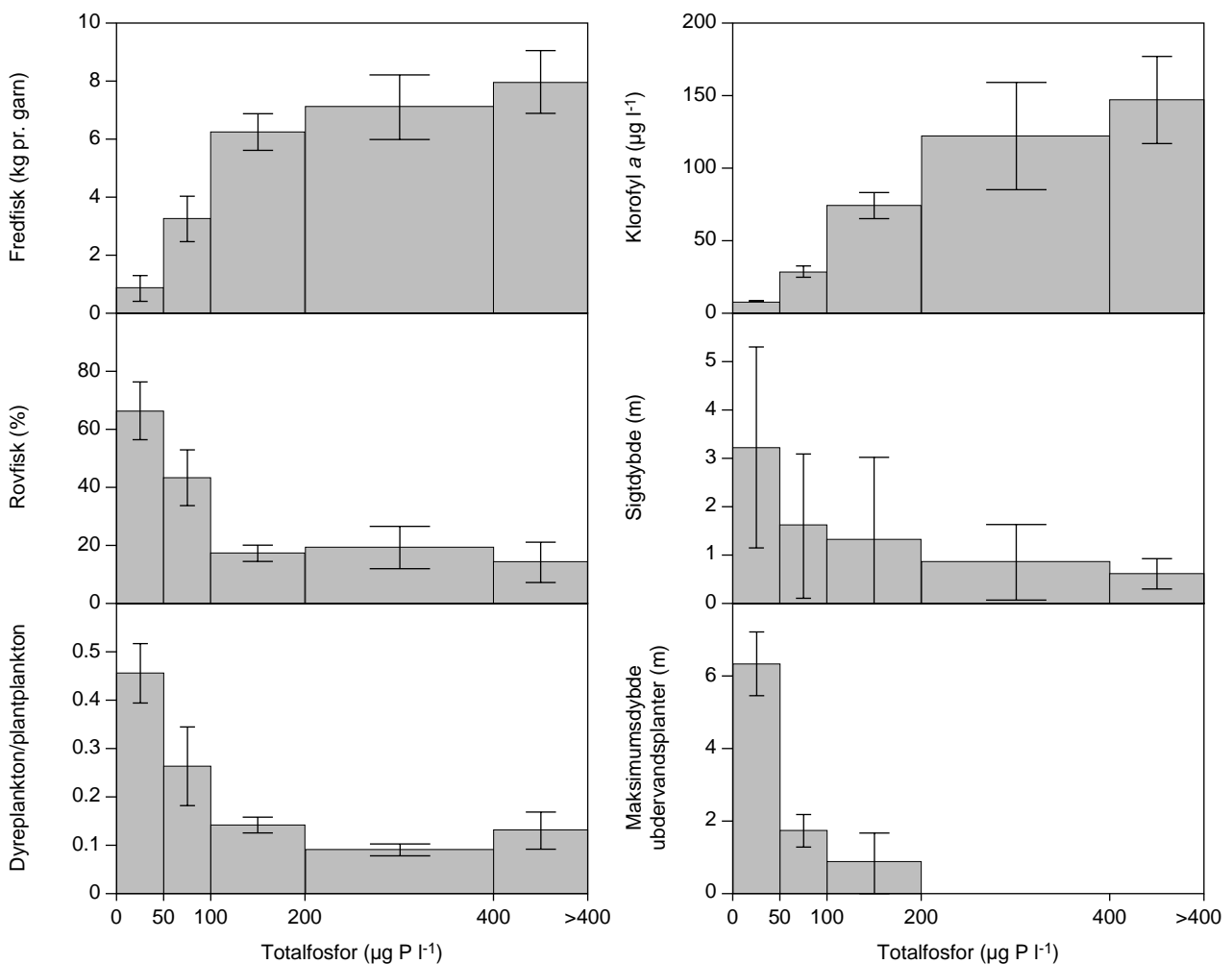
Forøget tilførsel af næringsstoffer har gennem det sidste århundrede været den væsentligste årsag til at miljøstanden i de fleste danske søer er blevet forringet. Som konsekvens af det høje næringsstofindhold er vandet uklart i mange søer. I sommerperioden har halvdelen af de danske søer gennemsnitlig en sigtdybde under 85 cm (tabel 1). Kun 13% af søerne har en sigtdybde over 2 m.

Tilgængeligheden af fosfor er i den sammenhæng en meget central faktor. Kvælstof kan i visse søer og under visse betingelser være det begrænsende næringsstof for planktonalgernes produktion og mængde, men i langt de fleste tilfælde er fosfor den begrænsende faktor. Høje fosforkoncentrationer i søerne fører dermed til uklart vand på grund af store mængder af planktonalger og samtidigt også forringede livsbetingelser for en række plante- og dyrearter. Under visse forhold kan endvidere udvikles uønskede høje mængder af potentielt giftige blågrønalger. Først ved fosforkoncentrationer under 50-100  $\mu\text{g P l}^{-1}$ , kan der i lavvandede søerne opnås mere klarvandede forhold, mens koncentrationen i dybe søer skal være endnu lavere (figur 1). Halvdelen af de danske søer har i dag en fosforkoncentration over 152  $\mu\text{g P l}^{-1}$  (tabel 1). Det fremgår også af figur 1, at der for alle de viste variable er betydelige forskelle mellem gruppen af søer med fosforkoncentrationer mellem 0 og 50  $\mu\text{g P l}^{-1}$  og gruppen af søer med 50-100  $\mu\text{g P l}^{-1}$ . Derimod er der ikke så store variationer, når fosforkoncentrationen overstiger 200  $\mu\text{g P l}^{-1}$ .

Sammenhængene mellem fosfortilførsel, fosforniveau og den biologiske tilstand i søerne er dog ikke nødvendigvis så enkle, som antydtes i figur 1. Således er der ofte tærskelværdier af fosforkoncentrationer, der ved overskridelse giver en markant ændring i søens tilstand. Et eksempel er tilstedeværelse eller mangel på vandplanter i søerne, hvilket i høj grad påvirker lysforhold, næringsstoffdynamik og det biologiske samspil. En beskeden ændring af fosforkoncentration og sigtdybde kan således i nogle situationer føre til meget markante ændringer i søernes biologiske tilstand og af vandkvaliteten. Dette forhold er især relevant for de mange lavvandede danske søer, hvor undervandsplanterne potentielt kan dække store arealer.

Tabel 1 Sigtdybde, klorofyl- og totalfosforindhold i danske søer (fra Jensen m.fl., 1997).

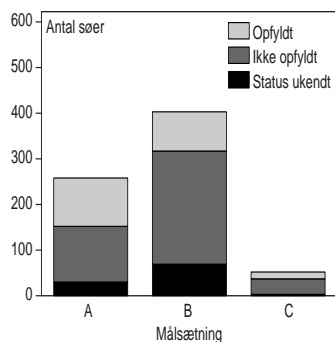
Variabel	Antal søer	Middel	25 %	Median	75 %
Sigt dybde (m)	182	1,21	0,60	0,85	1,47
Klorofyl a ( $\mu\text{g l}^{-1}$ )	186	76	24	55	110
Totalfosfor ( $\mu\text{g l}^{-1}$ )	200	244	76	152	275



Figur 1 Sammenhænge mellem søers fosforkoncentrationer og en række miljøvariable (fra Søndergaard m.fl., 1999).

De generelt meget næringsrige forhold i de danske søer betyder, at den målsætning, som de enkelte amter har givet de fleste søer over 5 hektar, i mange tilfælde ikke er opfyldt (figur 2, box 1). Som gennemsnit opfylder kun ca. 1/3 af de danske søer således den givne målsætning.

Princippet bag målsætningen varierer dog betydeligt fra amt til amt og fra sø til sø, hvilket betyder, at målsætningskravene til vandkvaliteten i relativt ens søer kan være meget forskellige (se også bilag 4 og figur 7). Man må forvente, at implementeringen af Vandrammedirektivet vil gøre disse forskelle mindre.



Figur 2 Målsætninger for de danske søer. Søerne er fordelt på aktuelle målsætninger og underopdelt i forhold til om målsætningen er opfyldt (fra Jensen m.fl., 1997).

### Box. 1 Målsætning af danske søer

Omkring 700 danske søer har en specifik målsætning omfattende alle søer over 30 hektar og halvdelen af søerne mellem 3 og 30 hektar. Målsætningen er udarbejdet af amterne og omfatter tre hovedtyper:

A: søer med skærpede krav (særligt naturvidenskabelig interesseområde, badevand, drikkevand)

B: søer med basismålsætning (alsidig dyre- og planteliv, kun svage kulturpåvirkninger (spildevand mm.))

C: søer med lempede krav (påvirkning af spildevand, dyrkning mm.)

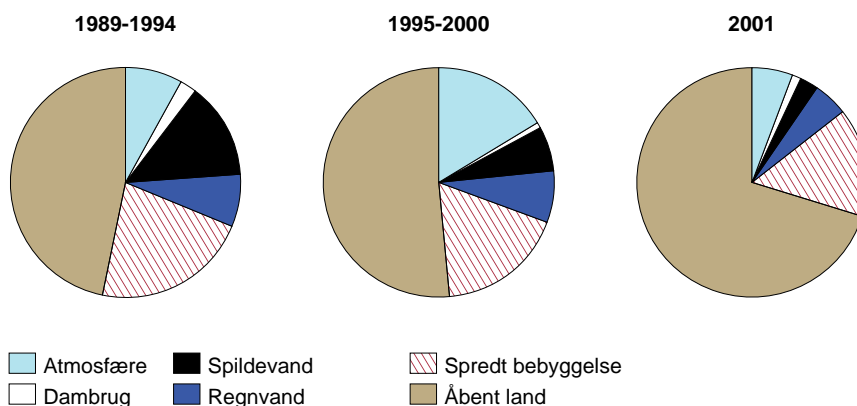
## 2.2 Fosforkilder

En række kilder relateret til forskellige former for menneskelig aktivitet er med til at øge fosfortilførslen til søerne i forhold til det naturgivne niveau. Igennem den sidste halvdel af 1900-tallet udgjorde spildevand fra byerne en stor kilde til mange søer, men denne andel er igennem de sidste 20-30 år blevet reduceret markant i takt med forbedret spildevandsrensning og afledning af spildevand. Alene i det sidste årti er fosfor fra spildevand i de nationale overvågningssøer reduceret fra som gennemsnit at udgøre 14,5 % af den samlede belastning i perioden 1989-95 til kun at udgøre 2,5 % i 2001 (figur 3).

Andelen af fosfor, der stammer fra den spredte bebyggelse, har også vist en faldende tendens siden 1989 og er reduceret fra 23,6 % i 1989-1994 til 14,8 % i 2001. Samlet set er tilførslen fra spredt bebyggelse til overvågningssøerne dog væsentlig højere end fra de øvrige spildevandskilder.

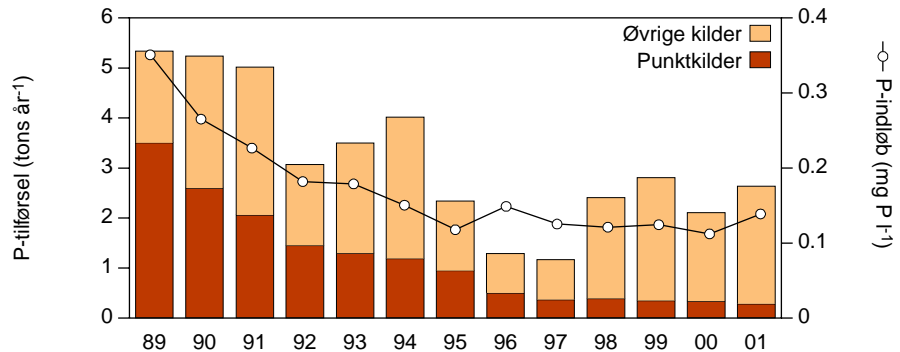
Resultater fra det nationale overvågningsprogram for søer (NOVA 2003) viser også, at bidraget fra det åbne land (natur- + landbrugsbidrag) tilsvarende er øget fra at udgøre omkring 1/2 af den totale fosfortilførsel i 1989-94 til i 2001 at udgøre omkring 2/3 af den samlede tilførsel (Jensen m.fl., 2002). Den største enkeltkilde til søerne betragtet som helhed stammer således i dag fra det åbne land (figur 3). Det er derfor klart, at hvis der i større omfang skal ændres ved søernes samlede tilførsel af fosfor for at forbedre vandkvaliteten, er det nødvendigt at overveje, hvordan denne kilde kan reduceres.

Figur 3 Den procentuelle kildefordeling for fosfortilførsel til overvågningssøerne. Fordelingen er beregnet som gennemsnittet af de enkelte søers procentfordeling (fra Jensen m.fl., 2002). Den totale fosfortilførsel er reduceret fra en middelværdi på 4,26 tons pr. år i 1989-94 til 2,02 i 1995-2000 og 2,63 tons P pr. år i 2001 (se bilag 1).



