

Reduktionsmål for tilførslen af kvælstof og fosfor til projektområde Ravn Sø. Del af task 1.1 i EU- LIFE projektet AGWAPLAN

Gennemført af

**Torben Jørgensen
og
Henrik Skovgaard**

Århus Amt

Maj 2006

LIFE05 ENV/DK/000155: Integrated Protection of Surface and Groundwater in Agricultural Regions (AGWAPLAN)



RESUME

Dette notat er første leverance af Task 1.1 i AGWAPLAN. Det overordnede formål med task 1.1 er at fastsætte en god økologisk tilstand i Ravn Sø, som forventes at være i overensstemmelse med kravene i EU's vandrammedirektiv. Der er opstillet en model for Ravn Sø med beregnede scenarier for den tilførsel af kvælstof og fosfor fra oplandet, som kan sikre en god økologisk tilstand.

Ravn Sø er en del af det midtjyske søhøjland og ligger i Ry kommune, ca. 5 km øst for Ry. Søen dækker et areal på 1,82 km² og hører dermed til de mellemstore søer i Danmark. Med en største dybde på 33 m er den Danmarks tredjedybeste søer. Søens opland er ca. 55 km², hvoraf ca. 70% er dyrkede arealer. Største vandløb i oplandet er Knud Å. Tilførslen af kvælstof og især fosfor til søen er nedbragt siden 1980'erne, men søen modtager stadig for mange næringsstoffer til at sikre en god økologisk tilstand, og B-målsætningen i Århus Amts regionplan er ikke opfyldt. Der er stillet krav i regionplanen om forbedret spildevandsrensning i oplandet. Ravn Sø har et forholdsvist lavt fosforindhold på ca. 25 µg P/l, hvorimod kvælstofindholdet på ca. 2,6 mg N/l er højt. Sigtdybden om sommeren er ca. 3,1 meter som gennemsnit, men der er perioder i sensommeren med mange blågrønalger, uklart vand og en sigtdybde på ned til 1 meter.

På baggrund af simuleringresultaterne anbefales det, at fosfortilførslen reduceres med 40-50 %, hvorved det sikres, at fosfor- og klorofylkoncentrationen vil overholde de målsatte værdier. Det vil have en positiv effekt på sigtdybden og reducere væksten af blågrønalger

Kvælstoftilførslen skal reduceres med mindst 75 %, hvis grænseværdierne for kvælstof skal overholdes.

Det vurderes, at målet om en god økologisk tilstand vil kunne nås alene ved at reducere fosfortilførslen med 40-50%, fordi miljøtilstanden idag i højere grad reguleres af tilførslen af fosfor end af kvælstof.

Den målsatte fosfortilførsel, der vil give en god økologisk tilstand, er 0,75 t P/år. Med den nuværende fosfortilførsel medfører det et reduktionsmål på 0,55 tons P/år. Der opnås en reduktion på ca. 0,3 tons P/år ved forbedret spildevandsrensning i henhold til Århus Amts regionplan, mens den resterende reduktion på 0,25 tons P/år kan ske ved at halvere tabet af fosfor (målt i vandløbene) fra landbrugsarealerne i oplandet.

Denne rapport er udarbejdet med støtte fra Det Europæiske Fællesskabs finansielle instrument LIFE.



This report is prepared with the contribution of the LIFE financial instrument of the European Community.

Task 1.1. Ravn Sø

1. Introduktion og formål

Dette notat er første leverance af Task 1.1 i AGWAPLAN. Det overordnede formål med task 1.1 er at identificere en god økologisk tilstand i Norsminde Fjord og Ravn Sø, som forventes at være i overensstemmelse med kravene i EU's vandrammedirektiv. Desuden skal indsatsplanen for beskyttelsen af drikkevandet ved Hinnerup Vandværk gennemgås og evt. justeres. Der opstilles modeller for Ravn Sø og Norsminde Fjord, hvormed miljømålene kan omsættes til tålegrænser for tilførsel af kvælstof og/eller fosfor fra oplandene. Resultaterne fra task 1.1 skal anvendes til at fastsætte reduktionskrav for tabet af næringsstoffer på markniveau hos de deltagende landmænd i oplandene, jf. task 1.2. Da de endelige miljømål for naturtyperne ikke er udmeldt fra staten endnu og afventer resultater fra EU's interkalibrering ved udgangen af 2006, opstilles der foreløbige modeller og tålegrænser samt reduktionskrav ud fra bedste faglige vurdering i Århus Amt. Den endelige rapport over task 1.1 med eventuelt justerede tålegrænser er færdig 1. april 2007.

EU's vandrammedirektiv

EU's Vandrammedirektiv skal sikre, at der senest i 2015 opnås mindst en god økologisk tilstand i medlemslandenes vandløb, søer og kystvande, svarende til en tilstand, som kun i mindre grad må afvige fra den upåvirkede referencetilstand. Implementeringen af direktivet betyder, at miljøtilstanden skal klassificeres i forhold til fem kvalitetsklasser: høj, god, moderat, ringe eller dårlig. Søndergaard *et al.* (2003) har givet forslag til metoder, hvormed de danske søer typeinddeles, hvor referencetilstanden estimeres samt til bestemmelse af en økologisk klassificering på baggrund af en række biologiske og kemiske parametre.

Mange af de danske søer er tidligere blevet påvirket af et intensiveret landbrug, spildevandsudledninger osv. Selvom den eksterne næringssaltbelastning i dag er reduceret vil der være behov for en yderligere reduktion i den eksterne næringssaltbelastning for at sikre, at søerne kan leve op til Vandrammedirektivets bestemmelser. Da det kan tage flere år for en sø at indstille sig i en ligevægt i forhold til en reduceret næringssaltbelastning, er det vigtigt at få fastlagt handlingsplaner for de enkelte søer i god tid, således der er mulighed for at overholde direktivets bestemmelser inden udgangen af 2015. Indsatsplanen for det enkelte vandområde skal være klar i 2009.

