UNIVERSITY OF COPENHAGEN

Københavns Universitet

Supplerende økonomiske analyser af fosforreduktioner beregnet med TargetEconP-modellen for kystvandoplande – Second Opinion, fase III, styrket modelgrundlag

Hasler, Berit; Filippelli, Raphael; Andersen, Hans Estrup; Levin, Gregor

Publication date:
2024

Document version
Også kaldet Forlagets PDF

Citation for published version (APA):
Hasler, B., Filippelli, R., Andersen, H. E., & Levin, G. (2024). Supplerende økonomiske analyser af fosforreduktioner beregnet med TargetEconP-modellen for kystvandoplande – Second Opinion, fase III, styrket modelgrundlag. Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet. IFRO Udredning Nr. 2024/18

Download date: 14. okt.. 2026

INSTITUT FOR FØDEVARE- OG RESSOURCEØKONOMI
KØBENHAVNS UNIVERSITET

IFRO Udredning

Supplerende økonomiske analyser af fosforreduktioner beregnet med TargetEconP-modellen for kystvandoplande – Second Opinion, fase III, styrket modelgrundlag

Berit Hasler
Raphael Filippelli
Hans Estrup Andersen
Gregor Levin

2024 / 18

IFRO Udredning 2024 / 18

Supplerende økonomiske analyser af fosforreduktioner beregnet med TargetEconP-modellen for kystvandoplande – Second Opinion, fase III, styrket modelgrundlag

Forfattere: Berit Hasler[1], Raphael Filippelli[1], Hans Estrup Andersen[2], Gregor Levin[3]

[1]: Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet
[2]: Institut for Ecoscience, Aarhus Universitet
[3]: Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet

Faglig kvalitetssikring: Brian H. Jacobsen har foretaget faglig kommentering. Ansvaret for udgivelsens indhold er alene forfatternes.

Udarbejdet for Miljøstyrelsen som del af arbejdet vedrørende et styrket modelgrundlag i fase III af "Second Opinion"-projektet.

Udgivet september 2024

Se flere myndighedsaftalte udredninger på www.ifro.ku.dk/publikationer/ifro_serier/udredninger/

Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi (IFRO)
Københavns Universitet
Rolighedsvej 23
1958 Frederiksberg
www.ifro.ku.dk

Forord

Dette notat er udarbejdet som en del af projektet *Second Opinion, fase III, styrket modelgrundlag*. Projektet er igangsat og finansieret af Miljøstyrelsen som en del af evalueringen af det faglige grundlag for kvælstofindsatsen i vandområdeplanerne (”Second Opinion” (SO)), som blev igangsat på baggrund af landbrugsaftalen fra oktober 2021 (Regeringen et al 2021).

Notatet er et supplement til udredningen *Økonomiske analyser af fosfor- og kvælstofreduktioner beregnet med TargetEconN- og TargetEconP-modellerne – Second Opinion, fase III, styrket modelgrundlag* (Hasler & Filippelli 2024).

Miljøstyrelsen har kommenteret på tidligere versioner af dette notat. Valg af metoder og konklusioner er alene projektgruppens ansvar. Rapporten er fagfællebedømt af Brian H. Jacobsen, Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi.

Indhold

Forord 1
Indhold 2
1. Indledning 3
1.1. Baggrund for og formål med de supplerende analyser 3
1.1.1. Second Opinion 3
1.1.2. Ønsker til leverancen 3
1.1.3. Væsentlige afgrænsninger og begrænsninger ved den udførte analyse 4
1.1.4 Notatets indhold 5
1.2 Kystvandoplande i analysen 5
1.3. Virkemidler og modelleringen med *TargetEconP* 7
1.4. Tilgang til fastsættelse af de fiktive indsatskrav 7
1.4.1 Potentialer for virkemidler på tværs af Second Opinions fosforanalyser 7
1.4.2. Fuld potentialeberegning i *TargetEconP* og indsatskrav 12
2. Scenarier og resultater 14
2.1 Scenarier 14
2.2. Samlede resultater 16
3. Konklusioner 28
Referencer 29

1. Indledning

1.1. Baggrund for og formål med de supplerende analyser

1.1.1. Second Opinion

I SO-analyserne for fosforfølsomme kystvandoplande (Hasler & Filippelli 2024) er omkostningseffektivitetsanalyser for kystvandoplande udført med *TargetEconP*-modellen. *TargetEconP*-modellen blev sat op for søoplande, da der blev formuleret fosforindsatskrav i vandområdeplanerne 2021-2027 (Miljøministeriet 2023). I forbindelse med den udførte analyse i SO's Arbejdspakke 5 (AP5) (Hasler & Filippelli 2024) blev modellen sat op, således at fosforreduktionerne i forbindelse med opfyldelse af indsatskravene i disse søoplande blev ført helt ud til kyst i de fosforfølsomme kystvandoplande. I den nævnte SO-analyse (Hasler & Filippelli 2024) har i alt 20 ud af de 31 fosforfølsomme kystvandoplande søoplande. For disse kystvandoplande er det beregnet, at fosforbelastningen til kyst reduceres med 30.507 kg fosfor ved den omkostningseffektive opnåelse af indsatskravene for fosfor i vandområdeplanerne 2021-2027, hvor reduktionseffekten er den mulige effekt med de potentialer, der er for virkemidlerne i søoplandene. Omkostningen ved denne fosforreduktion er beregnet til i alt 243 millioner kroner årligt.

Fosforreduktioner er i SO-analysen (Hasler & Filippelli 2024) således kun beregnet for de kystvandoplande, der har indsatskrav til søoplande i kystvandoplandet, mens der kan være mulige fosforreduktioner i kystvandoplande, hvor der ikke er søoplande med et indsatskrav for fosfor. Endvidere er fosforreduktionerne også kun beregnet for de dele af kystvandoplandene, hvor der er søoplande, mens de resterende arealer i kystvandoplandene også kan have et fosforreduktionspotentiale til kyst.

Nærværende analyse er en supplerende analyse til analyserne foretaget i Hasler og Filippelli (2024). Analyserne har til formål at identificere muligheder for omkostningseffektive fosforindsatser i kystvandoplande. Der er ikke fastsat indsatskrav for fosforreduktioner til kystvandoplandene i vandområdeplanerne 2021-2027 (Miljøministeriet 2023), og for at kunne udføre analyserne af mulige fosforindsater er der derfor beregnet fiktive indsatskrav (se afsnit 1.4).

Da nærværende notat er et supplement til Hasler og Filippelli (2024), er de forudsætninger, der er ens mellem analyserne ikke gentaget her, idet der henvises til Hasler og Filippelli (2024).

1.1.2. Ønsker til leverancen

Miljøstyrelsen har ønsket en leverance med:

- De samme virkemidler som i AP5, SO (Hasler & Filippelli 2024).
- Potentialer for virkemidler i de mest P-følsomme oplande, hvor DHI også har angivet, at der kan beregnes P til N-ækvivalenter til kystvandområderne.
- Scenarier med beregninger af indsatser, hvor de mest omkostningseffektive indsatser angives. De totale omkostninger og effekter angives samt omkostningseffektiviteten i kr. pr. kg P og den ækvivalente omkostningseffektivitet i kr. pr. kg N.

Til brug for den samlede omkostningseffektivitet i kr. pr. kg P og den ækvivalerende omkostningseffektivitet i kr. pr. kg N ønskes et spænd i resultaterne for en lav til høj effekt og for omkostninger, det vil sige intervaller for effekten af og omkostningerne for virkemidler. Aarhus Universitet/Københavns Universitet er også blevet bedt om at vurdere, hvilke intervaller der kan anvendes, og/eller om der bør anvendes et

afskæringskriterium. Desuden er Aarhus Universitet/Københavns Universitet blevet bedt om at vurdere scenariernes realisme med hensyn til anvendelsesgraden af hvert enkelt virkemiddel.

I nærværende rapport præsenteres resultater i forhold til omkostninger og effekter samlet for de 31 kystvandoplande og for hvert enkelt af dem. Omkostningseffektiviteten beregnes i kr. pr. kg P med en høj og en lav effekt og omregnes også til kr. pr. kg N med ækvivalenterne fra Erichsen et al (2024). Mere detaljerede beregningsresultater per virkemiddel samt rådgivning om afskæringskriterier formidles særskilt i regneark til Miljøstyrelsen, og disse regneark kan rekvireres hos forfatterne ved interesse.

