



27. oktober 2011

Notat vedr. fosfors betydning for miljøtilstanden i Ringkøbing Fjord

Sammenfatning

Styring af slusen, som har øget saltholdighed i fjorden og dermed muliggjort filtrering fra sandmuslinger har en helt overskyggende betydning for miljøtilstanden i fjorden. Sigtdybden blev øget fra ca. 0,5 meter til ca. 2 meter som følge af filtrering af sandmuslinger. Arlas årlige udledning af total fosfor udgør 0,7 % af den samlede årlige tilledning og 0,02 % af den interne fosforpulje i fjorden. Samlet set udgør Arlas udledning på 0,9 ton fosfor en meget lille del af den samlede eksterne og interne fosforbelastning af Ringkøbing Fjord. År til år udsving i fosfortilførsler på op til 100 ton fosfor, uden der kan registreres direkte sammenhæng med sigtdybde og planktonmængde indikerer at fjorden ikke er overordnet kontrolleret af fosfor fra oplandet. Derimod peger alle undersøgelser på at det i markant grad er slusestyringen og dermed filtreringen af sandmuslinger som kontrollerer planktonmængden og dermed vandets klarhed.

Indledning

I forbindelse med miljøgodkendelse af Arlas mejeri i Nr. Vium vurderes i nedenstående i hvilket omfang en udledning på 0,9 ton total fosfor vil have effekt på miljøtilstanden i Ringkøbing Fjord

Påvirkningsfaktorer af det økologiske system

Ringkøbing Fjord er en lagune fjord på ca. 290 km², der aftager vand fra bl.a. Skjern Å opland inden det løber videre i Vesterhavet. Fjorden er lavvandet med gennemsnitsdybde på knap 2 meter, hvilket betyder, at fjorden i vid udstrækning er påvirket af resuspension dvs. ophvirvling af bundsedimenter, som medvirker til at reducere vandets klarhed og omfordele næringsstoffer mellem bundsediment og vandsøjle.

Vandudvekslingen til Vesterhavet sker gennem slusen i Hvide sande. Slusen blev bygget i 1931 med det formål at afvande fjorden og de omkringliggende lave arealer under kontrollerede forhold, således oversvømmelser kunne undgås. Siden er slusen blevet brugt mere bevidst til at regulere saltholdigheden i fjorden, hvilket har overordentligt stor betydning for den økologiske balance i fjorden. (se afsnit om slusepraksis)

Fjordens økologiske system er påvirket af flere faktorer. Både kvælstof og fosfor påvirker væksten af biomasse i fjorden. Høje tilførsler af næringsstoffer gennem mange år førte til et decideret systemkollaps sidst 1970'erne. Trods betydelige indsatser på spildevandsområdet og reduktion kvælstof var det først med den ændrede slusepraksis i 1995/96, at tilstanden ændrede sig. Frem til 1995/96 var fjorden grøn af blågrønalg og sommersigtdybden ikke meget mere end en halv meter. Det ændrede

sig i 1996 da sigtddyden steg til 2 meter, hvilket betød at den amtskommunale målsætning for sommersigtddybe var opfyldt for første gang i mange år.

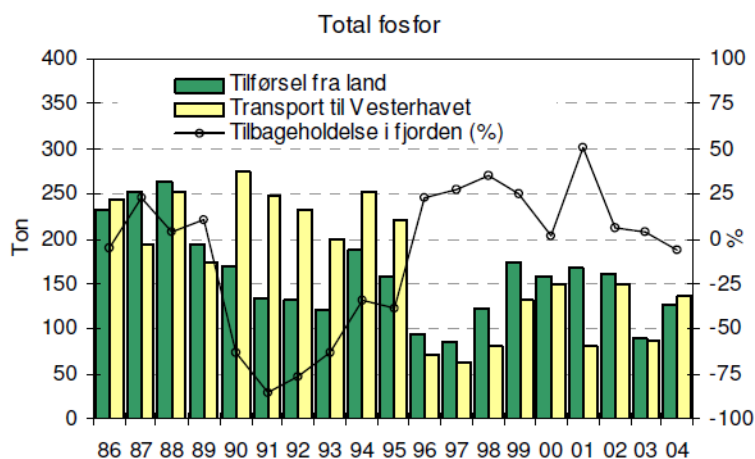
1. Tilførsel af næringsstoffer fra oplandet

I henhold til Naturstyrelsens høringsudkast til vandplanerⁱ er fosfortilførslen til fjorden 125 ton P for perioden 2001-2005 og forventes at være 121 ton P/år i 2015 som følge af iværksatte tiltag. Heraf udgør bidraget fra åbent land – dvs. natur og landbrug – ca. 75 %, mens industriens bidrag er under 1 %. Inden spildevandsindsatsen slog igennem i sidste halvdel af 1980'erne var tilførslen af fosfor i størrelsesorden 250 ton/årⁱⁱ.

