



# MULIGHEDER FOR REDUKTION AF DEN DIFFUSE FOSFORTILFØRSEL TIL THISTED BREDNING

Leverance til Kystvandråd for Thisted Bredning

---

Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 381

2026



AARHUS  
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI



# MULIGHEDER FOR REDUKTION AF DEN DIFFUSE FOSFORTILFØRSEL TIL THISTED BREDNING

Leverance til Kystvandråd for Thisted Bredning

---

Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 381

2026

Hans Estrup Andersen

Aarhus Universitet, Institut for Ecoscience



AARHUS  
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

# Datablad

Serietitel og nummer:	Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 381
Kategori:	Rådgivningsrapporter
Titel:	Muligheder for reduktion af den diffuse fosfortilførsel til Thisted Bredning
Undertitel:	Leverance til Kystvandråd for Thisted Bredning
Forfatter:	Hans Estrup Andersen
Institution:	Aarhus Universitet, Institut for Ecoscience
Udgiver:	Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL:	<a href="https://dce.au.dk">https://dce.au.dk</a>
Udgivelsesår:	marts 2026
Redaktion afsluttet:	marts 2026
Faglig kommentering:	Hans Thodsen
Kvalitetssikring, DCE:	Iben Boutrup Kongsfelt
Ekstern kommentering:	<a href="#">Kommentarerne findes her</a>
Finansiell støtte:	Kystvandrådet for Thisted Bredning
Bedes citeret:	Andersen, H.E. 2026. Muligheder for reduktion af den diffuse fosfortilførsel til Thisted Bredning. Leverance til Kystvandråd for Thisted Bredning – Udkast til kapitel i DCE-rapport. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 35 s. - <a href="#">Teknisk rapport nr. 381</a>
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Sammenfatning:	DCE ved Institut for Ecoscience, Aarhus Universitet har opgjort den diffuse fosforbelastning af Thisted Bredning opdelt på tabsveje, vurderet potentialer for en række virkemidler til begrænsning af den diffuse fosforbelastning og estimeret effekterne heraf. Arbejdet er input til Kystvandrådet for Thisted Bredning i arbejdet med at opstille en lokalt funderet vandplan for Thisted Bredning.
Emneord:	Fosfor, virkemidler, Thisted Bredning, Kystvandråd
Foto forside:	Colourbox
ISBN:	978-87-7648-053-0
ISSN (elektronisk):	2244-999X
Sideantal:	35

# Indhold

<b>Forord</b>	<b>5</b>
<b>Sammenfatning</b>	<b>6</b>
<b>Summary</b>	<b>7</b>
<b>1 Indledning</b>	<b>8</b>
<b>2 Metode</b>	<b>9</b>
2.1 Introduktion	9
2.2 Kalibrering af beregningen af diffust fosfortab på transportveje	9
2.3 Kildeopsplitning	15
2.4 Forbehold	15
<b>3 Beregning af effekter af virkemidler mod diffust fosfortab</b>	<b>16</b>
3.1 Skovrejsning	16
3.2 Randzoner	17
3.3 Træer på vandløbsbrinker	17
3.4 Sandfang	18
3.5 Okkerfældningsanlæg	19
3.6 Mindre strækingsbaserede restaureringer af vandløb	20
3.7 Genslyngning af vandløb	20
3.8 Mini-vådområder	21
3.9 Integrerede bufferzoner (IBZ)	22
3.10 Fosfor-vådområder (P-ådale)	23
<b>4 Beregning af effekter ved lokale virkemiddelscenarier</b>	<b>24</b>
4.1 Fosforeffekt af omlægningsplanen	24
4.2 Tre ferske vandområder	25
4.3 Træplantning på udvalgte brinkstrækninger	26
<b>5 Resultater</b>	<b>28</b>
5.1 Kildeopsplitning	28
5.2 Effekter af virkemidler mod diffust fosfortab	30
5.3 Beregning af effekter ved lokale virkemiddelscenarier	30
<b>6 Konklusion</b>	<b>33</b>
<b>7 Referencer</b>	<b>34</b>



## Forord

Rapporten er affødt af et kystvandrådsprojekt omhandlende Thisted Bredning med Thisted Kommune som sekretariatskommune. Kystvandrådet er nedsat som følge af *Aftale om et Grønt Danmark* og *Aftale om implementering af et Grønt Danmark*. Kystvandrådet skal gennemføre lokalt forankrede analyser med henblik på at afdække, om der kan findes alternative veje til at opnå målopfyldelse, som defineret i EU's vandrammedirektiv.

Thisted Kommune har indgået en aftale med Institut for Ecoscience, Aarhus Universitet, om ekspertstøtte til at gennemføre DCE/en grundig gennemgang af de relevante delområder med henblik på at identificere potentialer og virkemidler til reduktion af fosfortilførslen.

Denne rapport beskriver dels virkemidler og potentialer for virkemidler til reduktion af den diffuse fosfortransport til Thisted Bredning, dels effekter i form af en reduktion af fosfortransporten af virkemidlerne.

## Sammenfatning

Dette projekt fokuserer på at anvise muligheder for at reducere diffust fosfortab fra risikoområder i oplandet til Thisted Bredning ved at kombinere detaljeret kortlægning af fosfortab med forskellige virkemidler. Fosfortabet stammer primært fra fem diffuse kilder: erosion, udvaskning til dræn, makroporetab til dræn, tab fra dyrket organisk jord og brinkerosion. Kortlægningen viser, at disse kilder udgør 94 % af det samlede diffuse fosfortab på nationalt niveau.

For at beregne effekten af forskellige virkemidler som skovrejsning, randzoner, træer på vandløbsbrinker, sandfang, mindre strækningsbaserede restaureringer, genslyngning af vandløb, mini-vådområder, integrerede bufferzoner og fosfor-vådområder, anvendes forskellige metoder og modeller. Potentialerområder for disse virkemidler er kortlagt, og effekterne af implementeringen af disse virkemidler på reduktionen af fosfortab er beregnet.

Projektet beregner indledningsvist virkemidlernes effekt ved fuld udnyttelse af potentialerne. Dernæst beregnes effekten af lokalt baserede scenarier. Disse omfatter omlægningsplanen i forbindelse med Grøn Trepert, separate analyser af mulighederne for reduktion af fosfortilførslen til tre ferske vandområder med indsatskrav for fosfor samt beregning af effekter af træplantning og randzoner på en delmængde af vandløb beliggende udenfor beskyttet natur og udenfor områder udpeget i omlægningsplanen.

## Summary

This project focuses on identifying options to reduce diffuse phosphorus losses from high-risk areas in the catchment of Thisted Bredning by combining detailed mapping of phosphorus loss with various mitigation measures. The phosphorus loss originates primarily from five diffuse sources: erosion, leaching to drains, macropore flow to drains, losses from cultivated organic soils, and bank erosion. The mapping shows that these sources account for 94% of the total diffuse phosphorus loss at the national level.

To calculate the effect of different mitigation measures – such as afforestation, buffer strips, trees along stream banks, sediment traps, smaller reach-based restorations, river re-meandering, mini-wetlands, integrated buffer zones, and phosphorus wetlands – various methods and models are applied. Potential areas for these measures have been mapped, and the effects of implementing them on reducing phosphorus loss have been calculated.

The project initially calculates the effect of the measures under full utilization of their potential. Subsequently, the effect of locally based scenarios is assessed. These include the land-use conversion plan associated with the Green Tripartite Agreement, separate analyses of opportunities to reduce phosphorus inputs to three freshwater bodies with phosphorus reduction requirements, and calculations of the effects of tree planting and buffer strips along a subset of streams located outside protected nature areas and outside the areas designated in the land-use conversion plan.