1.1.3. Væsentlige afgrænsninger og begrænsninger ved den udførte analyse

For at håndtere denne bestilling har forfatterne af nærværende notat bedt Miljøstyrelsen om at opstille fosforindsatskrav for kystvandoplandene, således at disse ville kunne anvendes som udgangspunkt for modelleringen af den omkostningseffektive fosforindsats i kystvandoplandene. Dette har ikke været muligt at tilvejebringe fra Miljøstyrelsen. Projektgruppen og Miljøstyrelsen har derfor aftalt, at der opstilles et fiktivt indsatskrav for hvert kystvandopland. Dette fiktive indsatskrav udgør en andel af den maksimalt mulige reduktionsindsats for fosfor i hvert kystvandopland. Dette er beregnet med udgangspunkt i *TargetEconP*-opsætningen (Hasler et al 2022, Hasler & Filippelli 2024, Hasler et al 2024). I *TargetEconP* er fosforeffekterne af virkemidler lagt ind i modellen fra P-virkemiddelkataloget fra 2020 (Andersen et al 2020) og P-risikokortet fra fosforkortlægningen (Andersen & Heckrath 2020). I P-risikokortlægningen er fire tabsveje beskrevet og opgjort: erosion (P, der er løsrevet, og som transporteres med vand på partikulær form), matricetab (P-koncentrationen i jordvæsken stiger ved mætning af jordens kapacitet til P-binding, og opløst P kan udvaskes med nedsivende vand), makroporetab (vand- og P-tab foregår i makroporer større end 0,3 mm, hvis jorden er vandmættet, og P kan tabes på både opløst og partikulær form) og brinkerosion (P på partikulær form kan tabes ved løsrivelse af jordpartikler fra brinker til vandløb). Tab via vinderosion, overfladeafstrømning, grundvand og lavbundsjorde er ikke medregnet, da disse tabsveje ikke har kunnet opgøres.

Forfatterne til nærværende notat fraskriver sig ethvert ansvar for at vurdere realismen i disse fiktive indsatskrav, da de ikke er fastsat med henblik på at opnå miljømålsætninger, men for at kunne vurdere potentialer for en fosforindsats i de dele af kystvandoplandene, der ikke reguleres af indsatskrav til søer. Endvidere vil der være konkurrence om arealerne, når både kvælstof- og fosforindsatskrav skal opfyldes, og også konkurrence med øvrige klima-, natur- og miljømålsætninger såsom de kommende klimaindsatser samt indsatser i forhold til biodiversitet. Disse konkurrenceaspekter betyder meget for realismevurderingerne af de modellerede indsatser, men de er ikke adresseret i den udførte modellering. Med bedre tid til analyserne, end hvad der blev givet til de udførte beregninger, ville det være muligt at anvende *TargetEconN* (N: kvælstof), *TargetEconP* (P: fosfor) og *TargetEconBES* (BES: biodiversitet og økosystemtjenester) til at modellere synergier og konflikter, men det er nødvendigt med tid til kalibrering af modellerne for at udføre denne type af analyser. Det er derfor ikke gjort her.

Ligesom i Hasler og Filippelli (2024) gør det sig i nærværende analyse gældende, at de reducerede kvælstofindsatser i de fosforfølsomme kystvandoplande kan medføre øgede krav i nedstrøms kystvandoplande. Et eksempel på sådanne opstrøms-nedstrøms forhold er mellem Odense Fjord og Aarhus-bugten. En reduktion i Odense Fjord kan således medføre et øget behov for en indsats i Aarhus-bugtens kystvandopland. De øgede omkostninger ved at opnå forøgede indsatskrav i tilstødende kystvandoplande er ikke medtaget i nærværende beregninger, da disse forøgelser ikke er kendte.

1.1.4 Notatets indhold

Notatet indledes med en beskrivelse af, hvilke kystvandoplande der indgår i analysen, fulgt af beregningerne af de fiktive indsatskrav, inklusive en beskrivelse af potentialerne for indsats for hvert af virkemidlerne. Derefter følger en præsentation af resultaterne for reduceret P (effekt), omkostninger og omkostningseffektivitet for i) alle kystvandoplande samt for ii) de enkelte kystvandoplande. Omkostningseffektiviteten beregnes for fosfor og omregnes ved P til N-ækvivalenter for hvert kystvandopland til kr. pr. kg kvælstof. Kvælstofækvivalenterne for fosforreduktion til kyst er beregnet af DHI (Erichsen et al 2024).

1.2 Kystvandoplande i analysen

De fosforfølsomme kystvandoplande er udpeget af Erichsen et al (2021) i forbindelse med forarbejdet til vandområdeplanerne 2021-2027, og i disse kystvandoplande formodes det, at en supplerende fosforindsats potentielt vil kunne supplere eller erstatte kvælstofindsatsen. Der er i alt udpeget 31 fosforfølsomme kystvandoplande ud af 109 kystvandoplande. Derudover har DHI beregnet kvælstofækvivalenter til fosforreduktioner til kyst for kystvandoplande. Kystvandoplandene fremgår af tabel 1.1 nedenfor.

Tabel 1.1. *Oversigt over relevante kystvandoplande for supplerende fosforanalyser*

Kystvandopland	Nr.	P-følsomme kystvandområder*	DHI-analyse af P til N-ækvivalenter*
Korsør Nor	16	1	1
Skælskør Fjord og Nor	25	1	1
Kalundborg Fjord	29	1	1
Karrebæk Fjord	35	1	1
Avnø Fjord	37	1	1
Nærå Strand	59	1	1
Kertinge Nor	85	1	1
Odense Fjord, ydre	92		1
Odense Fjord, Seden Strand	93		1
Haderslev Fjord	106		1
Juvre Dyb	107	1	1
Hejlsminde Nor	109	1	1
Nybøl Nor	110	1	1
Lister Dyb	111	1	1
Vesterhavet, syd	119	1	1
Knudedyb	120	1	1
Grådyb	121	1	1
Vejle Fjord, indre	122		
Vejle Fjord, ydre	123	1	1
Kolding Fjord, indre	124		1
Horsens Fjord, indre	128		1
Nissum Fjord, ydre	129	1	1
Nissum Fjord, mellem	130	1	1
Nissum Fjord, Felsted Kog	131	1	1
Ringkøbing Fjord	132	1	1
Randers Fjord, indre	136	1	
Randers Fjord, ydre	137	1	
Norsminde Fjord	146	1	1
Bjørnsholm Bugt, Riisgarde Bredning, Skive Fjord og Lovns Bredning	157	1	1
Hjarbæk Fjord	158	1	1
Mariager Fjord, indre	159	1	1
Køge Bugt	201	1	1
Nakskov Fjord	207		1
Nissum Bredning	232	1	1
Kås Bredning og Venø Bugt	233	1	1
Løgstør Bredning	234	1	1
Nibe Bredning og Langerak	235		1
Thisted Bredning	236	1	1
Halkær Bredning	238	1	1
I alt (kystoplande, der er hhv. P-følsomme og med beregning af P til N-ækvivalenter)		31	35

Note: *: De kystvandoplande, der er med i opgørelsen som henholdsvis P-følsomme og med beregning af P til N-ækvivalenter, er angivet med ”1”. De medtagne vandområder er markeret med grå farve i tabellen. Kilde: Hasler og Filippelli (2024).

Der er i alt 31 fosforfølsomme kystvandoplande. Disse indgår i analyserne i nærværende notat. Der er dog to af disse kystvandoplande, nr. 136 og 137 (Randers Fjord, indre og ydre), hvor der ikke er beregnet ækvivalenter for fosfor til kvælstof-reduktion, og det er derfor ikke muligt at beregne, hvad fosforindsatsen i disse to kystvandoplande modsvarer i kvælstofreduktion. Der er også kystvandoplande, der ikke er angivet som P-følsomme, men hvor der er beregnet P til N-ækvivalenter.

1.3. Virkemidler og modelleringen med *TargetEconP*

I modelkørslerne for at finde den maksimale reduktion med *TargetEconP* og i scenariekørslerne er der anvendt de samme virkemidler som i SO-analysen beskrevet i Hasler et al (2024) samt Hasler og Filippelli (2024). Endvidere er alle andre dele af *TargetEconP*-modellen identiske. I Hasler et al (2024) blev der beregnet effekter af indsatskrav for søer, men disse indsatskrav er ikke medtaget i nærværende beregninger, idet disse kun beskæftiger sig med reduktioner i kystvandoplande. De søkæder, der er indarbejdet for retentionen mellem søer i fosformodelleringen, er også medtaget i den anvendte version af modellen og er således identiske med den tidligere model i Hasler et al (2024) og Hasler og Filippelli (2024), bortset fra at der ikke er inddraget nogen indsatskrav til søerne. For de kystvandoplande, hvor der ikke er søoplande, er der ikke indregnet en retention. Det vil sige, at denne er sat til 0. Det vil sige, at effekten reelt er til vandløbskant. Dette gælder også de dele af kystvandoplande med søoplande, som ikke er omfattet af afgrænsningerne af søoplandene.

