Kystvandråd – Mariager Fjord

Presfaktornotat

Notat
Projektnummer 11832688

Dato: 1. maj 2026

Udarbejdet for Mariagerfjord Kommune



The expert in **WATER ENVIRONMENTS**

Kystvandråd – Mariager Fjord

Presfaktornotat

Notat
Projektnummer 11832688

Udarbejdet for:	Mariagerfjord Kommune
Repræsenteret ved:	Mette Elisabeth Bramm, Projektleder for Grøn Trepart

Kontaktperson:	Mads Joakim Birkeland
Projektleder:	Mads Joakim Birkeland
Kvalitetsansvarlig:	Mads Joakim Birkeland
Udarbejdet af:	Emma Fournais Næsheim & Trine Cecilie Larsen
Projektnr.:	11832688
Godkendt af:	Verena Schrameyer
Godkendelsesdato:	1. maj 2026
Revision:	Final 1.0
Klassifikation:	**Åben:** Dette dokument kan frit deles med personer inden- og udenfor DHI-koncernen.
Filnavn:	Presfaktor_notat_mariagerfjord_20260501.docx

DHI A/S • Agern Allé 5 • DK-2970 Hørsholm • Denmark
Telefon: +45 4516 9200 • dhi@dhigroup.com • www.dhigroup.com • CVR-nr.: 36466871

Indholdsfortegnelse

Ikke teknisk resumé **5**

1 Miljøtilstand: Status og mål **6**

2 Næringsstoffer **7**

2.1 Biogeokemisk (økosystem) model 7
2.1.1 Modelkompleks og modellering 7
2.2 Massebudget 8
2.2.1 Mariager Fjord indre 9
2.2.2 Mariager Fjord ydre 10
2.2.3 Intern tilførsel versus ekstern tilførsel – Mariager Fjord, indre 12
2.2.4 Intern tilførsel versus ekstern tilførsel – Mariager Fjord, ydre 15
2.3 Diffuse bidrag og punktkildebidrag til næringsstoftilførsler 18
2.4 Sammenhæng mellem næringsstoftilførsler og miljøtilstand 21
2.4.1 Sommerklorofyl 21
2.4.2 Lys 24
2.4.3 Iltsvind 26
2.5 Fosforfølsomhed: Kvælstof og fosfor "vekselkurs" 27
2.6 Andre landes betydning for målbelastningen 28

3 Andre presfaktorer end næringsstoffer **30**

3.1 Graveaktivitet og klapning 30
3.2 Miljøfarlige stoffer 30
3.3 Invasive arter 31

4 Referencer **32**

Figurer

Figur 2-1 Skematisk præsentation af de pelagiske og bentiske processor i den biogeokemiske model. Det bemærkes, at diagrammet er stærkt simplificeret ift. modellens faktiske kompleksitet. 8
Figur 2-2 Massebudget for kvælstof i Mariager Fjord, indre 9
Figur 2-3 Massebudget for fosfor i Mariager Fjord indre 10
Figur 2-4 Massebudget for kvælstof i Mariager Fjord, ydre 11
Figur 2-5 Massebudget for fosfor i Mariager Fjord ydre 12
Figur 2-6 Gennemsnitlige kvælstoftilførsler fra lokaloplandet til Mariager Fjord, indre 13
Figur 2-7 Gennemsnitlige fosfortilførsler fra lokaloplandet til Mariager Fjord indre 13
Figur 2-8 Gennemsnitlig fluks af uorganisk kvælstof mellem sediment og vandfase i Mariager Fjord indre. Fluksen er opgjort for perioden 2012-2016 fordelt over året ± en standardafvigelse. Positiv fluks angiver nettotransport fra vandfase til sediment, og negativ fluks angiver nettotransport fra sediment til vandfase. 14
Figur 2-9 Gennemsnitlig fluks af uorganisk fosfor mellem sediment og vandfase i Mariager Fjord indre. Fluksen er opgjort for perioden 2012-2016 fordelt over året ± en standardafvigelse. Positiv fluks angiver nettotransport fra vandfase til sediment, og negativ fluks angiver nettotransport fra sediment til vandfase. 15
Figur 2-10 Gennemsnitlige kvælstoftilførsler fra lokaloplandet til Mariager Fjord, ydre 16
Figur 2-11 Gennemsnitlige fosfortilførsler fra lokaloplandet til Mariager Fjord ydre 16
Figur 2-12 Gennemsnitlig fluks af uorganisk kvælstof mellem sediment og vandfase i Mariager Fjord ydre 17

Figur 2-13 Gennemsnitlig fluks af uorganisk fosfor mellem sediment og vandfase i Mariager Fjord ydre 18
Figur 2-14 Kildeopsplitning af kvælstoftilførsler til Mariager Fjord, indre (gennemsnit for perioden 2012-2016) 19
Figur 2-15 Kildeopsplitning af kvælstoftilførsler til Mariager Fjord, ydre (gennemsnit for perioden 2012-2016) 19
Figur 2-16 Kildeopsplitning af fosfortilførsler til Mariager Fjord, indre (gennemsnit for perioden 2012-2016) 20
Figur 2-17 Kildeopsplitning af fosfortilførsler til Mariager Fjord, ydre (gennemsnit for perioden 2012-2016) 20
Figur 2-18 Dosis-respons på sommer klorofyl-a ved ændringer i næringsstoftilførsler 22
Figur 2-19 Begrænsende næringsstof for Mariager Fjord (indre) baseret på data for årene 2012-2016 ved nutidsbelastning. 23
Figur 2-20 Begrænsende næringsstof for Mariager Fjord (ydre) baseret på data for årene 2012-2016. 24
Figur 2-21 Dosis-respons på sommer lys ved ændringer i næringsstoftilførsler 25
Figur 2-22 Iltsvindspåvirket areal 26
Figur 2-23 Sammenhæng mellem kvælstofmålbelastning og fosforreduktioner til vandområde 159, Mariager Fjord indre 27
Figur 2-24 Sammenhæng mellem kvælstofmålbelastning og fosforreduktioner til vandområde 160, Mariager Fjord ydre 28
Figur 2-25 Betydning af andre landes næringsstofreduktioner for målbelastningen i 159, Mariager Fjord indre 29
Figur 2-26 Betydning af andre landes næringsstofreduktioner for målbelastningen i 160, Mariager Fjord ydre 29

Tabeller

Tabel 1-1 Status-, miljømåls- og referenceværdi for vandområde 159, Mariager Fjord indre ...6
Tabel 1-2 Status-, miljømåls- og referenceværdi for vandområde 160, Mariager Fjord ydre 6

Ikke teknisk resumé

Formålet med denne presfaktoranalyse er at give et overblik over, hvilke presfaktorer der er styrende for den nuværende økologiske tilstand i Mariager Fjord, og hvilken betydning forskellige næringsstofindsatser har for at opnå god økologisk tilstand efter EU's Vandrammedirektiv.

Vurderingen bygger på en samlet analyse baseret på DHI's fjordmodel for Mariager Fjord, som er udviklet til vandområdeplaner 2021-2027 og derved Danmarks implementering af EU's Vandrammedirektiv. Modellen for Mariager Fjord er kombineret med opgørelser af næringsstoftilførsler, sedimentprocesser og dokumenterede sammenhænge mellem næringsstoftilførsler og tilstanden af kvalitetselementer og understøttende kvalitetselementer som sommerklorofyl, lysforhold og iltsvind.

Mariager Fjord er i dag i dårlig til ringe økologisk tilstand. Den nuværende tilstand er primært styret af for høje tilførsler af kvælstof og fosfor fra oplandet kombineret med fjordens begrænsede vandudskiftning og udtalte lagdeling i inderfjorden. De høje næringsstoftilførsler medfører algevækst (klorofyl), som forringer lysforholdene, begrænser ålegræssets udbredelse og øger risikoen for iltsvind ved bunden. Kvælstof er det mest begrænsende næringsstof i vækstsæsonen og har derfor størst betydning for algevækst, lys- og iltforhold, men fosfor bidrager også.

Langt hovedparten af næringsstofferne stammer fra diffuse kilder på land (97-98% for kvælstof), især fra landbruget. Andre punktkilder (regnvandsbetingede udledninger (overløb)) udgør kun en meget lille andel og har derfor begrænset potentiale som selvstændigt indsatsområde.

Sedimenterne i Mariager Fjord indeholder store puljer af kvælstof og fosfor og udgør i sommerperioden (maj-september) en væsentlig intern kilde til næringsstoffer, især for fosfor. Denne frigivelse er dog i høj grad styret af de aktuelle tilførsler fra land, da de er bestemmende for mængden af organisk materiale som nedbrydes i fjorden, og derved for mineralisering og frigivelse af kvælstof og fosfor fra fjordbunden. En oprensning af sedimentet (og derved kvælstof og fosfor) vil derfor kun give en begrænset og kortsigtet forbedring, hvis tilførslerne fra oplandet fortsætter uændret. Sedimenterne vil relativt hurtigt genopbygge en aktiv næringsstofpulje, og udfordringerne med algevækst, dårlige lysforhold og iltsvind vil bestå. Sedimentindsatser kan således højst fungere som et supplement til påkrævede reduktioner i næringsstoftilførslerne. Den interne belastning betyder således isoleret set meget lidt for den økologiske tilstand i fjorden.

Den afgørende forudsætning for en varig forbedring af den økologiske tilstand er derfor vedvarende reduktioner i særligt tilførslerne af kvælstof (og i mindre grad fosfor) fra oplandet, da en reduktion på 1% i tilførslerne af kvælstof giver en reduktion i klorofyl på 1%-1.5%. Dette reducerer både den direkte belastning og den interne frigivelse fra sedimenterne og er nødvendigt for at opnå mindre algevækst, bedre lysforhold, mindre iltsvind og derved god økologiske tilstand i Mariager Fjord.

1 Miljøtilstand: Status og mål

Danske kystvande er underlagt Vandrammedirektivets krav om opnåelse af "god økologisk tilstand" (GØT) og skal tilstandsvurderes i forhold til de biologiske kvalitetselementer og kriterier fastsat i Vandrammedirektivet[1]. Miljøtilstanden for danske kystvande vurderes ud fra kvalitetselementerne "Fytoplankton"/"Sommer-klorofyl", "Rodfæstede bundplanter"/"Ålegræssets dybdegrænse" og "Bunddyr (Danmarks kvalitetsindeks, DKI)". For hver af disse kvalitetselementer findes referenceværdier, som repræsenterer en næsten upåvirket tilstand, miljømål, som fastlægges af grænsen mellem god og moderat tilstand, samt indikatorens nuværende værdi (statusværdi). I Tabel 1-1 og Tabel 1-2 ses referenceværdi, miljømål og statusværdi for kvalitetselementerne i vandområde 159 og 160, som er hhv. Mariager Fjord, indre og Mariager Fjord, ydre.

Til vurdering af, hvordan man kommer fra den nuværende tilstand til GØT, er der for kvalitetselementerne "Sommer-klorofyl" og "Ålegræssets dybdegrænse" (udtrykt ved lys ved havbunden) beregnet en nødvendig næringsstofreduktion. Her er kvalitetselementernes afstand fra den nuværende tilstand til miljømålet, blevet omsat til et næringsstofreduktionsbehov og en dertilhørende målbelastning, som angiver den næringsstofbelastning, der netop understøtter opnåelse af GØT. Af tabellen ses den nuværende næringsstoftilførsel og målbelastning for kvælstof (N) og fosfor (P). Målbelastningen for kvælstof (N) er beregnet, når det antages, at andre lande reducerer deres næringsstofudledninger iht. internationale forpligtelser, og at fosfor (P) fra dansk opland reduceres med 10% i forhold til P-udledninger i perioden 2014-2018.

Tabel 1-1 **Status-, miljømåls- og referenceværdi for vandområde 159, Mariager Fjord indre**
Der vises statusværdier, miljømål og referenceværdier for kvalitetselementerne, samt status og miljømål for næringsstoftilførsel jf. Genbesøg af Vandområdeplaner 2021-2027 (data fra MiljøGIS MiljøGIS, Vandplandata Vandplandata og Genbesøg af Vandområdeplaner 2021-2027 Bilag 1).

Indikator	Enhed	Status	Miljømål	Reference
Sommer klorofyl	µg/L	28,2	3,1	1,9
Ålegræssets dybdegrænse	m	1,4	5,6	7,7
Bundfauna indeks	EQR	0,55	0,68	1,0
Næringsstoftilførsel	tons/år	N: 895 P: 17,9	N: 769 P: 17,3	-

Tabel 1-2 **Status-, miljømåls- og referenceværdi for vandområde 160, Mariager Fjord ydre**
Der vises statusværdier, miljømål og referenceværdier for kvalitetselementerne, samt status og miljømål for næringsstoftilførsel jf. Genbesøg af Vandområdeplaner 2021-2027 (data fra MiljøGIS MiljøGIS, Vandplandata Vandplandata og Genbesøg af Vandområdeplaner 2021-2027 Bilag 1).

Indikator	Enhed	Status	Miljømål	Reference
Sommer klorofyl	µg/L	5,5	3,9	2,5
Ålegræssets dybdegrænse	m	2	3,8	5,1
Bundfauna indeks	EQR	0,49	0,68	1,0
Næringsstoftilførsel	tons/år	N: 479 P: 8,2	N: 183 P: 7,9	-

[1] 2000/60/EF af 23. oktober 2000 om fastlæggelse af en ramme for Fællesskabets vandpolitiske foranstaltninger

2 Næringsstoffer

Som en del af presfaktoranalysen for Mariager Fjord er der benyttet en biogeokemisk (økosystem) model med henblik på at kvantificere de forskellige interne processer, og opgøre dem i et overordnet samlende massebudget.

Modellen, som ligger til grund for analysen, indeholder en lang række processer, som samlet set beskriver de vigtigste processer for den overordnede miljøtilstand i Mariager Fjord, og i det følgende vil modellen kort blive beskrevet, hvorefter forskellige næringsstof-flukse i Mariager Fjord gennemgås.

2.1 Biogeokemisk (økosystem) model

De økologiske forhold i det marine vandmiljø påvirkes af forskellige naturlige fysiske, kemiske og biologiske faktorer, blandt andet vandudveksling, strømforhold, salinitet, vandtemperatur, lagdeling af vandsøjlen, næringsstoffer, sediment-biogeokemi og struktur i fødekæden. Det marine økosystem og den økologiske tilstand påvirkes derudover af forskellige antropogene presfaktorer, som for eksempel udledning af næringsstoffer.

Mekanistiske modeller muliggør en dynamisk beskrivelse af økosystemer og interaktioner mellem naturlige processer og antropogene presfaktorer. Mekanistiske modeller kan derved anvendes til at forudsige ændringer i bestemte økosystemkomponenter, for eksempel ændringer i klorofyl-a, lyssvækkelse i vandsøjlen/lys ved havbunden og iltkoncentrationer, som respons på f.eks. udledning af næringsstoffer (eutrofiering), men også kvantificere størrelsen af de enkelte processer/flukse.