Stofbelastning Hovedvandopland Ringkøbing Fjord	Fosfor	Kvælstof
	tons P	tons N
Stofafstrømning 2001-2005	125	4647
Åbent land 2001-2005 (diffuse kilder)	91	4288
o Naturligt baggrundsbidrag		1445
o Landbrug		2807
o Spredt bebyggelse		36
Punktkilder 2001-2005	34	359
o Renseanlæg	6	68
o Regnvandsbetinget udlob	6	25
o Industri	1	9
o Dambrug	21	257
Stofafstrømning Baseline 2015	121	4351
Atmosfærisk deposition på lukkede kystvande:		300
Ringkøbing Fjord		

Kilde: Forslag til Vandplan, Hovedvandopland 1.8 Ringkøbing Fjord, Miljøministeriet 2010.

Den tidlige udvikling af tilførslerne af fosfor har ikke ændret sig ret meget siden starten af 1990'erne, hvor spildevandsrensningerne slog igennem. Derimod er der en betydelig variation fra år til år som følge af variationer i vandafstrømningen. Tilførslerne varierer af denne grund fra knap 100 ton i de tørre år til knap 200 ton i de våde år. En variation på ca. 100 ton fosfor fra det ene år til det andet afhængig af nedbørsforholdene de enkelte år.



Kilde: Hansen, Jens Wügler et al., NOVANA-rapportering 2005, Fokusrapport - Marine områder, Ringkøbing Fjord, Hydrografi og næringsstoffer

2. Intern fosforbelastning

Internbelastning er betegnelse for det næringsstof som er til stede i fjorden og som kan være til rådighed for biomasseproduktion i fjorden sammen med den belastning som tilføres systemet fra oplandet. I Ringkøbing Fjord er den interne fosforbelastning ikke ubetydelig. I en undersøgelse rapporteret af Ringkøbing Amt i 2005ⁱⁱⁱ fremgår det, at den samlede fosforpulje i de øverste 10 cm af sedimentet er 5.500 ton P i 2004, og det vurderes, at den dynamiske pulje (DP) – dvs. den pulje som potentielt er tilgængelig for plantevækst er på ca. 2000 ton fosfat. Puljen forsvinder kun langsomt over tid. Enten via eksport til Vesterhavet eller begravelse i dybere sedimentlag. Der er erfaringer fra søer, hvor puljen aftager fra få år op til 30 år afhængig af bl.a. søernes størrelse. Da Ringkøbing Fjord har en størrelse, der er betragteligt større end de største danske søer, vil det ikke være urimeligt at antage, at den interne plantetilgængelige pulje reduceres over en længere årrække.

Den totale pulje af fosfor i fjorden er ca. 36 gange større end den årlige tilførsel som i 2004 blev opgjort til 150 ton TP/år for perioden 1999-2004. Det er lidt sværere at angive dette forhold for den plantetilgængelige del, men hvis det antages at 50 % af den tilførte totale mængde fosfor fra oplandet er plantetilgængeligt i fjorden, så vil den interne potentielt plantetilgængelige pulje i fjorden være ca. 26 gange større end den årlige tilførsel.

Tabel 1.1 Tilførsel og sedimentpuljer samt tilbageholdelse og frigivelse af N og P i Ringkøbing Fjord i perioden 1999 til 2004.

Tilførsel (1999-2004)	Pulje** (2004)	Puljeændring** (1999-2004)	Tilbageholdelse/fjernelse (1999-2004)	Tilbageholdelse/fjernelse (1999-2002)
Vandløbsmålinger	Puljemålinger (øverste 10 cm)		Massebalancemodel*	Fluxmålinger
TN ~ 6.000 ton N/år	TN ~ 20.000 ton N	TN ~ 300 ton N/år	TN ~ 2.700 ton N/år	
DN 5.-5.500 ton N/år	DN ?	DN ?	DN ?	DIN 100-400 ton N/år
TP ~ 150 ton P/år	TP ~ 5.500 ton P	TP ~ -150 ton P/år	TP ~ 30 ton P/år	
DP ?	DP ~ 2.000 ton P	DP ?	DP ?	PO ₄ ⁻³ 0-40 ton P/år

For puljeændringer og fluxe angiver positive værdier et optag i sedimentet og negative værdier en frigivelse fra sedimentet. DN og DP angiver den dynamiske pulje af henholdsvis N og P.