# 1 Indledning

Med "Aftale om akutupakke til forbedring af vandmiljøet" fra den 8. maj 2024 og "Aftale om et Grønt Danmark" fra den 24. juni 2024 er det besluttet at nedsætte op til 18 kystvandråd i perioden 2025-2027 for at sikre en stærk lokal forankring i implementering af udkast til vandområdeplanerne 2021-2027 II. Kystvandrådene er rådgivende partnerskaber, der arbejder på tværs af et eller flere vandoplande i områder med et stort kvælstofindsatsbehov. Centrale milepæle for kystvandrådene er blandt andet:

- frem mod genbesøget af kvælstofindsatsen i sommeren 2026 at bidrage med forslag til virkemidler med tilhørende analyser for det opland, kystvandrådet er nedsat i, således at arbejdet kan indgå i forslag til Vandområdeplanerne 2028-2033, som sendes i høring med udgangen af 2026. Frist for aflevering af kystvandrådets forslag til virkemidler er maj 2026.
- frem mod udgangen af 2027 kan kystvandrådet bidrage med analyser og forsøgsprojekter samt bidrage til at sikre effektiv implementering af arealoplægning og evt. nye virkemidler.

I et projekt omhandlende Thisted Bredning har Thisted Kommune, som er sekretariat for Kystvandråd Thisted Bredning, indgået en aftale med DCE/Institut for Ecoscience, Aarhus Universitet (AU), om ekspertstøtte til at gennemføre en grundig gennemgang af de relevante deloplande med henblik på at identificere potentialer og virkemidler til reduktion af fosfortilførslen.

Dette notat beskriver de data, som AU har stillet til rådighed for kystvandrådet til arbejdet med at undersøge mulighederne for reduktion af den diffuse fosfortilførsel til Thisted Bredning. Der er tale om data vedrørende transportveje for diffust fosfortab samt potentialer for og effekter af fosforvirkemidler.

## 2 Metode

### 2.1 Introduktion

Fosfortab fra det åbne land, det diffuse fosfortab, hidrører kun fra en mindre del af landskabet – de såkaldte risikoområder. For at have effekt skal virkemidler mod diffust fosfortab derfor målrettes mod disse risikoområder. Metoden i nærværende projekt består i at kombinere den detaljerede kortlægning af diffust fosfortab foretaget af Andersen & Heckrath (2020) med en række virkemidler, hvis effekter er beskrevet i Andersen et al. (2020).

Effektberegningen forudsætter, at potentialet for det enkelte virkemiddel er kendt. For visse virkemidler er potentialet ukendt, men er her estimeret: for skovrejsning anvendes kommuneplanernes udpegede skovrejsningsområder som potentiale. For vandløbsvirkemidlerne (genslyngning, hævning af vandløbsbunden, sandfang, okkeranlæg) anvendes de foreslåede indsatser i Vandområdeplanerne 2021-2027 som potentiale. Endelig er der virkemidler (f.eks. fosfor-vådområder), hvor effektberegningen kræver lokal information, og hvor beregningen derfor må afvente en lokal udpegning af placering. Som grundlag for formulering af lokalt funderede scenarier beregnes indledningsvist effekten af, at hele potentialet udnyttes – altså den teoretiske, øvre grænse for reduktion i det diffuse fosfortab. Det vil sjældent være muligt at udnytte det fulde virkemiddelpotentiale, og beregningen har til hensigt at vise mulighederne ved de forskellige virkemidler. Kystvandrådet kan i formulering af lokalt funderede scenarier foreslå andre/ændrede potentialer, som dernæst effekt-beregnes. Det er vigtigt at være opmærksom på, at ikke alle virkemidler er additive; for eksempel får man ikke nogen fosforreduktion ud af at placere en randzone nedenfor en mark med en potentiel erosionsrisiko, hvis denne risiko allerede er elimineret ved at virkemidlet skov allerede er anvendt på marken. Effekterne for de maksimale potentialer er altså beregnet som om der ikke er implementeret andre virkemidler.

Alle effekter i form af reduktion af det diffuse fosfortab er opgjort ved vandløbskant. På trods af at der vil forekomme en vis tilbageholdelse af fosfor i eventuelle nedstrøms beliggende søer (Trolle et al., 2015), er der ikke indregnet retention af fosfortransporten gennem oplandene mod kystvand, da virkemidler fordeles spredt i oplandet, både op- og nedstrøms søer.

### 2.2 Kalibrering af beregningen af diffust fosfortab på transportveje

Andersen & Heckrath (2020) har kortlagt og beregnet fosfortransporten fra de fem mest betydende diffuse kilder: erosion, udvaskning til dræn, tab gennem makroporer til dræn, tab fra dyrket organisk jord og tab via brinkerosion. Fosfortransporterne er beregnet med en række uafhængige modeller. På nationalt niveau tegner de fem diffuse kilder sig for 94 % af den samlede diffuse fosfortransport. Fosfortab med vinderosion og overfladisk afstrømning samt tab via grundvand fra ikke-drænede marker udgør de resterende 6 %.

I det følgende beskrives de fem transportveje kortfattet:

### **Erosion**

Ved erosion foregår der en samlet transport af jord og associeret fosfor. Kilden er derfor indholdet af total-fosfor i det øverste jordlag. Desuden foregår der en berigelse med fosfor af det eroderede materiale i forhold til udgangsjorden på grund af en selektiv transport af finpartikulært materiale med høj affinitet for fosfor. Endelig vil nyligt overfladeudlagt gødning, der ikke med infiltrerende nedbør er ført ned under det øverste jordlag, kunne transporteres med erosion.

### **Matrice-udvaskning**

Normalt bindes fosfor i minerogene jorde hårdt til jordpartiklerne, således at der til enhver tid kun er en lille mængde fosfor i opløsning i jordvæsken. Imidlertid kan der ved stigende mætningsgrad af fosforbindingskomplekset, som helt overvejende består af dårligt krystalliseret jern og aluminium, opstå en kritisk høj koncentration af opløst fosfor i jordvæsken og en udvaskning af fosfor ned gennem jordprofilen.

### **Makropore-udvaskning**

Makroporer er f.eks. regnormegange og gamle rodkanaler, som kan danne forbindelser mellem den fosforberigede overjord og dræn. I lerrige jorde er makroporer stabile og kan ved vandmætning af jorden transportere både opløst fosfor og fosfor bundet på jordpartikler direkte til dræn.

### **Tab af fosfor fra dyrkede, organiske jorde**

På grund af dårlig vandledningsevne og grundet deres beliggenhed i lavtliggende og våde dele af landskabet, kan organiske lavbundsjordene ofte være vandmættede i perioder, selvom de er dræned. Under disse forhold opstår der iltfrie (anaerobe) zoner, hvor jern(III)oxider opløses i forskellig grad i forbindelse med anaerobe mikrobielle omsætningsprocesser. Derved reduceres ferri-jern, Fe(III), fra oxiderne til vandopløseligt ferro-jern, Fe(II), hvorved fosfor frigives til jordvæsken og kan udvaskes.