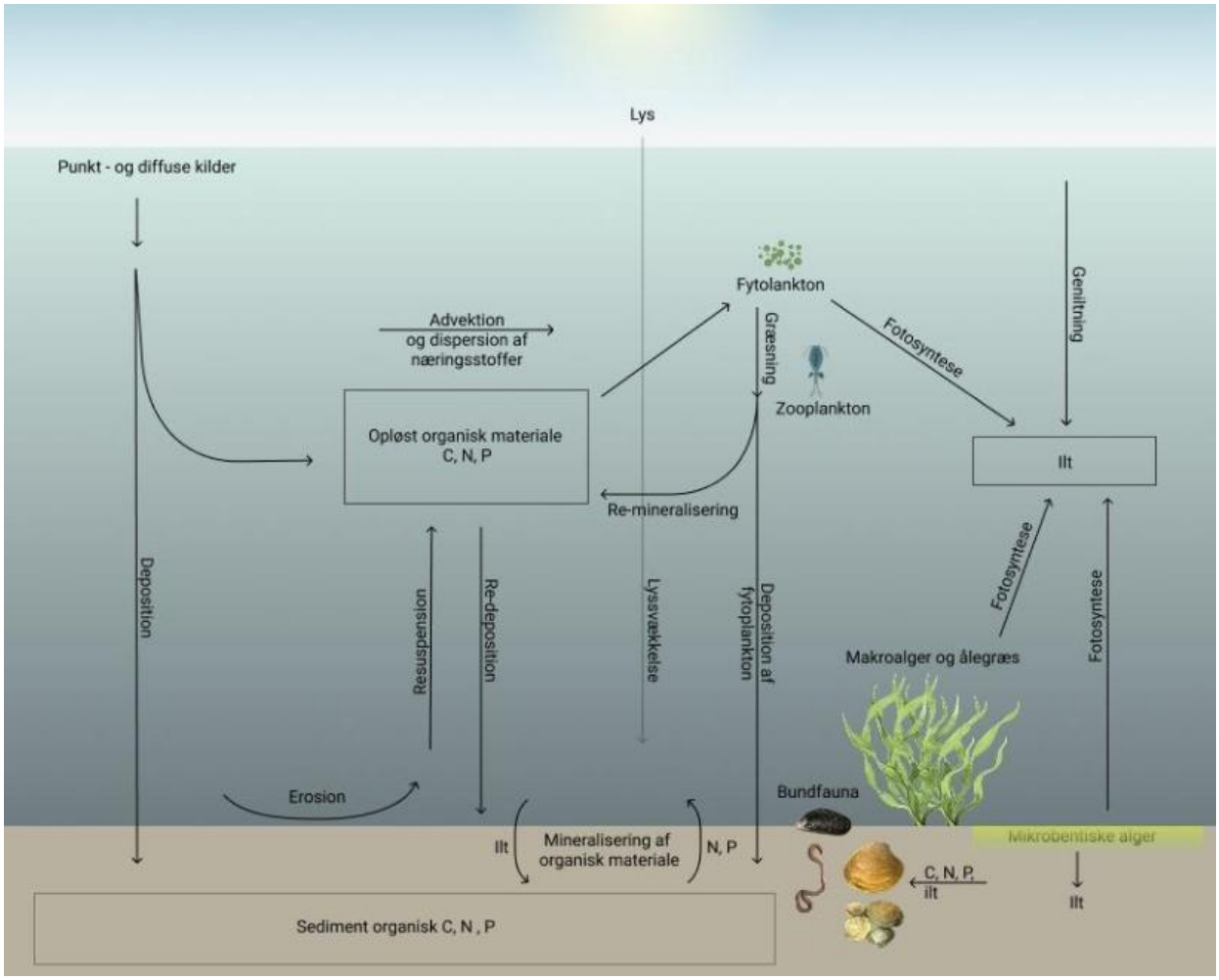
Til denne presfaktorrapport er analysen baseret på DHI's fjordmodel for Mariager Fjord, som er udviklet, kalibreret og valideret for Miljøstyrelsen (nu Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø) til vandområdeplaner 2021-2027 og derved Danmarks implementering af EU's Vandrammedirektiv.

2.1.1 Modelkompleks og modellering

Modelkomplekset for Mariager Fjord består af en hydrodynamisk model og en biogeokemisk (økosystem) model.

Den hydrodynamiske model beskriver det fysiske system (vandstande, strømforhold, turbulens, opblanding, salinitet og vandtemperatur) indenfor model-domænet, og modellen er udviklet til at understøtte den biogeokemiske model.

Den biogeokemiske model bygger videre på den hydrodynamiske model og beskriver dynamikken i det biogeokemiske system inden for modeldomænet. Modellen beskriver transporten med havstrømme og omsætningen af organisk stof og næringsstoffer i vandfasen og på havbunden og inkluderer både pelagiske og bentiske processer (fytoplankton, bundvegetation, ilt og primærproduktion mm). Nedenfor er koblingen mellem pelagiske og bentiske tilstandsvariabler skematisk præsenteret til beskrivelse af tilførsel af organisk C, N og P fra punktkilder og de generelle sedimentprocesser i modellen.



Figur 2-1 **Skematisk præsentation af de pelagiske og bentiske processor i den biogeokemiske model. Det bemærkes, at diagrammet er stærkt simplificeret ift. modellens faktiske kompleksitet.**

Som det fremgår af Figur 2-1, består modellen dels af pelagiske processer og tilstandsvariable, som fx alger og primærproduktion, og dels af bentiske processer og tilstandsvariable, som dækker over bundvegetation og sedimentpuljer. Derfor er det muligt at sammenstille næringsstofpuljer i sedimenterne og udvekslinger mellem sedimentpuljerne og vandfasen samt udvekslingen mellem sediment og vandfase, puljer i bundvegetation og i vandfasen (alger, dødt organisk materiale og uorganiske næringsstoffer) samt udvekslingen nabo-vandområder.

2.2 Massebudget

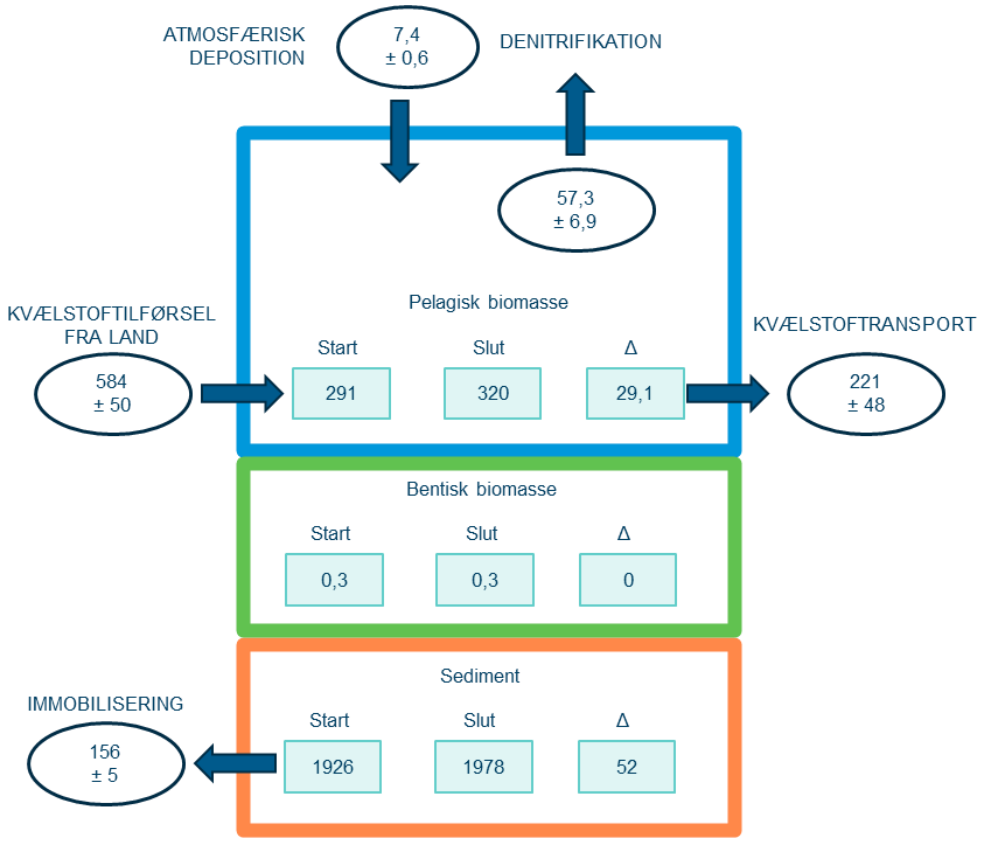
Med den biogeokemiske model er det muligt at beregne massebudgetter for hele Mariager Fjord. Næringsstof-massebudgetter for Mariager Fjord, indre (vandområde 159) er vist i Figur 2-2 og Figur 2-3, mens næringsstof-massebudgetterne for Mariager Fjord, ydre (vandområde 160) er vist i Figur 2-4 og Figur 2-5. Massebudgetterne er udtrukket fra den biogeokemiske model, som er udviklet og anvendt som en del af metodeudviklingen under Vandområdeplaner 2021-2027 (Erichsen & Birkeland, 2019, og Erichsen & Birkeland, 2020).

Et massebudget skal forstås som en samlet opgørelse over alle relevante processer, hvor tilførsler og vandtransporter summeres over et år, sammen med den nettoændring i biomasse, der finder sted i samme periode. Biomasseændringen kan være positiv i år, hvor der ved årets slutning er mere bundvegetation end ved årets begyndelse (biomassetilvækst), eller negativ i år med et netto biomassetab. Tilsvarende år-til-år-ændringer kan forekomme i både vandfasen og sedimenterne

2.2.1 Mariager Fjord indre

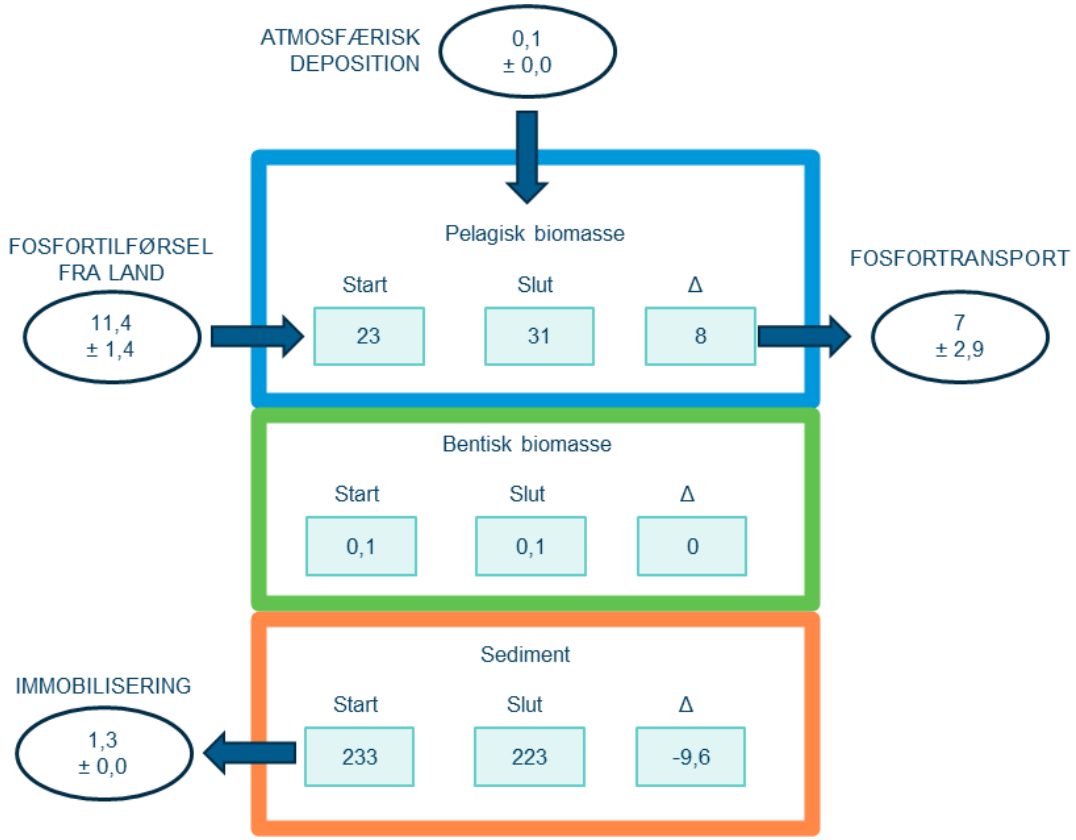
Som det fremgår af Figur 2-2, tilføres i gennemsnit (2012-2016) 591,4 ton kvælstof $år^{-1}$ til Mariager Fjord, indre (gennemsnit for perioden 2012-2016), hvoraf de 584 ton[2] kvælstof tilføres med ferskvandskilder fra oplandet til vandområdet, mens de resterende 7,4 ton deponerer fra atmosfæren til fjorden. Ud af de 591,4 ton transporteres 221 ton (nettotransport) videre fra Mariager Fjord, indre til Mariager Fjord ydre, mens 57,3 ton frigives ved denitrifikation af nitrat (NO_2^-) til frit kvælstof (N_2) under iltfrie (anaerobe) forhold fra sedimentet og vandsøjlen til atmosfæren og 156 ton immobiliseres i sedimentet, da omsætningen af organisk stof i sedimentet reduceres, når C:N forholdet overskrider en vis grænse. Derudover bliver der tilføjet 81,1 ton som ændringer i de stående biomasser mellem årene i vandfasen (29,1 ton) og i sedimentpuljerne (52 ton).

Fosfortilførslen til Mariager Fjord, indre er samlet set på 11,4 tons P $år^{-1}$ i gennemsnit for perioden 2012-2016, hvoraf 1,3 tons P i gennemsnit pr år immobiliseres (da begravelse og omsætning af organisk stof reduceres, når C:N forholdet overskrider en vis grænse), mens nettotransporten ud af Mariager Fjord, indre er på 7 tons P (Figur 2-3). Den resterende omsætning af P indgår i stående biomassepuljer i vandfasen (8 ton), i den bentiske biomasse og i sedimentet (– 9,6 ton). De stående puljer af P i sedimentet består bl.a. af en jernbunden fosforpulje, som er relativt mobil, og hvorfra der frigives relativt store mængder over sommeren, når iltindholdet (inkl. fx nitrat) reduceres, hvorfor delta P i sedimentet er negativ og repræsenterer en frigivelse fra sedimentet til vandfasen på 9,6 ton P $år^{-1}$.



Figur 2-2 **Massebudget for kvælstof i Mariager Fjord, indre**
Gennemsnit for perioden 2012-2016, inklusive én standardafvigelse (immobilisering i sedimentet omfatter kun denitrifikation og ikke transport til refraktionære sedimentlag).

