

Udvikling af metode til konsekvensvurdering af fosformerudledning for marine områder ved anlæg af vådområder

Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi

Dato: 21. december 2017

Forfatter: Karen Timmermann og Jesper PA Christensen

Institut for Bioscience

Rekvirent: Miljøstyrelsen
Antal sider: 13

Faglig kommentering: Stiig Markager
Kvalitetssikring, centret: Poul Nordemann Jensen



**AARHUS
UNIVERSITET**

DCE - NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Tel.: +45 8715 0000
E-mail: dce@au.dk
<http://dce.au.dk>

Baggrund

Etablering af vådområder kan anvendes som virkemiddel til at reducere kvælstofudledningen til de kystnære områder. Imidlertid kan etableringen af vådområder også resultere i en midlertidig merudledning af fosfor. I hovedparten af de kystnære vandområder er fosfor det begrænsende næringsstof for primærproduktionen i forårsperioden, hvorimod kvælstof er begrænsende i sommer og efterårsperioden. Anlæg af vådområder kan derfor medføre en øget klorofylkoncentration og lavere sigtdybde (højere Kd) om foråret som følge af øget fosfor tilførsel, hvorimod klorofylkoncentrationen i sommerperioden vil falde og sigtdybden stige, som resultat af reduceret kvælstof tilførsel.

Miljøstyrelsen (MST) har bedt DCE om at udvikle en metode, der kan benyttes til at vurdere effekter af ændrede næringsstof tilførsler (reduceret N tilførsel, øget P tilførsel) for klorofylkoncentrationen og sigtdybde (udtrykt ved Kd), som følge af anlæg af vådområder. Specifikt ønsker MST en metode der kan anvendes til at vurdere om effekterne af en midlertidig merudledning af fosfor vil blive kompenseret af den øgede reduktion i kvælstof, således, at der ikke sker forringelse af miljøtilstanden i det modtagende vandområde. Miljøstyrelsen beder om, at metoden udvikles med udgangspunkt i to konkrete vandområder hhv. Vejle fjord (vandområde ID 123) og sydlige del af Limfjorden (Vandområde ID nr. 157), hvor etablering af vådområder forventes at føre til reduceret kvælstofudledning og merudledning af fosfor svarende til:

Vandområde Vejle Fjord (Vandområde 123)

- Potentiel merudledning af fosfor: 250 kg P/år
- Kvælstofeffekt af vådområdeindsats: 44,5 tons N/år

Vandområde Bjørnsholm Bugt, Riisgårde Bredning, Skive Fjord og Lovns Bredning (Vandområde 157)

- Potentiel merudledning af fosfor 850 kg P/år
- Kvælstofeffekt af vådområdeindsats: 58,6 tons N/år

Dette notat indeholder en beskrivelse af en mulig metode til at beregne effekter af ændrede næringsstofftilførsler (øget P tilførsel og reduceret N tilførsel) forårsaget af etablering af vådområder i oplandet til hhv. vandområde 123 og 157. Metoden er optimeret til at kunne beregne effekter af vådområder på klorofylkoncentrationen og lysvækkelse (Kd) i vækstsæsonen og vil bl.a kunne bruges som grund-

lag for en vurdering af en evt ændret dimensionering af vådområdet således at der kompenseres for P mer-udledningen. Da der udelukkende fokuseres på klorofyl og Kd er der ikke taget højde for andre parametre, som kan påvirkes af en ændret næringsstofftilførsel forårsaget af etablering af vådområder.

Beregningsmetode

For vandområderne 123 og 157 anvendes statistiske modeller som beskriver sammenhængen mellem næringsstofftilførsler og en miljøindikator (hhv. klorofylkoncentration og Kd). Modellerne, som er udviklet efter samme principper som blev benyttet i forbindelse med vandplansarbejdet (Erichsen & Timmermann et al., 2017) er baseret på data fra NOVANA overvågningsstationer. Vandområde 123 er således repræsenteret af NOVANA station nr. 4273 og vandområde 157 er repræsenteret af stationerne 3727-1 og 3728-1.