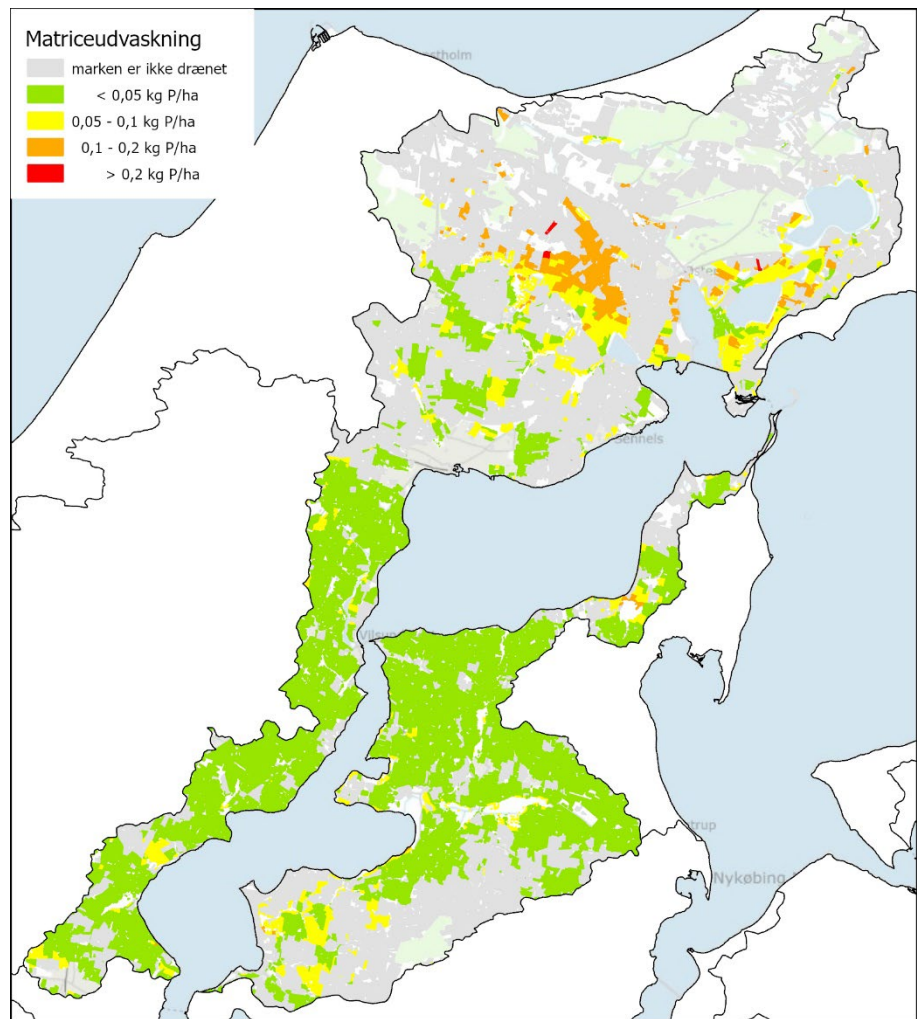
### **Brinkerosion**

Brinkerosion forekommer ved flere fysiske processer: (i) brinksvækkelse – (ved påvirkning af grundvand, tryk på brinker, frost/tø – processer, der sker hele tiden, hvis betingelserne er til stede), (ii) fluvial erosion af brinker (strømmens energi slider materiale fra brinker ved erosion – proces, der sker hele tiden, når brinken er vanddækket), og (iii) brinkkollaps (brinker skrider sammen efter underminering – proces, der sker med lange mellemrum). Samtidig har undersøgelser vist, at fosforindholdet i vandløbsbrinkerne mange steder er højt, hvorfor brinkerosion samlet set er en vigtig tabsvej for fosfor.

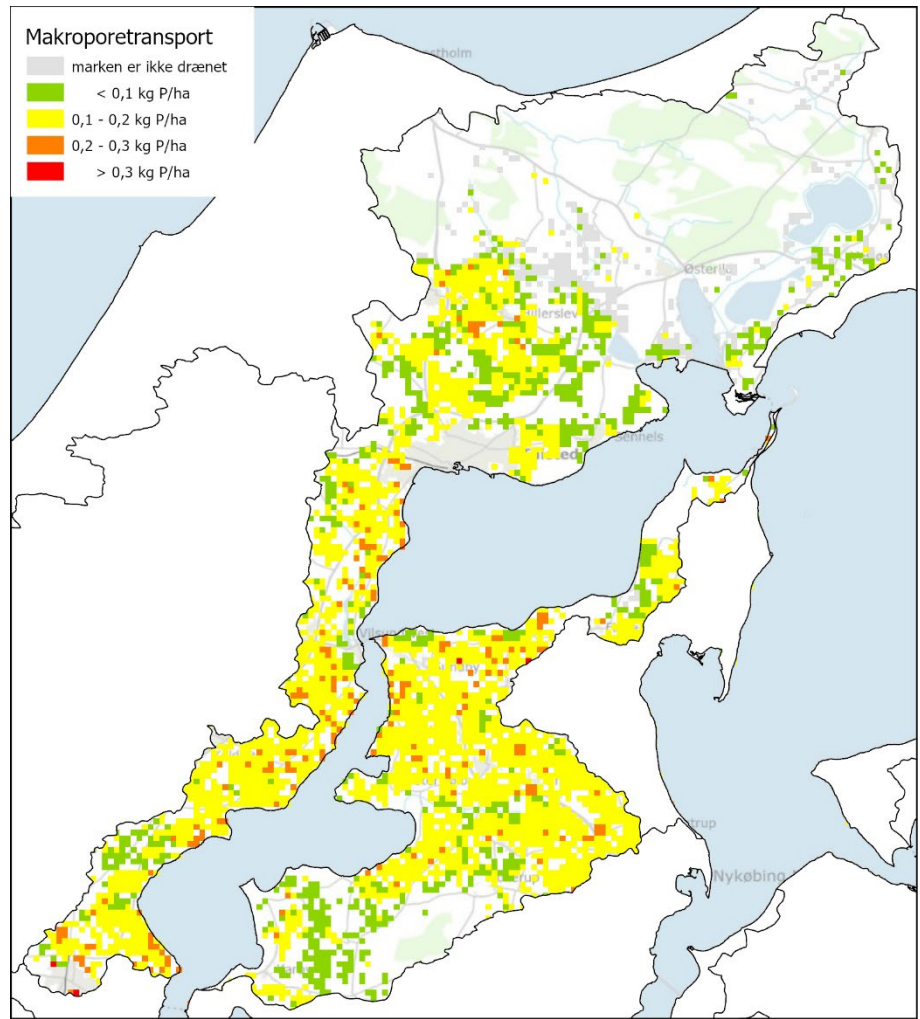
I dette projekt er de modelberegnedede fosfortab via de fem diffuse transportveje summeret på ID15-oplandsniveau. Efterfølgende er den modelberegnedede fosfor-transport justeret, så summen for hvert ID15-opland er identisk med 94 % af den diffuse fosfortransport opgjort ifølge den nationale vandmiljøovervågning NOVANA (Thodsen et al., 2025). De resterende 6 % udgøres af fosfortab med vinderosion og overfladisk afstrømning samt tab via grundvand



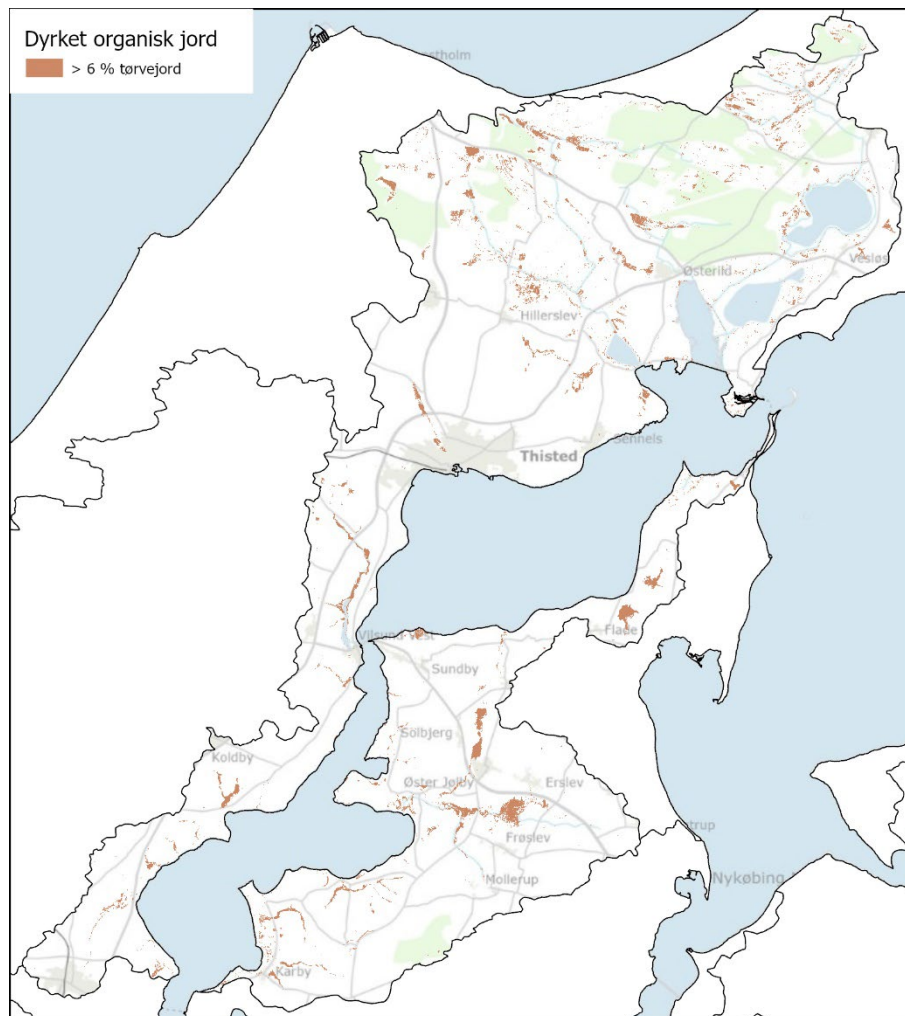
**Figur 2.2.** Udvaskning af fosfor til drænen.