[2] Bemærk, at der er forskel på tallene på figuren og tilførsler i Tabel 1-1. Disse forskelle skyldes dels, at de benyttede perioder ikke er sammenfaldende (i Tabel 1-1 er benyttet data fra perioden 2018-2022, mens der i figuren benyttes data fra 2012-2016), og dels at tallene i Tabel 1-1 er afstrømningskorrigerede, mens data i figuren er aktuelle data fra 2012-2016.



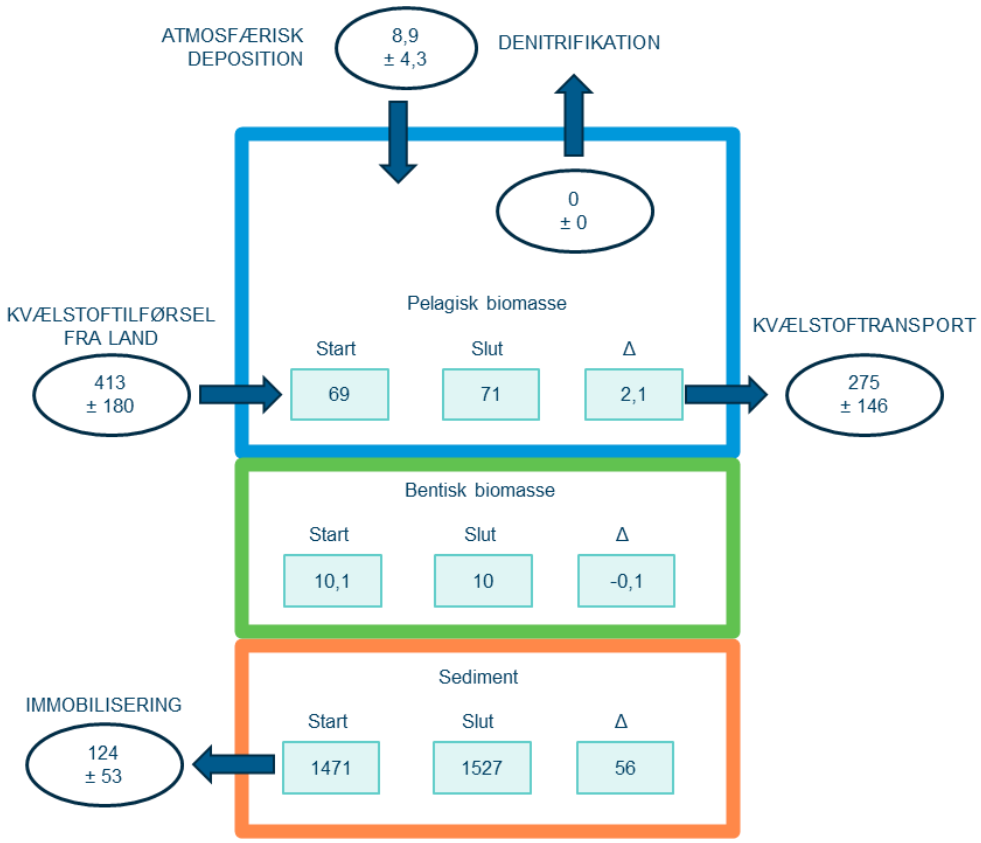
Figur 2-3 **Massebudget for fosfor i Mariager Fjord indre**
Gennemsnit for perioden 2012-2016 inklusive en standardafvigelse (immobilisering i sedimentet omfatter kun denitrifikation og ikke transport til refraktionære sedimentlag).

2.2.2 Mariager Fjord ydre

Som det fremgår af Figur 2-4, tilføres i gennemsnit 422 ton kvælstof $år^{-1}$ til Mariager Fjord, ydre (gennemsnit for perioden 2012-2016), hvoraf de 413 ton[3] kvælstof kommer med ferskvandskilder fra oplandet til vandområdet, mens de resterende 8,9 ton kommer ved deposition fra atmosfæren til fjorden. Ud af de 413 ton transporteres 275 ton (nettotransport) videre fra Mariager Fjord, ydre ud i Kattegat, Aaborg Bugt og 124 ton immobiliseres i sedimentet, da omsætningen af organisk stof i sedimentet reduceres, når C:N forholdet overskrider en vis grænse. Derudover optages 58,1 ton som ændringer i de stående biomasser mellem årene i vandfasen (2,1 ton), og i sedimentpuljerne (56 ton).

Fosfortilførslen til Mariager Fjord, ydre er samlet set på 10,7 tons P $år^{-1}$ i gennemsnit for perioden 2012-2016, hvoraf 0,8 tons P i gennemsnit pr år immobiliseres (da begravelse og omsætning af organisk stof reduceres når C:N forholdet overskrider en vis grænse), mens nettotransporten ud af Mariager Fjord, ydre er på 15,2 tons P (Figur 2-5). Den resterende omsætning af P indgår i stående biomassepuljer i vandfasen (0,3 ton), i den bentiske biomasse og i sedimentet (-5,6 tons P). De stående puljer af P i sedimentet består bl.a. af en jernbunden fosforpulje, som er relativt mobil, og hvorfra der frigives relativt store mængder over sommeren, når iltindholdet (inkl. fx nitrat) reduceres, hvorfor delta P i sedimentet er negativ og repræsenterer en frigivelse fra sedimentet til vandfasen på 5,6 ton P $år^{-1}$.

[3] Bemærk, at der er forskel på tallene på figuren og tilførsler i Tabel 1-2. Disse forskelle skyldes dels, at de benyttede perioder ikke er sammenfaldende (i Tabel 1-2 er benyttet data fra perioden 2018-2022, mens der i figuren benyttes data fra 2012-2016), og dels at tallene i Tabel 1-2 er afstrømningskorrigerede, mens data i figuren er aktuelle data fra 2012-2016.



Figur 2-4 **Massebudget for kvælstof i Mariager Fjord, ydre**
Gennemsnit for perioden 2012-2016 inklusive én standardafvigelse (immobilisering i sedimentet omfatter kun denitrifikation og ikke transport til refraktionære sedimentlag).

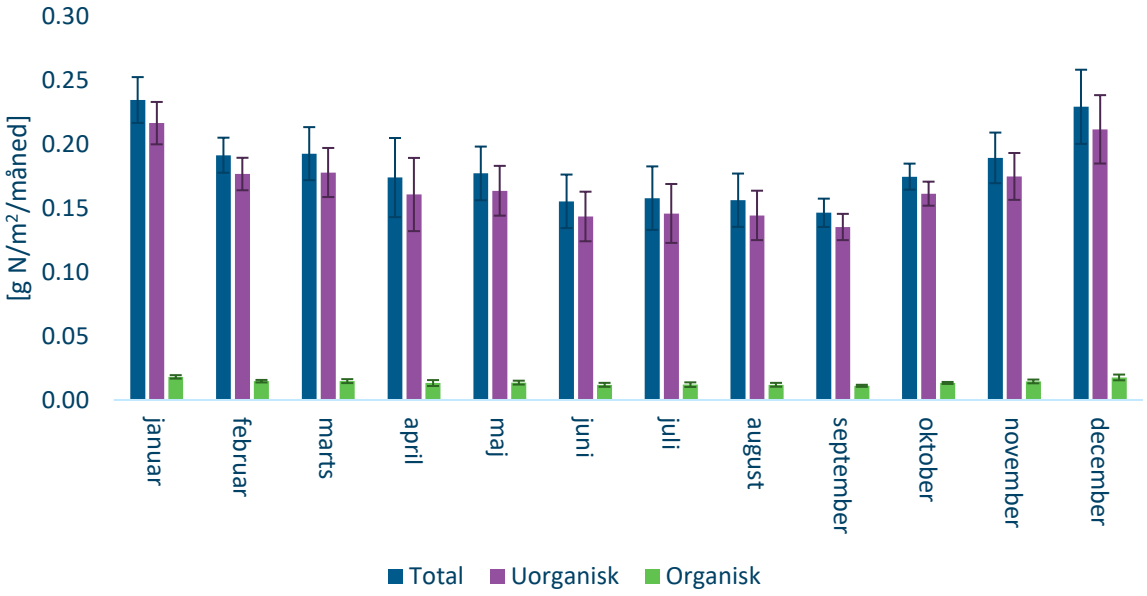


Figur 2-5 Massebudget for fosfor i Mariager Fjord ydre
Gennemsnit for perioden 2012-2016 inklusive en standardafvigelse.

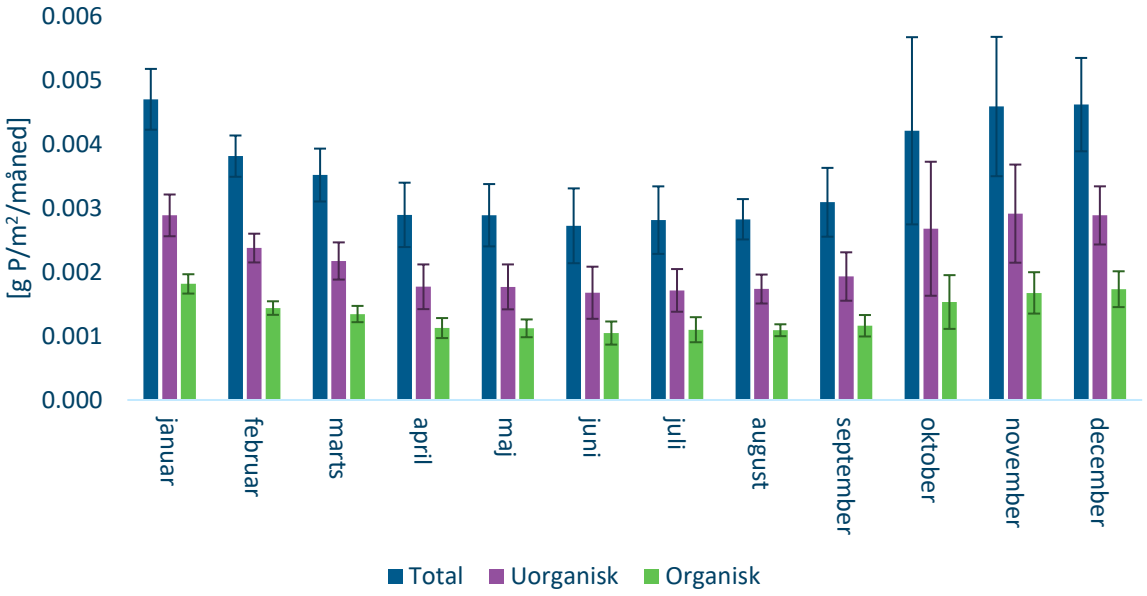
2.2.3 Intern tilførsel versus ekstern tilførsel – Mariager Fjord, indre

Som det fremgår i ovenstående afsnit, modtager Mariager Fjord, Indre især næringsstoffer fra oplandet til vandområdet med 584 tons kvælstof (Figur 2-2) og 11,4 tons fosfor (Figur 2-3). I Figur 2-6 og Figur 2-7 er tilførslerne opgjort som den arealspecifikke tilførsel (vandområdeareal) over året og fordelt på en organisk (partikulært organisk materiale og opløst organisk materiale) og en uorganisk fraktion.

Hovedparten af tilførslerne kommer efterår og vinter. Kvælstoftilførslen til vandområdet, er langt overvejende uorganisk, hvor det for fosfor er 60% uorganisk og 40% organisk til vandområderne.



Figur 2-6 **Gennemsnitlige kvælstoftilførsler fra lokaloplandet til Mariager Fjord, indre**
Tilførslerne er opgjort som den arealspecifikke tilførsel (vandområdeareal) for perioden 2012-2016 fordelt over året ± en standardafvigelse. Der vises den totale tilførte mængde og mængden fordelt på organisk og uorganisk kvælstof.



Figur 2-7 **Gennemsnitlige fosfortilførsler fra lokaloplandet til Mariager Fjord indre**
Tilførslerne er opgjort som den arealspecifikke tilførsel (vandområdeareal) for perioden 2012-2016 fordelt over året ± en standardafvigelse. Der vises den totale tilførte mængde og mængden fordelt på organisk og uorganisk fosfor.

I Figur 2-8 og Figur 2-9 er fluksene mellem sediment og vandfase for uorganisk kvælstof og fosfor opgjort . Det overordnede billede for Mariager Fjord indre, viser en lav fluks af uorganisk kvælstof og fosfor fra sedimenterne i vintermånederne og en høj fluks fra sedimenterne over sommeren, kraftigst i maj/juni til oktober/november.

Fluksen af organisk materiale (alger, partikulært organisk materiale og opløst organisk materiale) fra vandfasen til sedimentet er ikke vist, men da det samlede massebudget for de to vandområder (Figur 2-2 og Figur 2-3) har en samlet fluks til sedimentet (ændringer i biomasse og immobilisering), kan det

konkluderes, at fluksen af uorganiske næringsstoffer fra sedimenterne, modsvares og opvejes af en fluks af organisk kvælstof og fosfor til sedimenterne.

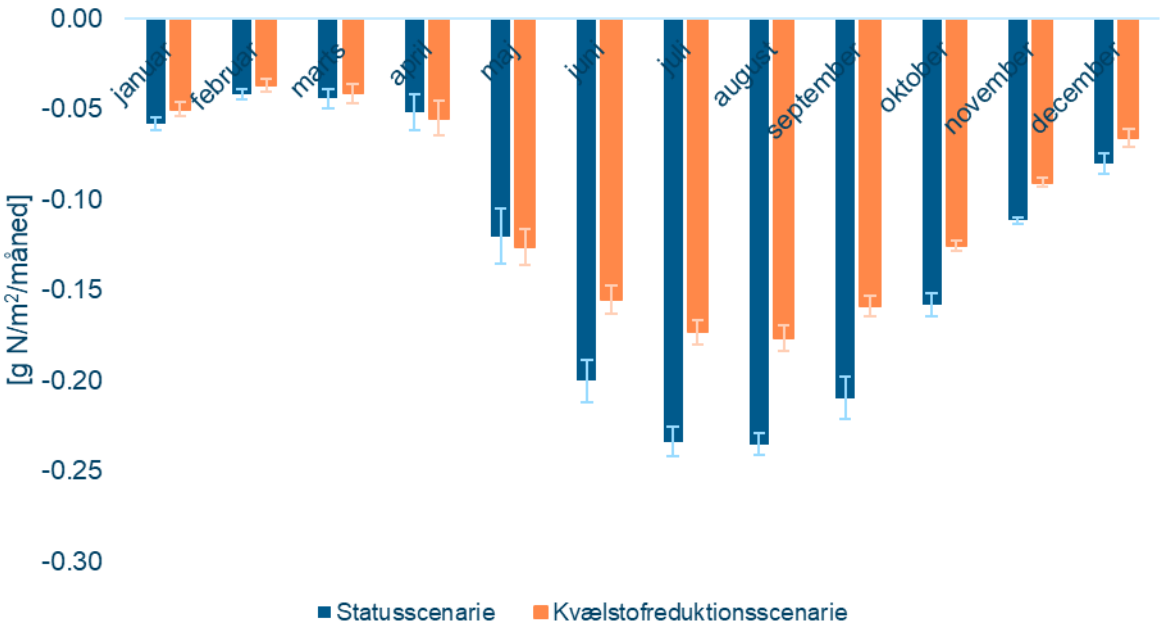
Fluksen af uorganisk kvælstof fra sedimentet udgør et betydeligt bidrag til tilførslen af uorganisk kvælstof (den mest biotilgængelige fraktion) i vandfasen i perioden fra juni til september (se Figur 2-6), hvor den overstiger tilførslen af uorganisk kvælstof fra land (se Figur 2-8). Fosfor-fluksen udgør et endnu større bidrag til den uorganiske fosfortilførsel, især i sommermånederne fra maj til september (se Figur 2-7), hvor fosforfluksen fra sedimentet er omkring 10 gange større end den arealspecifikke tilførsel fra land (se Figur 2-9).