1.4. Tilgang til fastsættelse af de fiktive indsatskrav

De fiktive indsatskrav er fastsat ved at beregne de maksimale fosforreduktioner i kystvandoplandene med *TargetEconP*. De maksimale fosforreduktioner er de reduktioner, der maksimalt kan udføres med virkemidlerne i *TargetEconP*; de potentialer, der er for implementering af dem i oplandene; og samt de potentialer, de har for reduktion af fosfortabene. Denne maksimumsreduktion vil optage store dele af arealerne i kystvandoplandene. Det er derfor valgt fiktive indsatskrav, der udgør henholdsvis 50 procent, 20 procent og 10 procent af det maksimale reduktionspotentiale.

I det følgende gennemgås potentialerne for virkemidlerne i kystvandoplande, og beregningerne af de maksimale indsatser præsenteres til sidst i afsnittet.

1.4.1 Potentialer for virkemidler på tværs af Second Opinions fosforanalyser

Potentialerne for virkemidler er i nogle tilfælde ikke de samme for analyserne, der er udført i SO-analysens Arbejdspakke 3 (AP3) for fosfor (Højberg et al 2024). Der er i *TargetEconP* indlagt nogle begrænsninger i forhold til potentialet, som for eksempel at landbrugsvirkemidlerne kun kan implementeres på marker i omdrift. Se eventuel Hasler et al 2022 og Hasler et al 2024 for en mere detaljeret redegørelse for virkemidler og potentialer.

Skovrejsning

AP3, SO

Som potentielt skovrejsningsareal anvendes kommunernes indmelding om arealer, hvor skovrejsning er ønsket. Temaet er downloadet fra MiljøGIS i 2024.[1] Arealet, hvor skovrejsning er ønsket, udgør i alt for hele

[1] Link til MiljøGIS:
https://miljoegis3.mim.dk/spatialmap?mapheight=605.8&mapwidth=1541&label=&ignorefavorite=true&profile=privatskovtilskud&selectorgroups=faelles+natur+indberet+ansoeg23_st&layers=theme-dtk_skaermkort_daempet_daf+theme-pdk-skovrejsningsomraade_vedtaget&opacities=1+1&mapext=25856.058291200083+5983830.992339199+1284144.7417088+6476169.2076608&maprotation=

Danmark 720.400 ha. Skovrejsningsarealet er overlagt på kortlagte risikoområder for tab via makroporer og via udvaskning, og der beregnes en fosfortabsreduktion for disse arealer på grund af skovrejsning. For oplandene til de fosforfølsomme kystvande er potentialet på 309.631 ha, og effekten af en fuld udnyttelse heraf er på 6.193 kg P.

TargetEconP, AP5, SO

I *TargetEconP* indgår ud over ovenstående også et tema med marker. I *TargetEconP* er potentialet begrænset til kun at kunne realiseres på marker i omdrift, og dette er en forskel til AP3, SO, som anvender arealer med permanent udtagne arealer med videre. Antallet af kg er derfor ikke direkte sammenligneligt med AP3-vurderingen. I *TargetEconP*-beregningerne er potentialet for oplandene til de fosforfølsomme kystvande på 234.440 ha, og effekten af en fuld udnyttelse heraf er på 1.221 kg P.

Brede randzoner langs vandløb mod erosion fra marker

AP3, SO

Risikoarealer for fosfortab via erosion på marker er kortlagt i Andersen og Heckrath (2020). Et yderligere resultat af kortlægningen er et kort, der rumligt anviser, hvor sedimenttransporten med associeret fosfor til vandløb foregår – altså de vandløbsstrækninger, til hvilke der foregår en erosionsgenereret fosfortransport. På grundlag af kortlægningen er alle vandløbsstrækninger på 50 m, hvor sedimenttransporten overstiger 1 ton sediment pr. år, identificeret. Med et antaget fosforindhold på 600 mg fosfor pr. kg sediment svarer en sedimenttransport til vandløbet på 1 ton til 0,6 kg fosfor. I beregningerne i SO er det antaget, at der udlægges 20 m brede randzoner langs alle de identificerede vandløbsstrækninger på 50 m med en effekt på 75 procent af fosfortilførslen. Den samlede længde af randzoner, der opfylder kriteriet, er 315,3 km for hele Danmark. For oplandene til de fosforfølsomme kystvande er potentialet på 124,5 km (eller 249 ha), og effekten af en fuld udnyttelse heraf er på 1.675 kg P.

TargetEconP, AP5, SO

Der er a priori udlagt randzoner på 10 m og 20 m langs alle vandløb som potentiale. Effekten udregnes imidlertid kun for marker, hvor risikokortlægningen viser, at der forekommer erosion. Effekten beregnes som en reduktion af fosforerosionen på marken med reduktionsfaktorerne for henholdsvis 10 m og 20 m brede randzoner (62 procent og 75 procent). For oplandene til de fosforfølsomme kystvande er potentialet på 102.885 ha. I AP3, SO, vurderes det, hvad der direkte tilføres til vandløbet (med alle usikkerheder), mens der i *TargetEconP*-opsætningen er set på erosionsområder på marker, hvilket forklarer en del af forskellen mellem de to opgørelser. Derudover er det i *TargetEconP* muligt at implementere randzoner som det eneste virkemiddel på marken eller sammen med forskellige arealvirkemidler såsom en reduceret fosforbalance, en reduceret jordbearbejdning med videre, og i de kombinerede virkemidler er det ikke muligt at adskille, hvilke virkemidler der leder til en effekt i disse kombinationer. Antallet af kg for randzoner i *TargetEconP* er derfor ikke direkte sammenligneligt med AP3-vurderingen.

Minivådområder

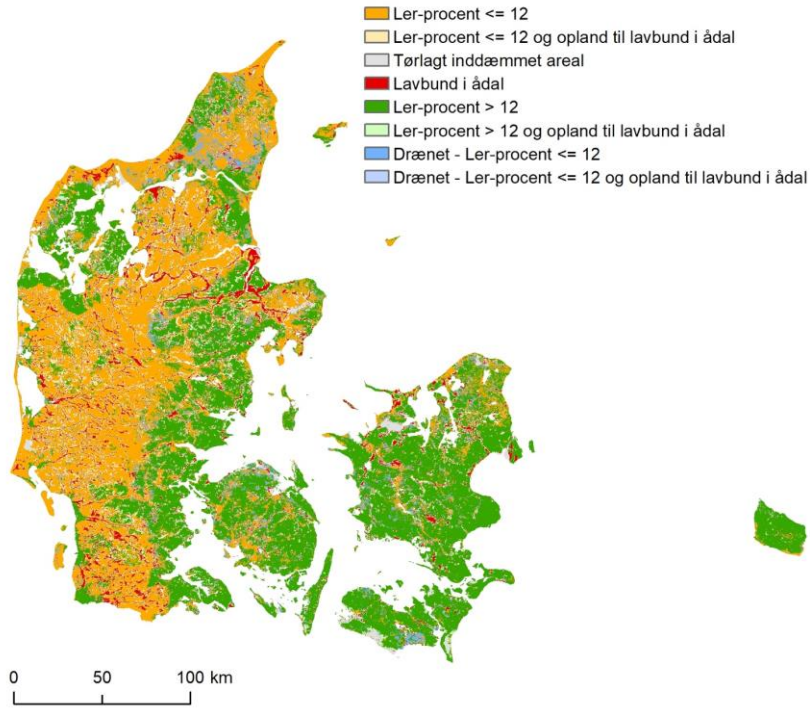
AP3, SO

Et tema beskrevet i Børgesen et al (2019) er brugt. Det er samme tema, som er brugt i N-delen af AP3, SO, og dækker over to klasser: arealer med et lerindhold på over 12 procent samt kortlagt drænet areal med et lerindhold på under 12 procent som henholdsvis egnede og potentielt egnede arealer. Samlet for hele

Danmark er potentialet på 1.808.495 ha. I AP3, SO, er potentialet således opgjort som summen af to arealklasser for henholdsvis et lerindhold på over 12 procent og drænede arealer med et lerindhold på under 12 procent, som ikke afvander til lavbund. Der er anvendt 100 procent af begge arealklasser. For oplandene til de fosforfølsomme kystvande er potentialet på 658.017 ha, og effekten af en fuld udnyttelse heraf er på 29.667 kg P.

TargetEconP, AP5, SO

Minivådområdekortet vist i nedenstående figur (Børgesen et al 2021) anvendes i modelopsætningen. Kortet er lavet i forbindelse med de seneste udpegninger i forhold til tilskud til minivådområder under Landdistriktsprogrammet. For at være egnet skal området kunne levere en N-reduktion på over 300 kg N pr. ha fra det etablerede minivådområde. Klassen, der er markeret med mørkegrøn i tabel 5, omfatter jorde med et lerindhold på over 12 procent og er klassificeret som arealer, der kan levere denne effekt. De mørkegrønne arealer er derfor egnede, og 100 procent af arealet tæller som potentiale. De lysegrønne og mørkegule arealer er potentielt egnede, og 10 procent af arealerne inden for disse klasser regnes med som potentiale. Farvekoderne på kortet er forklaret i signaturforklaringen samt i tabel 1.2. For oplandene til de fosforfølsomme kystvande er potentialet på 216.483 ha, og effekten af en fuld udnyttelse heraf er på 15.567 kg P. Som for de øvrige virkemidler er dette beregnet under hensyn til, at der også implementeres andre virkemidler i kystvandoplandet, idet maksimaleffekten er fundet ved at maksimere fosforreduktionseffekten fra *TargetEconP* for hvert kystvandopland. Antallet af kg er derfor ikke direkte sammenligneligt med AP3-vurderingen.