Anlæg af vådområder kan ifølge MST påvirke tilførsler af både kvælstof (reducerede tilførsler) og fosfor (øgede tilførsler). Vi går i det følgende ud fra, at de af MST angivne load-effekter pga anlæg er ligeligt fordelt over året. Det vil givetvis være muligt at forbedre effektvurderingerne af vådområderne ved at inkludere en evt. sæsonfordeling, men det kræver yderligere viden samt modeludvikling. I det følgende regnes derfor med, at anlæg af vådområder ændrer den årlige tilførsel af både N og P. De fleste vandområder påvirkes forskelligt af fosfor og kvælstofftilførsler idet fosfortilførsler ofte er styrende for indikatorværdierne i forårsperioden, hvorimod kvælstofftilførsler er styrende i sommerperioden. For hvert vandområde og hver miljøindikator findes derfor to modeller tilpasset hhv. forårs- og sommermånederne (gældende for hhv. måned 3-6 og måned 7-9). Modellerne anvendes til beregning af konverteringsmatricer, som viser ændringen af en miljøindikator (hhv. klorofylkoncentration og Kd i hhv. forårs og sommer perioden), som funktion af ændring i årsmidler for tilførslerne af hhv. fosfor og kvælstof i hvert vandområde. I tilfælde hvor der ikke har været en tilgængelig fosfor eller kvælstof model til de nævnte perioder er der benyttet metamodeller – enten for samme fjord-type eller med en model fra et område/station i samme vandområde. Kombinationen af N og P reduktioner og fordelingen over tid er også tidligere undersøgt for Limfjorden (Markager et al., 2006).

Den samlede effekt af ændringer i den årlige næringsstofftilførsel for miljøindikatorerne i "vækstsæsonen" (måned 3-9) fremkommer ved beregning af et vægtet gennemsnit af resultaterne fra de to modeller, som vægtes med henholdsvis 4/7 og 3/7 i forhold til hele "vækstperioden". Kombinationen af de to modeller fremstilles i form af N/P konverteringsmatricer som beskriver ændringen i den gennemsnitlige værdi af en miljøindikator som funktion af 2 variable hhv. ændring i N tilførsel og ændring i P tilførsel.

Under antagelse af, at den estimerede effekt for hhv. forårs og sommer perioden er lige fordelt på de enkelte måneder kan der laves konverteringsmatricer for andre perioder ved at ændre vægtningen af bidraget fra hhv. forårs og sommerperioden. F.eks kan den samlede effekt i perioden maj til sept. beregnes ved at anvende vægtningen 2/5 for forårsperioden og 3/5 for sommerperioden. Det skal dog pointeres, at antagelsen om lige fordelt effekt ikke nødvendigvis er opfyldt og resultatet vil blive mere usikkert jo kortere tidsperiode der vælges.

Ud over selve konverteringsmatricerne følger en vurdering af, hvor fosforfølsomt vandområdet er, og om der kan være negative konsekvenser, som ikke kan læses direkte ud af matricerne. Vurderingen er baseret på begrænsningsplots, som viser hvor stor en del af vækstsæsonen, der potentielt er næringsstoffbegrænset af hhv. fosfor eller kvælstof. Den potentielle næringsstoffbegrænsning er angivet på en skala fra 0 til 1, hvor 0 er ingen begrænsning i næringsstofftilgængeligheden mens 1 er ingen tilgængelige næringsstoffer i vandfasen og dermed potentielt fuld næringsstoffbegrænsning. Den potentielle begrænsning er baseret på Monods vækstkinetik μ og er beregnet som $1 - \mu$ eller $1 - \frac{[S]}{K_m + [S]}$, hvor K_m er halvmætningskonstanten for fytoplanktons vækstrate ved substratkoncentrationen $[S]$. Der er anvendt data for perioden 1990-2012 til beregning af begrænsning. K_m antages i begrænsningsberegningerne at være konstant og ikke afhængig af f.eks miljø og artssammensætning. Den beregnede potentielle begrænsning skal derfor ses som en indikator for, hvilke måneder ændringer i tilførslen af næringsstoffer vil have størst effekt.

Resultater

Effekter i hhv. forårs og sommerperiode:

De resulterende matricer som beskriver ændringen i en miljøindikator (klorofylkoncentration og K_d i hhv. forårs og sommerperioden) som følge af ændringer i næringsstofftilførsler kan ses i figur 1 (vandområde 157) og figur 2 (vandområde 123). Disse matricer kan efter videre behandling benyttes til at lave en samlet effektvurdering af anlæg af vådområder.