Den interne tilførsel af uorganiske næringsstoffer er dermed en betydende faktor for tilførslen af uorganiske næringsstoffer til vandfasen sammenlignet med den arealspecifikke tilførsel fra land i maj/juni til september/november.

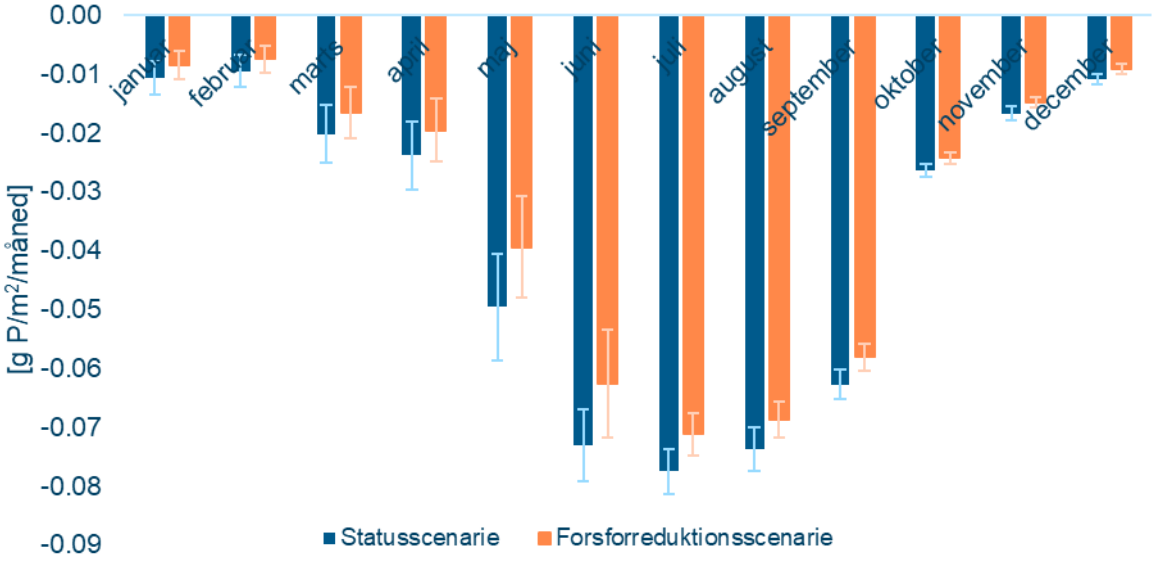
Det er dog vigtigt at understrege, at fluksen af uorganiske næringsstoffer fra sedimentet til vandfasen ikke skyldes tidligere års tilførsler (fortidens synder).

Fluksene er derimod bestemt af de nuværende tilførslerne fra land (både organiske og uorganiske næringsstoffer) og opbygningen/nedbrydningen af organisk materiale ved primærproduktion og omsætningen af næringsstoffer over året. Data vist i Figur 2-8 og Figur 2-9 viser gennemsnitlige månedlige status-fluks over en femårsperiode (blå søjler), og scenarieberegninger har vist, at ændringer i enten kvælstoftilførslerne eller fosfortilførslerne (orange søjler),reducerer den uorganiske fluks af både kvælstof og fosfor mellem sediment og vandfase.

Mariager Fjord, indre er endvidere ofte stærkt densitetslagdelt (haloklin/pyknoklin) i den indre del. Lagdelingen skyldes en kombination af ferskvandstilførsel, begrænset vandudskiftning og fjordens morfologi som smal, langstrakt og dyb tærskelfjord. Lagdelingen er typisk stærkest i vækstsæsonen (maj-september), med ringe eller ingen vertikal opblanding. I perioder med lagdeling, og ringe eller ingen vertikal opblanding, tilføres fluksen af uorganiske næringsstoffer fra sedimentet således kun i begrænset omfang til den fotiske zone og næringsstofferne er derved ikke tilgængelige for den pelagiske primærproduktion.



Figur 2-8 **Gennemsnitlig fluks af uorganisk kvælstof mellem sediment og vandfase i Mariager Fjord indre.** Fluksen er opgjort for perioden 2012-2016 fordelt over året ± en standardafvigelse. Positiv fluks angiver nettotransport fra vandfase til sediment, og negativ fluks angiver nettotransport fra sediment til vandfase.

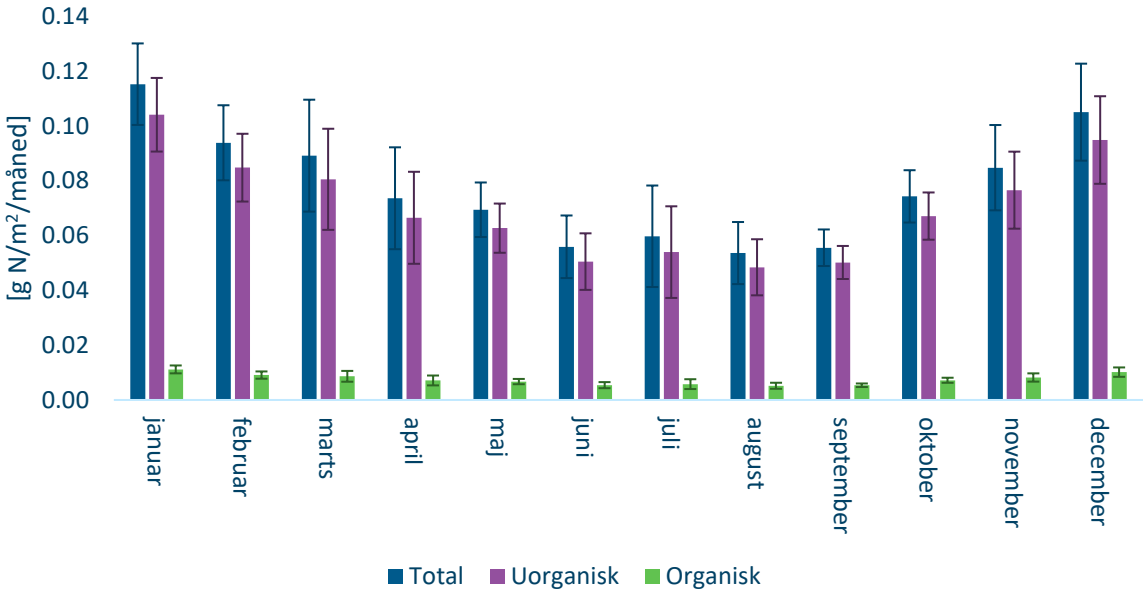


Figur 2-9 **Gennemsnitlig fluks af uorganisk fosfor mellem sediment og vandfase i Mariager Fjord indre.** Fluksen er opgjort for perioden 2012-2016 fordelt over året ± en standardafvigelse. Positiv fluks angiver nettotransport fra vandfase til sediment, og negativ fluks angiver nettotransport fra sediment til vandfase.

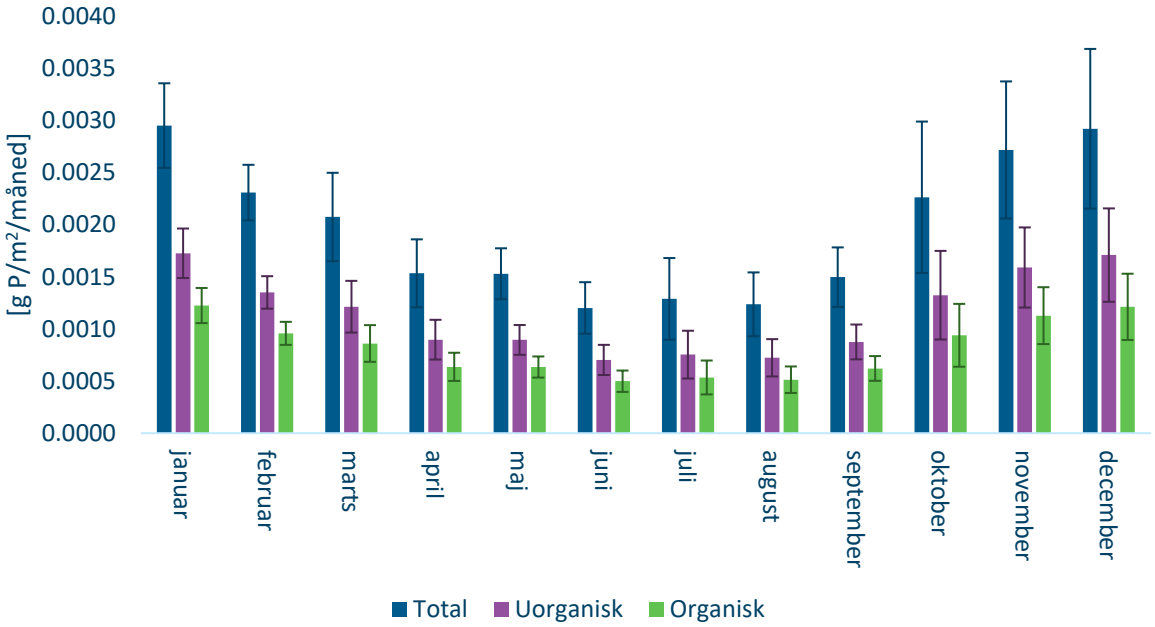
2.2.4 Intern tilførsel versus ekstern tilførsel – Mariager Fjord, ydre

Som det fremgår i ovenstående afsnit, modtager Mariager Fjord, ydre især næringsstoffer fra oplandet til vandområdet med 413 tons kvælstof (Figur 2-4) og 10,7 tons fosfor (Figur 2-5). I Figur 2-10 og Figur 2-11 er tilførslerne opgjort som den arealspecifikke tilførsler (vandområdeareal) over året og fordelt på en organisk (partikulært organisk materiale og opløst organisk materiale) og en uorganisk fraktion.

Hovedparten af tilførslerne kommer efterår og vinter. Af kvælstoftilførslen, som bliver transporteret til vandområderne, er størstedelen uorganisk, hvor det for fosfor er 60% uorganisk og 40% organisk til vandområderne. I forhold til Mariager Fjord, indre er der lavere næringsstoftilførsler i Mariager Fjord, ydre sammenlignet med Mariager Fjord, indre.



Figur 2-10 **Gennemsnitlige kvælstoftilførsler fra lokaloplandet til Mariager Fjord, ydre**
Tilførslerne er opgjort som den arealspecifikke tilførsel (vandområdeareal) for perioden 2012-2016 fordelt over året ± en standardafvigelse. Der vises den totale tilførte mængde og mængden fordelt på organisk og uorganisk kvælstof.



Figur 2-11 **Gennemsnitlige fosfortilførsler fra lokaloplandet til Mariager Fjord ydre**
Tilførslerne er opgjort som den arealspecifikke tilførsel (vandområdeareal) for perioden 2012-2016 fordelt over året ± en standardafvigelse. Der vises den totale tilførte mængde og mængden fordelt på organisk og uorganisk fosfor.

I Figur 2-12 og Figur 2-13 er fluksene mellem sediment og vandfase for uorganisk kvælstof og fosfor opgjort. Det overordnede billede, for Mariager Fjord ydre, viser en lav fluks af uorganisk kvælstof og fosfor fra sedimenterne i vintermånederne og en høj fluks fra sedimenterne over sommeren, kraftigst i maj til september.

Fluksen af organisk materiale (alger, partikulært organisk materiale og opløst organisk materiale) fra vandfasen til sedimentet er ikke vist, men da det samlede massebudget for de to vandområder (Figur

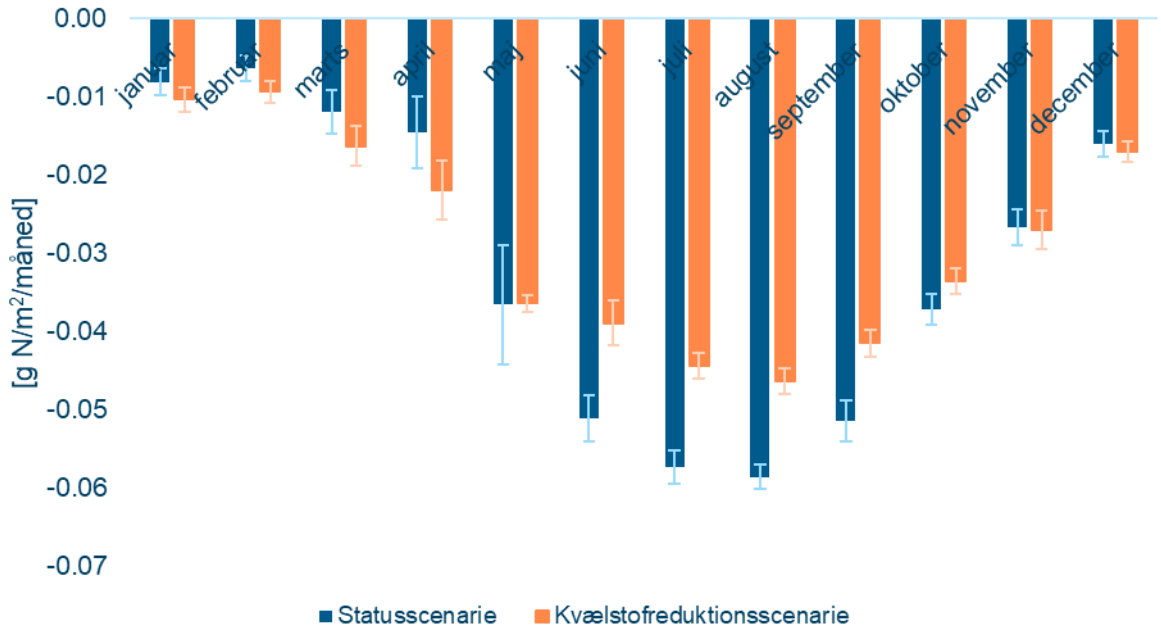
2-4 og Figur 2-5) har en samlet fluks til sedimentet (ændringer i biomasse og immobilisering) kan det konkluderes, at fluksen af uorganiske næringsstoffer fra sedimenterne, modsvares og opvejes af en fluks af organisk kvælstof og fosfor til sedimenterne.