Figur 1.1. *Kort over potentiale for minivådområder*

Kilde: Børgesen et al (2021).

Tabel 1.2. *Minivådområder: klassificering af opland*

Klasse	Beskrivelse	Potentiale i alt (ha)	Andel (%)
0	Ikke klassificeret		
1	Ler >12 %	1.136.922	100
2	Ler >12 % og opland til lavbund	144.389	10
3	Ler <12 %	809.968	10
4	Ler <12 % og opland til lavbund	227.657	0
5	Lavbund i ådal	167.929	0
6	Tørlagt areal	33.477	0
7	Drænet, Ler <12 %	171.995	0
8	Drænet, Ler <12 %+ opland	32.586	0

Kilde: Børgesen et al (2021).

Træer på vandløbsbrinker mod brinkerosion

AP3, SO

Brinkerosionen i alle danske vandløb er kortlagt i Andersen og Heckrath (2020) og opgjort på vandløbsstrækninger på 100 m. Desuden er vegetationen i en zone på 2 m på hver side af vandløbet kortlagt og inddelt i henholdsvis lav vegetation (græs, urter, mindre buske) og høj vegetation (træer). Potentialet for træplantning på vandløbsbrinker udgøres således af de vandløbsstrækninger eller dele af vandløbsstrækninger, hvor der for nuværende er lav vegetation. Potentialet for træplantning langs små vandløb i hele Danmark (bredde på mindre end 2 m) er i alt på 12.365 km. Potentialet for træplantning langs mellemstore (bredde på 2-til 10 m) og store vandløb i Danmark (bredde på mere end 10 m) er på henholdsvis 20.753 km og 1.184 km. Potentialet omfatter ikke vandløb i Natura 2000- samt marskområder. For oplandene til de fosforfølsomme kystvande er potentialet på 21.104 km, og effekten af en fuld udnyttelse heraf er på 158.353 kg P.

TargetEconP

Potentialet er opgjort som i AP3, SO, men omfatter også vandløb i Natura 2000-områder samt vandløb i marsken. For kystvandoplandene til de fosforfølsomme kystvande er potentialet på 26.598 ha, og effekten af en fuld udnyttelse heraf er på 174.275 kg P.

1.4.2. Fuld potentialeberegning i *TargetEconP* og indsatskrav

Foruden de virkemidler, der er beskrevet i afsnit 1.3.1., er der en række andre virkemidler i *TargetEconP*, som giver et potentiale for fosforreduktioner. Virkemidlerne er præsenteret i tabel 1.3 med en angivelse af en beregnet maksimal indsats opgjort i kg samt i ha, km eller anlægsenheder. En maksimal indsats svarer til et scenarie på 100 procent.

Tabel 1.3. *Virkemidler, maksimal indsats i kg P og enheder (ha, km eller enheder) beregnet med TargetEconP*

Virkemiddel (ha, km*, anlægsenhed**)	Maksimal indsats, kg P	Maksimal indsats (ha, km*, anlægsenhed**)
Renseanlæg**	58.328	88
RBU** (regnvandsbetingede udledninger)	6.135	756
Minivådområder (ha kystvandopland)	15.567	461.565
Dambrug**	49.494	151
Industri**	2.628	5
Okker**	8.080	60
Sandfang**	1322	158
Genslyngning*	3.178	238
Hævet vandløbsbund**	9.060	756
Træer på brink*	174275	26.598
Skovrejsning	1221	234.440
Udtagning af højbund	21485	53.538
Randzoner	1	102.855
Permanent udtag af 10 % af marken og reduceret fosforbalance på 10 %	70	1.219.239
Permanent udtag af 10 % af marken og reduceret fosforbalance på 20 %	1896	1.219.239
Reduceret fosforbalance på 20 % og optimal jordbearbejdning	1619	1.219.239
Reduceret fosforbalance på 20 % og randzone på 10 m	139	1.219.239
Reduceret fosforbalance på 20 % og randzone på10m	307	1.219.239
Permanent plantedække på 10 % af marken	374	1.219.239
Reduceret fosforbalance på 20 %	129	1.219.239
P-vådområder	326304	25.939
IBZ (integrerede bufferzoner)	151	180

Note: For de virkemidler, der er markeret med en * i kolonne 1, er enheden km. For de virkemidler, der er markeret med to **, er enheden antallet af anlægsenheder.

Den samlede maksimale fosforreduktion (scenarie på 100 procent) beregnet ved at maksimere P-indsatsen med *TargetEconP* er på 681.763 kg P for de 31 kystvandoplande. Fordelingen på kystvandoplande fremgår af tabel 1.4 nedenfor.

Tabel 1.4. *Samlede fosforreduktioner (kg), maksimal reduktion i TargetEconP fordelt på kystvandoplande*

Kystvandopland, navn og nr.		Maksimal P-reduktion i *TargetEconP* i kg
Korsør Nor	16	233
Skælskør Fjord og Nor	25	557
Kalundborg Fjord	29	558
Karrebæk Fjord	35	15.954
Avnø Fjord	37	7.733
Nærå Strand	59	3.989
Kertinge Nor	85	218
Juvre Dyb	107	17.134
Hejlsminde Nor	109	2.918
Nybøl Nor	110	797
Lister Dyb	111	138.810
Vesterhavet, syd	119	3.206
Knudedyb	120	54.772
Grådyb	121	50.262
Vejle Fjord, ydre	123	12.012
Nissum Fjord, ydre	129	6.909
Nissum Fjord, mellem	130	3.394
Nissum Fjord, Felsted Kog	131	43.534
Ringkøbing Fjord	132	123.502
Randers Fjord, indre	136	40.202
Randers Fjord, ydre	137	7.823
Norsminde Fjord	146	2.461
Bjørnsholm Bugt, Riisgarde Bredning, Skive Fjord og Lovns Bredning	157	30.644
Hjarbæk Fjord	158	14.430
Mariager Fjord	159	1.691
Køge Bugt	201	28.888
Nissum Bredning	232	15.132
Kås Bredning og Venø Bugt	233	15.760
Løgstør Bredning	234	18.102
Thisted Bredning	236	16.957
Halkær Bredning	238	3.181
Samlet P-reduktion		681.763

De fiktive indsatskrav er som beskrevet fastsat ved at anvende de maksimale fosforreduktioner i kystvandoplandene. Denne maksimale reduktion vil optage store dele af arealerne i kystvandoplandene. Det er derfor valgt fiktive indsatskrav, der udgør henholdsvis 50 procent, 20 procent og 10 procent af det maksimale reduktionspotentiale og ikke 100 procent.

2. Scenarier og resultater

2.1 Scenarier

Scenarierne tager udgangspunkt i de fiktive indsatskrav beskrevet foran, det vil sige i beregningerne af de maksimale reduktionspotentialer i *TargetEconP* (tabel 1.4).

Scenarierne omfatter 50 procent, 20 procent og 10 procent af det maksimale reduktionspotentiale beregnet med *TargetEconP*.

Tabel 2.1. *Scenarier for fiktive indsatskrav i forhold til fosforreduktion fordelt på kystvandoplande*

Kystvandopland, navn og nr.		Scenarier for fiktive indsatskrav for P til kyst			
		Reduktion på 100 %, kg P	Reduktion på 50 %, kg P	Reduktion på 20 %, kg P	Reduktion på 10 %, kg P
Korsør Nor	16	233	117	47	23
Skælskør Fjord og Nor	25	557	279	111	56
Kalundborg Fjord	29	558	279	112	56
Karrebæk Fjord	35	15.954	7.977	3.191	1.595
Avnø Fjord	37	7.733	3.867	1.547	773
Nærå Strand	59	3.989	1.995	798	399
Kertinge Nor	85	218	109	44	22
Juvre Dyb	107	17.134	8.567	3.427	1.713
Hejlsminde Nor	109	2.918	1.459	584	292
Nybøl Nor	110	797	399	159	80
Lister Dyb	111	138.810	69.405	27.762	13.881
Vesterhavet, syd	119	3.206	1.603	641	321
Knudedyb	120	54.772	27.386	10.954	5.477
Grådyb	121	50.262	25.131	10.052	5.026
Vejle Fjord, ydre	123	12.012	6.006	2.402	1.201
Nissum Fjord, ydre	129	6.909	3.455	1.382	691
Nissum Fjord, mellem	130	3.394	1.697	679	339
Nissum Fjord, Felsted Kog	131	43.534	21.767	8.707	4.353
Ringkøbing Fjord	132	123.502	61.751	24.700	12.350
Randers Fjord, indre	136	40.202	20.101	8.040	4.020
Randers Fjord, ydre	137	7.823	3.912	1.565	782
Norsminde Fjord	146	2.461	1.231	492	246
Bjørnsholm Bugt, Riisgarde Bredning, Skive Fjord og Lovns Bredning	157	30.644	15.322	6.129	3.064
Hjarbæk Fjord	158	14.430	7.215	2.886	1.443
Mariager Fjord	159	1.691	846	338	169
Køge Bugt	201	28.888	14.444	5.778	2.889
Nissum Bredning	232	15.132	7.566	3.026	1.513
Kås Bredning og Venø Bugt	233	15.760	7.880	3.152	1.576
Løgstør Bredning	234	18.102	9.051	3.620	1.810
Thisted Bredning	236	16.957	8.479	3.391	1.696
Halkær Bredning	238	3.181	1.591	636	318
Samlet P-reduktion		681.763	340.882	136.353	68.176