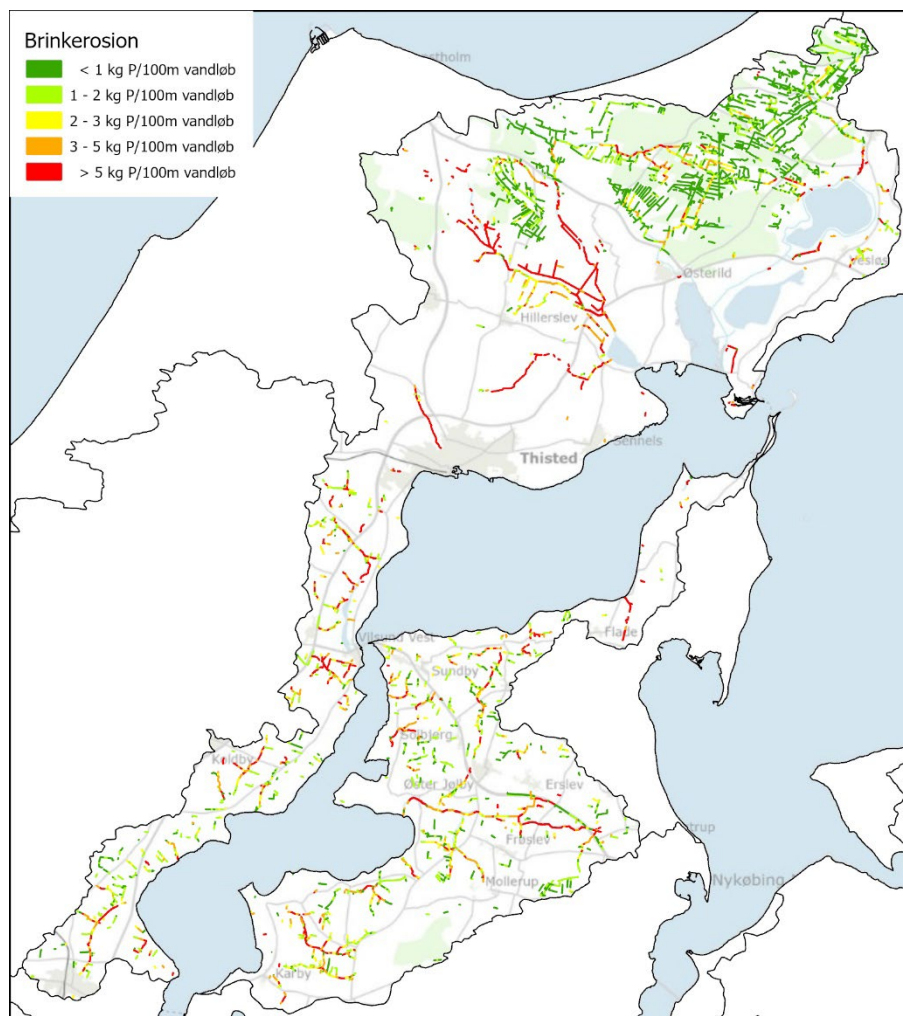
**Figur 2.3.** Tab af fosfor via makroporer til dræn.



Figur 2.4. Dyrket organisk jord.



**Figur 2.5.** Fosfortab ved erosion af vandløbsbrinker.



### 2.3 Kildeopsplitning

For hvert ID15-opland i det samlede opland til Thisted Bredning foretages en kildeopsplitning af det samlede diffuse fosfortab på de mest betydende transportveje: erosion, udvaskning, tab via makroporer, tab fra dyrket organisk jord og brinkerosion. Dette giver en indikation af, hvilke virkemidler der i det enkelte opland vil være effektive.

### 2.4 Forbehold

Der er i mange tilfælde en betydelig usikkerhed på de anvendte tabs- og effektestimater. For usikkerheder på fosfortab henvises til Andersen og Heckrath (2020). For usikkerheder på effekter af fosforvirkemidler henvises til Andersen et al. (2020).

### 3 Beregning af effekter af virkemidler mod diffust fosfortab

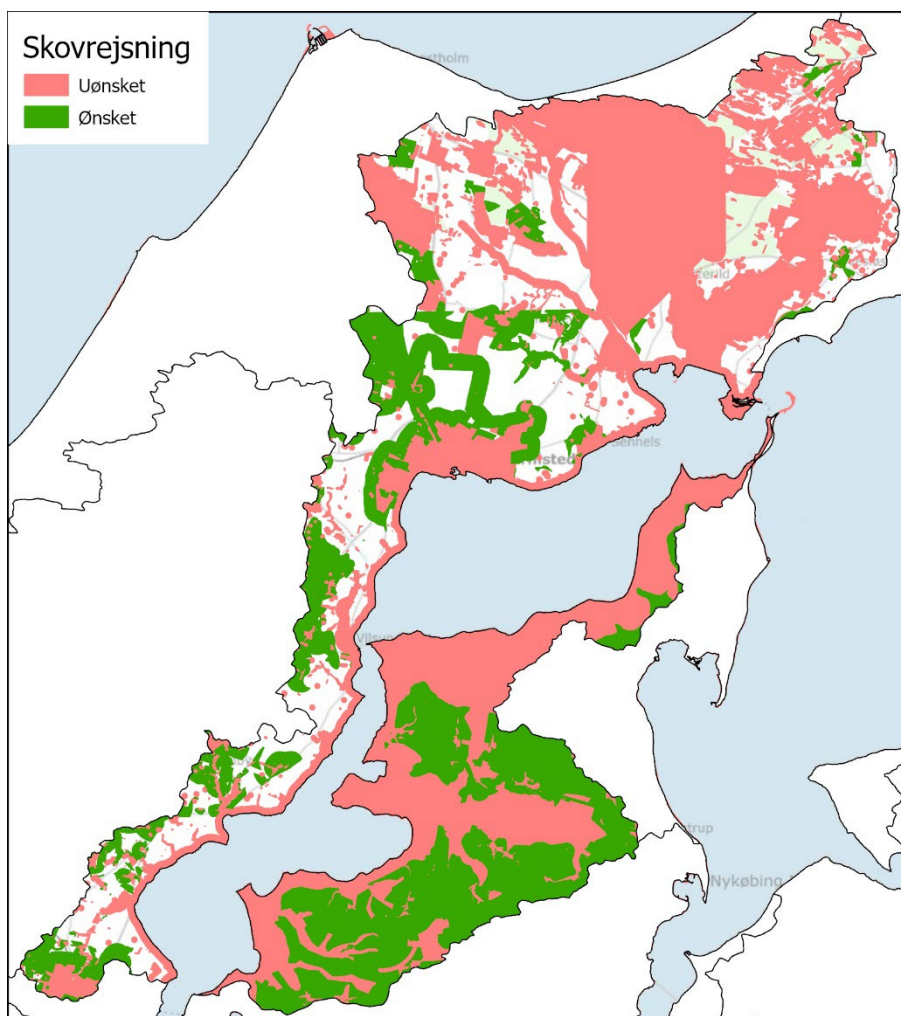
For alle virkemidler gives i det følgende en kort beskrivelse af mekanisme, effekt og potentiale for anvendelse.