Fluksen af uorganisk kvælstof fra sedimentet udgør et betydeligt bidrag til tilførslen af uorganisk kvælstof (den mest biotilgængelige fraktion) i vandfasen i perioden fra maj til september (se Figur 2-10), hvor tilførslen er af omtrent samme størrelsesorden, som tilførslen fra land (se Figur 2-11). Fosforfluksen udgør et endnu større bidrag til den uorganiske fosfortilførsel, især i sommermånederne fra maj til september(se Figur 2-12), hvor fosfor-fluksen fra sedimentet er omkring 10 gange større end den arealspecifikke tilførsel fra land(se Figur 2-13).

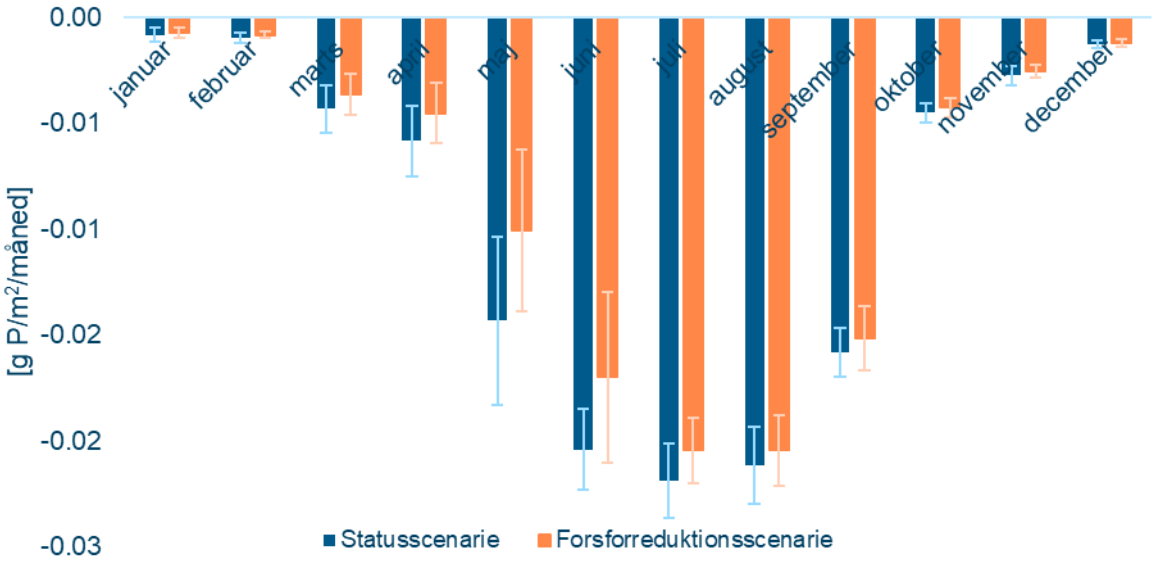
Den interne tilførsel af uorganiske næringsstoffer er dermed en betydende faktor for tilførslen af uorganiske næringsstoffer til vandfasen sammenlignet med den arealspecifikke tilførsel fra land i juni til september/november, men fluksen af uorganisk kvælstof (både fra land og sedimenter) fremgår ikke tydeligt af de målte koncentrationer af uorganisk kvælstof i vandområderne, da kvælstof på dette tidspunkt er det begrænsende næringsstof (Figur 2-20), hvorfor det tilførte kvælstof optages i algerne og indgår i det samlede næringsstofkredsløb.

Det er vigtigt at understrege, at fluksen af uorganiske næringsstoffer fra juni til september ikke skyldes tidligere års tilførsler (fortidens synder).

Fluksene er derimod bestemt af de nuværende tilførsler fra (både organiske og uorganiske næringsstoffer) og opbygningen/nedbrydningen af organisk materiale igennem primærproduktion og omsætningen af næringsstoffer over året. Data vist i Figur 2-12 og Figur 2-13 viser gennemsnitlige månedlige status-fluks over en femårsperiode (blå søjler), og scenarieberegninger har vist, at ændringer i enten kvælstoftilførslerne eller fosfortilførslerne (orange søjler) reducerer den uorganiske fluks af både kvælstof og fosfor mellem sediment og vandfase.



Figur 2-12 **Gennemsnitlig fluks af uorganisk kvælstof mellem sediment og vandfase i Mariager Fjord ydre**
Fluksen er opgjort for perioden 2012-2016 fordelt over året ± en standardafvigelse. Positiv fluks angiver nettotransport fra vandfase til sediment, og negativ fluks angiver nettotransport fra sediment til vandfase.



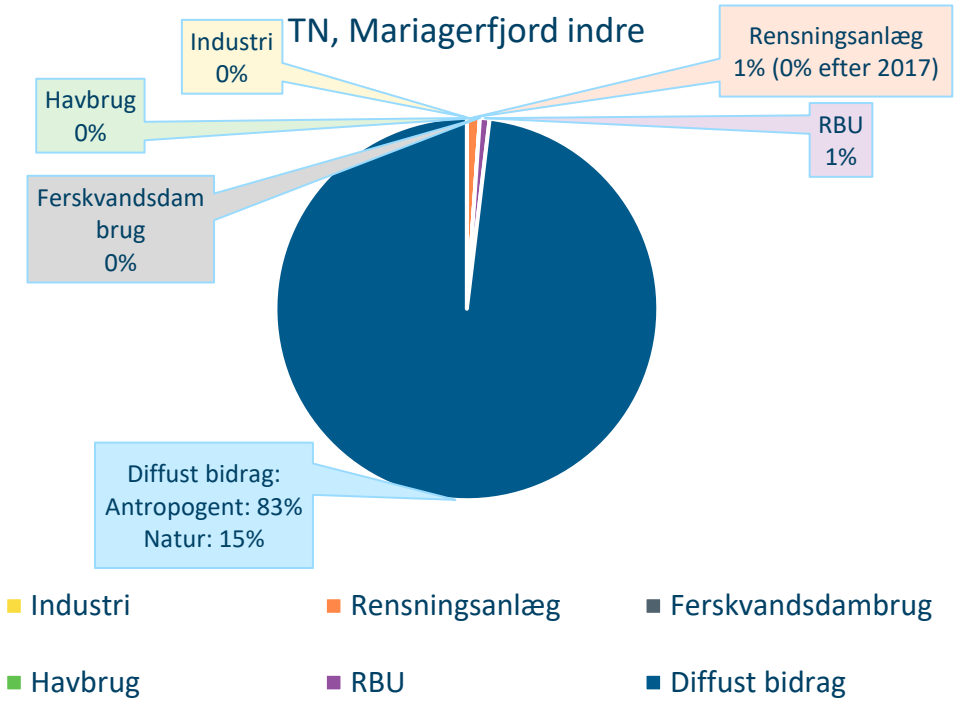
Figur 2-13 **Gennemsnitlig fluks af uorganisk fosfor mellem sediment og vandfase i Mariager Fjord ydre**

Fluksen er opgjort for perioden 2012-2016 fordelt over året ± en standardafvigelse. Positiv fluks angiver nettotransport fra vandfase til sediment, og negativ fluks angiver nettotransport fra sediment til vandfase.

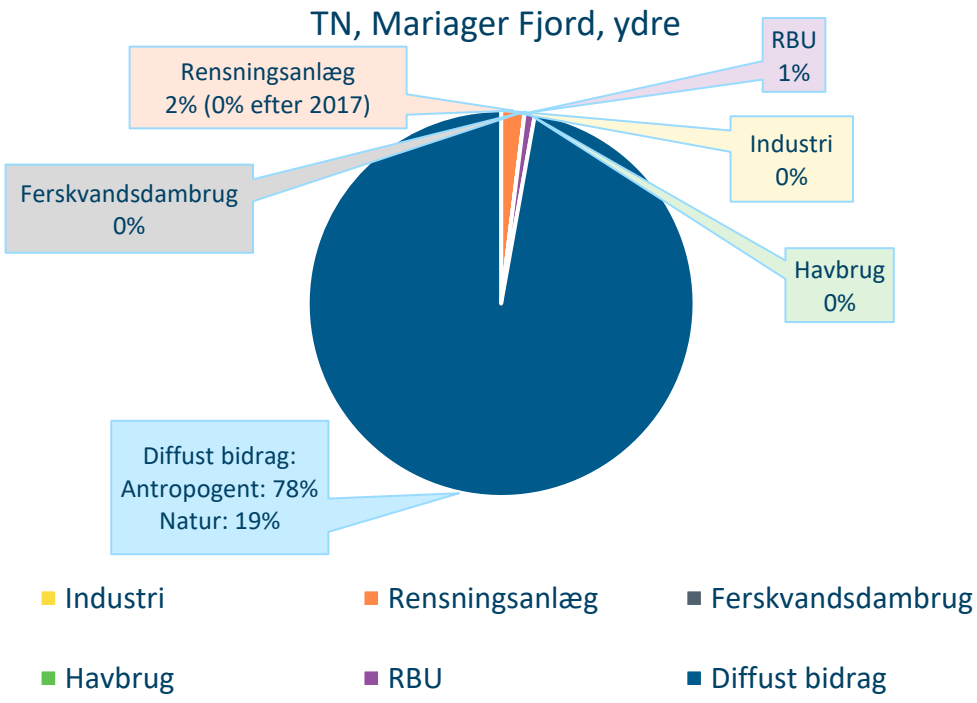
2.3 Diffuse bidrag og punktkildebidrag til næringsstoftilførsler

Kvælstoftilførsler udgøres i udgangspunktet af et baggrundsbidrag (naturbidrag), et diffust bidrag og et bidrag fra punktkilder. Figur 2-14, Figur 2-15, Figur 2-16 og Figur 2-17 viser fordelingen mellem diffust bidrag (inklusive baggrundsbidrag), og punktkilder fra industri, ferskvandsdambrug, havbrug rensningsanlæg og regnvandsbetingede udledninger (RBU'er). Opgørelsen af punktkildebidrag og diffust bidrag (inklusive baggrundsbidrag) er her opgjort som tilførsel til vandløbskant.

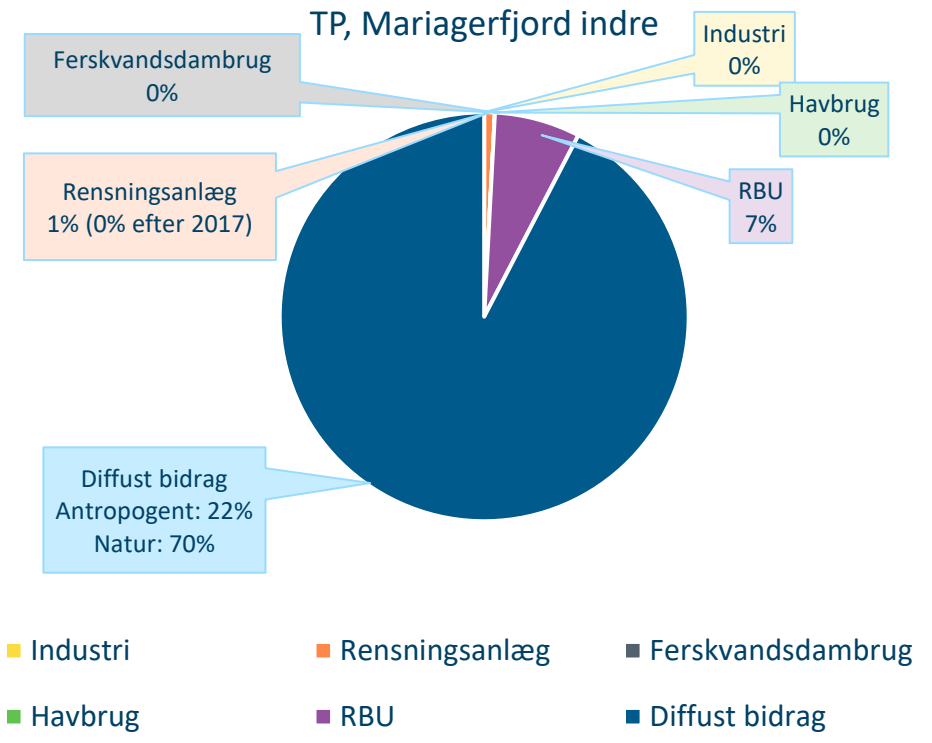
Som det fremgår af figurerne, udgør punktkilder til Mariager Fjord, indre og ydre en meget lille andel af den samlede næringsstoftilførsel, hvorfor der ikke for alvor er noget at hente i forhold til at gå efter specifikke punktkilder, når der skal findes løsninger til at få de to vandområder i god økologisk tilstand.



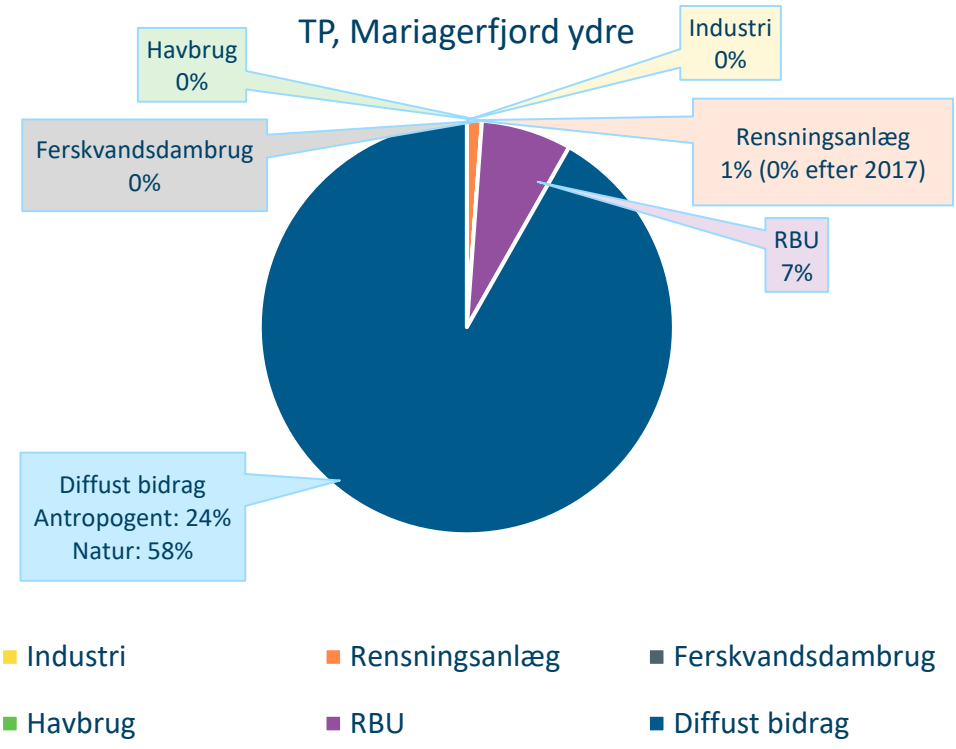
Figur 2-14 Kildeopsplitning af kvælstoftilførsler til Mariager Fjord, indre (gennemsnit for perioden 2012-2016)



Figur 2-15 Kildeopsplitning af kvælstoftilførsler til Mariager Fjord, ydre (gennemsnit for perioden 2012-2016)