Til sammenligning med disse scenarier blev der for SO-analysen i Hasler og Filippelli (2024) beregnet en reduktion på 30.507 kg P med udgangspunkt i indsatskravene til søer. Det vil sige, at scenariet på 10 procent udgør mere end en fordobling af denne effekt, da hele kystvandoplandenes arealer nu indgår. Det indebærer, at langt større andele af de arealer, der har et potentiale for fosforreduktion, nu indgår i beregningerne.

I tillæg til disse hovedscenarier for en reduktion på henholdsvis 50 procent, 20 procent og 10 procent, er der kørt modelkørsler, hvor fosforvådområder ikke er tilladt. Disse scenarier er kørt, fordi modellen ellers favoriserer fosforvådområder. Og da fosforvådområder ikke har været meget udbredte indtil nu (baseret på frivillig deltagelse), er det valgt at udelade dem i scenarierne for i stedet for at kunne vurdere de øvrige virkemidler, der indgår i løsningerne. Vi vurderer også, hvordan dette valg påvirker omkostningerne.

2.2. Samlede resultater

Tabel 2.2. *Samlede resultater for alle kystvandoplande (31 stk.), alle virkemidler tilladt*

Scenarie, % af samlet potentiale (maksimal reduktion) i *TargetEconP*	50 %	20 %	10 %
Samlede omkostninger, kr.	167.993.861	33.975.702	9.770.859
Samlet P-reduktion, kg P	341.006	136.351	68.174
Manko til samlet potentiale for indsats, kg P	-	-	-
Kr. pr. kg P	493	249	143

I scenariet på 50 procent tages 7.582 ha ud til fosforvådområder. Når dette virkemiddel ikke er tilladt, er der en meget større variation i virkemiddelanvendelsen, og alle virkemidler tages i brug. I scenariet på 20 procent reduceres fosforvådområdearealerne til 1.188 ha, mens de reduceres til 161 ha i scenariet på 10 procent.

Af tabel 2.3. ses det, at restriktionen på fosforvådområder har en indvirkning på alle scenarier, selv på scenariet på 10 procent, hvor fosforvådområderne fylder meget mindre end for de øvrige scenarier. For det lave scenarie på 10 procent vurderes det ikke, at det er nødvendigt at begrænse fosforvådområderne, som vi har gjort det.

Tabel 2.3. *Samlede resultater for alle kystvandoplande (31 stk.), P-vådområder ikke tilladt*

Scenarie, % af samlet potentiale (maksimal reduktion) i *TargetEconP*	50 %	20 %	10 %
Samlede omkostninger, kr.	416.922.282	65.692.081	20.841.043
Samlede fosforreduktioner, kg P	287.951	136.208	68.061
Manko til samlet potentiale for indsats, kg P	53.053	53.053	121
Kr. pr. kg P	1.448	482	306

I de følgende resultater for kystvandoplande omregnes tal i kr. pr. kg P per kystvandopland til N-ækvivalenter ved anvendelse af P til N-ækvivalenterne fra Erichsen et al (2024). Ækvivalenterne fremgår af tabel 2.4.

Tabel 2.4. *P til N-ækvivalenter for kystvandoplande*

Kystvandopland, navn og nr.		P til N-ækvivalent
Korsør Nor	16	5,5
Skælskør Fjord og Nor	25	6,1
Kalundborg Fjord	29	0,2
Karrebæk Fjord	35	14,1
Avnø Fjord	37	10,9
Nærå Strand	59	72,2
Kertinge Nor	85	4,3
Juvre Dyb	107	17,2
Hejlsminde Nor	109	23,1
Nybøl Nor	110	4,9
Lister Dyb	111	9,3
Vesterhavet, syd	119	33,1
Knudedyb	120	29,4
Grådyb	121	36,9
Vejle Fjord, ydre	123	0,3
Nissum Fjord, ydre	129	22,3
Nissum Fjord, mellem	130	37,4
Nissum Fjord, Felsted Kog	131	72,7
Ringkøbing Fjord	132	19,8
Randers Fjord, indre	136	-
Randers Fjord, ydre	137	-
Norsminde Fjord	146	72,1
Bjørnsholm Bugt, Riisgarde Bredning, Skive Fjord og Lovns Bredning	157	17,6
Hjarbæk Fjord	158	22,3
Mariager Fjord	159	29,8
Køge Bugt	201	2,9
Nissum Bredning	232	15,1
Kås Bredning og Venø Bugt	233	14,8
Løgstør Bredning	234	9,3
Thisted Bredning	236	3,8
Halkær Bredning	238	76,2

I tabel 2.5 er disse ækvivalenter anvendt på scenariet på 50 procent for alle virkemidler, hvor både tal i kr. pr. kg P og i kr. pr. kg N-ækvivalenter er vist. Tabellen viser derudover de samlede omkostninger og effekter (samlet P-reduktion og indsats-"krav") pr. kystvandopland samt den beregnede ækvivalerende N fra P-reduktion. De beregnede omkostninger pr. kg P er den samlede omkostning divideret med den samlede P-reduktion for kystvandoplandet, og det samme gælder for omkostningerne per N-ækvivalent. N-ækvivalenterne er gengivet i tabel 2.4, og det er disse, der er anvendt i beregningerne af P til N i tabel 2.5.

De samlede omkostninger dækker over, at der er store spænd i omkostningerne mellem virkemiddelanvendelse på markniveau. Disse spænd er ikke gengivet her, men er oplyst direkte til Miljøstyrelsen til brug for videre analyser.

Tabel 2.5. *Scenarie på 50 procent, alle virkemidler*

Kystvandopland, navn og nr.		Samlede omkostninger (kr.)	Indsats, beregnet mål (kg P)	Manglende opfyldelse (kg P)	Samlet P-reduktion (kg)	Samlet N-reduktion, ækv. (kg)	Kr. pr. kg P	Kr. pr. kg N-ækv.	P til N-ækv.
Korsør Nor	16	80.831	117	-	117	641	691	126	5,5
Skælskør Fjord og Nor	25	2.250.150	278	-	404	2.466	5.570	913	6,1
Kalundborg Fjord	29	147.046	279	-	279	56	527	2.635	0,2
Karrebæk Fjord	35	9.273.991	7.977	-	7.977	112.472	1.163	82	14,1
Avnø Fjord	37	2.990.296	3.867	-	3.867	42.146	773	71	10,9
Nærå Strand	59	1.296.792	1.995	-	1.995	144.019	650	9	72,2
Kertinge Nor	85	70.082	109	-	109	468	643	150	4,3
Juvre Dyb	107	4.999.625	8.567	-	8.567	147.357	584	34	17,2
Hejlsminde Nor	109	2.901.736	1.459	-	1.459	33.700	1.989	86	23,1
Nybøl Nor	110	242.977	398	-	398	1.952	610	125	4,9
Lister Dyb	111	43.008.540	69.405	-	69.405	645.468	620	67	9,3
Vesterhavet, syd	119	789.225	1.603	-	1.603	53.060	492	15	33,1
Knudedyb	120	9.166.729	27.386	-	27.386	805.152	335	11	29,4
Grådyb	121	7.133.153	25.131	-	25.131	927.327	284	8	36,9
Vejle Fjord, ydre	123	1.697.707	6.006	-	6.006	1.802	283	942	0,3
Nissum Fjord, ydre	129	970.486	3.454	-	3.454	77.034	281	13	22,3
Nissum Fjord, mellem	130	511.861	1.697	-	1.697	63.472	302	8	37,4
Nissum Fjord, Felsted Kog	131	7.213.662	21.767	-	21.767	1.582.444	331	5	72,7
Ringkøbing Fjord	132	20.744.135	61.751	-	61.751	1.222.674	336	17	19,8