Omfanget af den nødvendige reduktion i den eksterne næringssaltbelastning kan estimeres ved at opstille økologiske modeller. Disse modeller kan endvidere anvendes til at estimere referencetilstanden. Modellerne kan beskrive en lang række af de kemiske og biologiske parametre og give indblik i søernes økologiske tilstand. Herved kan tilstanden ved forskellige niveauer af næringssaltbelastning simuleres. Den tilstand, som søerne ifølge modellerne kan opnå ved reduceret næringssaltbelastning, kan efterfølgende forholdes til økologisk klassificering (Søndergaard *et al.*, 2003).

Den økologiske modellering af Ravn Sø har taget udgangspunkt i en en-dimensionel vandkvalitetsmodel (DYRESM-CAEDYM).

Med udgangspunkt i måledata for næringssalttilførslen er der opstillet og simuleret forskellige scenarier med hhv. en reduceret fosfortilførsel og en reduceret kvælstoftilførsel til Ravn Sø. Resultaterne fra modelsimuleringerne er efterfølgende forholdt til de

økologiske klasser, og på baggrund af denne sammenligning er der anbefalet en størrelsesordenen på den nødvendige reduktion i næringssaltbelastningen.

1.1 Beskrivelse af Ravn Sø

Ravn Sø er en del af det midtjyske søhøjland og ligger i Ry kommune, ca. 5 km øst for Ry. Søen ligger i en øst/vest-gående tunneldal, som blev dannet under sidste istid, og jordbunden i søens opland består hovedsageligt af lerblandet sand (Jørgensen, 2004).

Oplandet i Ravn Sø området består hovedsageligt af dyrkede arealer, skovklædte bakker og i mindre omfang spredt bebyggelse og vådområder.

1.2 Morfometri og hydrografi

Ravn Sø dækker et areal på 1,82 km² og hører dermed til de mellemstore søer i Danmark. Med en største dybde på 33 m er den Danmarks tredjedybeste søer. På grund af den store dybde og beliggenheden i en vindbeskyttende tunneldal, dannes der hver sommer en temperaturlagdeling af vandmasserne, som afhængigt af vejret varer 4-5 måneder (Jørgensen, 2004).

Temperaturspringlaget dannes normalt i løbet af maj i 5-10 meters dybde. I løbet af sommeren forskydes springlaget til 12-14 meters dybde, hvorefter det brydes i oktober-november med en total opblanding af vandsøjlen til følge. Lagdelingen har stor betydning for de økologiske forhold i søen, og der forekommer således hvert år en naturlig lav iltkoncentration i bundvandet især i sensommeren/efteråret

Ravn Sø tilføres ferskvand fra oplandet via grundvand og vandløb. Ferskvandstilførslen er på omkring 15 mio m³/år svarende til en gennemsnitlig opholdstid for vandet i søen på 1,58 år. Søen afvander via Knud Sø til Gudenåen nedstrøms Ry.

1.3 Opland

Ravn Sø tilføres vand, næringsstoffer (kvælstof og fosfor) og organisk stof fra det 55 km² store opland til søen. Størstedelen af vandafstrømningen fra oplandet sker til Knud Å, hvis opland udgør 2/3 af hele søens opland. Af andre betydende oplande findes oplandet til Jaungyde Bæk nord for søen.

I dag er 71% af hele oplandet opdyrket, mens ca. 4% er udlagt med vedvarende græs. Skov og krat udgør 17 %, mens bebyggelse og veje dækker 4%. De resterende 4 % er søer og vandløb. I takt med den forbedrede spildevandsrensning i 80'erne er fosfortilførslerne fra spildevand blevet halveret. Kvælstoftilførslen er også reduceret som følge af gennemførelsen af VMP I og II (Vandmiljøplan I og II) og fra andre kilder.

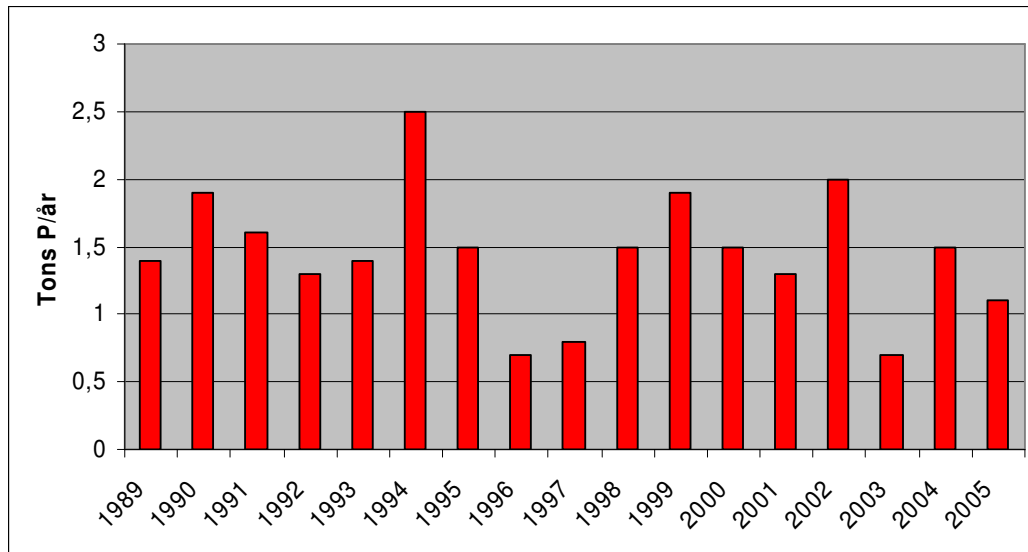
2. Nuværende tilstand

2.1 Økologisk tilstand

For at opstille pålidelige modeller er det essentielt, at der foreligger en detaljeret og sammenhængende tidsserie af måledata. Dette er tilfældet for Ravn Sø, da søen har været overvåget årligt igennem hhv. NOVA og NOVANA programmerne siden 1989. Der udtages prøver i tilløb og afløb, så tilførslen af forurenede næringsstoffer som fosfor og kvælstof kan beregnes. Desuden udtages der vandprøver i overfladevand og bundvand på søens dybeste sted til vandkemisk analyse, ligesom der måles ilt,