Figur 2-16 **Kildeopsplitning af fosfortilførsler til Mariager Fjord, indre (gennemsnit for perioden 2012-2016)**



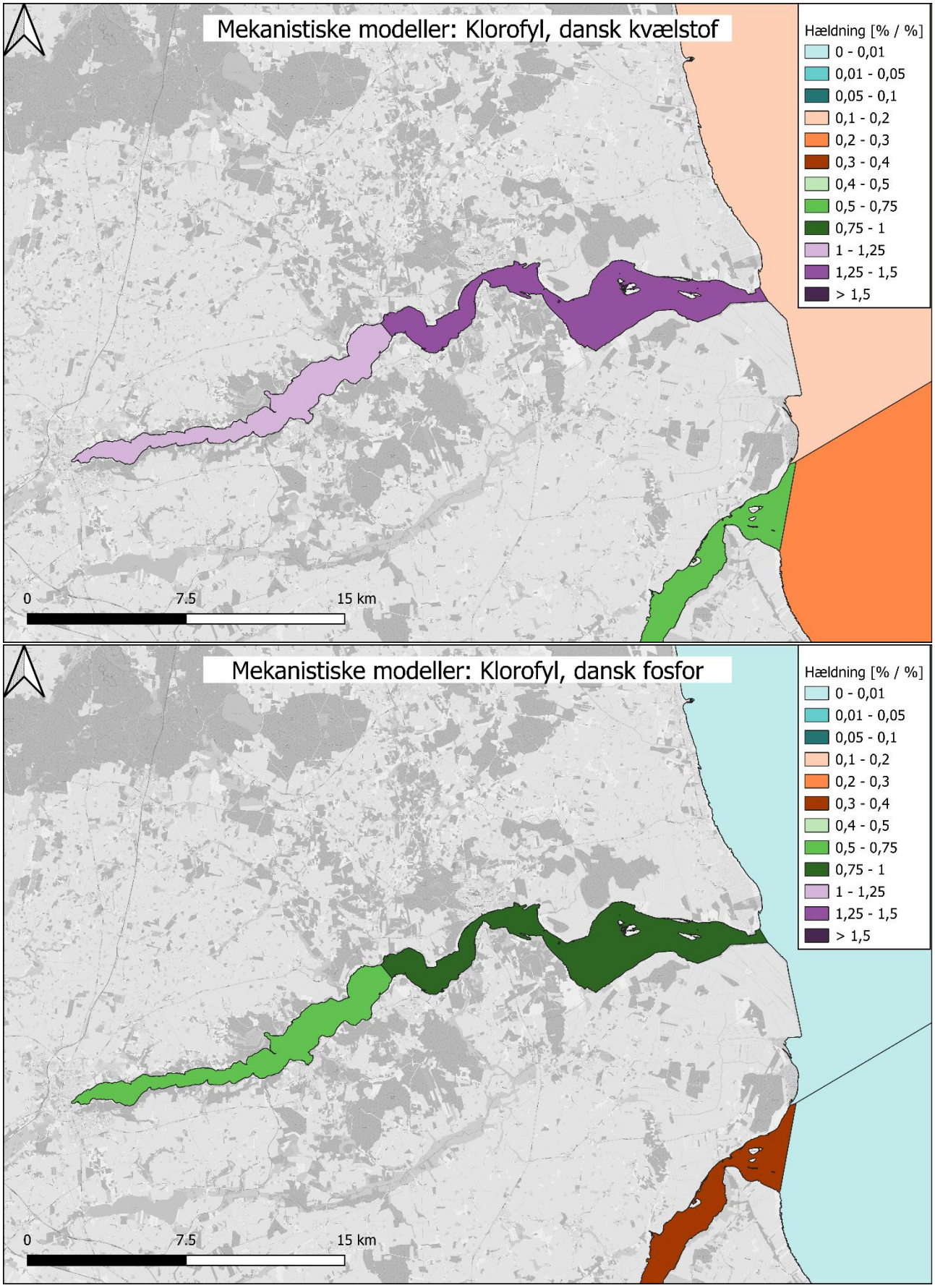
Figur 2-17 **Kildeopsplitning af fosfortilførsler til Mariager Fjord, ydre (gennemsnit for perioden 2012-2016)**

2.4 Sammenhæng mellem næringsstoftilførsler og miljøtilstand

2.4.1 Sommerklorofyl

Som en del af modeludviklingen under vandområdeplaner 2021-2027 (VOP3) er det blevet analyseret, hvordan de enkelte kvalitetselementer, sommer-klorofyl-a og lys i vækstsæsonen (maj-september), responderer på ændringer i næringsstoftilførsler til de danske marine vandområder. Figur 2-18 viser, hvor meget indikatoren sommer-klorofyl ændres (i %) ved ændringer i kvælstof- og fosfortilførsler (i %).

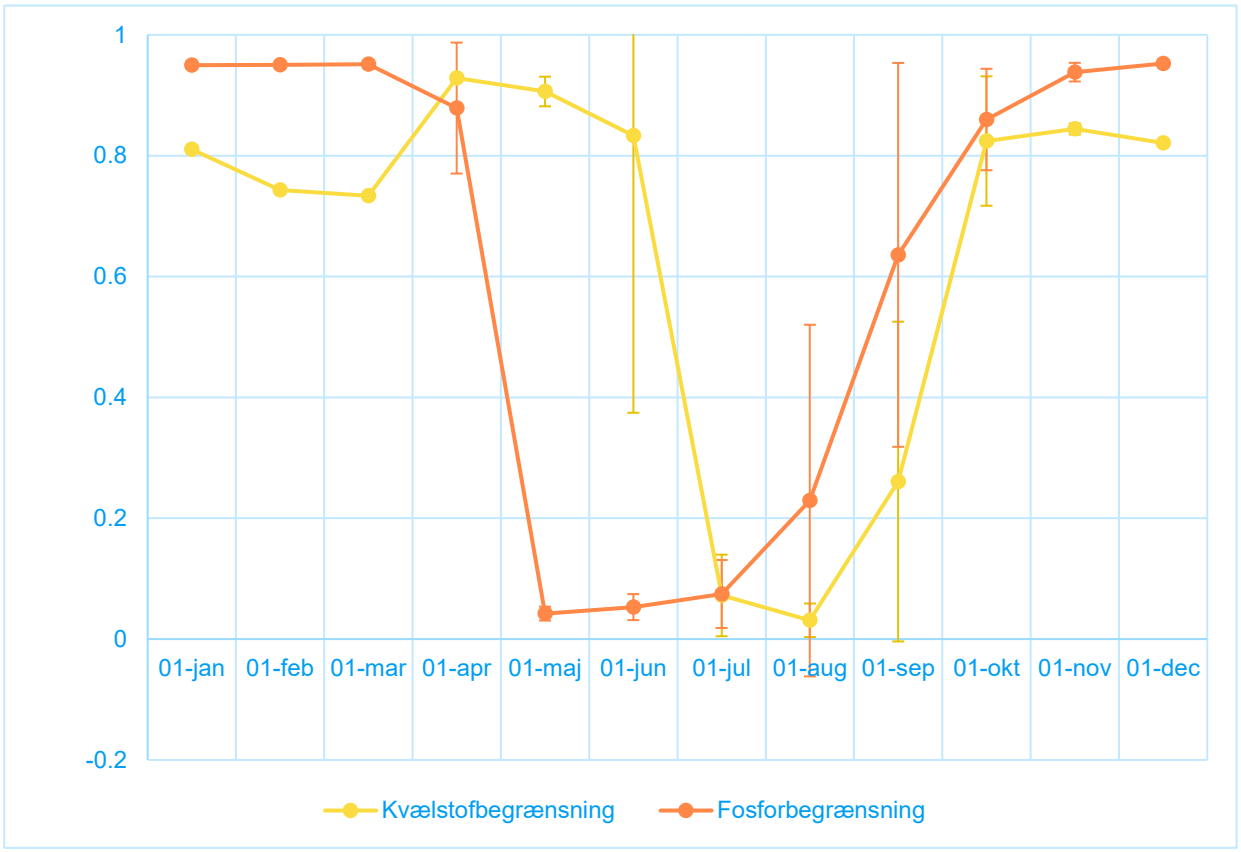
Som det fremgår af Figur 2-18, er indikatoren sommerklorofyl meget følsom overfor ændringer i kvælstoftilførslen i Mariager Fjord, indre og Mariager Fjord, ydre (mellem 1 og 1,25 % pr. % i indre og mellem 1,25 og 1,5 % pr. % i ydre). Vandområderne er mindre sensitivt for ændringer i fosfortilførslen i forhold til kvælstoftilførslen men stadig følsomt (mellem 0,5 – 0,75 % pr. %) i Mariager Fjord, indre og (mellem 0,75 – 1 % pr. %) i Mariager Fjord, ydre.



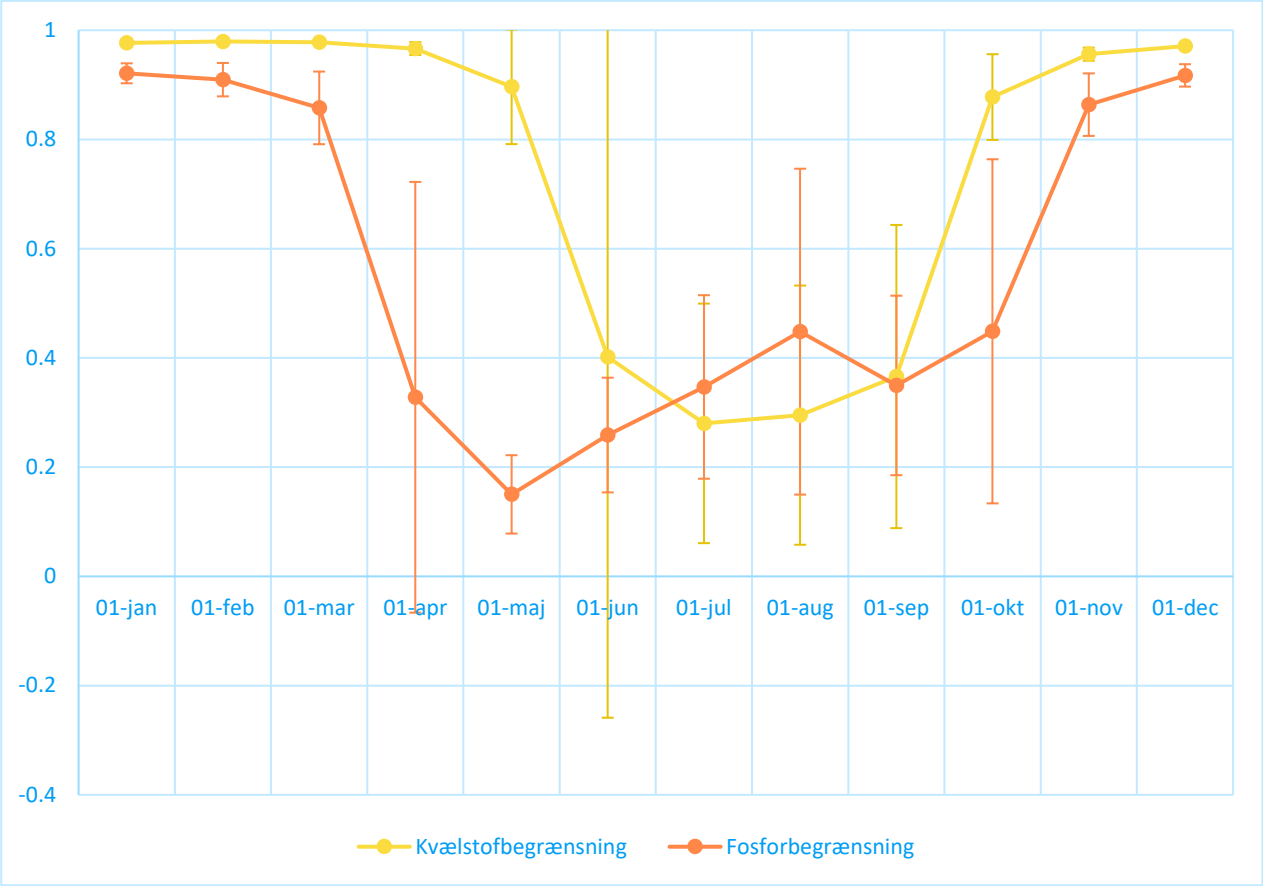
Figur 2-18 **Dosis-respons på sommer klorofyl-a ved ændringer i næringsstoftilførsler**
Øverst: Ændring i kvælstoftilførsel, nederst: Ændring i fosfortilførsel.

At sommerklorofyl responderer mest på kvælstof, skyldes i høj grad, at algerne er mest begrænset af kvælstof i vækstsæsonen (maj-september), (Figur 2-20 og Figur 2-19). Dette gælder både for Mariager Fjord, indre og ydre.

Som indikatoren sommerklorofyl, er kvælstof- og fosforbegrænsningen meget følsom overfor ændringer i næringsstoftilførsler til Mariager Fjord, indre og ydre. Analyser baseret på kvælstof- og fosforreduktionsscenarier, viser, at perioderne med kvælstof- og fosforbegrænsning i vækstsæsonen, forlænges med mere end en måned ved reduktion i tilførslerne af hhv. kvælstof og fosfor (data ikke vist). Dette understreger at den økologiske tilstand i både Mariager Fjord, indre og Mariager Fjord, ydre er særdeles følsom over for de nuværende tilførsler af kvælstof og fosfor fra land.