Også hvis kildefordelingen til søerne vurderes på mængdebasis i stedet for som gennemsnittet af de enkelte søers procentfordeling af kilderne, er det tydeligt, at bidraget fra det åbne land er en meget betydende kilde, mens fosfortilførslen fra spildevand er faldet betydeligt og nu er mindre væsentlig end de øvrige kilder (figur 4, bilag 1).

**Figur 4** Udviklingen i den totale fosfortilførsel til de 27 overvågningssøer i perioden 1989–2001 (hele søjler) samt spildevandsandelen heraf (punktkilder, nederste del af søjlerne). Kurven angiver indløbskoncentrationen for totalfosfor til søerne. Efter Jensen m.fl. (2002).



Den reducerede fosfortilførsel fra spildevand har også betydet, at den samlede tilførsel som gennemsnit til søerne næsten er halveret. Alene af den grund er den relative tilførsel af fosfor fra det åbne land således forøget væsentligt. I absolutte tal er middelfosfortilførslen fra det åbne land ændret fra 1,2 tons pr. år i 1989-95 til 0,8 tons pr. år i 1995-2000 og 1,8 tons pr. år i 2001 (Jensen m.fl., 2002). Der er dog meget stor forskel imellem de enkelte søers fosforkilder. Mens næsten alle overvågningssøerne modtager en større eller mindre andel af fosfor fra det åbne land, så modtager flertallet af søerne i dag ikke fosfor via spildevand.

## 2.3 Indhold og formål

Rapporten har til formål at foretage en analyse af fosfortilførslen til danske søer og vurdere mulighederne for og effekten af reduceret fosfortilførsel i forhold til søernes målsætning. Analyserne kan sammenfattes i to hovedformål:

- At give en generel beskrivelse af de danske søers fosforkilder, herunder at vurdere de potentielle muligheder for at reducere fosfortilførslen til søerne ved forskellige typer tiltag samt at vurdere effekten heraf på søernes miljøtilstand.
- At gennemføre en mere specifik analyse, der kvantificerer hvor meget og hvilke kilder, der skal reduceres for at opnå en tilstand i de danske søer svarende til de politisk vedtagne målsætninger. I rapporten er også opstillet regneeksempler på, hvad implementeringen af Vandrammedirektivet evt. kan medføre af krav til søernes tilstand. Disse krav er imidlertid ikke fastsatte på nuværende tidspunkt.

Der er især fokuseret på en mere detaljeret kildeopsplitningen af de diffuse kilder i oplandet med henblik på at vurdere især landbrugsbidragets betydning i de enkelte søers oplande. Denne oplandsorienterede indgangsvinkel er i tråd med Vandrammedirektivet, som netop tager udgangspunkt i søernes miljøtilstand og svarer samtidigt

til den, der gennem mange år været anvendt regionalt i indsatsen over for punktkilder.

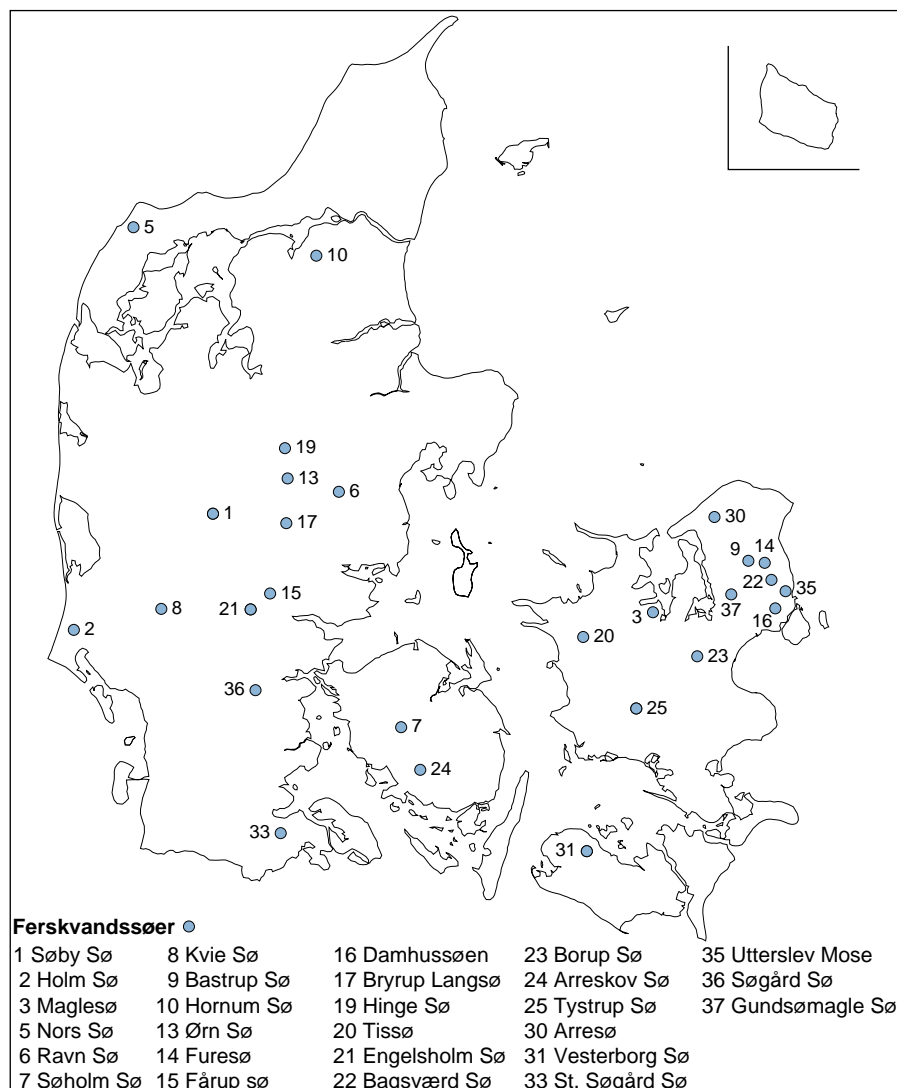
Beregningerne har også til formål at vise, i hvilket omfang fosfortilførslen skal mindskes for at opfylde søernes målsætning, når søerne er i ligevægt med den eksterne fosfortilførsel. I den sammenhæng er der i scenarieberegningerne ikke taget højde den forsinkede effekt på søernes vandkvalitet, der ofte ses efter at den eksterne fosfortilførsel er reduceret. Denne forsinkelse skyldes, at der ofte frigives fosfor fra den pulje, der blev ophobet på bunden af søen, da belastningen var høj. Denne såkaldte interne fosforbelastning kan betyde, at søerne i en årrække efter en belastningsreduktion kan have højere søkoncentrationer end forventet ud fra indløbskoncentrationen.

Rapporten er gennemført som en generel og samlet analyse af 27 danske søer og beregningerne må derfor ikke anvendes som prognoseværktøj på enkelt søniveau.

## 2.4 Metoder og databaggrund

Udgangspunktet for analyserne er et "nul"-scenarie svarende til den aktuelle situation. Denne analyse baserer sig på resultater fra NOVA-overvågningen og omfatter i alt 27 ferskvandssøer, fordelt over hele landet (figur 5). Disse søer dækker de fleste forskellige typer af danske

Figur 5 De 27 ferske overvågnings søer der indgår i dataanalyserne.

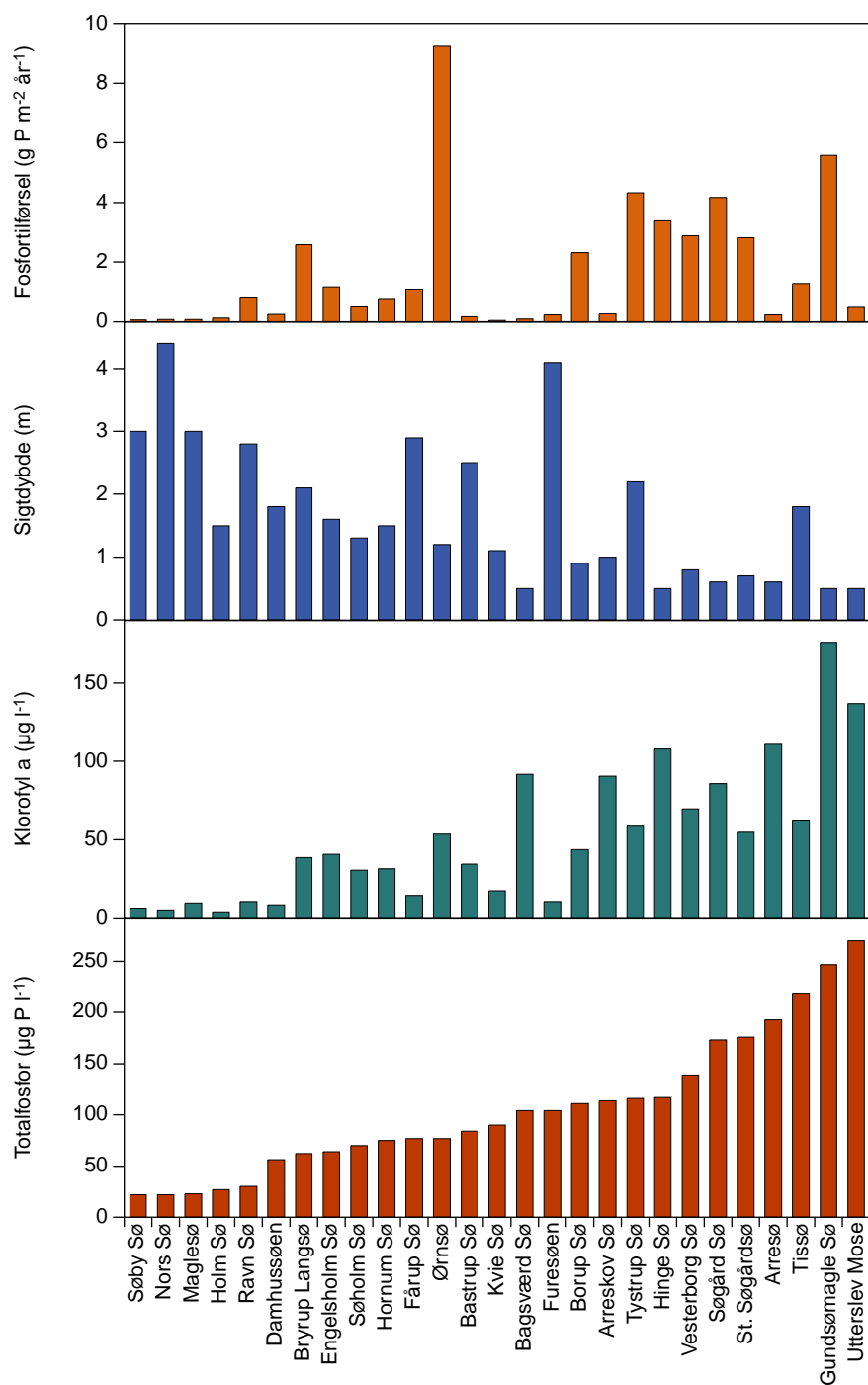


søer og oplande og giver derfor en væsentlig viden om de forskelle, som findes i Danmark både med hensyn til naturgivne forhold og landbrugets driftsformer.

De 27 søer dækker et meget bredt spektrum både mht. fosforbelastning og vandkvalitet (figur 6, bilag 3). Fosfortilførslen varierer således med mere end en faktor 100 målt som belastningen pr. søareal og fosforindholdet i søerne med en faktor 10. Også algemængden (klorofyl a), vandets sigtbarhed (sigtdybde) samt punktkildernes andel af den samlede belastning varierer betydeligt.

Ved at anvende søerne i det nationale overvågningsprogram er der samtidigt mulighed for at anvende relative lange tidsserier af data (siden 1989) for både tilførslen af fosfor og den økologiske tilstand i

Figur 6 Fosfortilførsel, sigtdybde, klorofylindhold (algemængde) og fosforkoncentration i de 27 søer (rubriceret efter stigende fosforindhold).





søerne. For disse søer findes et detaljeret datagrundlag med intensive målinger af såvel oplandet (vand- og stoftilførsel, kildeopsplitning af stoftilførsel) som søernes tilstand (vandkemiske og biologiske forhold). Detaljerede oplysninger om de pågældende søers oplande er vigtig baggrundsinformation, når scenarier for reduktioner i fosfortilførslen skal vurderes. Som det primære udgangspunkt for analyserne er anvendt data fra perioden 2000-2002, idet der i denne periode ikke er sket væsentlige ændringer i hverken den samlede tilførsel til søerne eller spildevandsandelen (figur 4).

På grundlag af data fra de 27 søer er der opbygget en række scenarier, der tager udgangspunkt i forskellige kilder til fosfor (spildevand, landbrug mv.). I analyserne er det diffuse bidrag for den enkelte sø opdelt i dels et landbrugsrelateret bidrag og dels et naturbidrag ("baggrund"). Som udgangspunkt er scenarierne gennemført, hvor såvel landbrugsbidraget, bidraget fra spildevand og bidraget fra spredt bebyggelse er varieret samtidigt og systematisk, dækkende fra 0-100 % af den aktuelle belastning. Der er anvendt standardiserede metoder til opgørelser af stoftilførsler og kildeopsplitninger som anvendt under NOVA-overvågningsprogrammet. Overvågningsprogrammet er beskrevet i Kronvang m.fl. (1993).