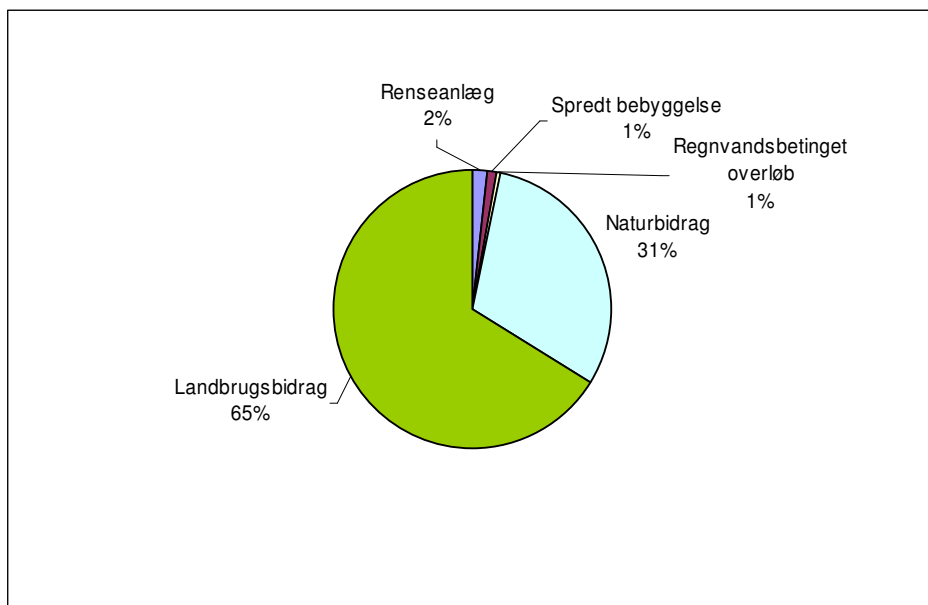
temperatur og sigtddybe. De biologiske undersøgelser omfatter dyre- og planteplankton, undervandsvegetation, fisk, bunddyr og fugle.

Der er sket en reduktion i tilførslen af fosfor til Ravn Sø, idet fosforindholdet i det tilstrømmende vand er faldet fra ca. 0,250 mg P/l i starten af 1980'erne til 0,085 mg P/l i 2004. Det skyldes forbedret rensning og afskæring af spildevand i oplandsbyerne. Den nuværende tilførsel af fosfor er ca. 1,3 tons P/år (gns. 2000-2005). Som det fremgår af nedenstående figur er der dog en betydelig år til år variation på grund af forskellige nedbørsforhold. Meget nedbør som i 1994 giver typisk stor tilstrømning af vand og fosfor.

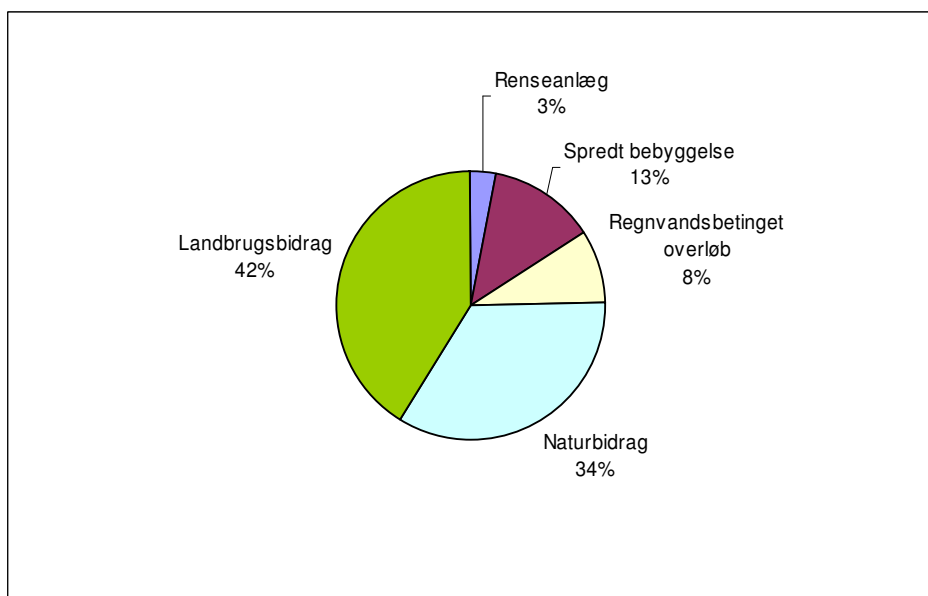


Tilførsel af fosfor til Ravn Sø i perioden 1989 til 2005

I dag modtager Ravn Sø kun spildevand fra Ballen, regnvandsbassiner og spredt bebyggelse uden for kloakeret område. Landbruget er nu den største kilde til forureningen af søen med kvælstof og fosfor og står for henholdsvis 65% og 42% af den samlede tilførsel. Spildevandsbidraget (renseanlæg, spredt bebyggelse og regnvandsbettinget overløb) er henholdsvis 4% og 24%. Resten af tilførslen af fosfor og kvælstof kommer fra naturlig udvaskning fra oplandet og atmosfærisk deposition.