#### 3.1 Skovrejsning

Skovrejsning kan modvirke fosfortab ved erosion og kan også reducere risikoen for tab af fosfor via makroporer og eksisterende dræn, idet mobiliteten af opløst og partikelbundet fosfor i jorden reduceres, når jorden ikke længere dyrkes og gødes. Med andre ord kan virkemidlet have effekt i risikoområder for erosion og i risikoområder for makroporestrømning til dræn. Det er estimeret, at fosfortabet ved erosion reduceres 100 %, og at fosfortab via makroporer til dræn reduceres 25-50 % (Andersen et al., 2020).

Risikoarealer for fosfortab via erosion og via makroporer til dræn er kortlagt i Andersen & Heckrath (2020). Som potentielt skovrejsningsareal er anvendt kommunernes indmelding om arealer, hvor skovrejsning er ønsket (figur 3.1). Temaet er downloadet fra [Miljogis \(mim.dk\)](http://Miljogis(mim.dk)).

**Figur 3.1.** Arealer i oplandet til Thisted Bredning, hvor skovrejsning er hhv. ønsket og uønsket.



## 3.2 Randzoner

Målrættede, brede og tørre randzoner bredde designes, så de matcher den overfladiske afstrømning, der strømmer gennem randzonen fra den ovenforliggende mark ned mod vandløbet eller søen. Det betyder, at randzonens bredde fra kronekanten af vandløbet kan varieres fra de f.eks. pligtige 2 meter bræmmer til en bredde bestemt af de lokale topografiske og jordbundsmæssige forhold. De brede randzoner vil typisk kunne udlægges langs mindre og mellemstore vandløb, hvor ådalen er smal. Bredden vil typisk variere mellem 10 og 30 m. Den væsentlige effekt af en udlagt, udyrket bred og tør randzone vil være en forventet større infiltrationskapacitet i en randzone end i et areal i omdrift. Den større infiltration i randzonen opstår i kraft af den permanente vegetation, der med rødderne øger infiltrationskapaciteten i jorden. Når overfladisk afstrømning med dets indhold af jordpartikler og hertil bundet fosfor møder randzonen, vil der både ske en opbremsning af vandet (pga. vegetationsens ruhed) samt en infiltration af vand i randzonen. Begge mekanismer medfører en sedimentation og tilbageholdelse af jord og fosfor. Desuden vil opløst uorganisk fosfor kunne blive sorberet til jordens frie bindingsflader, når vandet infiltrerer i randzonen. Tilbageholdelsen af fosfor i randzoner sker altså ved tre processer: 1) sedimentation i randzonen af jord og dertil bundet fosfor; 2) sorption af opløst fosfat i randzonen i jordmatricen; 3) infiltration og optag af opløste fosforforbindelser i vegetationen i randzonen. Andersen et al. (2020, s. 185-197) beskriver randzonens effekt på fosfortransporten ind i randzonen som en funktion af randzonens bredde. En 20 m bred randzone kan således tilbageholde 75 % af den tilførte totalfosfor.

Risikoarealer for fosfortab via erosion er kortlagt i Andersen & Heckrath (2020). Kortet anviser rumligt, hvor sedimenttransporten med associeret fosfor til vandløb foregår. På grundlag af kortlægningen er alle 50 m vandløbsstrækninger, hvor sedimenttransporten fra mark til vandløb overstiger 1 ton sediment pr. år, identificeret. Med et antaget fosforindhold på 600 mg fosfor pr. kg sediment svarer en sedimenttransport på 1 ton til 0,6 kg fosfor. I beregningerne i nærværende projekt er det antaget, at der udlægges 20 m brede randzoner langs alle de identificerede 50 m vandløbsstrækninger.

## 3.3 Træer på vandløbsbrinker

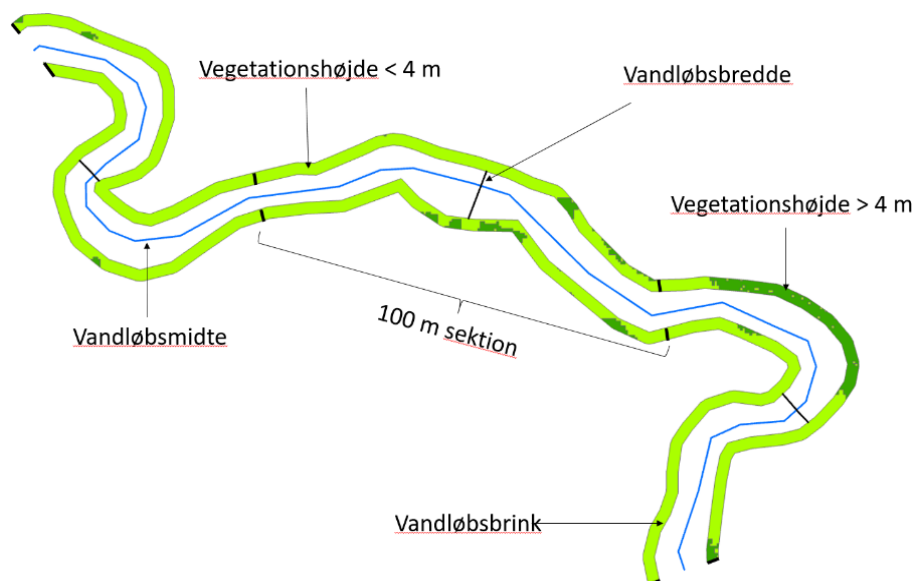
Træer langs vandløbets brinker har i mange undersøgelser vist sig at medvirke til at stabilisere vandløbsbrinken og dermed reducere brinkerrosionen og tilskuddet af sediment og partikulært bundet fosfor. Træernes rodnet trænger ned i brinken og er dermed med til at holde på jorden i brinken. Derved reduceres den løbende erosion af brinkerne ved vandets kræfter, og desuden fastholdes brinken, så perioden, der går mellem store brinkkollaps, forventes at blive betydeligt forlænget.

Kronvang & Larsen (2023) har udviklet en metode til beregning af effekten af træer på vandløbsbrinken. Beregning af effekten kræver information om vandløbets beliggenhed i landskabstype (moræne- eller hedeslettelandskab) og i georegion samt information om vandløbets størrelse (bredde mindre end 2 m, 2-10 m eller større end 10 m) og information om den nuværende vegetation på brinken. Effekten af træer er en reduktion af brinkerrosion på 27-53 % på strækninger, hvor der ikke i den nuværende situation er træer.

Brinkerrosion i alle danske vandløb er kortlagt i Andersen & Heckrath (2020) opgjort på 100 m-vandløbsstrækninger. Kortlægningen indeholder desuden information om vandløbets beliggenhed i hhv. landskabstype og georegion

samt vandløbets bredde. Ydermere er vegetationen i en 2 m's zone på hver side af vandløbet kortlagt og inddelt i hhv. lav vegetation (græs, urter, mindre buske) og høj vegetation (træer) (figur 3.2). Potentialet for træplantning på vandløbsbrinker udgøres således af de vandløbsstrækninger, hvor der for nuværende er lav vegetation.

**Figur 3.2.** Opdeling af vandløb i 100 m-strækninger samt klassificering af vegetationshøjder i brinkzonerne. Mørkegrøn farve indikerer vegetation højere end 4 m og dermed tolket som træagtig vegetation, mens lysegrøn farve indikerer vegetation lavere end 4 m, tolket som buskads og græs- og urtevegetation.