Randers Fjord, indre	136	12.549.283	20.102	-	20.102	-	624		-
Randers Fjord, ydre	137	2.511.740	3.911	-	3.911	-	642		-
Nors-minde Fjord	146	886.827	1.230	-	1.230	88.710	721	10	72,1
Bjørnsholm Bugt, Riisgarde Bredning, Skive Fjord og Lovns Bredning	157	3.765.850	15.322	-	15.322	269.670	246	14	17,6
Hjarbæk Fjord	158	1.795.085	7.215	-	7.215	160.898	249	11	22,3
Mariager Fjord	159	187.758	846	-	846	25.201	222	7	29,8
Køge Bugt	201	17.848.687	14.447	-	14.442	41.880	1.236	426	2,9
Nissum Bredning	232	3.183.670	7.566	-	7.566	114.249	421	28	15,1
Kås Bredning og Venø Bugt	233	2.354.673	7.880	-	7.880	116.627	299	20	14,8
Løgstør Bredning	234	3.910.995	9.051	-	9.051	84.175	432	46	9,3
Thisted Bredning	236	3.030.339	8.478	-	8.478	32.218	357	94	3,8
Halkær Bredning	238	479.931	1.591	-	1.591	121.199	302	4	76,2
Samlet		167.993.861	340.885	-	341.006	6.918.534	493	-	-

Det fremgår af tabel 2.5, at den samlede beregnede ækvivalerende N-reduktion udgør 6.918 tons N, hvilket er en stor del af det samlede indsatskrav. Dette niveau kan ligge uden for det niveau, der er realistisk for den ækvivalerende beregning.

Det fremgår også af tabel 2.5, at 40 tons ud af de 310 tons reduktion af fosfor stammer fra søkæderne. I søkædemodelleringen (Hasler et al 2023) er der retention mellem søerne, således at en indsats i en opstrøms sø også har effekt på nedstrøms søer inden for en søkæde. Disse retentioner er med i beregningerne her inden for søkæderne.

Sammenlignet med tabel 2.6. er dette en lavere reduktion fra søkæder, idet denne er på 54 tons, når P-vådområder ikke er tilladt. Det betyder, at når P-vådområder ikke tillades, så vil der gennemføres flere virkemidler inden for søvandoplandene. I scenariet på 50 procent uden P-vådområder er niveauet for N-ækvivalent-reduktionen på 6.283 tons. Af en samlet P-reduktion på 288 tons stammer cirka 54 tons fra søkæderne.

Tabel 2.6. *Scenarie på 50 procent uden P-vådområder*

Kystvandopland, navn og nr.		Samlede omkost-ninger (kr.)	Indsats, beregnet mål (kg P)	Manglende opfyldelse (kg P)	Samlet P-reduktion (kg)	Samlet N-reduktion, ækv. (kg)	Kr. pr. kg P	Kr. pr. kg N-ækv.	P til N-ækv.
Korsør Nor	16	3.820.258	117	24	92	508	41.525	7.550	5,5
Skælskør Fjord og Nor	25	2.250.150	278	-	404	2.466	5.570	913	6,1
Kalundborg Fjord	29	2.199.616	279	38	241	48	9.127	45.635	0,2
Karrebæk Fjord	35	13.483.797	7.977	-	7.977	112.472	1.690	120	14,1
Avnø Fjord	37	7.368.384	3.867	3.185	682	7.431	10.804	991	10,9
Nærå Strand	59	2.954.185	1.995	1.625	369	26.673	8.006	111	72,2
Kertinge Nor	85	1.734.917	109	9	100	429	17.349	4.035	4,3
Juvre Dyb	107	13.624.158	8.567	4.000	4.567	78.554	2.983	173	17,2
Hejlsminde Nor	109	2.963.325	1.459	-	1.459	33.699	2.031	88	23,1
Nybøl Nor	110	425.070	398	-	398	1.952	1.068	218	4,9
Lister Dyb	111	70.729.423	69.405	38.744	30.661	285.148	2.307	248	9,3
Vesterhavet, syd	119	1.061.440	1.603	-	1.603	53.059	662	20	33,1
Knudedyb	120	12.743.345	27.386	-	27.386	805.151	465	16	29,4
Grådyb	121	7.638.271	25.131	-	25.131	927.327	304	8	36,9
Vejle Fjord, ydre	123	2.579.189	6.006	-	6.006	1.802	429	1.431	0,3
Nissum Fjord, ydre	129	1.037.013	3.454	-	3.454	77.034	300	13	22,3
Nissum Fjord, mellem	130	583.105	1.697	-	1.697	63.472	344	9	37,4
Nissum Fjord, Felsted Kog	131	13.310.848	21.767	-	21.767	1.582.444	612	8	72,7
Ringkøbing Fjord	132	35.017.346	61.751	-	61.751	1.222.669	567	29	19,8
Randers Fjord, indre	136	131.904.465	20.102	172	19.928	-	6.619		-
Randers Fjord, ydre	137	7.507.690	3.911	2.932	979	-	7.669		-
Norsminde Fjord	146	4.482.687	1.230	522	708	51.043	6.331	88	72,1
Bjørnsholm Bugt, Riisgarde Bredning, Skive Fjord og Lovns Bredning	157	4.271.564	15.322	-	15.322	269.670	279	16	17,6
Hjarbæk Fjord	158	1.795.136	7.215	-	7.215	160.899	249	11	22,3
Mariager Fjord	159	187.816	846	-	846	25.199	222	7	29,8
Køge Bugt	201	19.544.294	14.447	-	14.442	41.880	1.353	467	2,9
Nissum Bredning	232	15.299.045	7.566	-	7.566	114.249	2.022	134	15,1
Kås Bredning og Venø Bugt	233	2.707.459	7.880	-	7.880	116.627	344	23	14,8
Løgstør Bredning	234	24.203.281	9.051	1.801	7.250	67.427	3.338	359	9,3

Thisted Bredning	236	9.013.188	8.478	-	8.478	32.218	1.063	280	3,8
Halkær Bredning	238	481.817	1.591	-	1.591	121.203	303	4	76,2
Samlet		416.922.281	340.885	53.053	287.951	6.282.753	1.448	-	-

I tabeller 2.7 og 2.8 præsenteres resultaterne for de fiktive indsatskrav for scenariet på 20 procent af den maksimale P-indsats med og uden P-vådområder samt for scenariet på 50 procent.

Tabel 2.7. *Scenarie på 20 procent, alle virkemidler*

Kystvandopland, navn og nr.		Samlede omkostninger (kr.)	Indsats, beregnet mål (kg P)	Manglende målopfyldelse (kg P)	Samlet P-red. (kg)	Samlet N-reduktion, ækv. (kg)	Kr. pr. kg P	Kr. pr. kg N-ækv.	P til N-ækv.
Korsør Nor	16	24.403	47	-	47	257	519	94	5,5
Skælskør Fjord og Nor	25	508.296	111	-	111	679	4.579	751	6,1
Kalundborg Fjord	29	20.353	112	-	112	22	182	909	0,2
Karrebæk Fjord	35	2.145.683	3.191	-	3.191	44.989	672	48	14,1
Avnø Fjord	37	1.092.025	1.547	-	1.547	16.858	706	65	10,9
Nærå Strand	59	463.255	798	-	798	57.608	581	8	72,2
Kertinge Nor	85	21.601	44	-	44	187	491	114	4,3
Juvre Dyb	107	1.198.329	3.427	-	3.427	58.943	350	20	17,2
Hejlsminde Nor	109	326.359	584	-	584	13.480	559	24	23,1
Nybøl Nor	110	30.717	159	-	159	781	193	39	4,9
Lister Dyb	111	10.468.424	27.762	-	27.762	258.187	377	41	9,3
Vesterhavet, syd	119	81.424	641	-	641	21.232	127	4	33,1
Knudedyb	120	1.534.661	10.954	-	10.954	322.062	140	5	29,4
Grådyb	121	1.032.187	10.052	-	10.052	370.931	103	3	36,9
Vejle Fjord, ydre	123	582.414	2.402	-	2.402	721	242	808	0,3
Nissum Fjord, ydre	129	112.875	1.382	-	1.382	30.816	82	4	22,3
Nissum Fjord, mellem	130	80.057	679	-	679	25.398	118	3	37,4
Nissum Fjord, Felsted Kog	131	1.075.634	8.707	-	8.707	632.981	124	2	72,7
Ringkøbing Fjord	132	3.180.667	24.700	-	24.701	489.070	129	7	19,8
Randers Fjord, indre	136	2.858.367	8.041	-	8.041	-	355		-
Randers Fjord, ydre	137	885.638	1.565	-	1.565	-	566		-
Norsminde Fjord	146	288.196	492	-	492	35.483	586	8	72,1
Bjørnsholm Bugt, Riisgarde, Bredning, Skive Fjord og Lovns Bredning	157	737.673	6.129	-	6.129	107.870	120	7	17,6
Hjarbæk Fjord	158	322.091	2.886	-	2.886	64.361	112	5	22,3
Mariager Fjord	159	38.044	338	-	339	10.097	112	4	29,8
Køge Bugt	201	3.468.386	5.779	-	5.774	16.743	601	207	2,9
Nissum Bredning	232	337.456	3.026	-	3.026	45.700	112	7	15,1
Kås Bredning og Venø Bugt	233	341.208	3.152	-	3.152	46.651	108	7	14,8
Løgstør Bredning	234	378.416	3.620	-	3.621	33.672	105	11	9,3
Thisted Bredning	236	237.415	3.391	-	3.391	12.887	70	18	3,8
Halkær Bredning	238	103.447	636	-	636	48.482	163	2	76,2
Samlet		33.975.701	136.354		136.351	2.767.150	249	12	

Indsatsen på 136 tons P omregnes til 2.767 tons N.