Fordelingen af kvælstof til Ravn Sø (gns. 2000-2005, i alt 78 tons N/år)



Fordelingen af fosfor til Ravn Sø (gns. 2000-2005, i alt 1,3 tons P/år)

Den reducerede tilførsel af fosfor har bevirket et fald i søens fosforindhold fra omkring 0,035 mg P/l i starten af 1980'erne til 0,021 mg P/l i 2005 (sommergns.) svarende til amtets målsatte niveau for søen.

Siden starten af 1980'erne er der sket et fald i søvandets klorofylindhold (algemængden i vandet) fra ca. 17 µg/l til ca. 10,5 µg/l i 2005 (sommergns.), fordi fosforindholdet i søvandet er faldet. Den reducerede algevækst har dog ikke været tilstrækkelig til at sikre en markant forbedring af søvandets gennemsigtighed, som i hele måleperioden har ligget omkring 3-3,5 meter. Der er dog tendens til en større sigtddybde i dag end i 1970'erne, hvor sigtddybden var omkring 2,5 meter. I 2005 var sigtddybden 3,1 meter (sommergns.)

Ravn Sø huser 19 arter af undervandsplanter. Dybdegrænsen for rodfæstede planter i søen er 4-5 meter med svingninger fra år til år, som er betinget af vandets klarhed og klimatiske forhold i planternes spirings- og vækstperiode. Ravn Sø har store meget dybe områder, hvor lyset ikke når ned, og derfor dækker undervandsplanterne kun ca. 4% af søens samlede bundareal. De mest almindelige plantearter i søen er *kredsbladet vandranunkel*, *hjerterbladet vandaks* og *børsteblandet vandaks*.

Der er ved fiskeundersøgelser fundet 15 arter i Ravn Sø. Det placerer Ravn Sø blandt de artsrige danske søer. Den mest almindelig art i søen, både med hensyn til antal og vægt er *aborre* efterfulgt af *skalle*. *Brasen*, *gedde* og *hork* er også almindelig fisk mens f.eks. *søørred*, *knude* og *grundling* er mere sjældne. I forhold til søens lave næringsstofniveau er tæthed og vægt af fisk normal for søtypen. Den samlede vægt af fisk i søen er beregnet til 18 tons svarende til 100 kg/ha søoverflade

Yderligere oplysninger om [miljøtilstanden i Ravn Sø](#) kan findes på Århus Amts hjemmeside www.aaa.dk/aaa/nm under "Vandmiljø" eller ved at følge ovenstående hyperlink.

3. Krav i Regionplanen

I Vandkvalitetsplan 2005 for Århus Amt er der opstillet nogle kvalitetskrav, som skal være opnået, for at målsætningen for Ravn Sø er opfyldt.

Indløbskoncentrationen for fosfor må ikke være større end 90 µg P/l som et årgennemsnit, fosforkoncentrationen i søvandet må i gennemsnit maksimalt være 25 µg P/l i sommermånederne, og sommergennemsnittet for sigtddybden skal være større end 4,0 meter.

Der skal endvidere indføres en maksimal fosforreduktion (mindst 90% fosforreduktion) på alle ejendomme i det åbne land, og spildevandstilførslen fra rensningsanlæg må højst være 27 kg fosfor om året.

Kravene i Vandkvalitetsplanen er ikke opfyldt, og Ravn Sø opfylder dermed ikke målsætningen.

4. Reference tilstand

Ravn Sø er klassificeret som søtype 7, den dybe højalkaline, ikke-brunvandede, ferske sø.

For at opnå en god økologisk tilstand i denne søtype har Danmarks Miljøundersøgelser foreslået følgende grænseværdier: (Søndergaard et al., 2003)

Total fosfor	<25 µg P/l,
Total kvælstof	<1 mg N/l
Sigtdybde	>3,9 meter
Klorofyl	<6,5 µg P/l

Søndergaard et al., 2003 har foreslået referenceværdier i en naturtilstand for en sø som Ravn Sø

Total fosfor	8 µg P/l
Total kvælstof	0,38 mg N/l
Sigtdybde	5,4 meter
Klorofyl	4 µg/l

Ud fra disse referenceværdier kan man se, at den ønskede tilstand, som vil opfylde kravet om god økologisk kvalitet, er forskellig fra den tilstand, som formodentlig har været i Ravn Sø inden der skete en kulturpåvirkning.

5. Scenarier

Selvom Ravn Sø siden 1993 mere eller mindre har overholdt grænseværdien for total fosfor, overholdes hverken grænseværdien for total kvælstof, sigtdybde eller klorofyl. Dette kan betyde, at tilstanden i Ravn Sø på nuværende tidspunkt kan overholde kravene i enkelte år. Den økologiske model, som kan beskrive forskellige kemiske og biologiske variable i Ravn Sø, anvendes til at vurdere effekterne af forskellige næringssaltbelastnings niveauer. Herved kan tålegrænser for belastningen estimeres i forhold til at overholde de forskellige grænseværdier.

5.1 Metode

Vandkvalitetsmodellen består af to modellementer (Trolle og Jeppesen, 2005) En en-dimensional hydrodynamisk model (DYRESM – Dynamic Reservoir Simulation Model), som giver en beskrivelse af temperaturen, saliniteten og densiteten i søen. Den hydrodynamiske model kobles sammen med en akvatisk økologisk model (CAEDYM – Computational Aquatic Ecosystem Dynamics Model), som beskriver forskellige biologiske, kemiske og fysiske processer der har indflydelse på vandkvaliteten. De vigtigste parametre er ilt, fosfor, kvælstof, alger og dyreplankton.

Det er centralt at opnå en korrekt vandbalance, hvilket også er en forudsætning for, at næringssalttilførslerne er estimeret korrekt. Når vandbalancen er kontrolleret, kalibreres der efterfølgende, hvor næringssalt- og iltbalancen justeres med højeste prioritet.