Vandområde 157 (Skive fjord, st. 3727-1 og Lovns Bredning st. 3728)

Station 3727-1, Skive fjord

Kd måned 7-9						
Ændring i ton N-tilførsel						
-100	-80	-60	-40	-20	0	20
-0,0055	-0,0044	-0,0033	-0,0022	-0,0011	0	0,0011
Kd måned 3-6						
Ændring i ton P tilførsel						
-0,2	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
-0,0003	0	0,0003	0,0005	0,0008	0,001	0,0013
Chl måned 7-9						
Ændring i ton N-tilførsel						
-100	-80	-60	-40	-20	0	20
-0,44	-0,35	-0,26	-0,18	-0,09	0	0,09
Chl måned 3-6*						
Ændring i ton P tilførsel						
-0,2	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
-0,03	0	0,03	0,06	0,08	0,11	0,14

Station 3728-1, Lovns Bredning

Kd måned 7-9*						
Ændring i ton N-tilførsel						
-100	-80	-60	-40	-20	0	20
-0,0062	-0,0049	-0,0037	-0,0025	-0,0012	0	0,0012
Kd måned 3-6						
Ændring i ton P tilførsel						
-0,2	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
-0,0006	0	0,0006	0,0013	0,0019	0,0026	0,0032
Chl måned 7-9						
Ændring i ton N-tilførsel						
-100	-80	-60	-40	-20	0	20
-0,61	-0,49	-0,37	-0,24	-0,12	0	0,12
Chl måned 3-6						
Ændring i ton P tilførsel						
-0,2	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
-0,03	0	0,03	0,06	0,08	0,11	0,14

*ikke lokal-specifik model

Figur 1: Ændringer i klorofyl a koncentration ($\mu\text{g/L}$) og Kd (m^{-1}) i hhv. forårs (måned 3-6) og sommer (måned 7-9) perioden som følge af ændringer i de årlige kvælstof og fosfortilførsler til vandområde 157. Vandområdet er repræsenteret ved to stationer i hhv. Skive fjord og Lovns Bredning

Vandområde 123 (Vejle fjord, st. nr. 4273)

Kd måned 7-9*						
Ændring i ton N-tilførsel						
-100	-80	-60	-40	-20	0	20
-0,0077	-0,0061	-0,0046	-0,0031	-0,0015	0	0,0015
Kd måned 3-6						
Ændring i ton P tilførsel						
-0,2	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
-0,0001	0	0,0001	0,0003	0,0004	0,0005	0,0006
Chl måned 7-9*						
Ændring i ton N-tilførsel						
-100	-80	-60	-40	-20	0	20
-0,08	-0,064	-0,048	-0,032	-0,016	0	0,016
Chl måned 3-6						
Ændring i ton P tilførsel						
-0,2	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
-0,017	0	0,017	0,034	0,0511	0,0681	0,0851

*ikke lokal-specifik model

Figur 2: Ændringer i klorofyl a koncentration ($\mu\text{g/L}$) og Kd (m^{-1}) i hhv. forårs (måned 3-6) og sommer (måned 7-9) perioden som følge af ændringer i de årlige kvælstof og fosfortilførsler til vandområde 123.

Af figur 1 og 2 kan man se, at ved de nuværende N og P tilførsler (Δ tilførsel=0) vil man ikke forvente nogen ændring i den nuværende gennemsnitlige miljøindikator (matrixværdi = 0). Ligeledes kan man se hvordan ændringer i årlige N og P tilførsler vil påvirke den gennemsnitlige klorofylkoncentration og Kd i hhv. forårs og sommer perioden.

Samlet effekt af vådområder i vækstsæsonen

De resulterende N/P-konverteringsmatricer for vækstsæsonen (måned 3-9) er angivet i figur 3 (vandområde 157) og figur 4 (vandområde 123).

I vandområde 157 er der lavet N/P konverteringsmatricer baseret på modeller og data for to monitoringsstationer. For stationen i Skive fjord (station 3727-1) er N/P konverteringsmatricerne for hhv. klorofylkoncentrationen og lyssvækkelse (Kd) angivet i figur 3.