Tilførslen af fosfor er derefter vurderet i forhold til den ønskede vandkvalitet i de enkelte søer, hvor målsætningerne er fastsat i amternes gældende regionplaner af de respektive amtsråd. Disse målsætninger er ikke vurderet i forhold til søernes referencetilstand, sådan som Vandrammedirektivet fremover forudsætter. Da de enkelte søers referencetilstand ikke er fastlagt på nuværende tidspunkt, er det ikke muligt at vurdere søernes tilstand i dette perspektiv. Herudover er der gennemført regneeksempler for kriterier til fosforkoncentrationer for danske søer i henhold til Vandrammedirektivet.

Den politisk vedtagne målsætning er ikke standardiseret i Danmark for øjeblikket, og der er derfor væsentlige regionale forskelle på hvilke specifikke parametre, der meldes ud for (fosfortilførsel, søens totalfosforindhold, søens sigtddybde, søens klorofylmængde eller f.eks. vandplanternes dybdegrænse). Dette besværliggør analysen, men dette er omgået ved at omregne kravene til samme skala (indhold af totalfosfor) ved hjælp af etablerede empiriske sammenhænge.

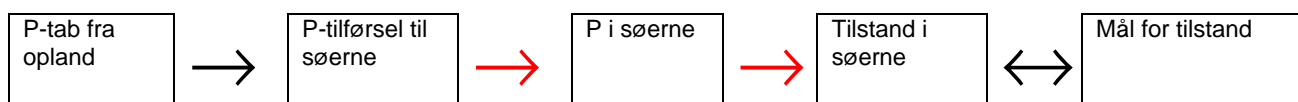
I forbindelse med sammenkædning af stoftilførsel til sø-tilstand anvendes de simple, empirisk baserede værktøjer udviklet i løbet af de senere år (*Jensen m.fl., 1997*). Disse simple modeller giver mulighed for at opstille en samlet model for sammenhængen mellem fosfortilførsel fra oplandene og den biologiske tilstand i søerne. På grundlag heraf kan effekter af forskellige reduktionsmål for fosfortabet fra oplandene beskrives og forskellige scenarier sammenlignes.

I de empiriske betragtninger er der anvendt modeller, som eksempelvis relaterer en given indløbskoncentration af fosfor til en søkoncentration, som derefter kan bidrage en given mængde af planteplankton (klorofyl *a*) eller sigtddybde. Relationerne er baseret på et datasæt omfattende et stort antal danske søer (se f.eks. *Jensen m.fl., 1997*). Disse sammenhænge er typisk opdateringer af sammenhænge

fundet ved NPo-projektet: "C9: Simple sømodeller" (Kristensen m.fl., 1990). For specielt biologiske sammenhænge er der dog tillige udarbejdet en række nye sammenhænge.

Ved beregning af søkoncentration af fosfor på baggrund af indløbskoncentration er i alle tilfælde anvendt en Vollenweidermodel, der på baggrund af en indløbskoncentration ( $P_{ind}$ ) og vandets opholdstid i søen ( $tw$ ) beregner søkoncentration ( $P_{sø}$ ):  $P_{sø} = P_{ind} / (1 + tw^{0.5})$ . Der findes også en række andre modeltyper, som under visse forhold evt. kan give en bedre beskrivelse end Vollenweider-typen, men eftersom formålet har været at give en generel beskrivelse af søerne, er der anvendt samme modeltype for alle søer.

Nedenstående skitse angiver den konceptuelle model for arbejdet. Den dobbelttrettede pil henfører til analyserne mellem de politiske mål for søerne sammenlignet med tilstanden, der kan opnås ved forskellige tiltag.



## 2.5 Beregning af stoftilførsel

Som baggrund for scenarieanalyserne er der for hver af de 27 søer foretaget en opgørelse af vand- og stoftilførslen samt en kildeopsplitning heraf. I henhold til overvågningsprogrammet gennemføres kildeopsplitningen af stoftilførslen af fosfor og kvælstof til søerne, som vist i box 2.

Den samlede stoftilførsel opdeles på basis af målinger og estimater i følgende hovedkomponenter: spildevandsbidrag (opgjort som byspildevand, regnvandsbetingede udløb, industrispildevand og tilførsel fra dambrug), spredt bebyggelse (tilførsel fra ikke fælleskloakerede bebyggelser), atmosfærisk deposition og diffus tilførsel (tilførsel fra det åbne land). Bidraget fra spredt bebyggelse er udregnet efter standardmetoder (Miljøstyrelsen 1994). Eventuelt skal der for søerne korrigeres for grundvandsudveksling.

Box 2. Typer af fosforkilder			
<u>Samlet tilførsel</u> =	Spildevandsbidrag/ punktkilder	=	byspildevand + regnvandsudløb + industrispildevand + dambrug
	+		
	Spredt bebyggelse	=	ikke fælleskloakerede be- byggelser
	+		
	Atmosfærisk bidrag	=	tilførsel via nedbør mm
	+		
	Åbne land/Diffus tilførsel	=	baggrund (natur) + landbrug

Den diffuse tilførsel er opgjort som forskellen mellem den samlede stoftransport til søerne fratrukket summen af bidragene fra spildevand, spredt bebyggelse og atmosfæren. Den landbrugsrelaterede del af den diffuse tilførsel kan efterfølgende estimeres ud fra kendskab til baggrundskoncentrationer for fosfor i søernes oplande. Således opsplittes den diffuse tilførsel i et landbrugsrelateret bidrag og et naturgivent bidrag.

Fosfortilførslen fra det åbne land til søer kan endvidere inddeles i en række delbidrag (udvaskning, drænvand, grundvand, overfladisk afstrømning, fladeerosion, brinkerrosion), hvis relative betydning varierer på grund af både naturgivne betingelser og dyrkningsmæssige forhold. Det har dog ikke i denne rapport været muligt mere detaljeret af se på de enkelte kilder inden for landbruget.

## 2.6 Baggrundsbidraget

Ud over tilførslen af næringsstoffer fra punktkilder omfatter den samlede fosfortilførsel som nævnt også en række kilder, som vanskeligt lader sig kvantificere. Dette gælder den atmosfæriske tilførsel, der dog normalt udgør en meget ringe del af den samlede fosfortilførsel, samt tilførslen af spildevand fra spredt bebyggelse, baggrundsbidraget (natur) og landbrugsbidraget. Regneteknisk er landbrugsbidraget, som er udledningen af næringsstoffer som følge af landbrugsdrift, i denne rapport beregnet som restbidraget, når spildevand fra spredt bebyggelse og baggrundsbidraget er fratrukket.

Baggrundsbidraget er estimeret ud fra tilførsel fra de såkaldte naturoplande i NOVA-overvågningsprogrammet (tabel 2). Beregningen kan imidlertid foretages på flere måder, hvilket har indflydelse på størrelsen af det beregnede baggrundsbidrag. Baggrundsbidraget kan enten beregnes ud fra koncentrationen af næringsstoffer i vandløbet ( $\text{mg P/l} - \text{vandføringsvægtet koncentration}$ ) eller på baggrund af den samlede tilførsel fra naturoplandet angivet pr. areal ( $\text{kg P pr ha} - \text{arealbidraget}$ ).

De to metoder til beregning af baggrundsbidraget er eksemplificeret ved beregninger fra Odense Fjord opland (*Windolf, 2003*). Baggrundsbidraget for Odense Fjords opland varierer ved de to metoder med omkring en faktor 2 for fosfor, hvor de højeste værdier fremkommer ved at beregne baggrundsbidraget ud fra den vandføringsvægtede koncentration af næringsstoffer. Den "sande" værdi ligger sandsynligvis imellem de værdier, som opnås ved de to metoder. Det er imidlertid ikke muligt at beregne landbrugsbidraget mere nøjagtigt på nuværende tidspunkt. Grundlag for anvendelse af regionale værdier for baggrundsbidraget foreligger heller ikke på nuværende tidspunkt.

I denne rapport er anvendt dels den metode, som giver det største baggrundsbidrag (vandføringsvægtet P-koncentration), hvilket betyder, at landbrugsbidraget sandsynligvis er underestimeret, samt dels en metode, hvor baggrundsbidraget vurderes at udgøre en mindre del. Ved den første metode (høj naturbidrag) er baggrundsbidraget for alle søerne sat til en indløbskoncentration på  $55 \mu\text{g P l}^{-1}$  (svarende

til mediankoncentrationen af indløbsvandet for naturoplande i 2002), mens den i den anden metode (lav naturbidrag) er sat til 25 µg P l<sup>-1</sup> (svarende til halvdelen af middelmedian-koncentrationen for 1989-2002 i naturoplandene, Tabel 2). Forskellen mellem den høje og lave koncentration fra naturbidraget er ved scenarier med den lave baggrundskoncentration indregnet som landbrugsbidrag.

*Tabel 2* Naturbidraget af totalfosfor baseret på opgørelser fra 7-9 vandløb i naturoplande (fra Nordjylland, Ringkøbing, Århus, Ribe, Fyn, Frederiksborg og Bornholms amter). Bidraget er angivet som vandføringsvægtet middel- og mediankoncentration samt arealkoefficient. Under middel, min. og max. er angivet middel-, minimum-, og maksimumværdier fra 2002 (af de ni oplande) og fra perioden 1989-2002 (af de enkelte år). Fra: [http://www.dmu.dk/1\\_Om\\_DMU/2\\_Tvaer-funk/3\\_fdc\\_fv/naturoplande2002.doc](http://www.dmu.dk/1_Om_DMU/2_Tvaer-funk/3_fdc_fv/naturoplande2002.doc)

År/periode	Middelkonc. (mg P l <sup>-1</sup> )		Mediankonc. (mg P l <sup>-1</sup> )		Areal-koefficient (kg P ha <sup>-1</sup> )	
	2002	1989-2002	2002	1989-2002	2002	1989-2001
Middel	0,051	0,050	0,055	0,049	0,109	0,085
Min.	0,018	0,041	-	0,033	0,069	0,034
Max.	0,079	0,062	-	0,062	0,170	0,136

## 2.7 Landbrugsbidraget

Landbrugsbidraget er, som nævnt ovenover, beregnet som restleddet, efter at alle de øvrige kilder er fratrukket. Dette betyder, at alle usikkerheder også ophober sig i dette led. Det betyder også, at hvis baggrundsbidraget sættes for højt, så sættes landbrugsbidraget tilsvarende for lavt.

Derudover kan bidraget fra blandt andet spredt bebyggelse være overestimeret, hvilket også fører til en underestimering af landbrugsbidraget. Bidraget fra spredt bebyggelse kan især være overestimeret i oplande med sandjorde, hvor den andel, der siver ned gennem drænen, kan være større end de normalt anvendte 50 %, svarende til at en mindre andel end antaget når en recipient. Dette kan igen føre til en underestimering af landbrugsbidraget.

## 3 Oplandskarakteristika

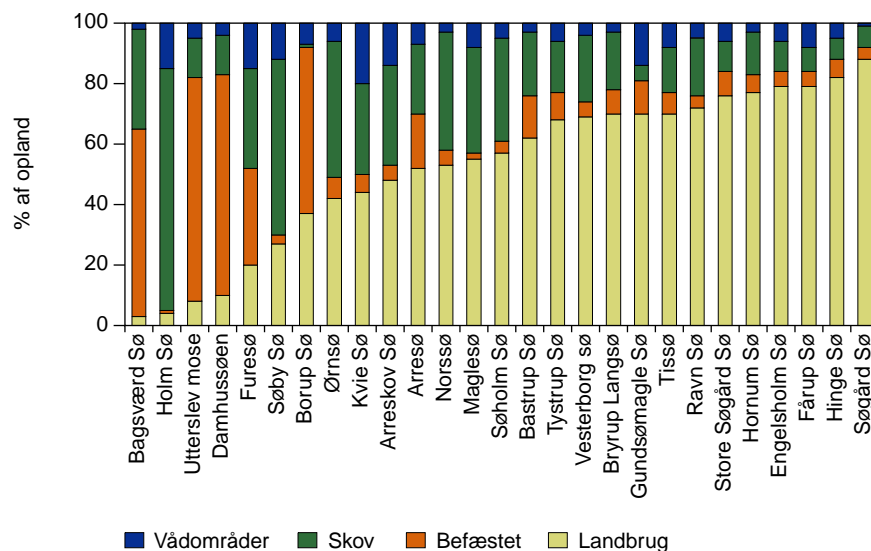
### 3.1 De 27 søers oplande

De 27 overvågningssøers oplande dækker en række forskellige oplandstyper, hvis relative andel varierer betydeligt fra sø til sø (figur 7, bilag 2). På trods af det ringe antal søer fås der dog et rimeligt billede af de forskellige belastningssituationer, der er almindelige for danske søer. Blandt søerne er repræsenteret såvel meget små oplande (ca. 1 km<sup>2</sup>) som meget store oplande (>500 km<sup>2</sup>). Også med hensyn til jordtype er forskellige typer repræsenteret, men de fleste søoplande er dog for landet som helhed domineret af lerblandet sand.