* Massebalancemodellen beregner, hvor meget af det tilførte N og P, som tilbageholdes (opbygges i sediment el. planter) el. frigives (denitrifikation/anamox) i fjorden, og hvor meget der tabes til Vesterhavet via slusen i Hvide Sande.

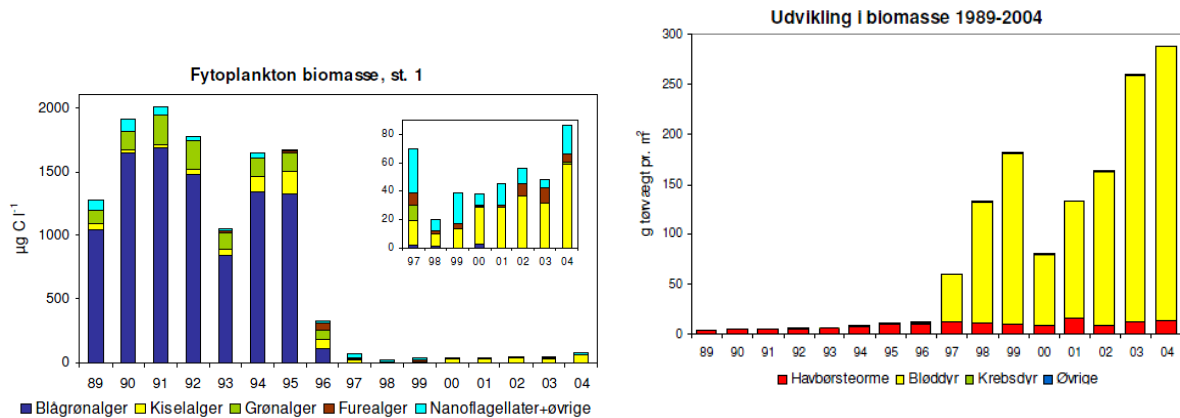
** Puljer og puljeændringer for de øverste 10 cm af sedimentet samt fluxe er beregnet ud fra værdier for stationerne SED1, SED2 og SED6 vægтет i forhold til, hvor stor en andel, de antages at repræsentere af Ringkøbing Fjord

Kilde: Hansen, Jens Wügler et al., NOVANA-rapportering 2005, Fokusrapport - Marine områder, Ringkøbing Fjord, Hydrografi og næringsstoffer

3. Slusepraksis

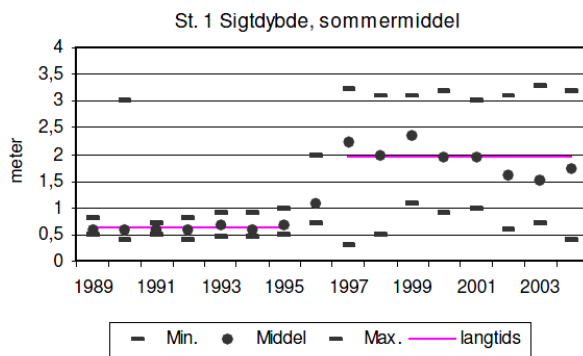
Slusepraksis er betegnelsen for den måde, hvorpå slusen i Hvide Sande opereres, og dermed også styringen af vandudskiftningen mellem Ringkøbing Fjord og Vesterhavet. I 1995 blev slusepraksis ændret med den baggrund, at få en større fortynding af fjordens næringsrige vand med det mindre næringsrige, men mere salte vand i Vesterhavet. Denne beslutning havde den konsekvens, at der skete en massiv indvandring af sandmuslinger, som kunne trives ved en højere saltholdighed. Sandmuslingerne har potentiale til at filtrere fjordens vandvolumen flere gange i døgnet og førte til et

markant systemskifte^{iv}. Muslingernes filtrering er grunden til at fjorden siden 1996 har et markant lavere plankton biomasse og dermed en sigtddybe omkring de 2 meter, der muliggør en kolonisering af havgræsser ud på større dybder end før 1995.



Fald i fytoplanktonbiomasse. Indvandring af sandmusling (bløddyr). Indvandringen skete primært efter bundfaunaundersøgelsen i foråret 1996 og fremgår derfor først i statistikken det efterfølgende år.