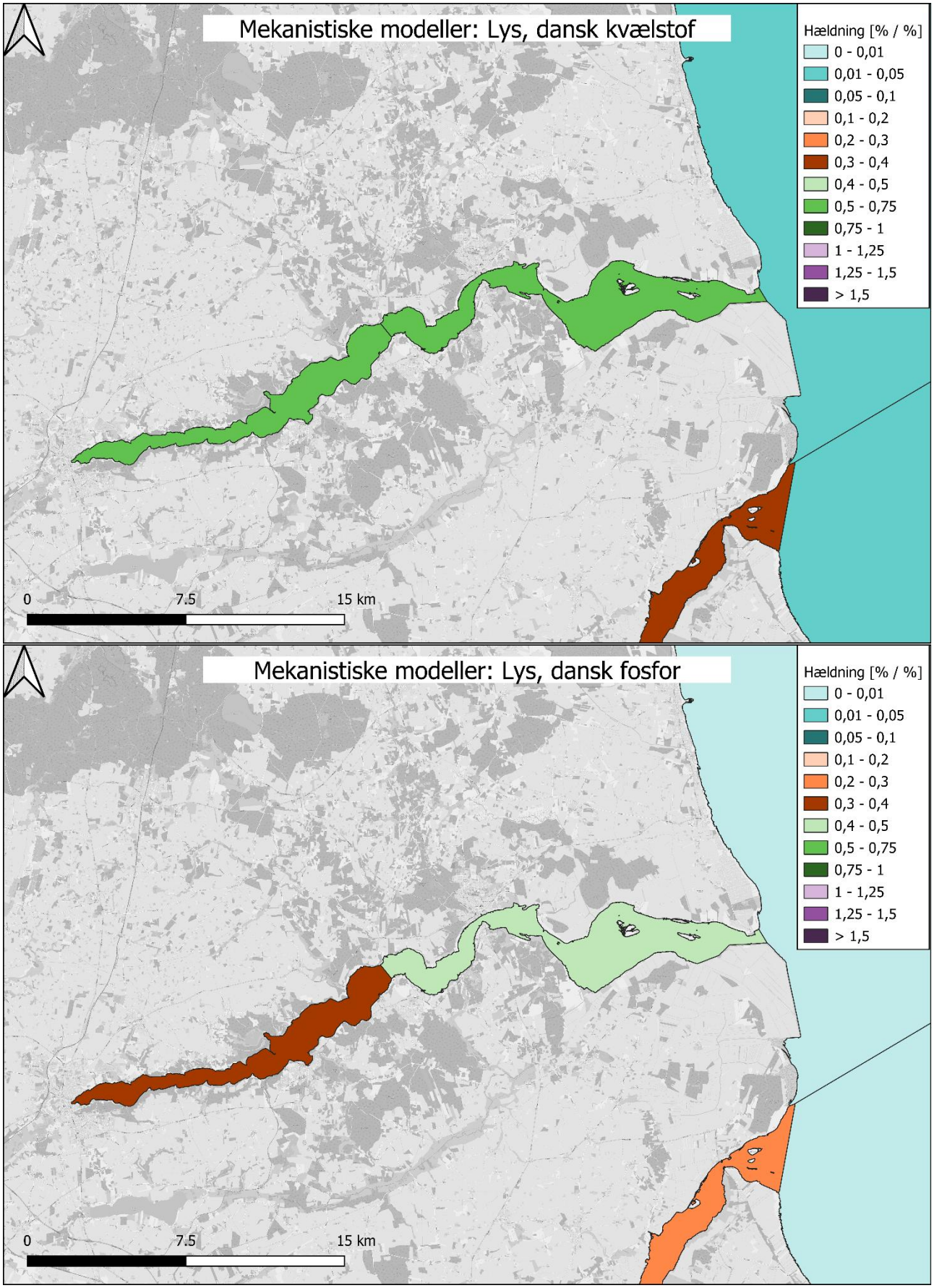
Figur 2-19 **Begrænsende næringsstof for Mariager Fjord (indre) baseret på data for årene 2012-2016 ved nutidsbelastning.**
Det ses, at kvælstof er begrænsende i størstedelen af vækstsæsonen ved nutidsbelastning, ved at værdierne for kvælstofbegrænsning er lavere end fosforbegrænsningerne om sommeren frem til september.



Figur 2-20 **Begrænsende næringsstof for Mariager Fjord (ydre) baseret på data for årene 2012-2016.**
Det ses, at kvælstof er begrænsende i størstedelen af vækstsæsonen ved nutidsbelastning, ved at værdierne for kvælstofbegrænsning er lavere end fosforbegrænsningerne om sommeren frem til september.

2.4.2 Lys

Som for sommerklorofyl er der foretaget dosis-responsberegninger for lys, og resultaterne herfor er vist i Figur 2-21. Også her er indikatoren mest følsom overfor kvælstof i både indre og ydre Mariager Fjord (0,5 til 0,75 % pr. %). For fosfor er dosis-respons på 0,3 til 0,4 % pr. %i Mariager Fjord indre, og 0,4 til 0,5 % pr. % i Mariager Fjord ydre.



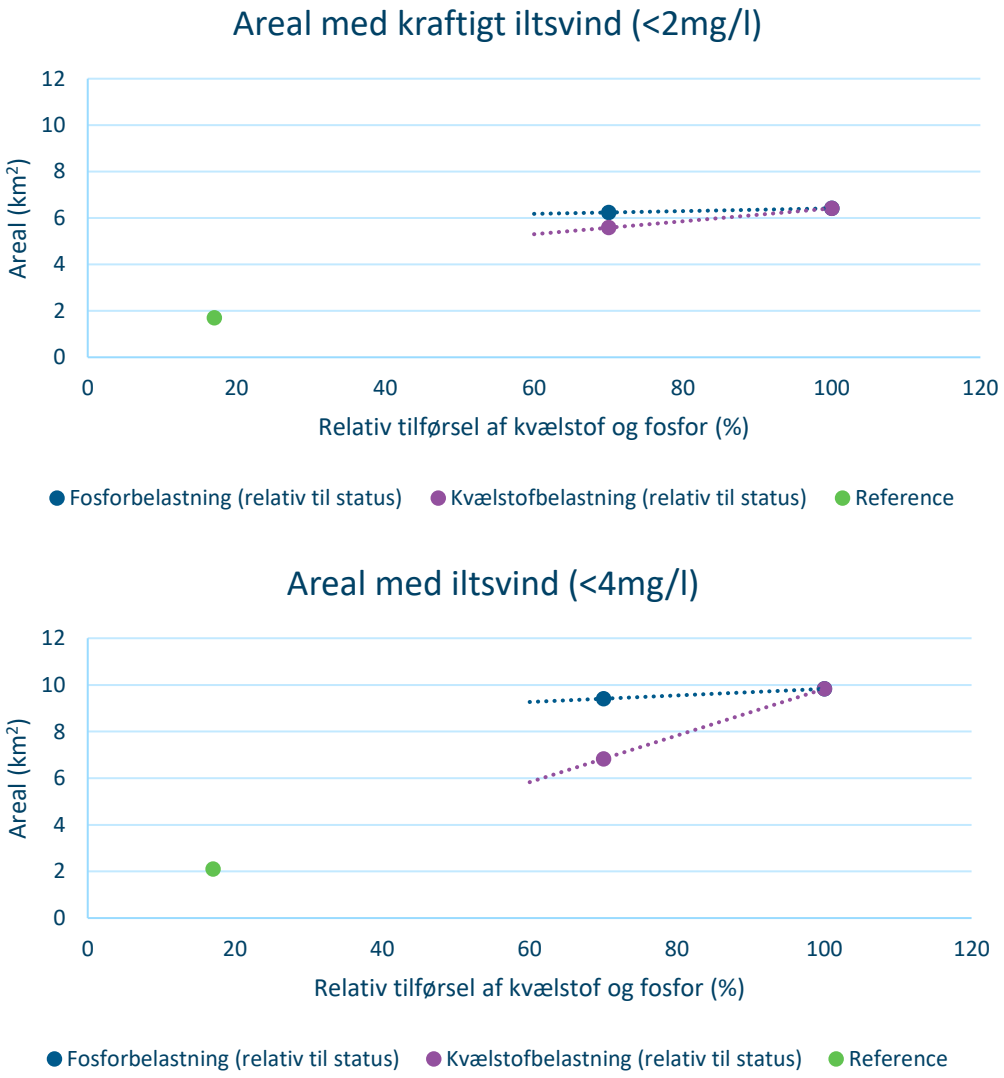
Figur 2-21 Dosis-respons på sommer lys ved ændringer i næringsstoftilførsler
Øverst: Ændring i kvælstoftilførsel, nederst: Ændring i fosfortilførsel.

2.4.3 Iltsvind

Itforhold er et understøttende kvalitetselement for GØT i Vandrammedirektivet, og et helt centralt parameter i forhold til flora og fauna. Iltsvind skyldes typisk en kombination af lagdelte vandmasser og tilførsler af næringsstoffer, der resulterer i algevækst og sidenhen iltforbrug ved bunden og i sedimenterne.

Data omkring iltsvind stammer fra de mekanistiske modeller bag VOP3 (Erichsen & Birkeland, 2020), og i Figur 2-22 er vist arealet med iltsvind og kraftigt iltsvind som gennemsnit af juli, august og september for årene 2012-2016. Figuren viser reduktionen i iltsvindsareal ved reduktioner i både kvælstof- og fosfortilførslerne, og som det fremgår af figuren, reduceres iltsvindsarealet i vandområdet mest ved kvælstofreduktioner, men ved kraftigt iltsvind er der kun en lille forskel mellem fosfor og kvælstofreduktionerne.

Som det ligeledes fremgår af figuren, er iltsvindsarealet lille i en næsten upåvirket referencetilstand, på cirka 2 km^2.



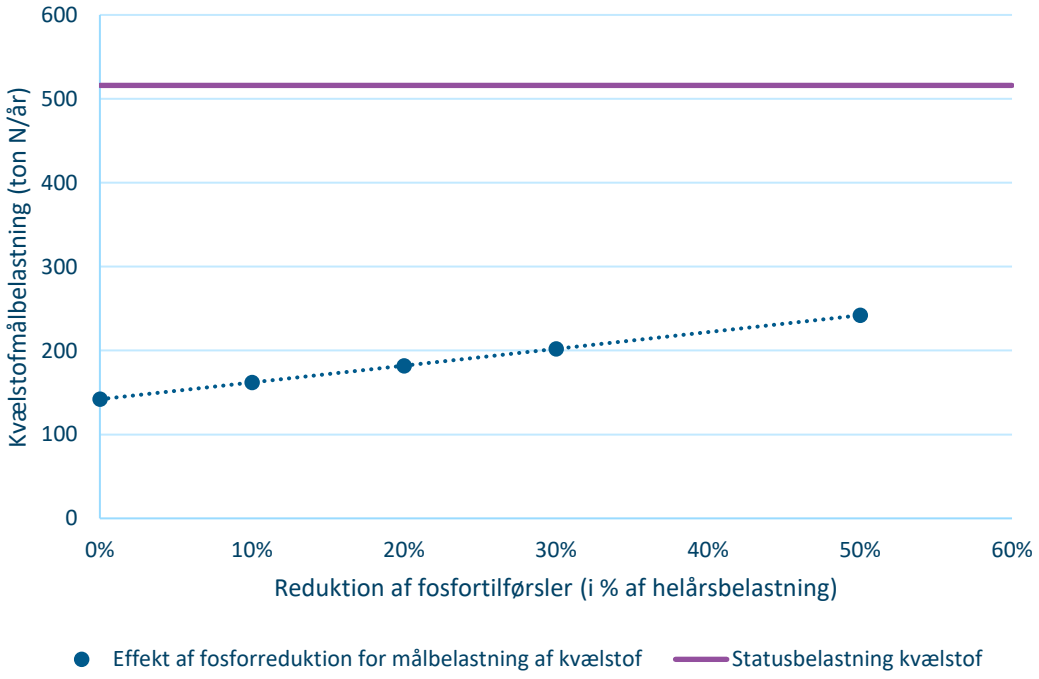
Figur 2-22 Iltsvindspåvirket areal
Kraftigt iltsvindspåvirket areal (<2mg/l, øverst) og iltsvindspåvirket areal (<4mg/l, nederst) ved varierende tilførsler af kvælstof (lilla kurver) og fosfor (blå kurver). Grøn prik indikerer arealerne i en referencetilstand.

2.5 Fosforfølsomhed: Kvælstof og fosfor "vekselkurs"

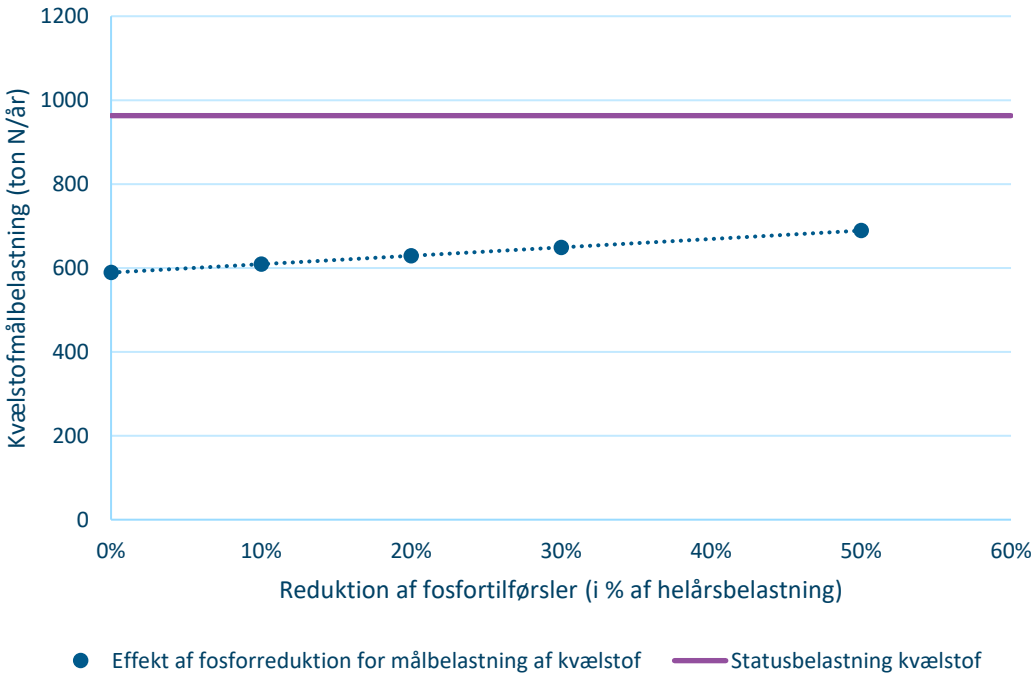
Miljøtilstanden i vandområderne 159 Mariager Fjord, indre og 160 Mariager Fjord, ydre er følsomme overfor fosfortilførsler, hvilket betyder, at miljøtilstanden i fjorden også påvirkes af fosfortilførsler og ikke kun af kvælstoftilførsler. Man kan således opnå en forbedret miljøtilstand ved at reducere både kvælstof- og fosfortilførslerne. Fosforfølsomheden betyder også, at den kvælstofreduktion, der præcis understøtter opnåelse af GØT, vil reduceres, hvis fosfortilførslerne til vandområdet reduceres.

Baseret på de modelscenarier, der ligger til grund for vandområdeplaner 2021-2027, er det således muligt at beregne sammenhængen mellem kvælstofreduktioner og fosforreduktioner og dermed en "vekselkurs" mellem kvælstof- og fosforindsatser. Figur 2-23 og Figur 2-24 viser sammenhængen mellem kvælstofmålbelastning og fosforreduktioner i vandområderne.

Af figuren ses det, at målbelastningen stiger med 20 ton N $år^{-1}$ for hver 10 % reduktion i fosfortilførslerne for både Mariager Fjord, indre og ydre. Beregningerne er lavet ud fra Erichsen et al, 2021. I henhold til Erichsen et al. (2024) er denne følsomhed omregnet til en vekselkurs mellem kvælstof og fosfor på 29,8 (t N t^{-1} P) for Mariager Fjord, indre og en vekselkurs for Mariager Fjord, ydre på 27,6(t N t^{-1} P) .