Skive fjord

		Kd vækstsæson						
		Ændring i ton N-tilførsel						
Ændring i ton P tilførsel		-100	-80	-60	-40	-20	0	20
		1	-0.0016	-0.0012	-0.0007	-0.0002	0.0003	0.0007
0.8	-0.0018	-0.0013	-0.0008	-0.0004	0.0001	0.0006	0.0010	
0.6	-0.0019	-0.0014	-0.0010	-0.0005	0.0000	0.0004	0.0009	
0.4	-0.0021	-0.0016	-0.0011	-0.0006	-0.0002	0.0003	0.0008	
0.2	-0.0022	-0.0017	-0.0013	-0.0008	-0.0003	0.0001	0.0006	
0	-0.0023	-0.0019	-0.0014	-0.0009	-0.0005	0.0000	0.0005	
-0.2	-0.0025	-0.0020	-0.0016	-0.0011	-0.0006	-0.0001	0.0003	

		Chl vækstsæson						
		Ændring i ton N-tilførsel						
Ændring i ton P tilførsel		-100	-80	-60	-40	-20	0	20
		1	-0.1099	-0.0721	-0.0343	0.0035	0.0413	0.0791
0.8	-0.1257	-0.0879	-0.0501	-0.0123	0.0255	0.0633	0.1011	
0.6	-0.1415	-0.1037	-0.0659	-0.0281	0.0097	0.0475	0.0853	
0.4	-0.1574	-0.1196	-0.0818	-0.0440	-0.0062	0.0316	0.0695	
0.2	-0.1732	-0.1354	-0.0976	-0.0598	-0.0220	0.0158	0.0536	
0	-0.1890	-0.1512	-0.1134	-0.0756	-0.0378	0.0000	0.0378	
-0.2	-0.2048	-0.1670	-0.1292	-0.0914	-0.0536	-0.0158	0.0220	

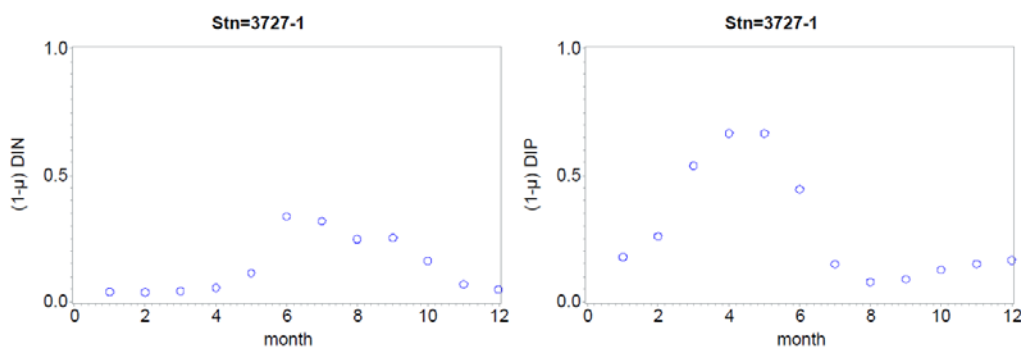
Figur 3: N/P konverteringsmatricer for hhv. Kd (øverst) og klorofylkoncentrationen (nederst) gældende for monitoringsstation 3727-1 i Skive Fjord. Konverteringsmatricerne viser den forventede ændring i en miljøindikator i vækstsæsonen som følge af ændringer i årlige tilførsler af hhv. kvælstof (vandret) og fosfor (lodret). Den forventede ændring i kd (m^{-1}) og klorofyl a koncentration ($\mu g/L$), som følge af de planlagte vådområder, er markeret med grønt.

Af matricerne i figur 3 kan man se, at ved de nuværende N og P tilførsler (Δ tilførsel=0) vil man ikke forvente nogen ændring i den nuværende gennemsnitlige miljøindikator (matrixværdi = 0). Ligeledes kan man se hvordan forskellige kombinationer af N og P tilførsler vil påvirke den gennemsnitlige klorofylkoncentration og Kd i vækstsæsonen. Den forventede effekt af et vådområde i oplandet til vandområde 157 (Δ N tilførsel=- 59 tons/år og Δ P tilførsel +0.85 tons/år) vil ifølge modellerne medføre et fald i klorofylkoncentrationen på 0.04 $\mu g/L$ i Skive fjord. Hvis vådområdet ikke medførte merudledning af fosfor ville ændringen være -0.11 $\mu g/L$. Af matricen ses for eksempel, at fosformerudledningen på + 0.85 tons/år kan kompenseres ved at reducere kvælstofudledningen mellem 80 og 100 tons/år (den præcise reduktion er 95 tons/år), i stedet for 59 tons/år.