Det generelle billede er, at mange søoplande er domineret af landbrugsarealer. Kun i 7 af de 27 søer udgør landbrugsarealer mindre en 40 % af oplandet. I gennemsnit er 53 % af oplandene landbrugsarealer, men igen er der stor variation og andelen varierer således fra 3 til 88 %. I de fleste oplande er der også en betydelig andel af skovarealer (gns. 24 %) varierende mellem 1 og 80 %.

Søerne i hovedstadsområdet (Damhussøen, Utterslev Mose og Bagsværd Sø) har oplande, hvor det befæstede areal udgør en væsentlig andel (op til 74 %), men for de øvrige søer er denne andel typisk ret lille, og den gennemsnitlige andel er på blot 16 %. Endelig udgør vådområder som gennemsnit 7 % af oplandsarealet.

Figur 7 Relativ fordeling af arealanvendelsen i de enkelte overvågningssøer. Oplandets arealanvendelse er fordelt på: vådområder (inkl. åer og mose), skov (inkl. hede og overdrev), befæstet (inkl. åben og spredt bebyggelse), Landbrug (inkl. gartneri og græsarealer). Søerne er grupperet efter stigende landbrugsandel af det totale opland (se også bilag 2).



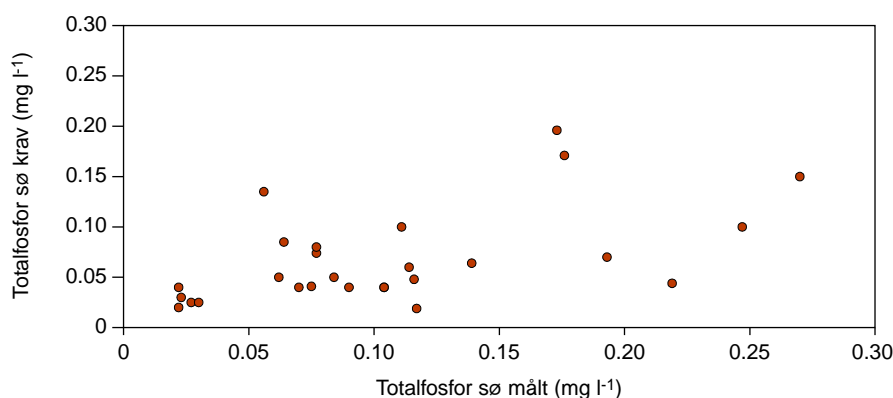
*[Tom side]*

## 4 Målsætninger og deres opfyldelse ved de nuværende belastninger

### 4.1 Krav til fosforindhold og indløbskoncentrationer

De registrerede målsætninger for de 27 søer varierer betydeligt (figur 8, bilag 4). Målsætningerne er fastlagt af de respektive amter og indgår i amternes regionplaner, som vedtages og revideres hvert fjerde år. Blandt de specifikt angivne krav varierer kravet til sigtddybden i de 27 søer mellem 0,8 og 4 m. Tilsvarende varierer kravet til hvor høj et fosforindhold, der kan tillades, fra 25 til 150  $\mu\text{g P l}^{-1}$ . Der er en klar tendens til, at målsætningerne for de næringsrige søer er mere lempelige end for de næringsfattige søer (figur 8).

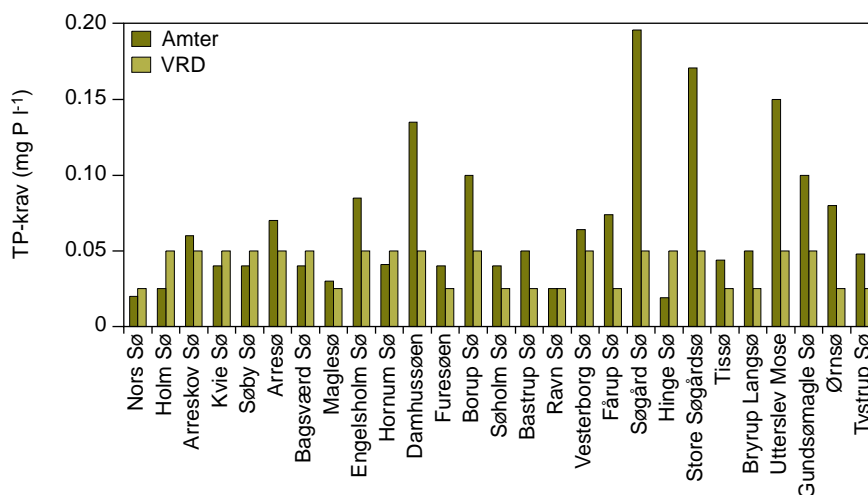
*Figur 8* Målte søkoncentrationer af totalfosfor (middelværdier 2000-2002) og amternes krav til fosforkoncentrationer i de 27 søer. Hvis der i målsætningen ikke er angivet krav til fosforindhold er koncentrationen udregnet på baggrund af krav til sigtddybde:  $\text{Sigt} = 0,27 * \text{TP}^{0,59} * Z^{0,27}$ , hvor TP er indhold af totalfosfor og z søens middeldybde (Jensen m.fl., 1997).



I Vandrammedirektivet forventes anvendt en række biologiske indikatorer, støttet af kemiske indikatorer, for at vurdere vandkvaliteten, men de administrative grænser for indhold af fosfor for at opfylde kravet om en god økologisk tilstand, er endnu ikke fastlagte. Som regneeksempel i forhold til fosforindhold er her anvendt to typer af krav for at opfylde den gode økologiske tilstand, nemlig højest 50  $\mu\text{g P l}^{-1}$  i de lavvandede søer og højest 25  $\mu\text{g P l}^{-1}$  i de dybe søer. I Vandrammedirektivet arbejdes også med en høj økologisk kvalitet, hvor der stilles større krav (se box 3).

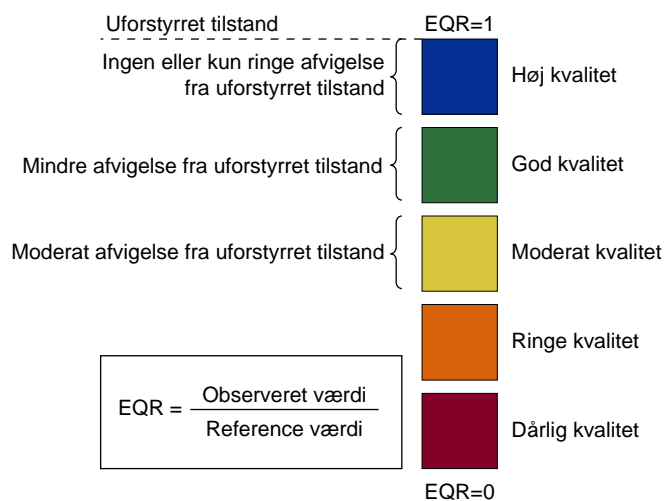
Sammenligningen mellem amternes nuværende målsætningssystem og det regneeksempel, der er foreslået anvendt under Vandrammedirektivet, viser, at Vandrammedirektivet i nogle tilfælde sætter mere lempelige krav til fosforkoncentration end amternes nuværende målsætning for at leve op til kravet om en god økologisk tilstand (figur 9). Dette gælder især de næringsfattige søer. Man skal dog her være opmærksom på, at det jf. Vandrammedirektivet ikke er tilladt at forringe tilstanden i vandområderne. Endvidere er det i Vandrammedirektiv sammenhæng også muligt, at man i visse søer vil stille krav om en høj økologisk tilstand. Dette vil i så fald stille strengere krav til højest tilladte fosforkoncentration. I andre tilfælde lægger regneeksemplet for Vandrammedirektivet derimod op til strengere krav, hvilket især omfatter de næringsrige søer.

Figur 9 Krav til højeste tilladte fosforkoncentration i søvandet, hvis den nuværende målsætning (amter) eller regneeksemplets krav for Vandrammedirektivets målsætning skal opfyldes (VRD).



### Box 3. Vandrammedirektivet

Jf. EU's Vandrammedirektiv skal alle søer fremover klassificeres i 5 klasser: høj, god, moderat, ringe og dårlig økologisk kvalitet. Klassifikationen skal foretages som udgangspunkt i den upåvirkede sø (referencetilstanden) og på grundlag af en række biologiske og kemiske indikatorer. Administrativt er især grænsen mellem god og moderat økologisk tilstand vigtig, fordi alle søer senest i år 2015 skal leve op til de krav, der gælder for mindst den gode økologiske kvalitet. Referencetilstanden er ikke nødvendigvis en fast størrelse, men kan variere fra sø til sø afhængigt af de naturgivne forhold (jordbund mm.). Den økologiske tilstand skal jf. Vandrammedirektivet udtrykkes i et økologisk indeks (EQR, ecological quality ratio) med værdier mellem 0 og 1.



Ikke i alle de 27 søers er der i amternes målsætning stillet specifikke krav til højeste fosforindhold. I disse tilfælde har vi omregnet et krav om sigtddybde til et krav om højeste fosforindhold på grundlag af de empiriske sammenhænge, der eksisterer mellem fosforindhold og sigtddybde i søer (se også bilag 4). Dette fører til, at der sættes ret forskellige krav til fosforindhold i søerne varierende med en faktor 10 (mellem 19 og 196  $\mu\text{g P l}^{-1}$ ), som også vist i figur 8 og 9. Figur 8 illustrerer også, at den målte søkoncentration i langt de fleste af søerne er højere end kravet til højeste fosforkoncentration for at leve op til målsætningen og dermed, at kun få søer opfylder målsætningen.

Overordnet kan man sige, at mens Vandrammedirektivet lægger op til en fælles og ensartet vurdering af alle søer, så synes der i amternes målsætning i højere grad taget højde for søernes aktuelle tilstand, så

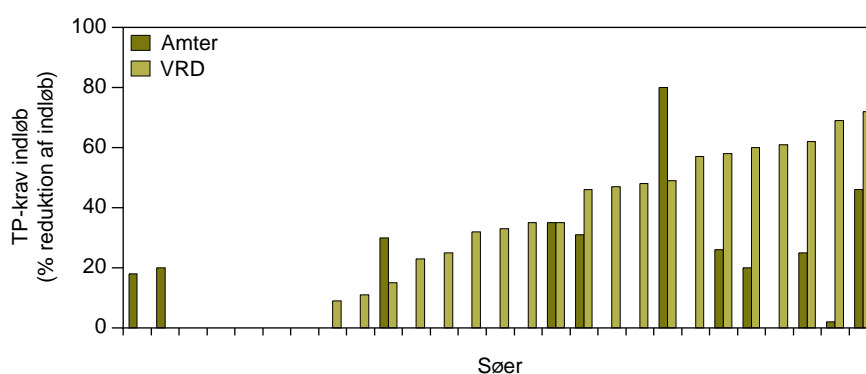


næringsrige søer generelt er givet en mere lempelig målsætning end næringsfattige, uanset om de tilhører samme søtype.

## 4.2 Krav til reduktion i indløbskoncentrationen af fosfor

Allerede i dag er indløbskoncentrationen i 16 ud af de 27 overvågningssøer ved de anvendte modeller under det krav, der skal til for at opnå en søkoncentration, der i en ligevægtssituation lever op til den nuværende målsætning (figur 10). Dette forudsætter dog, at bidraget fra de nuværende kilder, herunder også landbruget, fremover ikke øges. For de øvrige overvågningssøer er det nødvendigt med mindre eller større reduktioner (2-80 %) i indløbskoncentrationen for at leve op til målsætningen.

*Figur 10* Krav til reduktion i de 27 søers indløbskoncentrationer af fosfor (% af den nuværende, gennemsnit 2000-2002) i en ligevægtssituation, hvis henholdsvis de nuværende målsætninger (amter) eller regneeksemplet for målsætninger i Vandrammedirektivet (VRD) om god økologisk kvalitet skal opfyldes. Hvis ingen søjle, så opfyldes kravet allerede i forhold til amternes målsætning og i forhold til Vandrammedirektivets forventede krav om god økologisk tilstand. Søerne er rubriceret efter stigende krav jf. regneeksempel med Vandrammedirektivet.



Selv om kravet til indløbskoncentrationen i forhold til den givne målsætning dermed er opfyldt i en del af overvågningssøerne, viser de aktuelle sømålinger dog i de fleste tilfælde, at målsætningen ikke er opfyldt (figur 8). Således angives det af amterne, at kun 5 ud af de 27 søer opfylder målsætningen (Jensen m.fl., 2001).