Figur 2-23 Sammenhæng mellem kvælstofmålbelastning og fosforreduktioner til vandområde 159, Mariager Fjord indre

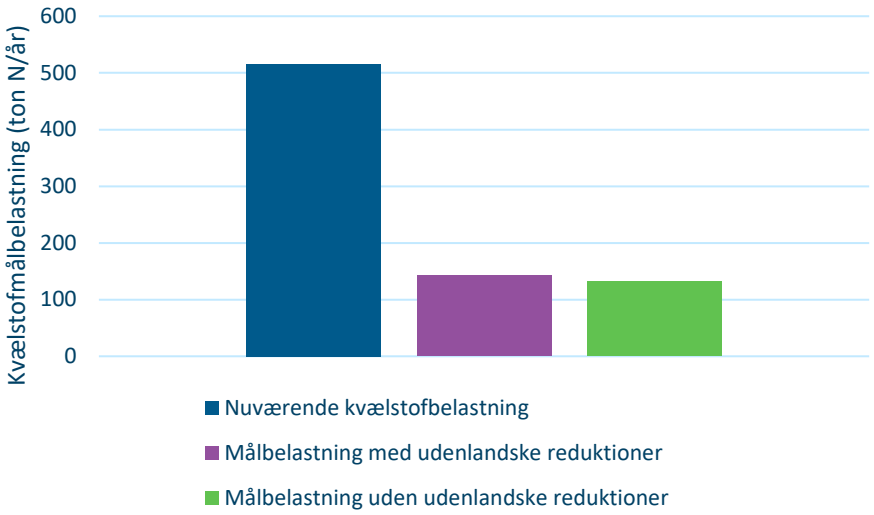


Figur 2-24 Sammenhæng mellem kvælstofmålbelastning og fosforreduktioner til vandområde 160, Mariager Fjord ydre

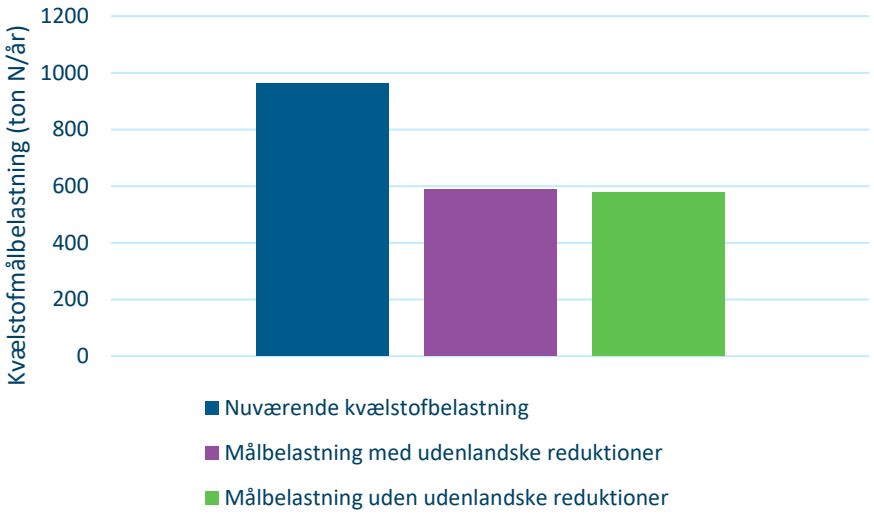
2.6 Andre landes betydning for målbelastningen

Målbelastningen, som angiver den maksimale danske kvælstofudledning, der understøtter GØT, vil afhænge af, hvad der fremover sker med andre kilder til næringsstoffer til Mariager Fjord. Næringsstoffer fra udlandet kommer til danske vandområder via havstrømme og via atmosfæren, ligesom Danmark eksporterer næringsstoffer til udenlandske havområder. Til beregninger til brug for Vandområdeplaner 2021-2027 er der lagt til grund, at andre lande reducerer deres udledninger som aftalt i henhold til Østersøhandleplanen (Baltic Sea Action Plan), OSPAR (North-East Atlantic Environment Strategy, NEAES), Vandrammedirektivet, og NEC-direktivet, som sætter mål for den atmosfæriske kvælstofudledning.

Såfremt andre lande, og særligt landene omkring Østersøen ikke reducerer deres næringsstofudledninger, vil det få betydning for den danske målbelastning og reduktionsbehovet fra dansk opland. Målbelastningen vil således blive lavere, hvis landene omkring Østersøen fastholder den nuværende næringsstoftilførsel og ikke reducerer deres næringsstofudledninger, som for eksempel skitseret i de tyske vandområdeplaner.



Figur 2-25 Betydning af andre landes næringsstofreduktioner for målbelastningen i 159, Mariager Fjord indre



Figur 2-26 Betydning af andre landes næringsstofreduktioner for målbelastningen i 160, Mariager Fjord ydre

Figur 2-25 og Figur 2-26 viser den nuværende kvælstofbelastning, den beregnede målbelastning, hvor der tages højde for, at andre lande reducerer deres næringsstofudledninger, samt den beregnede kvælstofmålbelastning, hvis det antages, at andre lande ikke reducerer deres næringsstofudledninger. Figuren er baseret på data i Erichsen et al (2021).

Resultaterne viser, at målbelastningen falder med ca. 10 ton N/ år, for både Mariager Fjord, indre og ydre, hvis andre lande fastholder den nuværende næringsstofudledning i stedet for at reducere udledningerne i henhold til de internationale aftaler.

3 Andre presfaktorer end næringsstoffer

I danske kystvande findes en række presfaktorer, som kan have en negativ påvirkning af miljøtilstand, habitater og/eller marine arter. I denne sammenhæng er en "presfaktor" defineret som en menneskelig aktivitet, som enten direkte eller indirekte har en uønsket effekt på miljøet. Årsagssammenhæng mellem aktiviteter og effekter er internationalt beskrevet ved DPSIR-strukturen (Driver-Pressure-State-Impact-Response), for aktiviteterne (driver) fører til påvirkninger (pressure), som ændrer tilstanden (state), hvilket fører til en uønsket effekt (impact), som det kræver en indsats (response) at modvirke (Oesterwind et al, 2016).

Aktiviteterne kan både være landbaserede (for eksempel landbrug) eller vandbaserede (for eksempel fiskeri og råstofindvinding). Presfaktorerne kan påvirke miljøtilstanden ved at forårsage strukturelle og funktionelle ændringer, såsom ændring af habitater og artssammensætning. Næringsstofforurening (eutrofiering) er en af de mest veldokumenterede presfaktorer for kystnære havområder, og denne presfaktor har hovedfokus i blandt andet Vandrammedirektivet og Nitratdirektivet.

Udover næringsstoffer er der presfaktorer, som potentielt har betydning for miljø- og naturtilstanden i kystområder. I rapport-serien "Andre presfaktorer end næringsstoffer og klima" (Petersen 2021) er flere potentielle presfaktorer for Vandrammedirektivets biologiske kvalitetselementer blevet undersøgt. Presfaktorer, som har en veldokumenteret effekt på de biologiske kvalitetselementer, og som er til stede i et eller flere danske vandområder er blevet identificeret. Denne analyse viser, at følgende presfaktorer, som kan have betydning for enten klorofyl, lys, bundvegetation og/eller bundfauna, er til stede i vandområde 159, Mariager Fjord, indre og vandområde 160 Mariager Fjord, ydre (Petersen et al 2020a, Petersen et al 2020b, Petersen et al 2020c & Peteresen et al 2020d):

- Klapning og graveaktiviteter
- Invasive arter
- Miljøfarlige stoffer

Tilstedeværelse af en presfaktor er dog ikke ensbetydende med, at presfaktoren har en indflydelse på, om vandområdet kan opnå GØT, da dette afhænger af udbredelsen af presfaktoren og vandområdets følsomhed overfor den. Nedenfor gennemgås betydningen af de presfaktorer, som er til stede i vandområdet.

3.1 Graveaktivitet og klapning

Ved graveaktiviteter fjernes der bundmateriale fra havbunden i forbindelse med vedligeholdelse af f.eks. sejlrender. Dette vil have en direkte effekt på biologiske kvalitetselementer, da bundlevende organismer vil bortgraves eller overlejres (Petersen 2021). I Danmark er det lovligt at have op til 8 % af et vandområde udlagt til sejlrender, hvor der, hvis procentdelen er over 2,5 %, kan der være en negativ effekt i vandområdet. I Mariager Fjord, indre og ydre er over 5 % af vandområderne udlagt til sejlrender. Det kan derfor ikke udelukkes, at graveaktiviteterne kan have betydende effekter på de biologiske kvalitetselementer i i Mariager Fjord (Petersen et al 2018).

Ifølge Petersen et al. (2020a) er der generelt få presfaktorer i Mariager Fjord ydre, men klapning, bypass og udgravning vurderes at være de mest betydende påvirkninger.

3.2 Miljøfarlige stoffer

Miljøfarlige stoffer (MFS) er en gruppe af adskillige stoffer fra flere forskellige stofgrupper. Medlemslande skal rapportere den kemiske tilstand, hvor miljøkvalitetskrav (EQS-værdier) fastsættes nationalt. MFS kan have direkte indvirkning på kvalitetselementer og støtteparametre, men det afhænger af stoffet fysisk/kemiske og toksiske egenskaber samt vandets egenskaber. MFS kan også have indirekte indvirkning på kvalitetselementer. Dette kan ske, når trofiske ændringer opstår på

baggrund af MFS, og f.eks. reducerer niveauet af græssere i vandmiljøet. Dette vil resultere i en øgning af primærproducenterne, som potentielt kan påvirke fytoplankton, sigtedybde, og leveforhold for ålegræs. Af de miljøfarlige stoffer der er målt for giver følgende prioriterede stoffer anledning til manglende opfyldelse i Mariager, indre og/eller ydre Fjord: Nikkel (CAS 7440-02-0), Benz(a)pyren (CAS 50-32-8), Kviksølv (CAS 7439-97-6), Tributyltin (CAS 36643-28-4), Cadmium (CAS 7440-43-9), Antracen (CAS 120-12-7) og Bly (CAS 7439-92-1) Vandplandata

3.3 Invasive arter

Invasive arter kan defineres som ikke-hjemmehørende arter, som er blevet introduceret til et område via menneskelig aktivitet. Når en invasiv art bliver introduceret til et nyt område, kan den sprede sig og dermed potentielt have "skadelige" virkninger på hjemmehørende arter og det modtagende økosystem. Siden 1980'erne har der været en stigning fra 21 til 85 ikke-hjemmehørende arter i de danske farvande. Der er forskellige grader af påvirkning af vandmiljøet, idet nogle arter vil have større påvirkning end andre, eller at en effekt ikke kan påvises. Dog uanset effekt af den invasive art kan det være en potentiel presfaktor, som skal tages i betragtning. I Mariager Fjord er der enten ikke blevet observeret invasive arter, eller det er ikke blevet undersøgt. Dermed kan det ikke udelukkes, lat der er invasive arter i Mariager Fjord (Petersen et al 2020c) og der er sansynligvis forkomster af f.eks. Stillehavsøsters (*Crassostrea gigas*), Sortmundet kutling (*Neogobius melanostomus*) og Ribbegople (*Mnemiopsis leidyi*) specielt i Mariager Fjord ydre.

4 Referencer

/1/ Bilag 1, Genbesøg af Vandområdeplaner 2021-2027 https://prodstorage-hoeringspo.blob.core.windows.net/81b5175f-d956-49d3-aff4-f65cd4999cf9/Opdateret%20bilag%201%20og%20bilag%201.1.pdf

/2/ Erichsen AC & Birkeland M, 2019. Development of Mechanistic Models. Mechanistic Model for Mariager Fjord. Hydrodynamic model documentation. DHI-rapport (projektnr 18811187-1).

/3/ Erichsen AC & Birkeland M, 2020. Development of Mechanistic Models. Mechanistic Model for Mariager Fjord. Biogeochemical model documentation. DHI-rapport (projektnr. 11822245).

/4/ Erichsen AC, Nielsen SEB, Timmermann K, Larsen TC, Christensen J, Nielsen SEB, Markager S, 2021. Application of the Danish EPA's Marine Model Complex and Development of a Method Applicable for the River Basin Management Plans 2021-2027. Management Scenario 2e – Land-baed nutrient scenarios (additional Wadden Sea P reductions). DHI-rapport (projektnummer 11822245).

/5/ Erichsen AC, Larsen TC, Christensen JPA og Timmermann K (2024). Second opinion fase III: Styrket modelgrundlag Styrket modelgrundlag, scenarier og fortolkninger Arbejdspakke 4. DHI-rapport (projektnummer 11827014).

/6/ MiljøGIS: https://miljoegis.mim.dk/spatialmap?profile=vandrammedirektiv3genbesoeg2024

/7/ Oesterwind D, Rau R, Zaiko A, 2016. Drivers and pressures – Untangling the terms commonly used in marine science and policy. Journal of Environmental Management 181: 8-15.

/8/ Petersen JK, Holm A-PS, Christensen A, Krekouliotos D, Jakobsen H, Sanderson H, Andreasen H, Gislason H, Strand J, Behrens J, Hansen JW, Svendsen JC, Timmermann K, Møller LF, Bach L, Larsen MM, Zrust M, Nielsen MM, Eigaard OR, Nielsen TG (2018). Menneskeskabte påvirkninger af havet – Andre presfaktorer end kvælstof og klimaforandringer. Institut for Akvatiske Ressourcer, Danmarks Tekniske Universitet. DTU Aqua-rapport No. 336-2018.

/9/ Petersen JK, Brooks ME, Edelvang K, Eigaard OR, Göke C, Hansen FT, Kuhn J, Mohn C, Maar M, Olsen J, Rollan AP, Stæhr PA, Svendsen JC, 2020a. Andre presfaktorer end næringsstoffer og klimaforandringer – effekter af stedspecifikke presfaktorer på det marine kvalitetselement ålegræs. DTU Aqua. DTU Aqua-rapport No.361-2020.

/10/ Petersen JK, Borum J, Flindt M, Gislason H, Høgslund S, Middelboe AL, Timmermann K, 2020b. Andre presfaktorer and næringsstoffer og klimaforandringer – vurdering af metoder til at kumulere effekter af flere presfaktorer i marine områder. DTU Aqua. DTU Aqua-rapport No. 359-2020.

/11/ Petersen JK, Behrens J, van Deurs M, Dinesen G, Jaspers C, Møller LF, S. Plet-Hansen K, 2020c. Andre presfaktorer end næringsstoffer og klimaforandringer – vurdering af de invasive arter amerikansk ribbegople og sortmundet kutling. DTU Aqua. DTU Aqua-rapport No. 365-2020.

/12/ Petersen JK, Brooks ME, Dinesen GE, Eigaard OR, Maar M, Olsen J, Saurel C, 2020d. Andre presfaktorer end næringsstoffer og klimaforandringer – effekter af fiskeri på de marine kvalitetselementer bundfauna og fytoplankton. DTU Aqua. DTU Aqua-rapport No. 358-2020.

/13/ Petersen JK, 2021. Andre presfaktorer and næringsstoffer og klimaforandringer – sammenfatning. DTU Aqua. DTU Aqua-rapport No. 381-2021.

/14/ Vandplandata: Vandplandata