For Kd kan en merudledning af fosfor på 0.85 tons/år kompenseres ved at der reduceres 84 tons N/år i stedet for 59 tons/år.

For hverken klorofylkoncentrationen eller Kd vil der ifølge modellerne være risiko for en forværring af tilstanden ved en merudledning af

fosfor på 0.85 tons/år såfremt vådområdet fjerner mere end ca. 40 tons N/år.



Figur 4: Begrænsningsplot gældende for monitoringsstation 3727-1 i Skive fjord. Fuldstændig næringsstofbegrænsning svarer til 1 (ingen tilgængelige næringsstoffer), mens ingen begrænsning svarer til 0 (ubegrænset tilgang til næringsstoffer). Venstre plot viser kvælstofbegrænsning hen over året mens højre viser fosforbegrænsning.

For station 3728-1 (Lovns bredning) er N/P konverteringsmatricerne for klorofyl og Kd afbilledet i figur 5.

Lovns Bredning

Kd vækstsæson

		Ændring i ton N-tilførsel						
		-100	-80	-60	-40	-20	0	20
Ændring i ton P tilførsel	1	-0.0008	-0.0003	0.0002	0.0008	0.0013	0.0018	0.0024
	0.8	-0.0012	-0.0007	-0.0001	0.0004	0.0009	0.0015	0.0020
	0.6	-0.0016	-0.0010	-0.0005	0.0000	0.0006	0.0011	0.0016
	0.4	-0.0019	-0.0014	-0.0009	-0.0003	0.0002	0.0007	0.0013
	0.2	-0.0023	-0.0018	-0.0012	-0.0007	-0.0002	0.0004	0.0009
	0	-0.0027	-0.0021	-0.0016	-0.0011	-0.0005	0.0000	0.0005
	-0.2	-0.0030	-0.0025	-0.0020	-0.0014	-0.0009	-0.0004	0.0002

Chl vækstsæson

		Ændring i ton N-tilførsel						
		-100	-80	-60	-40	-20	0	20
Ændring i ton P tilførsel	1	-0.1826	-0.1302	-0.0779	-0.0256	0.0268	0.0791	0.1315
	0.8	-0.1984	-0.1461	-0.0937	-0.0414	0.0110	0.0633	0.1156
	0.6	-0.2142	-0.1619	-0.1095	-0.0572	-0.0049	0.0475	0.0998
	0.4	-0.2300	-0.1777	-0.1254	-0.0730	-0.0207	0.0316	0.0840
	0.2	-0.2459	-0.1935	-0.1412	-0.0889	-0.0365	0.0158	0.0682
	0	-0.2617	-0.2094	-0.1570	-0.1047	-0.0523	0.0000	0.0523
	-0.2	-0.2775	-0.2252	-0.1728	-0.1205	-0.0682	-0.0158	0.0365

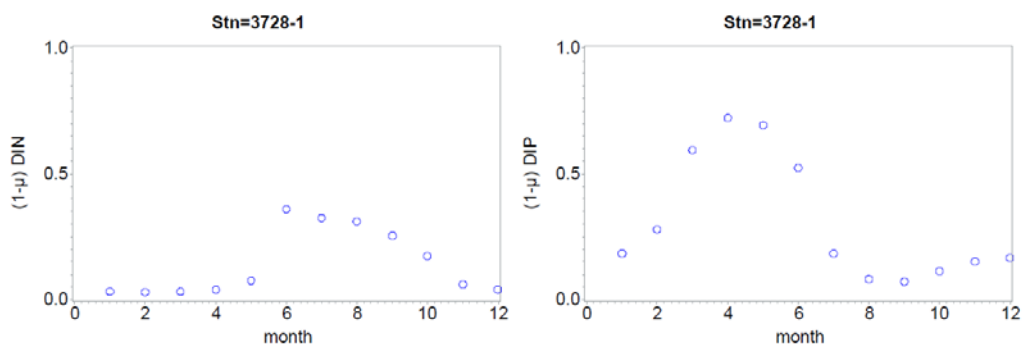
Figur 5: N/P konverteringsmatricer for hhv. Kd (øverst) og klorofylkoncentrationen (nederst) i vækstsæsonen gældende for monitoringsstation 3728-1 i Lovns Bredning. Den omtrentlige forventede reduktion i kd og klorofyl a koncentration, som følge af de planlagte vådområder, er markeret med grønt.