Årsagen er, som nævnt tidligere, at mange søer stadigvæk lider under en intern fosforbelastning, hvilket betyder, at søkoncentrationen er højere end forventet ud fra den målte indløbskoncentration. Fosfor ophobet i søens bundlag fra den periode, hvor der var en høj belastning, kan nemlig frigives i en lang periode, efter at den eksterne fosfortilførsel er reduceret. Der er eksempler på, at denne indsvingningsperiode kan tage årtier. Det mest veldokumenterede eksempel er Søbygård Sø i Midtjylland, hvor der nu 20 år, efter at fosforbelastningen blev reduceret med 80% stadigvæk løber mere fosfor ud af søen, end der løber ind i søen (Søndergaard m.fl., 1999). Analyser omfattende et større antal søer peger på, at der typisk går omkring 10 år, før søerne har tilpasset sig en reduceret fosfortilførsel, men der er store variationer fra sø til sø (Jeppesen m.fl., submitted; Søndergaard m.fl., submitted).

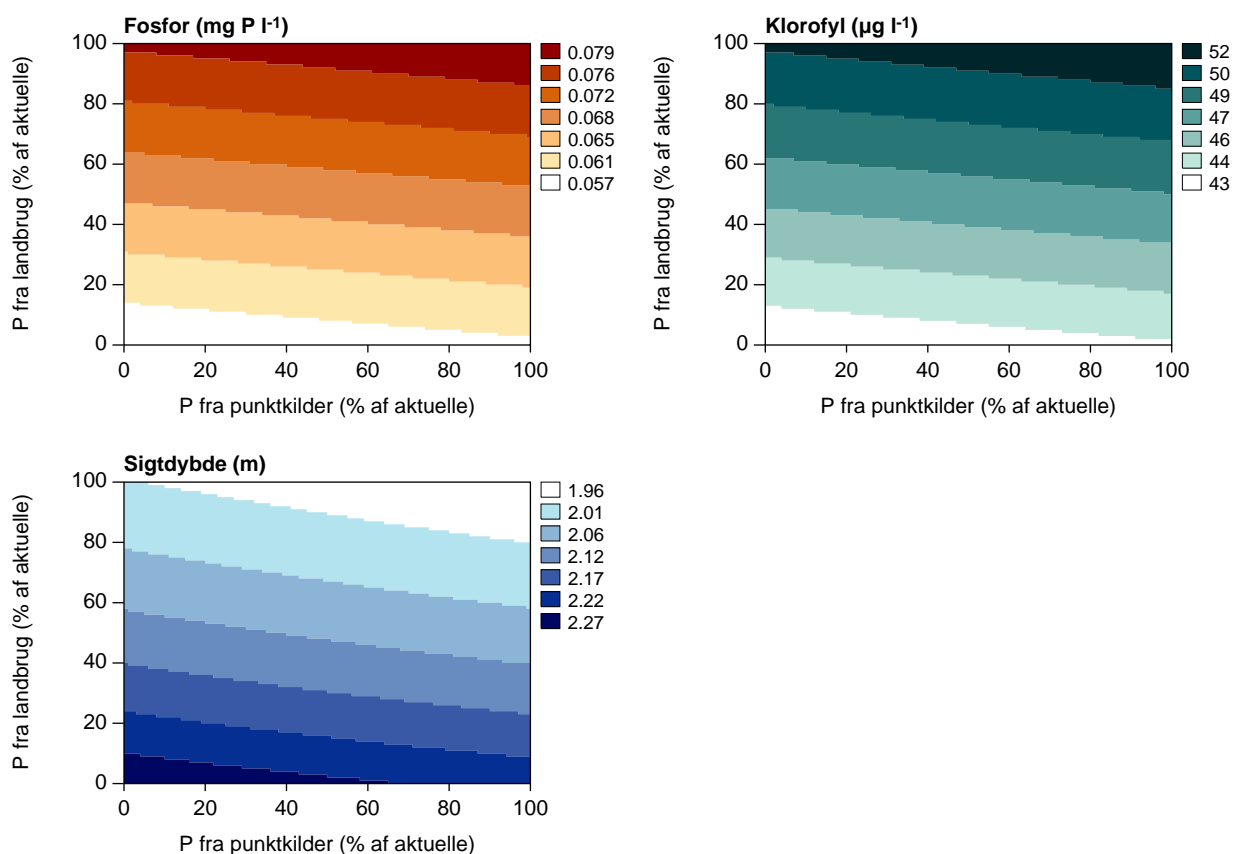
Set i forhold til de krav til vandkvalitet, der er regnet med i forhold til Vandrammedirektivet, ser billedet noget anderledes ud for de 27 søer. Her opfylder kun 7 af søerne kravet til fosforindhold, mens indløbskoncentrationen i de øvrige søer skal reduceres med 9-69 % for at leve op til kravværdien for fosforindhold.

Det skal dog bemærkes, at der i Vandrammedirektivet ikke kun vil blive anvendt fosforindhold som kvalitetskrav, men en lang række biologiske indikatorer for økologisk kvalitet. Dette kan betyde ændrede krav til indløbskoncentrationen. Det anvendte regneeksempel er det første forsøg på at beregne konsekvenserne af Vandrammedirektivet. Den endelige administrative fastlæggelse af grænserne mellem de forskellige økologiske klasser er ikke afklaret i øjeblikket.

## 5 Scenarier

### 5.1 Søerne generelt

Hvis de 27 søers belastning fra punktkilder og det åbne land betragtes samlet set, viser scenarieanalyserne klart, at det kun er, hvis der gribes ind over for fosforbelastningen fra landbrugsdelen, at der kan forventes væsentlige ændringer i søernes tilstand (figur 11). Ændringer i punktkildebelastningen ændrer derimod kun lidt i den resulterende totalfosforkoncentration, indholdet af klorofyl eller sigtddybde. Eksempelvis betyder en 50 % reduktion i tilførslen fra punktkilder typisk kun en ændring på ca. halvdelen af de viste fosfor- og klorofyl kategorier. Derimod vil en 50 % reduktion i tilførslen fra landbrugsandelen typisk rykke fosfor og klorofyl 2-3 kategorier nedad.



**Figur 11** Resultatet af en scenarieanalyse, hvor tilførslen fra den spredte bebyggelse er holdt uændret (100 %), mens henholdsvis landbrugs- og spildevandsandelen reduceres med 0-100 %. Scenariet er gennemført for søerne med mere end 25 % landbrug i oplandet (22 søer) for perioden 2000-2002 og viser de gennemsnitlige koncentrationer af fosfor og klorofyl samt sigtddybden i en ligevægtssituation. Nuværende tilstand svarer til 100 %, dvs. i øverste højre hjørne.

Scenarierne vist i figur 11 svarer generelt til tidligere gennemførte scenarieanalyser for overvågnings søerne uden en opsplitting af den diffuse tilførsel (Jensen m.fl., 1997). Således er der en væsentlig højere opnåelig respons i forhold til landbrugsbidraget sammenlignet med spildevandsbidraget. Dette svarer til, at isolinierne i figur 11 er næsten parallelle med spildevandsaksen.

## 5.2 De specifikke søer

### 5.2.1 Forudsætninger

I dette afsnit er der gennemregnet en række specifikke scenarier for hver enkelt af de 27 søer. Scenarieregningerne skal som tidligere nævnt betragtes som en generel indgang til at beskrive de 27 søer og kravene til at reducere tilførslen af fosfor. Selv om analyserne er gennemført på enkeltø-niveau skal denne beregning derfor anvendes til generelt at beskrive forholdene omkring de danske søer. For de enkelte søer kan et større lokalt kendskab og mere detaljerede oplysninger til forholdene omkring de enkelte søer gøre, at de respektive amter anlægger andre betragtninger og forudsætninger.

Indledningsvis skal det bemærkes, at scenarieregningerne er forbundet med en række usikkerheder:

1. Opgørelsen af baggrundsbidraget (naturdelen) af fosfor er kun baseret på målinger fra 7-9 oplande, der overvejende repræsenterer naturarealer (se tabel 2), og i denne analyse generaliseres disse oplande til at dække alle de 27 søers baggrundsbidrag. Disse data er imidlertid underlagt en betydelig variation, både fra år til år og imellem de enkelte oplande. Forskellige koncentrationer må forventes i vandløb, der afvander oplande med forskellig jordtype og hydrologi. For mere præcist at kunne vurdere de enkelte søer ville det være nødvendigt specifikt for hver enkelt sø at vurdere baggrundsbidraget, men disse data findes ikke. Vi har i scenarierne anvendt to værdier (høj og lav) af fosforkoncentrationer fra naturoplandet for at angive et interval.
2. Det er forbundet med en betydelig usikkerhed at skelne bidraget fra spredt bebyggelse fra bidraget fra landbruget. Hvis en mindre del end antaget stammer fra den spredte bebyggelse, vil det føre til, at landbrugsandelen tilsvarende øges.
3. De anvendte modeller, som f.eks. sammenhænge mellem indløbskoncentration og søkoncentration af fosfor, har indbygget en betydelig usikkerhed. I visse typer af oplande og søer kan der også argumenteres for, at der vælges andre modeltyper. Tilsvarende kan lokal viden om oplande og søer muliggøre, at der for specifikke søer kan laves mere detaljerede opgørelser end det er muligt i en landsdækkende analyse.
4. Endelig skal nævnes, at eftersom landbrugsandelen af totalfosfortilførslen opgøres som det sidste led efter at bidraget fra punktkilder, natur og spredt bebyggelse er regnet ind, akkumulerer den største usikkerhed sig også på dette led.

Scenarierne, der vises, tager udgangspunkt i, at der reduceres i tilførslen af fosfor fra de tre hovedtyper af bidrag: spildevand, landbrug og spredt bebyggelse. Resultaterne er vist i figur 12-16, hvor der på samme måde som til figur 10 er vist, hvilke krav der så skal stilles til en reduktion i indløbskoncentrationen af fosfor for at leve op til amternes målsætning eller det krav, der er opstillet i regneeksempel for Vandrammedirektivet. For hver af de tre fosforkilder er der vist fire scenarier, svarende til en reduktion på henholdsvis 0, 25, 50 og 75 % af den nuværende tilførsel (2002).

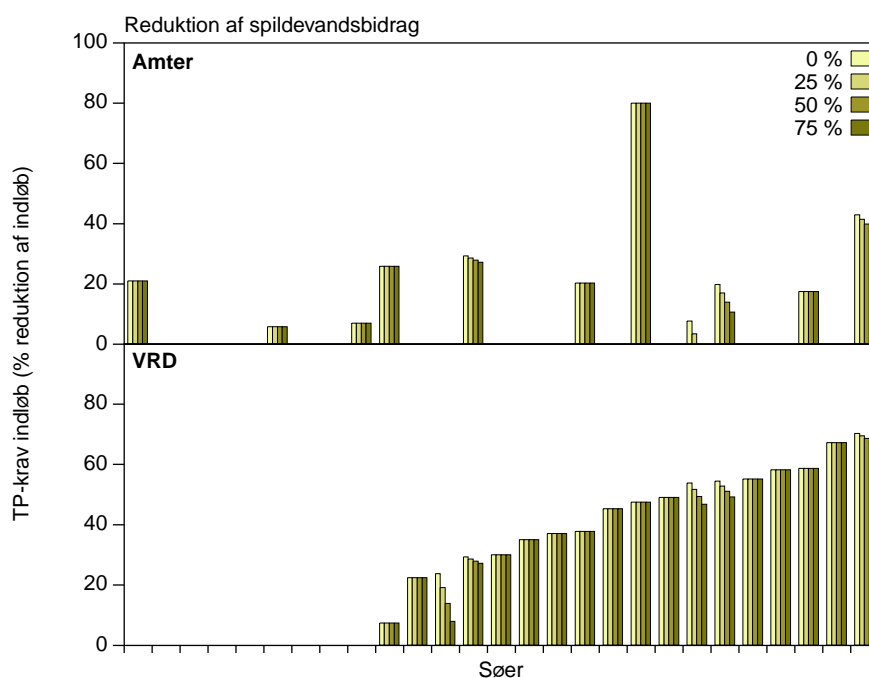
## 5.2.2 Resultater

Figurene illustrerer, som allerede antydnet i figur 11, at der især sker ændringer i kravet til de enkelte søer, hvis der reduceres i tilførslen fra landbrugsdelen. Dette gælder især, hvis der regnes med et lavt naturbidrag. Derimod er der kun i få søer mulighed for at opnå en større nedgang i indløbskoncentrationen, hvis der alene reduceres i spildevandsandelen. For enkelte søer kan indløbskoncentrationen dog stadigvæk reduceres betydeligt og dermed også kravene til reduktion af indløbskoncentration, hvis spildevandsandelen reduceres. Også en reduktion af bidraget fra den spredte bebyggelse kan for flere søers vedkommende føre til væsentlige lavere indløbskoncentrationer og dermed et væsentligt mindre krav i øvrigt til reduktion af indløbskoncentrationen for at leve op til målsætningen.