Kilde: Gertz et. al., NOVANA-rapportering, Indikatorrapport, Miljøtilstand i Ringkøbing Fjord og Nissum Fjord 2004



Kilde: Gertz et. al., NOVANA-rapportering, Indikatorrapport, Miljøtilstand i Ringkøbing Fjord og Nissum Fjord 2004

Fosfors kredsløb i fjorden

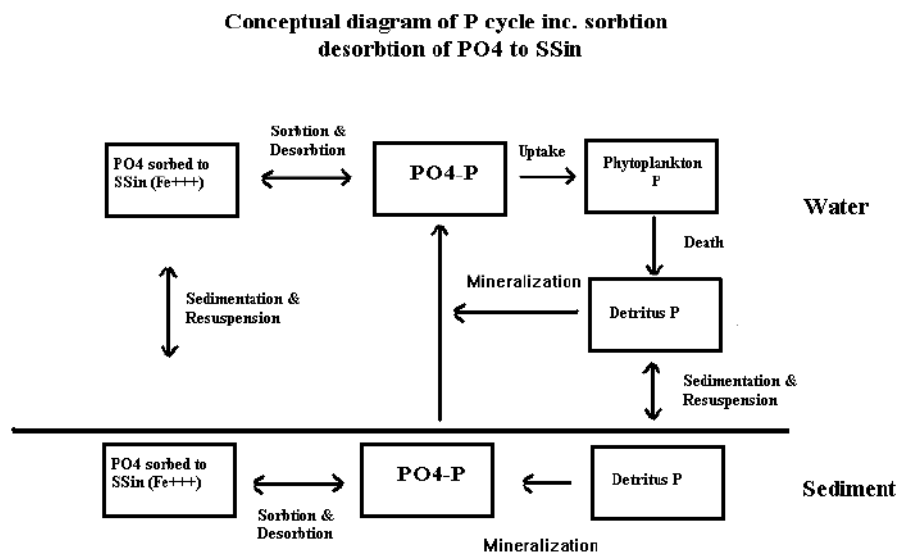
Den biotilgængelige del af den samlede fosformængde (total fosfor) angives normalt som fosfat (eller ortho-fosfat PO_4). Begge fraktioner indgår i det nationale overvågningsprogram for marine områder og dermed også for Ringkøbing Fjord.

Hvorvidt fosfat er begrænsende for væksten af plantemasse er et spørgsmål om hvor meget fosfat der er til rådighed for planterne. Koncentrationer på $6,2 \mu\text{g/l}$ fosfat eller under dette niveau betragtes som potentielt begrænsende for plantevæksten.

For Ringkøbing Fjord er sagen imidlertid mere kompliceret end det fremgår af ovenstående. Dette skyldes at fosfat meget nemt binder sig til jernpartikler som i Ringkøbing Fjord findes i rigelige mængder grundet okkerudledninger til fjorden gennem mange år. Dette er beskrevet i Naturstyrelsen baggrundsmateriale for vandplan for Ringkøbing Fjord^v hvor der er opstillet en dynamisk økologisk model for fjorden:

I vandet konkurrerer algerne med suspenderet partikulært oxideret jern (Fe^{+++}) om at optage PO_4 fra vandet, se figur B2_5 i bilag 2. Det partikulære Fe suspenderes og sedimenteres fra og til sedimentet parallelt med det fine uorganiske sediment. Ved lave PO_4 koncentrationer frigives der PO_4 fra det partikulære Fe til vandet, og omvendt bindes PO_4 til det partikulære Fe ved højere koncentrationer. Modellen er derfor parameteriseret således, at det partikulære Fe frigiver PO_4 ved lidt højere koncentrationer end algerne evner at optage PO_4 fra vandet. Det får som konsekvens, at TP er relativt højt om sommeren, samtidigt med at PO_4 koncentrationen bibeholdes på et så lavt niveau, at man normalt vil betragte plankton som værende P begrænset. Det er ikke nødvendigvis tilfældet i Ringkøbing Fjord, idet der om sommeren sker en transport af PO_4 til algerne fra sedimentet via resuspenderet partikulært Fe . Om vinteren sker der omvendt en transport af PO_4 fra vandet til sedimentet via resuspension og sedimentation af partikulært jern.

Konsekvensen af ovenstående er at koncentrationsmålinger af fosfat ikke kan anvendes til at beskrive i hvilket omfang fosfat er begrænsende for plantevæksten i fjorden.



Figur B2_5: Konceptuelt diagram for P omsætningen med resuspension og sorption-desorption af P til partikulært oxideret jern.

Kilde: Erik Kock Rasmussen, DHI for: MILJØCENTER RINGKØBING, Modelanalyse af den fremtidige vandkvalitet i Ringkøbing Fjord, Oktober 2008

I et forsøg med søsalat (*Ulva lactuca*) rapporterer DMU^{vi} potentiel fosforbegrænsning i kortere eller længere perioder i 2000 og 2001. I undersøgelsen er der imidlertid ikke taget hensyn til ovenstående fosfatkredsløb og dermed ikke til den skiftende tilgængelighed af fosfat som søsalaten vil blive udsat for når det driver rundt i fjorden

Konklusion

Den nuværende tilførsel af totalfosfor til fjorden ligger på ca. 120-125 ton årligt svarende til at Arlas udledning af total fosfor udgør 0,7 % af den samlede tilledning.