Af matricerne i figur 3 kan man se, at ved den forventede ændring i tilførsler på hhv. +0.85 tons P/år og -59 tons N/år ikke opnås nogen ændringer i Kd, men en reduktion i klorofylkoncentration på ca. 0.09 ug/L.

Hvis vådområdet ikke medførte merudledning af fosfor ville klorofylkoncentrationen reduceres -0.15 ug/L som følge af vådområdet. Af matricen ses, at fosformerudledningen på + 0.85 tons/år kan kompenseres ved at reducere kvælstofudledningen mellem 80 og 100 tons/år (den præcise reduktion er 85 tons/år), i stedet for 59 tons/år.

For Kd kan en merudledning af fosfor på 0.85 tons/år kompenseres ved at der reduceres 120 tons N/år i stedet for 59 tons/år.

For især Kd vil der være en risiko for en forværring af tilstanden ved en mer-udledning af fosfor på 0.85 tons/år idet en samtidig reduktion i N kun marginalt vil forbedre Kd. Dvs, hvis vådområdet fjerner mindre N end antaget (men stadig har en merudledning af P) vil Kd blive forværret.



Figur 6: Begrænsningsplot gældende for monitoringsstation 3728-1 i Lovns bredning. Fuldstændig næringsstofbegrænsning svarer til 1 (ingen tilgængelige næringsstoffer), mens ingen begrænsning svarer til 0 (ubegrænset tilgang til næringsstoffer). Venstre plot viser kvælstofbegrænsning hen over året mens højre viser fosforbegrænsning.

Lovns bredning ligner ikke overraskende, Skive fjord i sæsondynamikken for næringsstofbegrænsning (Fig 6), og derfor er forventningen også, at den estimerede forskydning i N/P forholdet i næringsstofftilførslerne vil føre til en øget primærproduktion i foråret/forsommeren, men en mindsket produktion i sensommeren på samme måde som i Skive fjord. Samlet set vil den gennemsnitlige effekt på klorofyl a koncentrationerne ifølge modellerne dog være større i Lovns bredning end i Skive fjord, mens lysvækkelsen i praksis vil være uændret set henover hele vækstsæsonen, men med en forskydning i retning af en øget lysvækkelse og klorofylkoncentration i forsommeren og mindsket ditto i sensommeren, som følge af vådområderne.

N/P konverteringsmatricerne for hhv. klorofyl og Kd for Vejle fjord er vist i figur 3:

		Vejle fjord						
		Kd vækstsæson						
Ændring i ton P tilførsel		Ændring i ton N-tilførsel						
		-100	-80	-60	-40	-20	0	20
1		-0.0029	-0.0023	-0.0016	-0.0010	-0.0003	0.0004	0.0010
0.8		-0.0030	-0.0023	-0.0017	-0.0010	-0.0004	0.0003	0.0009
0.6		-0.0031	-0.0024	-0.0018	-0.0011	-0.0004	0.0002	0.0009
0.4		-0.0031	-0.0025	-0.0018	-0.0012	-0.0005	0.0001	0.0008
0.2		-0.0032	-0.0026	-0.0019	-0.0012	-0.0006	0.0001	0.0007
0		-0.0033	-0.0026	-0.0020	-0.0013	-0.0007	0.0000	0.0007
-0.2		-0.0034	-0.0027	-0.0020	-0.0014	-0.0007	-0.0001	0.0006

		Chl vækstsæson						
		Ændring i ton N-tilførsel						
Ændring i ton P tilførsel		-100	-80	-60	-40	-20	0	20
		1		0.0143	0.0212	0.0281	0.0349	0.0418
0.8		0.0046	0.0115	0.0183	0.0252	0.0320	0.0389	0.0458
0.6		-0.0051	0.0018	0.0086	0.0155	0.0223	0.0292	0.0360
0.4		-0.0148	-0.0080	-0.0011	0.0057	0.0126	0.0194	0.0263
0.2		-0.0245	-0.0177	-0.0108	-0.0040	0.0029	0.0097	0.0166
0		-0.0343	-0.0274	-0.0206	-0.0137	-0.0069	0.0000	0.0069
-0.2		-0.0440	-0.0371	-0.0303	-0.0234	-0.0166	-0.0097	-0.0029

Figur 7: N/P konverteringsmatricer for hhv. Kd og klorofylkoncentrationen i vækstsæsonen gældende for station 4273 i Vejle Fjord. Den omtrentlige forventede reduktion i kd og klorofyl a koncentration, som følge af de planlagte vådområder, er markeret med grønt.