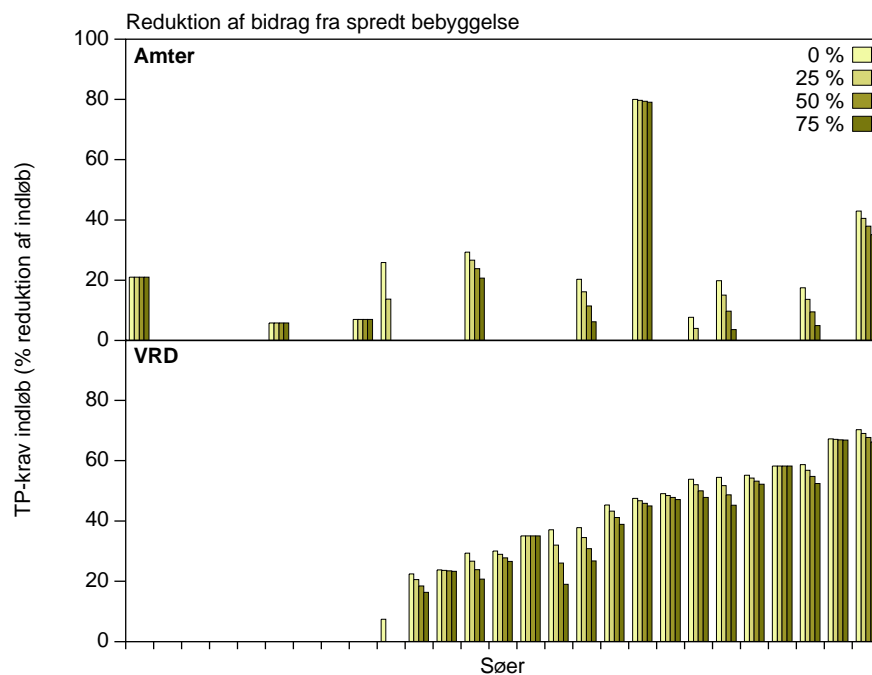
For en del søers vedkommende kan alene en reduktion af landbrugsbidraget eller i enkelte tilfælde bidraget fra spredt bebyggelse føre til at målsætningen opfyldes. I nogle tilfælde synes det nødvendigt at gribe ind over for flere typer af kilder, hvis målsætningen skal opfyldes.

Scenarierne illustrerer også, at der kan være tilfælde, hvor målsætningerne især i forhold til regneeksemplet vedr. Vandrammedirektivet vanskeligt lader sig opfylde, hvis der regnes med et højt naturbidrag. Dette gælder, uanset om alle tre typer af fosforkilder reduceres betydeligt.

*Figur 12* Krav til reduktion i de 27 søers indløbskoncentrationer af fosfor, hvis spildevandsbidraget reduceres med henholdsvis 0, 25, 50 og 75 % af den nuværende (2002), og hvis henholdsvis de nuværende (amter), eller regneeksemplets målsætninger jf. Vandrammedirektivet (VRD) om god økologisk kvalitet skal opfyldes. Hvis ingen søjle, så opfyldes kravet allerede i en ligevægtssituation. Søerne er rubriceret efter stigende krav til reduktion jf. regneeksemplet med Vandrammedirektiv.



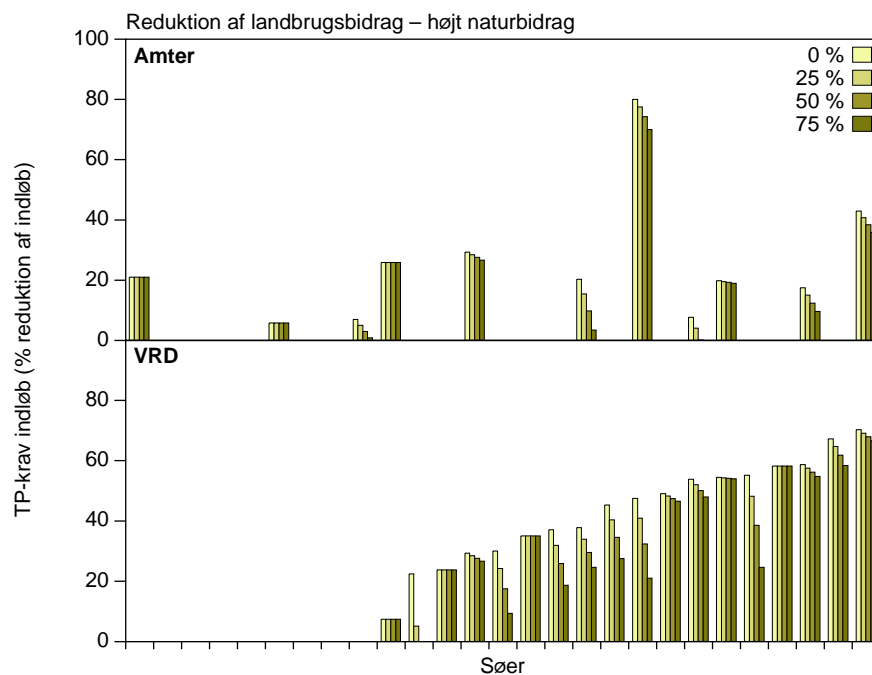
Figur 13 Krav til reduktion i de 27 søers indløbskoncentrationer af fosfor, hvis bidraget fra spredt bebyggelse reduceres med henholdsvis 0, 25, 50 og 75 % af den nuværende (2002), og hvis henholdsvis de nuværende (amter) eller regneeksemplets målsætninger jf. Vandrammedirektivet (VRD) om god økologisk kvalitet skal opfyldes. Hvis ingen søjle, så opfyldes kravet allerede i en ligevægtssituation. Søerne er rubriceret efter stigende krav til reduktion jf. regneeksemplet med Vandrammedirektiv.



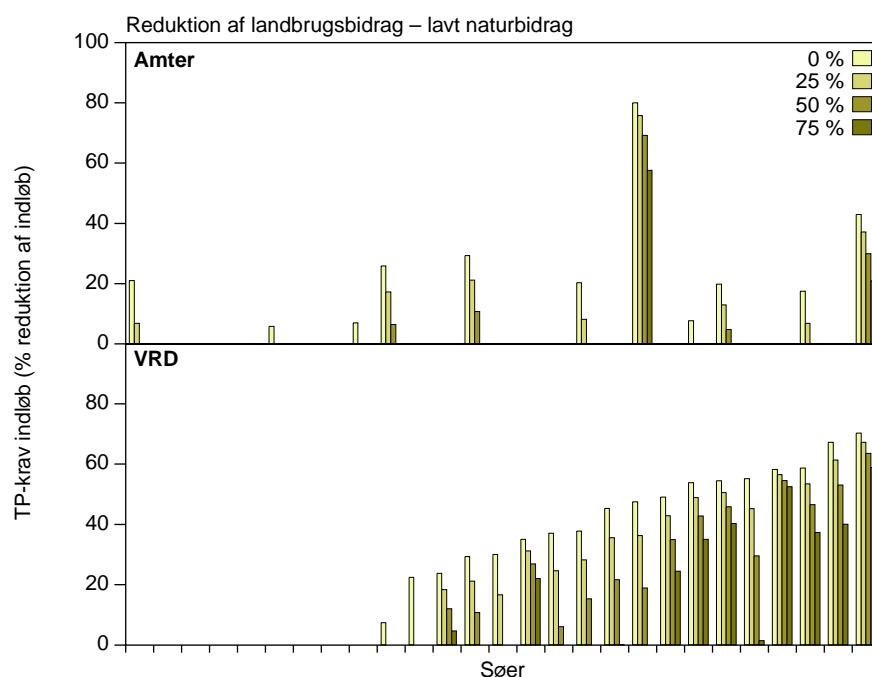
Et eksempel er den hurtigtgennemstrømmede Ørn Sø (vandets midlelopholdstid = 16 dage), hvor den hurtige vandgennemstrømning betyder, at søkoncentrationen kun vil være lidt mindre end indløbskoncentrationen. Hvis der her som gennemsnit betragtet, anvendes en indløbskoncentration på  $55 \mu\text{g P l}^{-1}$  fra den del, der stammer fra naturbidraget (højt naturbidrag), vil det derfor være vanskeligt at leve op til et krav om højest  $25 \mu\text{g P l}^{-1}$ . Ørn Sø med en middeldybde på 4 m betragtes i Vandramme-sammehæng som en dyb sø, hvis vel og mærke temperaturlagdelingen om sommeren ikke er mindre end to måneder. I 2002 var Ørn Sø om sommeren lagdelt i to perioder af indtil to måneders varighed, men lagdelingen brydes hurtigt ved mere blæsende vejr (Århus amt, 2003).

Eksemplet med Ørn Sø illustrerer, hvor følsom disse scenariebetragtninger er mht. til den andel af fosfortilførslen, der henføres til naturbidraget. Der er her brug for mere detaljerede undersøgelser for at kunne anskue naturbidraget mere differentieret, eftersom denne andel sandsynligvis varierer betydeligt fra opland til opland.

**Figur 14** Krav til reduktion i de 27 søers indløbskoncentrationer af fosfor, hvis landbrugsbidraget (**ved højt naturbidrag**) reduceres med henholdsvis 0, 25, 50 og 75 % af den nuværende (2002), og hvis henholdsvis de nuværende (amter) eller regneeksemplets målsætninger jf. Vandrammedirektivet (VRD) om god økologisk kvalitet skal opfyldes. Hvis ingen søjle, så opfyldes kravet allerede i en ligevægtssituation. Søerne er rubriceret efter stigende krav til reduktion jvf. regneeksemplet med Vandrammedirektiv.

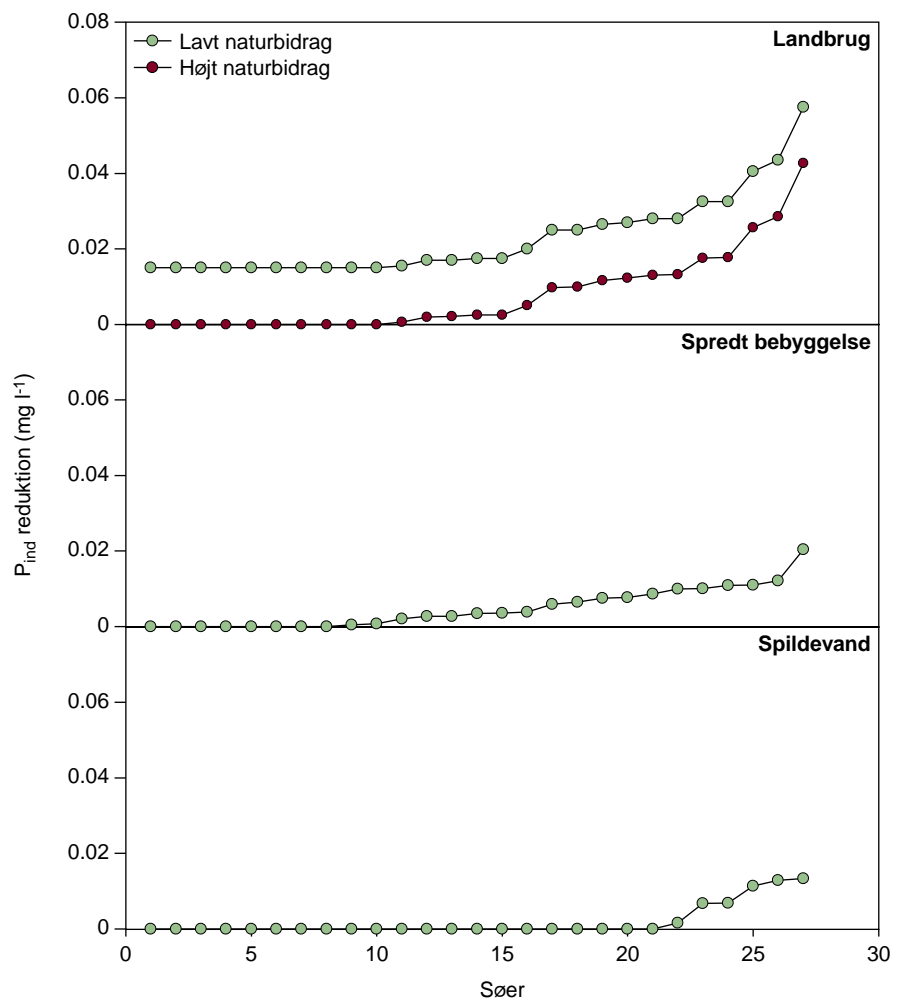


**Figur 15** Krav til reduktion i de 27 søers indløbskoncentrationer af fosfor, hvis landbrugsbidraget (**ved lavt naturbidrag**) reduceres med henholdsvis 0, 25, 50 og 75 % af den nuværende (2002), og hvis henholdsvis de nuværende (amter) eller regneeksemplets målsætninger jf. Vandrammedirektivet (VRD) om god økologisk kvalitet skal opfyldes. Hvis ingen søjle, så opfyldes kravet allerede i en ligevægtssituation. Søerne er rubriceret efter stigende krav til reduktion jvf. regneeksemplet med Vandrammedirektiv.



Hvis de tre typer af fosforkilder betragtes samlet for de 27 søer er det igen tydeligt, at indløbskoncentrationen kan reduceres væsentligt, især hvis der gribes ind over for bidraget fra landbruget (figur 16). Mens der kun kan ændres væsentligt (reduktion på mere end 10  $\mu\text{g P l}^{-1}$ ) på bidraget ved en 50 % reduktion i 3 af de 27 søer ved gribe ind over for spildevandsbelastningen, kan der ændres væsentlig på 7 af søerne ved at nedbringe belastningen fra spredt bebyggelse og 11 af søerne, hvis der ændres på landbrugsbelastningen ved højt naturbidrag og alle 27 søer ved lavt naturbidrag.