Tabel 2.8. *Scenarie på 20 procent uden P-vådområder*

Kystvandopland, navn og nr.		Samlede omkostninger (kr.)	Indsats, beregnet mål (kg P)	Manglende målopfyldelse (kg P)	Samlet P-red. (kg)	Samlet N-reduktion, ækv. (kg)	Kr. pr. kg P	Kr. pr. kg N-ækv..	P til N-ækv.
Korsør Nor	16	73.663	47	-	47	256	1.567	288	5,5
Skælskør Fjord og Nor	25	2.250.150	111	-	404	2.466	5570	912	6,1
Kalundborg Fjord	29	20.353	112	-	112	22	182	925	0,2
Karrebæk Fjord	35	6.966.778	3.191	-	4.634	65.332	1.503	107	14,1
Avnø Fjord	37	7.368.384	1.547	865	682	7.431	10.804	992	10,9
Nærå Strand	59	2.954.185	798	428	369	26.673	8.006	111	72,2
Kertinge Nor	85	73.999	44	-	44	187	1.682	396	4,3
Juvre Dyb	107	1.440.011	3.427	-	3.427	58.943	420	24	17,2
Hejlsminde Nor	109	503.972	584	-	584	13.480	863	37	23,1
Nybøl Nor	110	30.717	159	-	159	781	193	39	4,9
Lister Dyb	111	15.193.487	27.762	-	27.762	258.187	547	59	9,3
Vesterhavet, syd	119	81.424	641	-	641	21.232	127	4	33,1
Knudedyb	120	1.534.679	10.954	-	10.954	322.061	140	5	29,4
Grådyb	121	1.032.358	10.052	-	10.052	370.931	103	3	36,9
Vejle Fjord, ydre	123	592.447	2.402	-	2.403	721	247	822	0,3
Nissum Fjord, ydre	129	112.875	1.382	-	1.382	30.816	82	4	22,3
Nissum Fjord, mellem	130	80.057	679	-	679	25.398	118	3	37,4
Nissum Fjord, Felsted Kog	131	1.075.634	8.707	-	8.707	632.981	124	2	72,7
Ringkøbing Fjord	132	3.180.710	24.700	-	24.700	489.070	129	7	19,8
Randers Fjord, indre	136	3.078.980	8.041	-	8.041	-	383		-
Randers Fjord, ydre	137	7.507.690	1.565	585	979	-	7.669		-
Norsminde fjord	146	719.055	492	-	492	35.483	1.461	20	72,1
Bjørnsholm Bugt, Riisgarde Bredning, Skive Fjord og Lovns Bredning	157	1.243.107	6.129	-	6.129	107.868	203	12	17,6
Hjarbæk Fjord	158	322.091	2.886	-	2.886	64.361	112	5	22,3
Mariager Fjord	159	38.044	338	-	339	10.097	112	4	29,8
Køge Bugt	201	6.819.283	5.779	-	5.774	16.743	1.181	407	2,9
Nissum Bredning	232	337.456	3.026	-	3.026	45.700	112	7	15,1

Kås Bredning og Venø Bugt	233	341.208	3.152	-	3.152	46.651	108	7	14,8
Løgstør Bredning	234	378.422	3.620	-	3.621	33.673	105	11	9,3
Thisted Bredning	236	237.415	3.391	-	3.391	12.887	70	18	3,8
Halkær Bredning	238	103.447	636	-	636	48.481	163	2	76,2
Samlet		65.692.081	136.354	1.878	131.011	2.748.912	501	24	

Indsatsen på 131 tons P omregnes til 2.748 tons N.

Slutteligt er der også beregnet fiktive indsatskrav, der udgør 10 procent af den maksimale P-indsats.

Tabel 2.9. *Scenarie på 10 procent, alle virkemidler*

Kystvandopland, navn og nr.		Samlede omkostninger (kr.)	Indsats, beregnet mål (kg P)	Manglende opfyldelse (kg P)	Samlet P-reduktion (kg)	Samlet N--reduktion, ækv. (kg)	Kr. pr. kg P	Kr. pr. kg N-ækv.	P til N-ækv.
Korsør Nor	16	7.795	23	-	23	127	339	62	5,5
Skælskør Fjord og Nor	25	27.121	56	-	56	342	484	79	6,1
Kalundborg Fjord	29	6.077	56	-	56	11	109	543	0,2
Karrebæk Fjord	35	800.352	1.595	-	1.595	22.490	502	36	14,1
Avnø Fjord	37	501.780	773	-	773	8.426	649	60	10,9
Nærå Strand	59	189.857	399	-	399	28.808	476	7	72,2
Kertinge Nor	85	6.491	22	-	22	95	295	69	4,3
Juvre Dyb	107	241.889	1.713	-	1.713	29.464	141	8	17,2
Hejlsminde Nor	109	91.416	292	-	292	6.745	313	14	23,1
Nybøl Nor	110	10.178	80	-	80	392	127	26	4,9
Lister Dyb	111	2.480.010	13.881	-	13.881	129.093	179	19	9,3
Vesterhavet, syd	119	24.718	321	-	321	10.625	77	2	33,1
Knudedyb	120	437.201	5.477	-	5.477	161.024	80	3	29,4
Grådyb	121	307.866	5.026	-	5.026	185.459	61	2	36,9
Vejle Fjord, ydre	123	210.683	1.201	-	1.201	360	175	585	0,3
Nissum Fjord, ydre	129	36.371	691	-	691	15.409	53	2	22,3
Nissum Fjord, mellem	130	29.551	339	-	339	12.679	87	2	37,4
Nissum Fjord, Felsted Kog	131	313.395	4.353	-	4.353	316.463	72	1	72,7
Ringkøbing Fjord	132	957.893	12.350	-	12.350	244.530	78	4	19,8
Randers Fjord, indre	136	804.764	4.020	-	4.020	-	200	-	-
Randers Fjord, ydre	137	351.435	782	-	782	-	449	-	-
Norsminde Fjord	146	96.967	246	-	246	17.737	394	5	72,1
Bjørnsholm Bugt, Riisgarde Bredning, Skive Fjord og Lovns Bredning	157	224.981	3.064	-	3.065	53.944	73	4	17,6
Hjarbæk jord	158	99.454	1.443	-	1.443	32.179	69	3	22,3
Mariager Fjord	159	14.088	169	-	169	5.036	83	3	29,8

Køge Bugt	201	1.078.488	2.889	-	2.884	8.364	374	129	2,9
Nissum Bredning	232	88.894	1.513	-	1.513	22.846	59	4	15,1
Kås Bredning og Venø Bugt	233	114.958	1.576	-	1.576	23.325	73	5	14,8
Løgstør Bredning	234	109.888	1.810	-	1.810	16.833	61	7	9,3
Thisted Bredning	236	69.562	1.696	-	1.696	6.445	41	11	3,8
Halkær Bredning	238	36.739	318	-	318	24.232	116	2	76,2
Samlet		9.770.859	68.177	-	68.174	1.383.480			

Af en samlet indsats på 68 tons P, som omregnes til 1.383 tons N, stammer cirka 13,6 tons fra søkæderne.