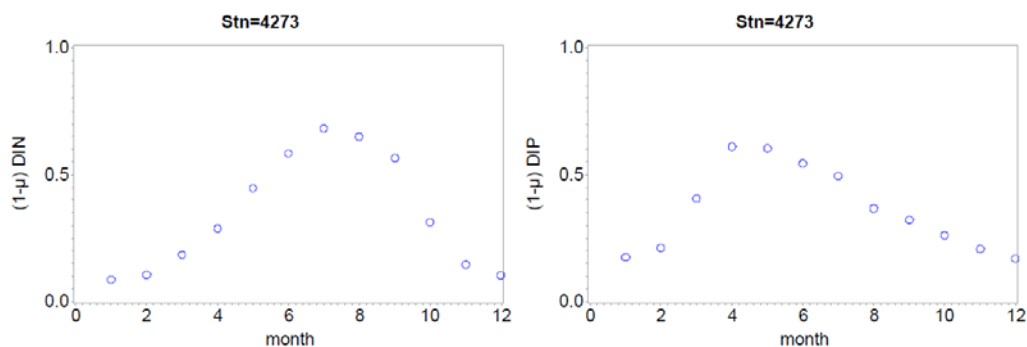
Den forventede effekt af vådområder i oplandet til Vejle fjord er en reduktion i N tilførsler på 45 tons N/år og en merudledning af fosfor på 0.25 tons P/år. Ifølge modellerne vil dette resultere i en reduktion i Kd på 0.0014 m⁻¹ og i klorofylkoncentrationen på 0.003 ug/L.

Hvis vådområdet ikke medførte merudledning af fosfor ville klorofylændringen være -0.015 ug/L som følge af vådområdet. For klorofyl kan en merudledning af fosfor på +0.25 tons/år kompenseres ved at reducere kvælstofudledningen med 80 tons N/år i stedet for 45 tons N/år.

For Kd kan en merudledning af fosfor på 0.25 tons/år kompenseres ved at der reduceres 48 tons N/år i stedet for 45 tons/år.

For især klorofylkoncentrationen vil der være en risiko for en forværing af tilstanden ved en mer-udledning af fosfor på 0.25 tons/år idet

en samtidig reduktion i N på 45 tons/år kun marginalt vil forbedre den samlede klorofylkoncentration. Dvs, hvis vådområdet fjerner mindre N end antaget (men stadig har en merudledning af P) vil klorofylkoncentrationen blive forværret. Det skal dog nævnes at en evt stigning i klorofyl koncentration som følge af fosfor merudledning pga vådområder er lille i forhold til den gennemsnitlige klorofyl koncentration i området.



Figur 8: Begrænsningsplot gældende for monitoringsstation 4273 i Vejle fjord. Fuldstændig næringsstofbegrænsning svarer til 1 (ingen tilgængelige næringsstoffer), mens ingen begrænsning svarer til 0 (ubegrænset tilgang til næringsstoffer). Venstre plot viser kvælstofbegrænsning hen over året mens højre viser fosforbegrænsning.

Vejle fjord er et relativt fosforfølsomt område og som det fremgår af begrænsningsplottene (Fig 6) vil ændringer i fosfortilførslen formentlig få betydning i det meste af vækstsæsonen. Det samme gælder dog for kvælstof. Når man kigger på koefficienterne for sammenhænge mellem N- og P-tilførsel og miljøindikatorer har fosfor dog en relativt stor effekt i Vejle fjord. Så blot en lille merudledning af fosfor vil formentlig resultere i en relativt stor effekt på især klorofylkoncentrationen. Hvis merudledningen af fosfor kommer op på godt 300 kg ekstra fosfor eller hvis kvælstofreduktionen kun bliver på 35 tons, vil effekten af fjernet kvælstof ifølge modellen, være fuldstændig udlignet af den øgede fosforudledning.