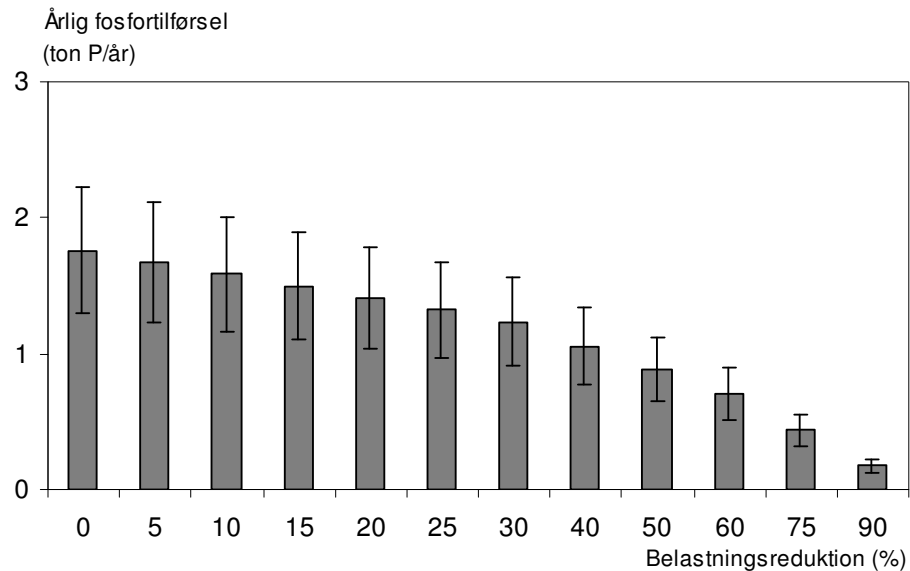
Perioden 1989-1995 er anvendt som kalibreringsperiode. Efterfølgende ses der, pga. særligt kolde vinterperioder, bort fra 1996-1997, og perioden 1998-2002 anvendes til at validere modellen.

Generelt er det svært at opstille deterministiske modeller for søer, der ligesom Ravn Sø, præges af mange forskellige arter af både planteplankton (alger), dyreplankton og fisk. Det er ofte nemmere at få en model til at stemme overens med måledata fra mere eutrofierede søer, da disse gerne er karakteriseret ved at have en mere monoton artssammensætning og årstidsvariation. Det er imidlertid lykkedes at opstille en model, som valideringsmæssigt giver en forholdsvis pålidelig beskrivelse af såvel den kemiske som den biologiske dynamik i søen.

6. Resultater

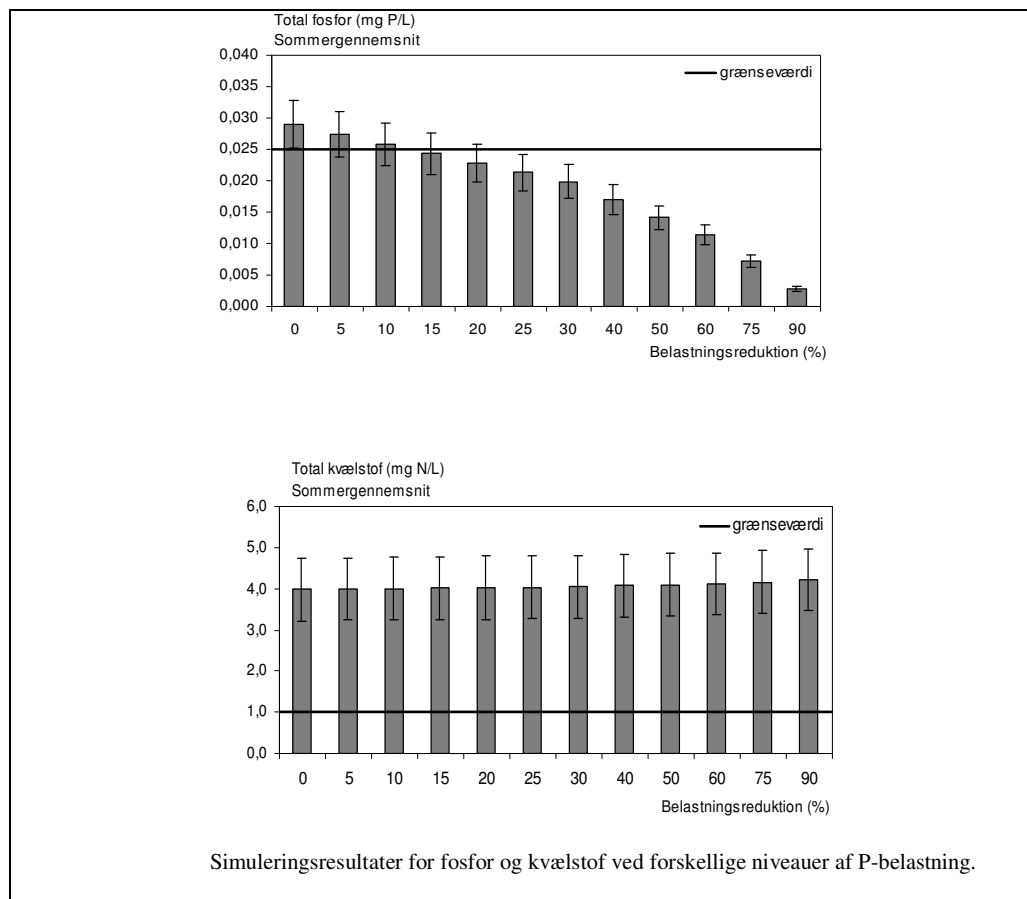
6.1 Simulering af reduceret fosfortilførsel

Der gennemføres scenarier, hvor fosfortilførslen reduceres med hhv. 0, 10, 15, 20, 25, 50, 60, 75 og 90 % i forhold til årene i 1993-2002.