**Figur 16** Reduktionen i indløbskoncentrationen af fosfor, der opnås, hvis den nuværende belastning af fosfor fra henholdsvis landbrug, spredt bebyggelse og spildevand reduceres med 50 %. For landbrugsbidraget er der vist både en situation, hvor naturbidraget udgør 55  $\mu\text{g P l}^{-1}$  (højt naturbidrag) og 25  $\mu\text{g P l}^{-1}$  (lavt naturbidrag) af indløbskoncentrationen. Regneteknisk er der ved lav naturandel for alle søer mindst anvendt et bidrag fra landbrug, der udgør 30  $\mu\text{g P l}^{-1}$  af den samlede indløbskoncentration. Dette overestimerer formentlig landbrugsandelen i søer, hvor kun en lille del af oplandet udgøres af landbrug (se også figur 7). Søerne er rubriceret efter stigende grad af reduktion af fosfor i indløbsvandet. Rækkefølgen af de 27 søer langs tre x-akser er derfor ikke ens.



### 5.2.3 Konklusioner

Scenarieanalyserne viser, at der for mange af de næringsrige søer er lang vej endnu, før søerne kan opfylde målsætningen – også i en fremtidig ligevægtssituation, hvor søkoncentrationen ikke påvirkes af en intern belastning. Dette gælder især i forhold til de krav, der er foreslået anvendt i regneeksemplet vedr. Vandrammedirektivet.

Analyserne viser også, at de største ændringer i retning af at kunne opfylde målsætningerne kan opnås, hvis der gribes ind over for bidraget fra landbruget samt i nogle tilfælde bidraget fra spredt bebyggelse. Derimod er det for mange søers vedkommende vanskeligt yderligere at opnå effekter af at nedbringe fosfortilførslen fra punktkilder, fordi denne i forvejen er reduceret markant.

Afgrænsningen mellem de tre fosforkilder: spredt bebyggelse, landbrug og natur er usikkert bestemt. Det vurderes, at scenarieanalyserne gennemført med et højt naturbidrag til en vis grad systematisk underestimerer bidraget fra landbrugsområder, samt at bidraget fra spredt bebyggelse også kan være overestimeret.



## 6 Referencer

*Fyns Amt (2003):* Odense Pilot River Bassin. Foreløbig basisanalyse. Vandrammedirektivets artikel 5. (i trykken)

*Jacobsen, B.H., Jensen, J.D., Christensen, T., Andersen, M., Ørum, J.E., Abildtrup, J., Husum, H., Hasler, B., Schou, J & Hussain, Z.B. (2003):* Omkostninger ved reduktion af næringsstoffetab til vandmiljøet. Forberedelse af Vandmiljøplan III. xx s. - Rapport fra Økonomimodelgruppen (F6a). Fødevarøkonomisk Institut og Danmark Miljøundersøgelser. ((i trykken)

*Jensen, J.P., Søndergaard M., Jeppesen, E., Lauridsen, T.L. & Sortkjær L. (1997):* Ferske Vandområder, søer. Faglig rapport fra DMU, nr. 211. 106 s.

*Jensen, J.P., Søndergaard, M., Bjerring, R., Lauridsen, T.L., Jeppesen, E., Poulsen, A. M. & Sortkjær L. (2002):* NOVA 2003, Søer 2001. 80 s. - Faglig rapport fra DMU, nr. 421.

*Jeppesen, E., Jensen, J.P., Søndergaard, M. & Lauridsen, T.L. (submitted):* Response of fish and plankton to nutrient loading reduction in 12 Danish lakes with special emphasis on seasonal dynamics. Freshwater Biology.

*Kristensen P., Jensen J.P., & Jeppesen, E. (1990):* Eutrofieringsmodeller for søer. NPo-forskning fra Miljøstyrelsen Nr. C9. 120 s.

*Kronvang B., Ærtebjerg G, Grant R. Kristensen, P. Hovman M. & Kirkegaard J. (1993):* Nationwide monitoring of nutrients and their ecological effects. State of the Danish Quat. Environment. Ambio 22: 176-187.

*Miljøstyrelsen (1994):* Punktkilder 1993. Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Fagdatarapport. Orientering fra Miljøstyrelsen. Nr. 8. 1994. 131 s.

*Nielsen K, Thorsen, M., Markager, S., Jensen, J.P., Søndergaard, M., Refsgaard, J.C., Styczen, M., Dahl-Madsen, K.I., Børgesen, C.H., Wiggers, L., Pedersen, S.E. & Madsen, H.B. (2003a):* Kvantificering af næringsstoffers transport fra kilde til recipient samt effekt i vandmiljøet. Danmarks Miljøundersøgelser. - Faglig rapport nr. 455. 114 s.

*Nielsen, K., Styczen, M., Hans Estrup Andersen, Dahl-Madsen, K.I., Refsgaard, J.C., Pedersen, S.E., Hansen, J.R., Larsen, S.E., Poulsen, R.N., Kronvang, B., Børresen, C., Stjernholm, M., Villholth, K., Krogsgaard, J., Ernsten, V., Jørgensen, O., Windolf, J., Friis-Christensen, A, Uhrenholdt, T., Jensen, M.H., Hansen, I.S. (2003b):* Odense Fjord – scenarier for reduktion af næringsstoffer. Danmarks Miljøundersøgelser. xx s. Faglig rapport fra DMU nr. xx. (i trykken)

*Søndergaard M., Jeppesen, E. & Jensen J.P. (1999): Danske søer og deres restaurering. Danmarks Miljøundersøgelser 36 s. - Temarapport nr. 24.*

*Søndergaard, M., Jeppesen, E., Jensen, J.P., Bradshaw, E., Skovgaard, H. & Grünfeld, S. (2003): Vandrammedirektivet og danske søer. Del 1: Søtyper, referencetilstand og økologiske kvalitetsklasser. Danmarks Miljøundersøgelser. 142 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 475.*

*Søndergaard, M., Jensen, J.P., Jeppesen, E. & Hald Møller, P. (submitted): Seasonal response of nutrients to reduced phosphorus loading in 12 Danish lakes. Freshwater Biology.*

*Windolf, J. (2003): N og P "naturlig tilførsel" til Odense Fjord. Notat af 18.august 2003. 2 s.*

*Århus Amt (2003): Ørn Sø, 2002.*

# Bilag

Bilag 1. Udviklingen i fosfortilførsel og kildefordeling af fosfor siden 1989 til de 27 overvågningsøer.

Bilag 2. Oplandskarakteristik af de 27 øer.

Bilag 3. Oversigt over de 27 øer: areal, dybde, fosfortilførsel, fosforindhold, klorofyl *a* og sigtdybde.

Bilag 4. Den nuværende målsætning vedr. fosforindhold (angivet eller beregnet) for de 27 øer.

## Bilag 1

Tabel I. Kildefordeling af fosfortilførslen til overvågningsøerne. Middel- og medianværdier, minima, maksima samt 25 %- og 75 %-kvartiler for perioderne 1989-95 og 1995-2000 og året 2001. Enheden er tons P år<sup>-1</sup> (fra Jensen m.fl., 2002).

	Periode	Middel	Min.	25 %	Median	75 %	Max.	
Total fosfortilførsel	1989-95	4,26	0,02	0,18	0,82	2,69	52,88	
	1995-00	2,02	0,01	0,16	0,65	1,86	19,05	
	2001	2,63	0,01	0,12	0,52	1,64	31,58	
Kilder:								
	byspildevand	1989-95	1,94	0,00	0,00	0,00	0,20	24,22
		1995-00	0,48	0,00	0,00	0,00	0,08	6,28
2001		0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	3,64	
regnvands- betinget udløb	1989-95	0,30	0	0	0,01	0,10	2,28	
	1995-00	0,26	0	0	0,01	0,10	2,54	
	2001	0,23	0	0	0,01	0,10	2,56	
spredt bebyggelse	1989-95	0,64	0	0,01	0,13	0,38	8,18	
	1995-00	0,48	0	0	0,11	0,25	6,64	
	2001	0,45	0	0	0,06	0,19	6,29	
dambrug	1989-95	0,09	0	0	0	0	2,02	
	1995-00	0,01	0	0	0	0	0,16	
	2001	0,01	0	0	0	0	0,25	
åbent land	1989-95	1,20	-1,06	0,03	0,24	0,63	16,91	
	1995-00	0,78	0,01	0,05	0,41	0,88	4,43	
	2001	1,79	0,00	0,04	0,41	1,19	21,71	

## Bilag 2

Tabel II. Oplandskarakteristika for de 27 overvågningssøer, der indgår i analyserne. Oplandet er fordelt på: vådområder (inkl. ær og mose), skov (inkl. hede og overdrev), befæstet areal (inkl. åben - og spredt bebyggelse) og landbrug (inkl. gartneri og græsarealer).

Navn	Opland (km <sup>2</sup> )	Dominerende jordtype	Landbrug (% af total)	Befæstet (% af total)	Skov (% af total)	Vådområder (% af total)
Bagsværd Sø	6,8	Lerjord	3	62	33	3
Holm Sø	1	Lerblandet sand	4	1	80	16
Utterslev Mose	1,3	Lerblandet sand	8	74	13	5
Damhussøen	56,9	Lerblandet sand	10	73	13	4
Furesø	79	Lerblandet sand	20	32	33	12
Søby Sø	0,8	Grovsand	27	3	58	12
Borup Sø	7,6	Finsand	37	55	1	6
Ørnsø	56	Lerblandet sand	42	7	45	7
Kvie Sø	0,6	Grovsand	44	6	30	20
Arreskov Sø	24,9	Sandblandet ler	48	5	33	12
Arresø	216,1	Lerblandet sand	52	18	23	6
Norssø	20,5	Grovsand	53	5	39	3
Maglesø	1,2	Lerblandet sand	55	2	35	8
Søholm Sø	5,7	Lerblandet sand	57	4	34	4
Bastrup Sø	4,1	Sandblandet ler	62	14	21	4
Tystrup Sø	682,5	Sandblandet ler	68	9	17	6
Vesterborg sø	30,3	Lerblandet sand	69	5	22	3
Bryrup Langsø	48,2	Lerjord	70	8	19	3
Gundsømagle Sø	66	Lerblandet sand	70	11	5	13
Tissø	417,9	Grovsand	70	7	15	7
Ravn Sø	57,2	Lerjord	72	4	19	4
Store Søgård Sø	44,9	Sandblandet ler	76	8	10	7
Hornum Sø	7,9	Sandblandet ler	77	6	14	3
Engelsholm Sø	16,1	Lerblandet sand	79	5	10	6
Fårup Sø	13,8	Lerblandet sand	79	5	8	8
Hinge Sø	53,8	Grovsand	82	6	7	5
Søgård Sø	22,7	Lerblandet sand	88	4	7	1
Minimum	0,6	-	3	1	1	1
Gennemsnit	72,0	-	53	16	24	7
Maksimum	682,5	-	88	74	80	20

### Bilag 3

Tabel III. Oversigt over de 27 ferskvandssøer anvendt til scenarieanalyserne.