### 3.4 Sandfang

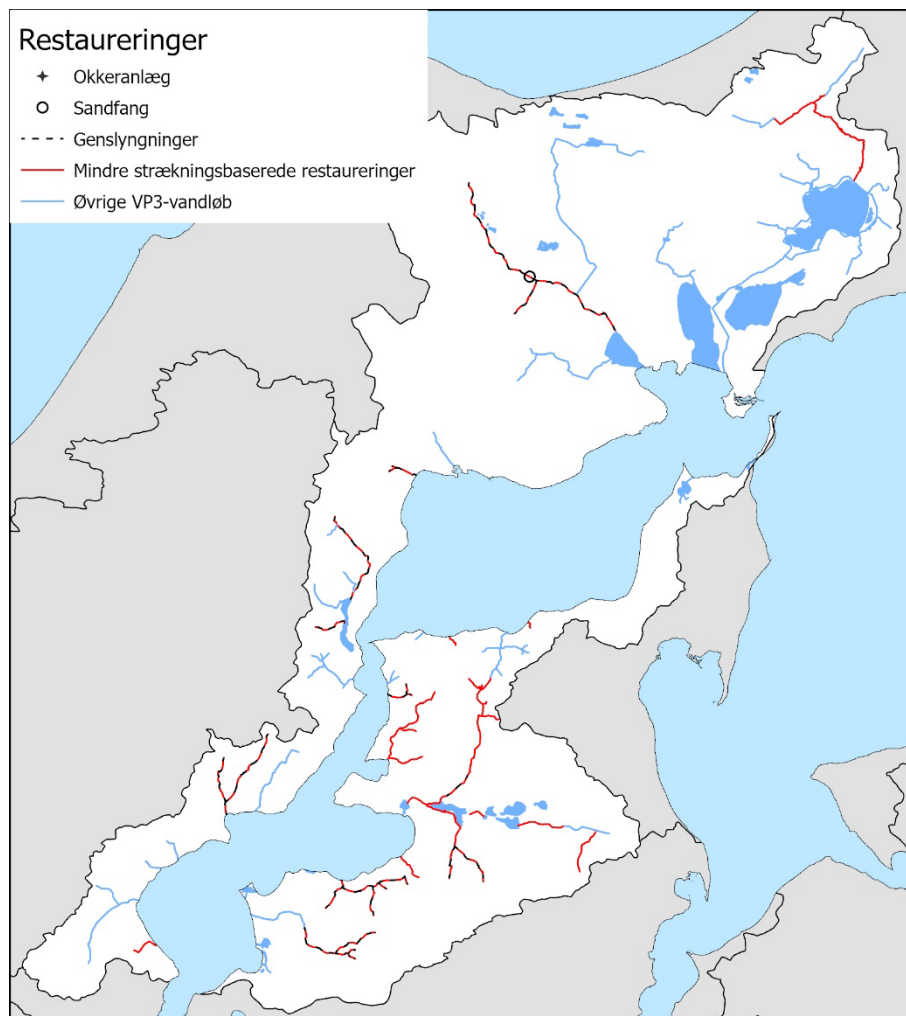
Et sandfang anlægges ved at udvide vandløbets bredde og dybde på en kort strækning. Derved nedsættes vandets hastighed, og sandet transporteres ikke igennem sandfanget under almindelige afstrømningsforhold. Som tommelfingerregel udvides vandløbets bundbredde til 2-3 gange normal bredde, og bunden sænkes til ca. 1 m under normal bund. Sandfangets længde graves til ca. 10 gange vandløbets bredde, afhængigt af sandtransportens størrelse (Wandall et al., 2000). Et forbehold mod sandfang er dog, at vandløbets transportkapacitet nedstrøms sandfanget er øget, hvorved der er risiko for forøget erosion af vandløbets bund og sider specielt i alluviale vandløb (Bartholdy og Hasholt, 1992).

For at bevare sin funktionalitet skal sandfanget jævnlige tømmes for aflejret sediment. Sedimentet indeholder fosfor, hvorfor sandfang har en reducerende effekt på fosfortransporten i vandløbet. I en undersøgelse af sandfangs effekt på fosfortransport i vandløb (Andersen & Nilsson, 2023) er det vist, at den gennemsnitlige størrelse af et sandfang er 75 m<sup>2</sup>, men med stor variation, og at sedimentfjernelsesraten (m<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> år<sup>-1</sup>) varierer mellem georegioner: georegion 2 (Nordjylland) 1,1 m<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> år<sup>-1</sup>, georegion 3 (Vestjylland) 0,5 m<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> år<sup>-1</sup>, øvrige georegioner 0,3 m<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> år<sup>-1</sup>. Der er ikke statistisk signifikant forskel mellem georegioner på sedimentets volumenvægt (gennemsnit 1,41 kg l<sup>-1</sup>) eller sedimentets indhold af totalfosfor (gennemsnit 221 mg P kg<sup>-1</sup>).

Fosforeffekten af et sandfang findes ved først at gange arealet af sandfanget med sedimentfjernelsesraten. Det beregnede sedimentvolumen omsættes til en vægt ved at gange med volumenvægten (gennemsnit 1,41 t m<sup>-3</sup>). Den mængde fosfor, der fjernes med sedimentet, findes ved at gange sedimentets fosforkoncentration (gennemsnit 221 mg P kg<sup>-1</sup> = 0,221 kg P t<sup>-1</sup>) med vægten af sedimentet. Et sandfang med en størrelse på 75 m<sup>2</sup> beliggende i Nordjylland vil således kunne fjerne ca. 26 kg P år<sup>-1</sup> fra vandløbet, mens de tilsvarende tal for sandfang af samme størrelse i hhv. Vestjylland og i de øvrige georegioner er ca. 12 kg P år<sup>-1</sup> og ca. 7 kg P år<sup>-1</sup>.

Sandfang kan principielt anlægges i alle vandløb og med vilkårlig afstand. Der er således ikke nogen teoretisk øvre grænse for mængden af sandfang. Der findes allerede mere end 1000 sandfang i danske vandløb (Andersen & Nilsson, 2023). Som potentiale for etablering af nye sandfang er anvendt de foreslåede indsatser i vandområdeplanerne for tredje planperiode (figur 3.3) (data downloadet fra <https://miljoegis.mim.dk/spatialmap?profile=vandrammedirektiv3-2022>)

**Figur 3.3.** Placering af foreslåede sandfang i vandområdeplanerne for tredje planperiode. Desuden er vist placering af eventuelle, foreslåede okkeranlæg samt øvrige foreslåede vandløbsindsatser i form af hhv. genslyngninger og mindre strækingsbaserede restaureringer.



### 3.5 Okkerfældningsanlæg

Okkerfældningsanlæg er gravede damme med åbent vandspejl eller lavvandede grødefyldte bassiner, som er etableret på mindre vandløb med henblik på at ilte opløst ferro-jern og tilbageholde partikulært ferrijern. Okkerfældningsanlæg kan etableres med støtte i okkerloven fra 1985, og der er etableret over 100 anlæg i okkerpotentielle afstrømningsområder i Vest- og Sønderjylland (DHI, 2014). Anlæggene har typisk et areal på 0,5 - 2,5 ha. Fosfor, som transporteres i vandløbssystemet, kan tilbageholdes sammen med partikulært jern (ferrioxhydroxider) i anlæggene, og dermed nedsætter de også transporten af total-fosfor til nedstrøms recipienter. Okkerfældningsanlæg er beslægtede med minivådområder og kan som disse placeres, så de opsamler drænuvløb. Effekten på reduktion af fosfortransport er  $140 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$  (Andersen et al., 2020, s. 220-228). En gennemgang af publicerede okkerfældningsanlæg viser en gennemsnitlig størrelse af et anlæg på 1,0 ha. Denne størrelse er anvendt i beregning af fosforeffekten af okkerfældningsanlæg i nærværende projekt.