Den gennemsnitlige fosfortilførsel i de forskellige potentielle belastningsscenarier. Streger angiver 95 % konfidensintervaller.

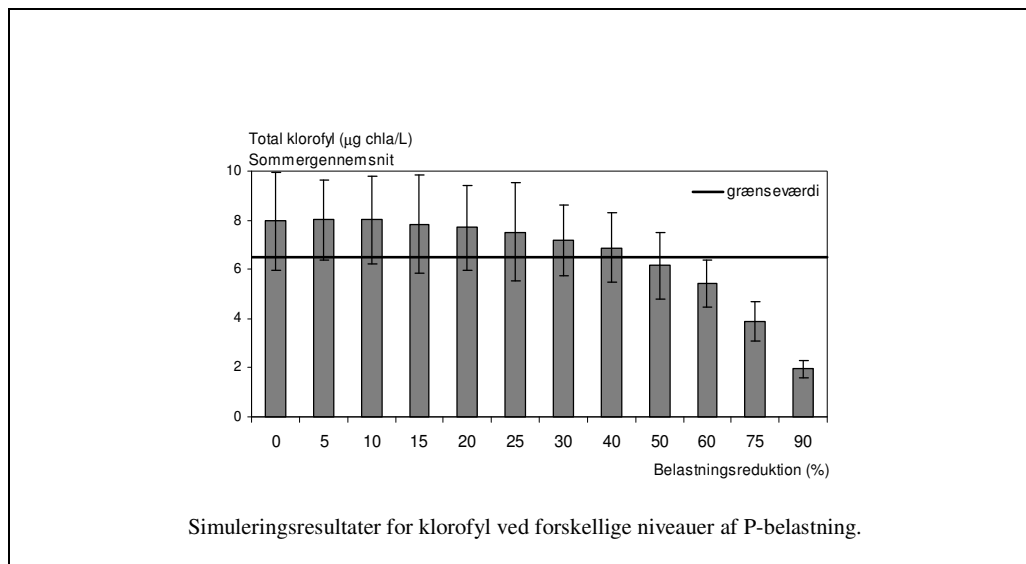
Simuleringsresultater for fosfor og kvælstof



Når den eksterne fosforbelastning reduceres, ses der et fald i den gennemsnitlige totalfosfor koncentration og den uorganiske fosfor-koncentration. Modellen angiver, at fosforbelastningen bør reduceres med 10-15 % for at den gennemsnitlige total-fosfor koncentration i sommerperioden kommer under 25 $\mu\text{g P/l}$. Desuden bør fosforbelastningen, ifølge modellen, reduceres med 20-25 %, for at sikre at total-fosfor koncentrationen overholder kravene i mere end 95 % af de år, der vil have en tilsvarende afstrømning og meteorologiske forhold som overvågningsårene.

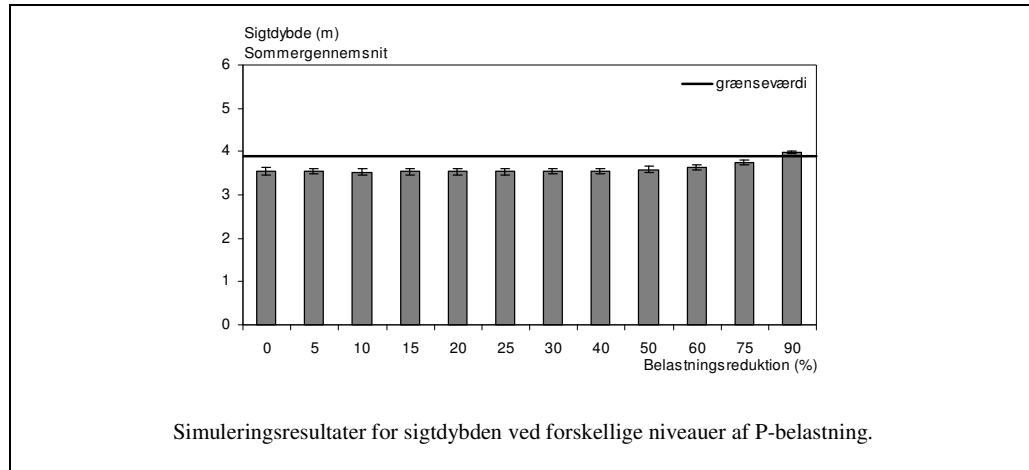
Der kan ikke påvises nogen signifikant ændring i kvælstofkoncentrationerne. Der er dog en tendens til, at både total-kvælstof- og nitrat-koncentrationen vil stige lidt både på års- og sommerniveau. Dette skyldes en mindre optagelse i fytoplankton, som i scenarierne begrænses af fosfor, hvilket resulterer i en reduceret vækst.

Simuleringsresultater for klorofyl



Klorofylkoncentrationen reduceres i sommerperioden først væsentligt ved en belastningsreduktion på over 25 %. Belastningen skal ifølge modellen reduceres med 40-50 % for at den gennemsnitlige klorofylkoncentration overholder kravene om mindre en 6,5 µg klorofyl som sommergns. Desuden skal fosforbelastningen reduceres med 50-60 % for at kravene til klorofyl overholdes i mere end 95 % af de år, der vil have en tilsvarende afstrømning og meteorologiske forhold som overvågningsårene.