Variationer i år til år fosfortilførsler fra oplandet kan svinge op til næsten 100 ton P årligt afhængig af mængden af nedbør de pågældende år - svarende til at de årlige klimavariationer er i størrelsesordenen 100 gange større end Arlas bidrag. Disse årsvariationer i tilførsler har ikke kunnet observeres at påvirke planktonbiomassen i fjorden.

Den totale fosforpulje i de øverste 10 cm af fjordbunden kunne 2004 anslås til 5000 ton P og den potentielt plantetilgængelige fosfatpulje er tilsvarende opgjort til ca. 2000 ton. Dette svarer til at Arlas årlige udledning af total fosfor udgør mellem 0,2 og 0,35 ‰ af de interne puljer af hhv total fosfor og plantetilgængeligt fosfor. Det skal hertil bemærkes at fosfor i fjorden kan anvendes mange gange, da det ikke lige som kvælstof delvist afgasses til atmosfæren.

Styring af slusen, som har øget saltholdighed og dermed muliggjort filtrering fra sandmuslinger har haft og har en helt overskyggende betydning for miljøtilstanden i fjorden. Sigtdybden blev øget fra ca. 0.5 meter til ca. 2 meter som følge af filtrering af sandmuslinger.

Fosfat indgår i et kompliceret kredsløb mellem vandfase, binding på partikulære jernpartikler i såvel sediment som vandfase og optag i alger. Det er af den grund svært at anslå i hvor vid udstrækning fosfat er begrænsende for algevækst i fjorden, og fosfatkoncentrationen kan ikke bruges som et udtryk derfor.

Samlet set udgør Arlas udledning på 0,9 ton fosfor en meget lille del af den samlede eksterne og interne fosforbelastning af Ringkøbing Fjord. År til år udsving i fosfortilførsler på op til 100 ton fosfor, uden der kan registreres direkte sammenhæng med sigtdybde og planktonmængde indikerer at fjorden ikke er overordnet kontrolleret af fosfor fra oplandet. Derimod peger alle undersøgelser på at det i markant grad er slusestyringen og dermed filtreringen af sandmuslinger som kontrollerer planktonmængden og dermed vandets klarhed. Samt at den samlede næringsstofbelastning - ekstern og intern – har betydning væksten af et årige alger som søsalat og trådalger.

Flemming Gertz
Specialkonsulent
Miljøafdelingen

T +45 8740 5418 (direkte)
M +45 3092 1763
E flg@vfl.dk

ⁱ Forslag til Vandplan, Hovedvandopland 1.8 Ringkøbing Fjord, Miljøministeriet 2010.

ⁱⁱ Laursen et al. Marine områder, Miljøtilstand i fjordområder. Ringkøbing Fjord og Nissum Fjord, 2003. Ringkøbing Amt

ⁱⁱⁱ Hansen, Jens Wügler et al., NOVANA-rapportering 2005, Fokusrapport - Marine områder, Ringkøbing Fjord, Hydrografi og næringsstoffer

^{iv} Petersen, Jens Kjerulf, Jens Wügler Hansen, Martha Brogaard Laursen, Preben Clausen, Jacob Carstensen, and Daniel J. Conley. 2008. REGIME SHIFT IN A COASTAL MARINE ECOSYSTEM. *Ecological Applications* 18:497–510. [doi:10.1890/07-0752.1]

^v Erik Kock Rasmussen, DHI for: MILJØCENTER RINGKØBING, Modelanalyse af den fremtidige vandkvalitet i Ringkøbing Fjord, Oktober 2008

^{vi} Krause-Jensen, D., Jensen, C., Nielsen, K., Petersen, M.F., Hansen, D.F., Laursen, M., Platz, E.M., Madsen, P.B., Bruntse, G., Rask, N., Larsen, S. & Hvas, E. 2002: Næringsaltbegrænsning af makroalger i danske kystområder. Et samarbejdsprojekt mellem Ringkøbing Amt, Nordjyllands Amt, Viborg Amt, Århus Amt, Ribe Amt, Sønderjyllands Amt, Fyns Amt, Roskilde Universitetscenter og Danmarks Miljøundersøgelser. 114 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 392. <http://faglige-rapoorter.dmu.dk>