Okkerfældningsanlæg etableres kun i okkerpotentielle områder som lavbundsjarde i Vest- og Sønderjylland. Disse områder vurderes at udgøre 300.000 ha svarende til 10 % af Jyllands areal (Kjærgaard og Forsmann 2014). Som potentiale for etablering af nye okkerfældningsanlæg er anvendt de foreslåede indsatser i vandområdeplanerne for tredje planperiode, figur 3.3 (data downloadet fra <https://miljoegis.mim.dk/spatialmap?profile=vandrammedirektiv3-2022>). Der er ikke potentiale for etablering af okkerfældningsanlæg i oplandet til Thisted Bredning.

### 3.6 Mindre strækingsbaserede restaureringer af vandløb

Mindre, strækingsbaserede restaureringer kan ifølge Miljøministeriet (2021) omfatte udlægning af groft materiale, udskiftning af bundmateriale, hævning af vandløbsbunden uden genslyngning og plantning af træer langs vandløb. Vi har ikke mulighed for at estimere en eventuel effekt på fosfortransporten i vandløb af hhv. udlægning af groft materiale og udskiftning af bundmateriale. Plantning af træer langs vandløb behandles i nærværende projekt som et selvstændigt virkemiddel mod fosfortab ved brinkerrosion. Hævning af vandløbsbunden har også en reducerende effekt på brinkerrosion ved at mindske den flade, der kan eroderes. I projektet har vi antaget, at alle udpegede strækingsbaserede restaureringer, foretages som en hævning af vandløbsbunden. Her ved overestimerer vi med stor sandsynlighed potentialet, da kommunerne i mange tilfælde undgår at hæve vandløbsbunden for at overholde vandløbsregulativet. Et forbehold mod hævning af vandløbsbunden er, at det risikerer at øge den laterale erosion medmindre vandløbet allerede har sin naturlige bredde svarende til den hævede vandløbsbund (f.eks. Donnelly, 1993).

Den relative effekt på fosfortab ved brinkerrosion af en hævning af vandløbsbunden beregnes efter Andersen & Nilsson (2023) gennem en sammenligning af fosfortabet før og efter hævning af bunden. Den relative effekt overføres på det forlods beregnede fosfortab ved brinkerrosion på strækningen (beregnet i Andersen & Heckrath, 2020). Der kræves information om landskabstype, vandløbsbredde og længden af vandløbsstykket, hvor bunden hæves. I nærværende projekt er der beregnet effekt af hævning af vandløbsbunden for seks kombinationer af landskabstype og vandløbsbredde: hhv. vandløb i moræne og vandløb på hedeslette opdelt på små vandløb (0-2 m), mellemstore vandløb (2-10 m) og store vandløb (større end 10 m). Det forudsættes, at vandløbsbunden hæves 40 cm.

Mindre strækingsbaserede restaureringer kan principielt anlægges i alle vandløb og med vilkårlig afstand. Som potentiale for etablering af nye strækingsbaserede restaureringer er anvendt de foreslåede indsatser i vandområdeplanerne for tredje planperiode (figur 3.3) (data downloadet fra <https://miljoegis.mim.dk/spatialmap?profile=vandrammedirektiv3-2022>).

### 3.7 Genslyngning af vandløb

Genslyngning af udrettede vandløb til vandløb med naturligt, slyngnet forløb kan foretages med det formål, at vandløbets naturlige morfologiske processer kan udfoldes (Miljøministeriet, 2021). Genslyngning medfører et længere vandløb, hvorved et større brinkareal kan udsættes for erosion. Ydermere er brinkerrosionsraten (antal mm eroderet brink per år) for vandløb på hedeslette markant større for slyngede vandløb end for udrettede vandløb (Kronvang & Larsen, 2023). Genslyngning af vandløb bør derfor suppleres med hævning af vandløbsbunden, ændret brinkhældning og/eller plantning af træer på

brinken for at reducere brinkerrosion, således at tilførslen af fosfor til vandløbet formindskes fremfor for at øges.

Den relative effekt på fosfortab ved brinkerrosion af en genslyngning af vandløbet beregnes efter Andersen & Nilsson (2023) gennem en sammenligning af fosfortabet før og efter genslyngning. Den relative effekt overføres på det foruds beregnede fosfortab ved brinkerrosion på strækningen (beregnet i Andersen & Heckrath, 2020). Der kræves information om landskabstype, vandløbsbredde og længden af vandløbsstykket, der genslynges. I nærværende projekt er der beregnet effekt af genslyngning af vandløb for seks kombinationer af landskabstype og vandløbsbredde: hhv. vandløb i moræne og vandløb på hedeslette opdelt på små vandløb (0-2 m), mellemstore vandløb (2-10 m) og store vandløb (større end 10 m). Det forudsættes, at slyngningsgraden er 1,4, at brinkanlæg før genslyngning er 1:1, mens det efter genslyngning er 1:1,25 og med anlæg i indersiden af meanderbuer på 1:3, samt at vandløbsbunden hæves 40 cm.

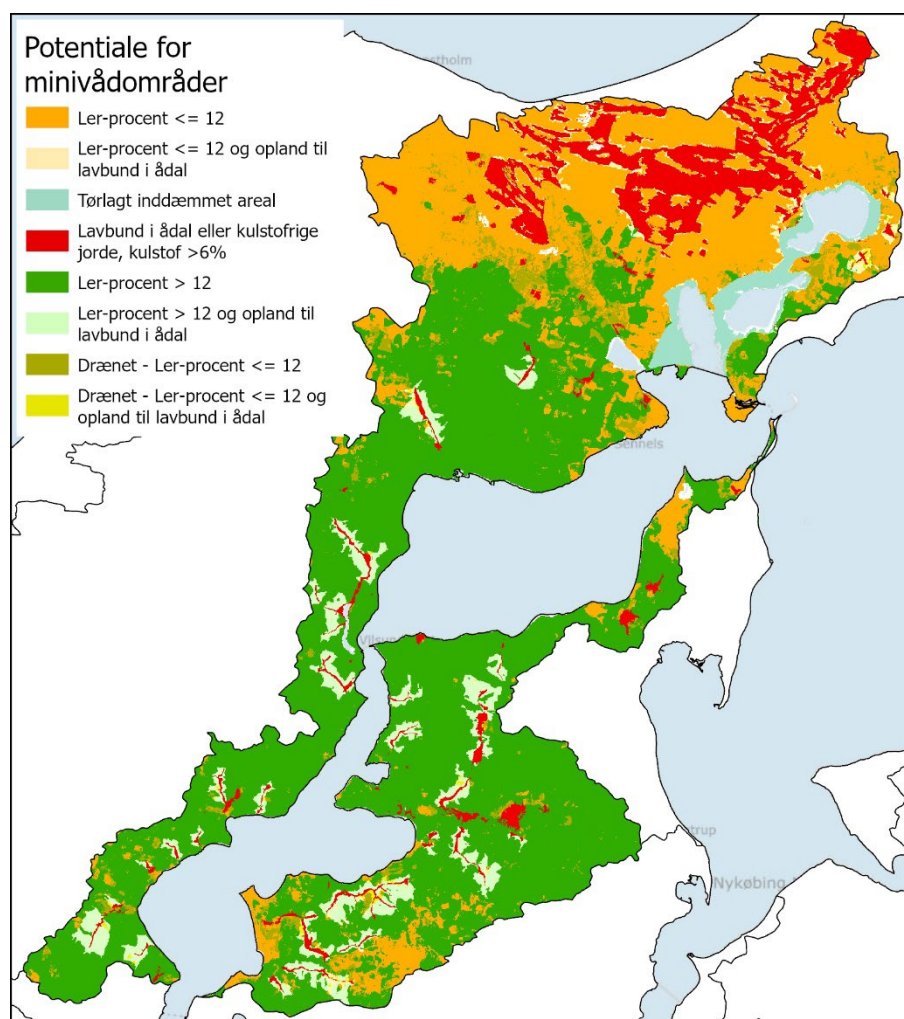
Genslyngning kan principielt foretages på alle udrettede vandløb. Som potentiale for genslyngning er anvendt de foreslåede indsatser i vandområdeplanerne for tredje planperiode (figur 3.3) (data downloadet fra <https://miljoegis.mim.dk/spatialmap?profile=vandrammedirektiv3-2022>)

### 3.8 Mini-vådområder

Minivådområder med åben vandflade er et drænvirkemiddel, som anvendes som en *end-of-pipe*-løsning, der etableres på et areal beliggende umiddelbart før drænets udløb i vandløb. Fosfor på både opløst og partikelbundet form kan tilføres drænvandet via udvaskning og transport gennem makroporer. Et åbent minivådområde består af et sedimentationsbassin efterfulgt af et bassin med skiftende dybe og lavvandede vegetationszoner. Det nuværende design viser god effekt på retention af fosfor. Andersen et al., 2020 (s. 146-155) angiver en tilbageholdelse af den tilførte mængde totalfosfor på 25-65 %.