Derudover er den estimerede kvælstofeffekt behæftet med stor usikkerhed idet der er anvendt en meta-model for sommer perioden og da næringsstofbegrænsningsplot indikerer kombineret N og P begrænsning i sommerperioden. Effekten af fosfortilførsler til Vejle fjord er væsentligt bedre kvantificeret og dermed mere sikker.

Samlet set vil der derfor være relativt stor risiko for, at de planlagte vådområder ikke vil få nogen effekt eller ligefrem vil forværre miljøtilstanden i Vejle fjord, ved de planlagte ændringer i tilførsel, når man tager højde for, at der både er modelusikkerheder forbundet med prædiktion af miljøeffekter og usikkerheder forbundet med prædiktion af næringsstofudledninger fra vådområder. Hvis den øgede fosforudledning kun er midlertidig forventes vådområder på sigt at resultere i en lille miljøforbedring, både målt på vandets klarhed og klorofylindhold.

Konklusion

Etablering af N/P konverteringsmatricer kan, sammen med begrænsningsplot benyttes til at vurdere effekter af ændrede N og P tilførsler som følge af vådområder. Metoden er udviklet for miljøindikatorerne Kd og klorofyl i vækstsæsonen i vandområde 123 og 157, men kan i princippet udvides til andre parametre og andre vandområder såfremt der findes anvendelige modeller. Metoden vil have størst sikkerhed såfremt N/P matricerne dækker hele vækstsæsonen og det vil også være biologisk relevant at vurdere miljøeffekter i hele vækstsæsonen. Med passende antagelser kan der opstilles N/P konverteringsmatricer for andre perioder, men usikkerheden på effektvurderingen vil øges jo mindre tidsperiode der udvælges. Metoden til at vurdere marine effekter af ændrede næringsstofftilførsler er baseret på ændringer i årlige tilførsler og metoden kunne givetvis forbedres ved at inkludere en evt. sæsonvariation, hvilket dog kræver mere viden og yderligere modeludvikling.

For de testede vandområder (nr. 123 og nr. 157) viser resultaterne, at der kan forventes en reduktion i både Kd og klorofyl ved anlæg af vådområder. I alle områderne vil effekten af en kvælstofreduktion være større, såfremt der ikke skete en samtidig merudledning af fosfor. Konverteringsmatricerne for vækstsæsonen viser, at fosforudledningen kan kompenseres ved en supplerende N reduktion på op til ca 60 tons/år (Kd i Lovns bredning). I de undersøgte vandområder vil der dog være effekter af fosforudledningen, som ikke fremgår, når der alene kigges på gennemsnit over vækstsæsonen. En merudledning af fosfor vil ifølge modellerne føre til højere klorofylkoncentrationer og Kd-værdier i forårsperioden også selvom gennemsnittet for hele vækstsæsonen falder. I sommerperioden er det primært N tilførslerne der er styrende og derfor forventes reduktioner i N tilførsler at medføre et større fald i f.eks den interkalibrerede klorofylindikator end det fremgår af den gennemsnitlige klorofylkoncentration i hele vækstperioden. Selvom effekter af hhv. N og P udledninger tilsyneladende er separeret i tid kan det dog ikke udelukkes at en øget primærproduktion i foråret (forårsaget af øget P udledning) via sedimentation og senere remineralisering vil påvirke klorofylkoncentrationen i sommerperioden. Omvendt kan en øget primærproduktion i foråret/forsommeren binde kvælstof, som så ikke er tilgængeligt for produktion senere på sæsonen eller for områder længere ude (yderfjorden/Bælthavet).

Da den forventede merudledning af fosfor pga vådområder er midlertidig hvorimod kvælstofreduktionen er permanent pga. denitrifikation, så vil der over tid opstå en netto mere positiv miljøeffekt end resultaterne i dette notat indikerer.

Referencer:

Erichsen AC (Ed.), Timmermann K (Ed.), Christensen JPA, Kaas H, Markager S, Møhlenberg F (2017) Development of models and methods to support the Danish River Basin Management Plans. Scientific documentation. Aarhus University, Department of Bioscience and DHI, 191 pp

Markager S, Storm LM, Stedmon CA (2006) Limfjordens miljøtilstand 1985 til 2003. Sammenhæng mellem næringsstofflørsler, klima og hydrografi belyst ved empiriske modeller. Report no. 577, *National Environmental Research Institute*, Denmark. www.dmu.dk.