Simuleringsresultater for sigtdybden

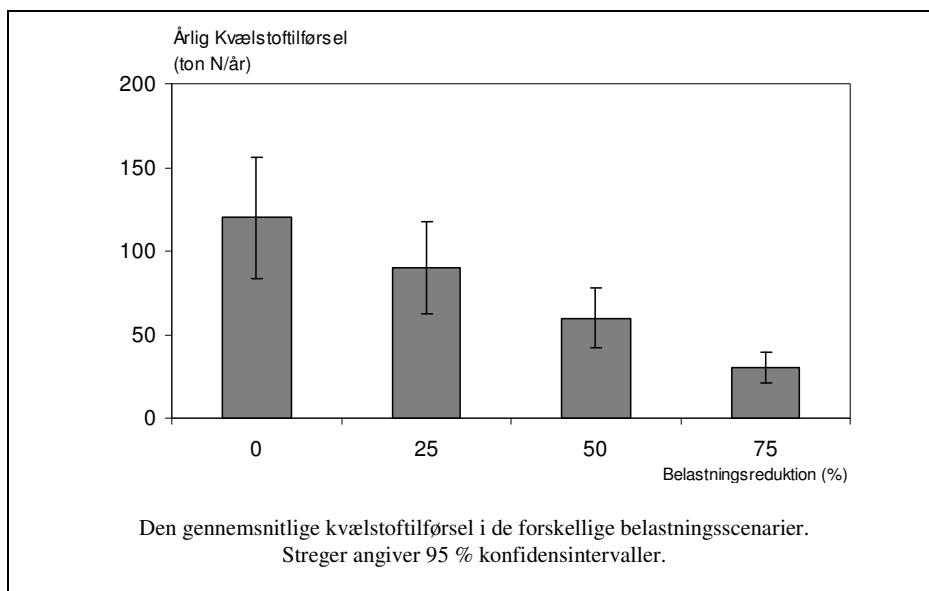


Effekten af en reduceret fosfortilførsel er mest tydelig for sigt dybden på årsniveau. For sommerperioden sker der først en umiddelbart effekt ved en belastningsreduktion på 60-75 %. Dette skyldes at omslagspunktet for klorofyl først findes omkring en belastningsreduktion på 40-60 %. For at overholde grænseværdien i sommerperioden, skal der ifølge modellen ske en reduktion i fosfortilførslen på 75-90 %. Den årgennemsnitlige sigt dybde vil, ifølge modellen, stige til ca. 4 m ved en belastningsreduktion på ca. 60 %.

I scenarierne er der taget udgangspunkt i den tilstand som er i Ravn Sø i dag. Og de enkelte scenarier beskriver en reduktion i næringsstofftilførslen og en forbedring af miljøtilstanden i forhold til den nuværende stofftilførsel og miljøtilstand. Det er tilsvarende relevant at sammenligne scenarier med den tilstand, som det kan formodes har været i Ravn Sø i en naturtilstand.

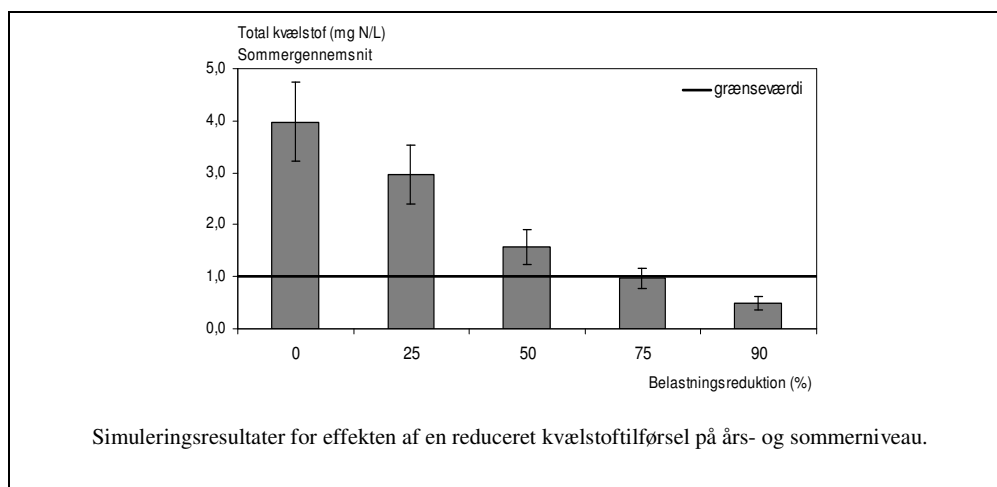
6.2 Simulering af reduceret kvælstoftilførsel

Der opstilles en række scenarier, hvor kvælstoftilførslen reduceres. Perioden 1993-2002 anvendes igen som inputdata. Da kvælstof-dynamikken hovedsageligt domineres af nitrifikation og denitrifikation, bør simuleringsresultater kun vurderes i forhold til kvælstofkoncentrationerne og ikke umiddelbart overfor de biologiske variable. Modellen er igennem kalibrering ikke tilpasset en situation, hvor kvælstof bliver begrænsende for fytoplanktonvæksten.



Af figuren fremgår det, at der er en forholdsvis stor naturlig variation i tilførslen af kvælstof fra år til år. Effekten, som opnås ved at reducere kvælstoftilførslen, vurderes ud fra den års- og sommergennemsnitlige koncentration af nitrat- og total kvælstof.

Simuleringsresultater for kvælstof



Der ses en umiddelbar effekt på både nitrat- og total kvælstof koncentrationen ved en reduktion af kvælstoftilførslen. For at overholde de anbefalede kravværdier bør kvælstoftilførslen reduceres med ca. 75 %. Hvorvidt denne reduktion vil have indflydelse på bl.a. fytoplankton- og zooplankton dynamikken, kan ikke eftervises med modellen i dette projekt.

6.2 Reduktionsmål

Modellen for Ravn Sø har formålet at ramme sæsondynamikken for de centrale kemiske og biologiske variable med tilfredsstillende resultater. Derfor kan modellens forudsigelser af konsekvenserne ved at reducere hhv. fosfortilførslen og kvælstoftilførslen betragtes som et realistisk estimat på de reelle konsekvenser. I projektet er modelsimuleringer ved forskellige niveauer af nærings saltbelastning anvendt til at forudsige tålegrænser for nærings saltbelastningen. Tålegrænserne for Ravn Sø er bestemt med udgangspunkt i anbefalingerne i Søndergaard *et al.* (2003) for en dyb alkalisk sø med ”god økologisk tilstand”. De vigtigste simuleringresultater fremgår af nedenstående tabel.