Sø	Søareal (km <sup>2</sup> )	Middel- dybde (m)	Opland- sareal (km <sup>2</sup> )	Dyrket areal (% af opland)	Fosfor- tilførsel (g P m <sup>-2</sup> år <sup>-1</sup> )	Punktkilder (% af P tilført)	Total fosfor (µg P l <sup>-1</sup> )	Klorofyl (µg l <sup>-1</sup> )	Sigt dybde (m)
Søby	0,73	2,8	0,8	27	0,07	0	22	7	3,0
Holm	0,12	0,8	1,0	4	0,13	0	27	4	1,5
Maglesø	0,15	3,6	1,2	55	0,08	0	23	10	3,0
Nors	3,47	3,6	20,5	53	0,08	59	22	5	4,4
Ravn	1,82	15,0	57,2	72	0,83	26	30	11	2,8
Søholm	0,26	6,5	5,7	57	0,50	45	70	31	1,3
Kvie	0,30	1,2	0,6	44	0,05	0	90	18	1,1
Bastrup	0,33	3,5	4,1	62	0,18	0	84	35	2,5
Hornum	0,11	1,5	7,9	77	0,79	0	75	32	1,5
Ørnsø	0,42	4,0	56,0	42	9,23	5	77	54	1,2
Furesøen	7,39	16,5	696,0	20	0,24	39	104	11	4,1
Fårup	0,99	5,6	13,8	79	1,10	8	77	15	2,9
Damhussøen	0,46	1,6	54,0	10	0,25	0	56	9	1,8
Bryrup Langsø	0,38	4,6	48,2	70	2,59	24	62	39	2,1
Hinge	0,91	1,2	53,8	82	3,39	8	117	108	0,5
Tissø	12,30	8,2	417,9	70	1,29	41	219	63	1,8
Engelsholm	0,44	2,6	16,1	79	1,18	10	64	41	1,6
Bagsværd	1,21	1,9	6,8	3	0,10	6	104	92	0,5
Borup	0,10	1,1	7,6	37	2,32	7	111	44	0,9
Arreskov	3,17	1,9	24,9	48	0,26	31	114	91	1,0
Tystrup	6,62	9,9	682,5	68	4,33	40	116	59	2,2
Arresø	39,90	3,1	216,1	52	0,23	41	193	111	0,6
Vesterborgsø	0,21	1,4	30,3	69	2,88	43	139	70	0,8
St. Søgårdsø	0,60	2,7	44,9	76	2,82	16	176	55	0,7
Utterslev mose	0,30	1,1	62,6	8	0,48	21	270	137	0,5
Søgård	0,27	1,6	22,7	88	4,17	11	173	86	0,6
Gundsømagle	0,32	1,2	66,0	70	5,58	33	247	176	0,5
Maksimum	39,90	16,5	696,0	88	9,23	59	270	176	4,4
Gennemsnit	3,08	4,0	97,0	53	1,67	19	106	52	1,7
Minimum	0,10	0,8	0,6	3	0,05	0	22	4	0,5

## Bilag 4

Tabel IV. Oversigt over de 27 ferske overvågningssøers målsætninger med angivelse af eventuelle specifikke krav. Herudover er amternes vurdering af, om målsætningen er opfyldt angivet, hovedsageligt vurderet på resultaterne fra 2001. I kolonnen længst til højre er vist det fosforindhold, som søen er angivet at skulle være under for at opfylde målsætningen. TP-krav svarer til specifikt angivne krav (års eller sommer), men hvis dette ikke er angivet er denne beregnet på grundlag af det angivne krav til sigtdybde. Omregningen fra sigtdybdekrav til TP-krav er foretaget på baggrund af  $Sigt = 0,27 * TP^{0,59} * z^{0,27}$ , hvor Sigt er sommersigtdybde, TP årsmiddel af fosfor og z middeldybde (Jensen m.fl., 1997). For søer, hvor der ikke er angivet specifikke krav, antages en A-målsætning at svare til krav om en sommersigtdybde over 3 m og en B-målsætning til krav om en sommersigtdybde over 1 m. Hvis der i krav er angivet en grænse, er den mest restriktive anvendt. TP: Totalfosforkoncentration, sigt: Sigtdybde. (som.: sommergennemsnit, år: årsgennemsnit). Målsætninger: A: Skærpet målsætning (upåvirket af menneskelig aktivitet), A2: Badevand, B: Generel målsætning (svag påvirkning af menneskelig aktivitet tilladt).

Navn	Middeldybde (m)	Amt	Målsætning	Målsætning opfyldt	Specifikt angivne krav		TP-krav (mg P l <sup>-1</sup> )
					Sigt (m)	TP (mg P l <sup>-1</sup> )	
Nors Sø	4,0	Viborg	A	Ja	>4		< 0,020
Holm Sø	0,7	Ribe	A1	Ja	>1,8 (som)	<0,025 (som)	< 0,025
Maglesø	3,6	Vestsjælland	A1	Ja			< 0,030
Arreskov Sø	1,9	Fyn	A1	Nej	>1,5-2m	<0,06 (som)	< 0,060
Søholm Sø	6,5	Fyn	A1	Nej	>2-3m		< 0,040
Kvie Sø	1,2	Ribe	A1	Nej	>2,6 (som)	<0,04 (som)	< 0,040
Søby Sø	2,8	Ringkøbing	A1/A2	Nej	>3 (som)	<0,04 (år)	< 0,040
Tissø	8,2	Vestsjælland	A1	Nej			< 0,044
Furesøen	13,5	København	A1/A2	Nej	>4 (som)	<0,04 (år)	< 0,040
Tystrup Sø	9,9	Vestsjælland	A1/A2	Nej			< 0,048
Engelsholm Sø	2,6	Vejle	A2	Nej	>1,5(som)		< 0,085
Fårup Sø	5,6	Vejle	A2	Nej	>2 (som)		< 0,074
Bastrup Sø	3,3	Frederiksborg	A2/B	Nej	>2,5 (som)	<0,05 (år)	< 0,050
Hornum Sø	1,5	Nordjylland	A2/B	Nej	>2 (som)		< 0,041
Utterslev mose, øst	1,0	Københavns k.	B	Nej	>1,5	<0,15 (som)	< 0,150
Bryrup Langsø	4,6	Århus	B	Nej		<0,05 (som)	< 0,050
Ravn Sø	15,0	Århus	B	Nej		<0,025	< 0,025
Ørnsø	4,0	Århus	B	Nej		<0,08 (som)	< 0,080
Damhussøen	1,6	Københavns k.	B	Ja			< 0,135
Arresø	2,9	Frederiksborg	B	Nej	>0,8 (som)	<0,07 (år)	< 0,070
Bagsværd Sø	1,9	København	B	Nej	>1 (som)	<0,04 (år)	< 0,040
Borup Sø	0,9	Roskilde	B	Nej	>1 (som)	<0,1-0,15 (som)	< 0,100
Gundsømagle Sø	1,2	Roskilde	B	Nej	>1 (som)	<0,1-0,15 (som)	< 0,100
Vesterborg Sø	1,4	Storstrøm	B	Nej	>1,5 (som)		< 0,064
Store Søgårdsø	2,7	Sønderjylland	B	Nej			< 0,171
Søgård Sø	1,6	Vejle	B	Nej	>0,8 (som)		< 0,196
Hinge Sø	1,2	Viborg	B	Nej	>3 m		< 0,019

# Danmarks Miljøundersøgelser

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

Henvendelser kan rettes til:

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

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

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

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

*Overvågningssektionen  
Afd. for Terrestrisk Økologi  
Afd. for Ferskvandsøkologi  
Afd. for Marin Økologi  
Projektchef for det akvatiske område*

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

*Afdeling for Vildtbiologi og Biodiversitet*

Publikationer:

DMU udgiver faglige rapporter, tekniske anvisninger, temarapporter, samt årsberetninger.  
Et katalog over DMU's aktuelle forsknings- og udviklingsprojekter er tilgængeligt via World Wide Web.  
I årsberetningen findes en oversigt over det pågældende års publikationer.



## Faglige rapporter fra DMU/NERI Technical Reports

2003

- Nr. 436: Naturplanlægning - et system til tilstandsvurdering i naturområder. Af Skov, F., Buttenschøn, R. & Clemmensen, K.B. 101 s. (elektronisk)
- Nr. 437: Naturen i hverdagslivsperspektiv. En kvalitativ interviewundersøgelse af forskellige danskeres forhold til naturen. Af Læssøe, J. & Iversen, T.L. 106 s. (elektronisk)
- Nr. 438: Havterner i Grønland. Status og undersøgelser. Af Egevang, C. & Boertmann, D. 69 s. (elektronisk)
- Nr. 439: Anvendelse af genmodificerede planter. Velfærdsøkonomisk vurdering og etiske aspekter. Af Møller, F. 57 s. (elektronisk)
- Nr. 440: Thermal Animal Detection System (TADS). Development of a Method for Estimating Collision Frequency of Migrating Birds at Offshore Wind Turbines. By Desholm, M. 25 pp. (electronic)
- Nr. 441: Næringsstofbalancer på udvalgte bedrifter i Landovervågningen. Af Hansen, T.V. & Grant, R. 26s. (elektronisk)
- Nr. 442: Emissionsfaktorer og emissionsopgørelse for decentral kraftvarme. Eltra PSO projekt 3141. Kortlægning af emissioner fra decentrale kraftvarmeværker. Delrapport 6. Af Nielsen, M. & Illerup, J.B. 113 s. (elektronisk)
- Nr. 443: Miljøøkonomisk analyse af skovrejsning og braklægning som strategier til drikkevandsbeskyttelse. Af Schou, J.S. 43 s. (elektronisk)
- Nr. 444: Tungmetaller i tang og musling ved Ivittuut 2001. Af Johansen, P. & Asmund, G. 32 s. (elektronisk)
- Nr. 445: Modeller til beskrivelse af iltsvind. Analyse af data fra 2002. Af Carstensen, J. & Erichsen, A.C. 60 s. (elektronisk)
- Nr. 447: Modelanalyser af mobilitet og miljø. Slutrapport fra TRANS og AMOR II. Af Christensen, L. & Gudmundsson, H. 114 s. (elektronisk)
- Nr. 448: Newcastle Disease i vilde fugle. En gennemgang af litteraturen med henblik på at udpege mulige smitekilder for dansk fjerkræ. Af Therkildsen, O.R. 61 s. (elektronisk)
- Nr. 449: Marin recipientundersøgelse ved Thule Air Base 2002. Af Glahder, C.M. et al. 143 s. (elektronisk)
- Nr. 450: Air Quality Monitoring Programme. Annual Summary for 2002. By Kemp, K. & Palmgren, F. 36 pp. (electronic)
- Nr. 451: Effekter på havbunden ved passage af højhastighedsfærger. Af Dahl, K. & Kofoed-Hansen, H. 33 s. (elektronisk)
- Nr. 452: Vingeindsamling fra jagtsæsonen 2002/03 i Danmark. Wing Survey from the 2002/03 Hunting Season in Denmark. Af Clausager, I. 66 s.
- Nr. 453: Tålegrænser for kvælstof for Idom Hede, Ringkøbing Amt. Af Nielsen, K.E. & Bak, J.L. 48 s. (elektronisk)
- Nr. 454: Naturintegration i Vandmiljøplan III. Beskrivelse af tiltag der, ud over at mindske tilførsel af næringssalte fra landbrugsdrift til vandområder, også på anden vis kan øge akvatiske og terrestriske naturværdier. Af Andersen, J.M. et al. 67 s. (elektronisk)
- Nr. 455: Kvantificering af næringsstoffers transport fra kilde til recipient samt effekt i vandmiljøet. Modeltyper og deres anvendelse illustreret ved eksempler. Nielsen, K. et al. 114 s. (elektronisk)
- Nr. 456: Opgørelse af skadevirkninger på bundfaunaen efter iltsvindet i 2002 i de indre danske farvande. Af Hansen, J.L.S. & Josefson, A.B. 32 s. (elektronisk)
- Nr. 457: Kriterier for gunstig bevaringsstatus. Naturtyper og arter omfattet af EF-habitatdirektivet & fugle omfattet af EF-fuglebeskyttelsesdirektivet. Af Søgaard, B. et al. 2. udg. 460 s. (elektronisk)
- Nr. 458: Udviklingen i Vest Stadil Fjord 2001-2002. Af Søndergaard, M. et al. 25 s. (elektronisk)
- Nr. 459: Miljøøkonomiske beregningspriser. Forprojekt. Af Andersen, M.S. & Strange, N. 88 s. (elektronisk)
- Nr. 460: Aerosols in Danish Air (AIDA). Mid-term report 2000-2002. By Palmgren, F. et al. 92 pp. (electronic)
- Nr. 461: Control of Pesticides 2002. Chemical Substances and Chemical Preparations. By Krongaard, T., Petersen, K. & Christoffersen, C. 30 pp. (electronic)
- Nr. 462: Bevaringsstatus for fuglearter omfattet af EF-fuglebeskyttelsesdirektivet. Af Pihl, S. et al. 130 s. (elektronisk)
- Nr. 463: Screening for effekter af miljøfarlige stoffer på algesamfund omkring havneanlæg. Af Dahl, K. & Dahllöf, I. 37 s. (elektronisk)
- Nr. 464: Dioxin i bioaske. Dioxinmåleprogram 2001-2003. Viden om kilder og emissioner. Af Hansen, A.B. et al. 40 s. (elektronisk)
- Nr. 465: Miljøundersøgelser ved Maarmorilik 2002. Af Johansen, P., Riget, F. & Asmund, G. 62 s. (elektronisk)
- Nr. 466: Atmosfærisk deposition 2002. NOVA 2003. Af Ellermann, T. et al. 88 s. (elektronisk)
- Nr. 467: Marine områder 2002 - Miljøtilstand og udvikling. NOVA 2003. Af Rasmussen, M.B. et al. 103 s. (elektronisk)
- Nr. 468: Landovervågningsoplade 2002. NOVA 2003. Af Grant, R. et al. 131 s. (elektronisk)
- Nr. 469: Søer 2002. NOVA 2003. Af Jensen, J.P. et al. 63 s. (elektronisk)
- Nr. 470: Vandløb 2002. NOVA 2003. Af Bøgestrand, J. (red.) 76 s. (elektronisk)
- Nr. 471: Vandmiljø 2003. Tilstand og udvikling - faglig sammenfatning. Af Andersen, J.M. et al. 157 s., 100,00 kr.
- Nr. 472: Overvågning af Vandmiljøplan II - Vådområder 2003. Af Hoffmann, C.C. et al. 83 s. (elektronisk)
- Nr. 473: Korrektion for manglende indberetninger til vildtudbyttestatistikken. Af Asferg, T. & Lindhard, B.J. 28 s. (elektronisk)

Danmarks Miljøundersøgelser  
Miljøministeriet

ISBN 87-7772-784-3  
ISSN 1600-0048