Tabel 2.10. *Scenarie på 10 procent, P-vådområder ikke tilladt*

Kystvandopland, navn og nr.		Samlede omkostninger (kr.)	Indsats, beregnet mål (kg P)	Manglende opfyldelse (kg P)	Samlet P-reduktion (kg)	Samlet N--Reduktion, ækv. (kg)	Kr. pr. kg P	Kr. pr. kg N ækv.	P til N-ækv.
Korsør Nor	16	7.852	23	-	23	129	341	62	5,5
Skælskør Fjord og Nor	25	34.016	56	-	56	339	607	100	6,1
Kalundborg Fjord	29	6.104	56	-	56	11	109	545	0,2
Karrebæk Fjord	35	895.347	1.595	-	1.595	22.494	561	40	14,1
Avnø Fjord	37	7.368.384	773	91.6	682	7.431	10.804	991	10,9
Nærå Strand	59	2.954.185	399	29.5	369	26.673	8.006	111	72,2
Kertinge Nor	85	6.491	22	-	22	94	295	69	4,3
Juvre Dyb	107	241.946	1.714	-	1.714	29.481	141	8	17,2
Hejlsminde Nor	109	91.702	292	-	292	6.740	314	14	23,1
Nybøl Nor	110	10.178	80	-	80	394	127	26	4,9
Lister Dyb	111	2.480.010	13.881	-	13.881	129.094	179	19	9,3
Vesterhavet, syd	119	24.718	321	-	323	10.680	77	2	33,1
Knudedyb	120	437.199	5.477	-	5.477	161.032	80	3	29,4
Grådyb	121	307.866	5.026	-	5.026	185.471	61	2	36,9
Vejle Fjord, ydre	123	216.504	1.201	-	1.201	360	180	601	0,3
Nissum Fjord, ydre	129	36.493	691	-	691	15.407	53	2	22,3
Nissum Fjord, mellem	130	29.662	339	-	341	12.758	87	2	37,4
Nissum Fjord, Felsted Kog	131	313.389	4.353	-	4.353	316.490	72	1	72,7
Ringkøbing Fjord	132	957.907	12.350	-	12.350	244.535	78	4	19,8
Randers Fjord, indre	136	805.592	4.020	-	4.020	-	200		-
Randers Fjord, ydre	137	1.284.314	782	-	782	-	1.642		-
Norsminde Fjord	146	109.223	246	-	246	17.742	444	6	72,1
Bjørnsholm Bugt, Riisgarde Bredning, Skive Fjord og Lovns Bredning	157	224.981	3.064	-	3.065	53.936	73	4	17,6
Hjarbæk fFord	158	99.454	1.443	-	1.444	32.190	69	3	22,3
Mariager Fjord	159	14.159	169	-	169	5.042	84	3	29,8
Køge Bugt	201	1.462.912	2.889	-	2.884	8.364	507	175	2,9

Nissum Bredning	232	88.985	1.513	-	1.514	22.866	59	4	15,1
Kås Bredning og Venø Bugt	233	115.028	1.576	-	1.577	23.342	73	5	14,8
Løgstør Bredning	234	109.922	1.810	-	1.811	16.841	61	7	9,3
Thisted Bredning	236	69.756	1.696	-	1.696	6.444	41	11	3,8
Halkær Bredning	238	36.764	318	-	319	24.289	115	2	76,2
Samlet		20.841.043	68.177	121.1	68.061	1.380.669	306		

Den samlede P-indsats er på cirka 68 tons P, omregnet til 1.381 tons N.

3. Konklusioner

De samme virkemidler som i AP5, SO (Hasler & Filippelli 2024), er anvendt til beregningerne i dette notat, og resultaterne er beregnet for P-følsomme oplande, hvor det i AP4, SO (Erichsen et al 2024), også er blevet angivet, at der kan beregnes P til N-ækvivalenter til kystvandområderne.

Der er beregnet fiktive indsatskrav for fosfor til kystvandoplandene ud fra en beregning af det maksimale reduktionspotentiale med *TargetEconP*. Denne tilgang er anvendt, da Miljøstyrelsen ikke kunne opstille fosforindsatskrav for kystvandoplandene, men forfatterne til notatet fraskriver sig ethvert ansvar for at vurdere realismen i disse fiktive indsatskrav, da de ikke er fastsat med henblik på at opnå miljømålsætninger.

Resultaterne kan anvendes til at vurdere potentialer for en fosforindsats i de dele af kystvandoplandene, der ikke reguleres af indsatskrav til søer. Især er det måske interessant at se på de kystvandoplande, hvor der i tidligere beregninger er peget på vanskeligheder med at nå i mål, for eksempel Halkær Bredning i Limfjorden samt nogle af de vestjyske områder med høje kvælstofindsatskrav.

Der er beregnet samlede omkostninger og effekter samt omkostninger og effekter pr. kystvandopland. Derudover er der beregnet en omkostningseffektivitet i kr. pr. kg P og den ækvivalerende omkostningseffektivitet i kr. pr. kg N. Der er leveret regneark med beregnede spænd for omkostningerne for virkemidler og kystvandoplande, hvor omkostninger og effekter kan vurderes på markniveau. Scenariet på 50 procent og til dels også scenariet på 20 procent afstedkommer store ækvivalerende reduktioner i kvælstof, som vurderes at være urealistisk høje. Scenariet på 10 procent vurderes at være mere realistisk, men det er ikke beregnet, hvorvidt det er realistisk.

Referencer

Andersen, H. E. & Heckrath, G. (redaktører). 2020. Fosforkortlægning af dyrkningsjord og vandområder i Danmark. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. Videnskabelig rapport nr. 397. https://dce2.au.dk/pub/SR397.pdf

Andersen, H. E., Rubæk, G. H., Hasler, B. & Jacobsen, B. H. (redaktører). 2020. Virkemidler til reduktion af fosforbelastningen af vandmiljøet. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. Videnskabelig rapport nr. 379. https://dce2.au.dk/pub/SR379.pdf

Børgesen, C. D., Iversen, B. V., Bach, E. O. & Greve, M. H. 2019. Opdatering af potentialekort for minivådområder med nyt ådalstema. Notat fra DCA dateret 10. juli 2019. https://pure.au.dk/portal/files/177399088/Opdatering_af_potentialekort_Juli_2019_ver_2.pdf.

Børgesen, C. D., Greve, M. H., Bach, E. O., Sechu, G. L., Kjeldsgaard, A. & Hoffmann C. C. 2021. Nyt potentialekort til minivådområdeordningen. Notat fra DCA, Aarhus Universitet, 24.02.2024.

Erichsen, A. C., Nielsen, S. E. B., Timmermann, K., Højberg, A. L., Eriksen, J. & Pedersen, B. F. 2021. Muligheder for optimeret regulering af N- og P-tilførslen til kystvandene med fokus på tilførslen i sommerhalvåret: Analyse og kvantificering. Miljøstyrelsen. Teknisk notat. https://pure.au.dk/ws/portalfiles/portal/228142340/Muligheder_for_optimeret_regulering_af_N_og_P_tilf_rslen_til_kystvandene_med_fokus_p_tilf_rslen_i_sommerhalv_ret.pdf

Erichsen A. C, Larsen, T. C., Christensen, J. P. A. & Timmermann, K. 2024. Second opinion fase III: Styrket modelgrundlag. Styrket modelgrundlag, scenarier og fortolkninger. Arbejdspakke 4. Teknisk rapport. DHI.

Hasler, B., Filippelli, R., Levin, G. & Nainggolan, D. 2022. Økonomiske konsekvensberegninger for vandrammedirektivet i 2027: Scenarier for fuld implementering af VP3 indsatskrav for kystvandoplande 2021-2027. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø- og Energi. Videnskabelig rapport nr. 502. http://dce2.au.dk/pub/SR502.pdf

Hasler, B., Filippelli, R., Levin, G., Andersen, H. E., Hechrath, G., Martinsen, L. & Nainggolan, D. 2023. Omkostningseffektiv placering af fosforvirkemidler i forhold til søer: Indarbejdelse af fosfor i TargetEconN_P samt eksempler på resultater. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. Videnskabelig rapport nr. 560. https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Videnskabelige_rapporter_500-599/SR560.pdf

Hasler, B. & Filippelli, R. 2024. Økonomiske analyser af fosfor- og kvælstofreduktioner beregnet med TargetEconN- og TargetEconP-modellerne – Second Opinion, fase III, styrket modelgrundlag. Københavns Universitet, Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi. IFRO Udredning Nr. 2024/13. https://static-curis.ku.dk/portal/files/402171974/IFRO_Udredning_2024_13.pdf

Hasler, B., Filippelli, R., Levin, G, Andersen, H. E., Nainggolan, D. & Hechrath ,G. 2024.Omkostningseffektiv fosforindsats i søoplande. Dokumentation og opdatering af modellen TargetEconP. IFRO Rapport.

Højberg, A. L, Børgesen, C. D. & Andersen, H. E. 2024. Second opinion, fase III, Styrket modelgrundlag. Delrapport 3: Diffus bidrag og virkemidler.

Miljøministeriet. 2023. Vandområdeplanerne 2021-2027. https://edit.mst.dk/media/njvlvhax/vandomraadeplanerne-2021-2027-22-9-2023.pdf

Regeringen, Venstre, Dansk Folkeparti, Socialistisk Folkeparti, Radikale Venstre, Enhedslisten, Det Konservative Folkeparti, Nye Borgerlige, Liberal Alliance & Kristendemokraterne. 2021. Aftale om grøn omstilling af landbruget. https://fm.dk/media/25302/aftale-om-groen-omstilling-af-dansk-landbrug_a.pdf