Modelforudsigelser af en nødvendig reduktion af nærings saltbelastningen til Ravn Sø.	
Parameter	Påkrævet reduktion i fosfortilførslen for at opnå en gennemsnitsværdi i sommerperioden, som overholder max. kravværdier i vandrammedirektivet
Total-fosfor	10-15 %
Klorofyl	40-50 %
Sigtdybde	75-90 %
Parameter	Påkrævet reduktion i kvælstoftilførslen for at opnå en gennemsnitsværdi i sommerperioden, som overholder kravværdi i vandrammedirektivet
Total-kvælstof	75 %

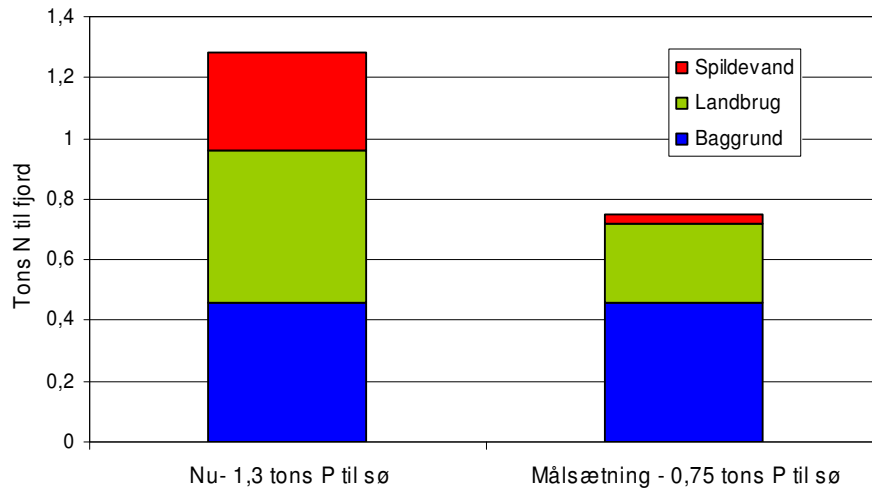
På baggrund af simuleringresultaterne anbefales det, at fosfortilførslen reduceres med 40-50 %, hvorved det sikres, at både fosfor- og klorofylkoncentrationen vil overholde kravværdierne. Der er lagt vægt på, at de biologiske indikatorer som klorofyl er centrale i vandrammedirektivet og formentlig vil blive en af de væsentligste kontrolparametre for søers miljøtilstand. Et fald i klorofylkoncentrationen fra ca. 10,5 µg/l til <6,5 µg/l forventes at kunne registreres som et fald i biomassen af kiselalger og blågrønalger og dermed en større sigtdybde. Den anbefalede kravværdien på >3,9 meter vil dog muligvis ikke vil overholdes i alle år.

Kvælstoftilførslen skal reduceres med mindst 75 % hvis grænseværdierne, som anbefalet af Søndergaard *et al.* (2003) og Søndergaard *et al.* (2005), skal overholdes.

Det vurderes, at målet om en god økologisk tilstand vil kunne nås alene ved at reducere fosfortilførslen med 40-50%, fordi miljøtilstanden idag i højere grad reguleres af tilførslen af fosfor end af kvælstof. Det kan dog ikke udelukkes, at der i forbindelse med kommende miljømål i henhold til vandrammedirektivet, vil blive stillet krav om reduktion af kvælstoftilførslen til Ravn Sø af hensyn til Randers Fjord.

Tilførslen af fosfor til Ravn Sø var i modelperioden 1993-2002 1,5 tons P/år. (årsngs.). I perioden 2000 – 2005, som vurderes at være en mere korrekt angivelse af nuværende

tilførsel af fosfor, er beregnet til 1,3 tons P/år (årsgns.). Reduktionsmålet på 50% er fastsat til 0,750 tons ud fra modelperioden. Tallet dækker dog over en variation fra år til år på grund af forskellige nedbørsmængder. Med den nuværende tilførsel på 1,3 tons P/år kan der beregnes et reduktionsmål på 0,55 t P/år, som skal fjernes fra kendte forureningskilder.



Nuværende og målsat tilførsel af fosfor til Ravn Sø fordelt på kilder

Med kravene i Århus Amts vandkvalitetsplan 2005 til spildevandsudledninger i oplandet vil der ske en reduktion fra spredt bebyggelse på ca. 0,17 t P/år og fra spildevandsanlæg på 012 t P/år. Det svarer til en reduktion på i alt ca. 0,3 t P/år. Fratrækkes disse den anbefalede reduktion til søen på 0,55 t P/år fås et behov for reduktion fra landbrugsområder (4100 ha landbrugsjord) i oplandet på 0,25 t P/år (målt i vandløbet) for at opnå en god økologisk tilstand i Ravn Sø.

Referenceliste:

Søndergaard, M, Jeppesen, E., Jensen, J.P. (redaktører), Bradshaw, E., Skovgaard, H., & Grunfeld, S. 2003: Vandrammedirektivet og danske søer. Del I: Søtyper, referencetilstand og økologiske kvalitetsklasser. Danmarks Miljøundersøgelser. 142 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 475. <http://faglige-rapporter.dmu.dk>.

Trolle, D., Jeppesen E., 2005. Modelling af scenarier for næringsstofforførelsen påvirkning af den økologiske kvalitet i Ravn Sø. Danmarks Miljøundersøgelser. Rapport til Århus Amt.