Risikoarealer for fosfortab via udvaskning til dræn og via makroporer til dræn er kortlagt i Andersen & Heckrath (2020). Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet, har for Landbrugsstyrelsen udarbejdet et potentialekort, der viser områder, hvor minivådområder kan etableres (Børgesen et al., 2024). Det er i nærværende projekt valgt at begrænse potentialet til klasserne 'ler-procent >12' og 'drænet, ler-procent ≤12', figur 3.4. Områderne, som er opland til lavbund, er 'betinget egnede' til mini-vådområder, men kræver at kommunerne frigiver arealerne, der som udgangspunkt er reserveret til de store kommunale vådområdeprojekter. Potentialekortet for minivådområder er overlagt med hhv. kortet, der viser områder med fosforudvaskning til dræn, og kortet, der viser områder, hvor der forekommer fosfortab via makroporer til dræn. Det er i maksimalscenariet antaget, at hele fosfortabet med udvaskning og via makroporer inden for det potentielle minivådområdeareal kan behandles i minivådområder med ovenstående renseseffekt.

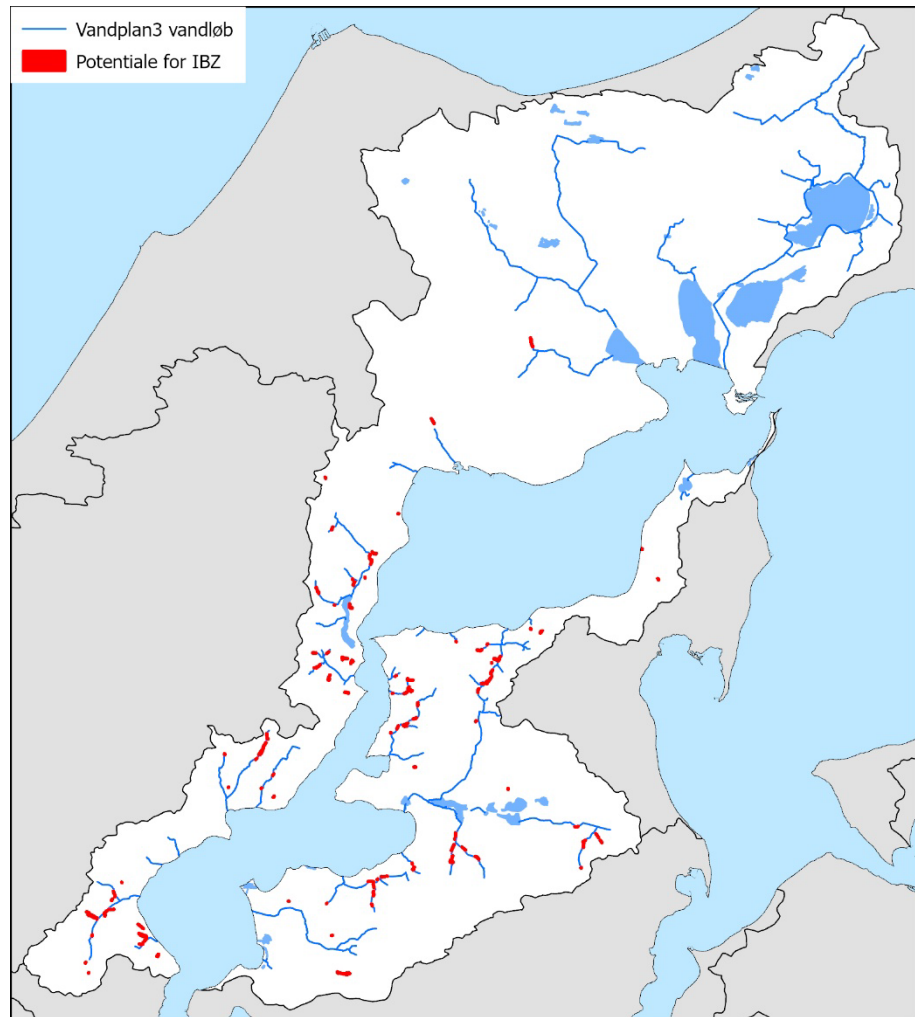
**Figur 3.4.** Potentialet for etablering af mini-vådområder udgøres af de to klasser hhv. "Ler-procent > 12" og "Drænet - lerprocent <= 12".



### 3.9 Integreerede bufferzoner (IBZ)

Integreerede bufferzoner (IBZ) er et drænvirkemiddel, som anvendes i randzonen langs med grøfter og vandløb samt rundt om søer til afskæring af drænvand og eventuelt overfladisk afstrømmende vand fra skrånende marker. En IBZ består af en dybere grøft og en lavvandet infiltrationszone. Den integreerede bufferzone virker ved, at drænvandet samt eventuelt overfladisk afstrømmende vand fra marken skal passere gennem IBZ'ens åbne vanddel, hvorved vandets opholdstid forlænges, og partikelbundet fosfor kan tilbageholdes ved sedimentation. Desuden kan opløst fosfat blive optaget i planter og træer i IBZ-anlægget, og der kan ske en adsorption af opløst fosfat til frie bindingsflader i anlæggets sediment. En del af drænvandet vil fra den åbne vanddel af IBZ'en kunne infiltrere gennem en anlagt infiltrationszone, hvor vandet nedsiver og strømmer gennem jorden i randzonen bag IBZ-anlægget mod vandløb. IBZ-anlæg kan ansues som et supplement til mini-vådområder, da de typisk kan etableres på mindre drænsystemer (<25 ha), og hvor der er en rimeligt stor terrænhældning på marken (>4 %) i den nedre del mod vandløb og sø. Andersen et al. (2020, s. 118-131) vurderer, at et IBZ-anlæg kan tilbageholde 30-70 % af den tilførte fosfor. Potentialet for anlæggelse af IBZ-anlæg er vurderet af Institut for Agroøkologi, figur 3.5 (Heckrath, G., pers. komm.).

**Figur 3.5.** Potentiale for anlægelse af integrerede bufferzoner (IBZ).



### 3.10 Fosfor-vådområder (P-ådale)

Fosforvådområder eller P-ådale er områder langs vandløb, der etableres med det formål at tilbageholde suspenderet stof og partikulært fosfor via sedimentation, når områderne oversvømmes af vandløbsvand i forbindelse med store afstrømningshændelser. Virkemidlet er først og fremmest tænkt anvendt opstrøms søer, hvor der er behov for at reducere tilførslen af fosfor for at forbedre den økologiske tilstand i søen. Kriteriet for anlægelse af P-ådale er først og fremmest, at der forekommer perioder med store vandføringer i det pågældende vandløbssystem, og dernæst at der er kendskab til mængden og koncentrationen af suspenderet stof i vandløbet.

Sedimentation på vandløbsnære arealer og ådale er styret af flere faktorer: topografien, sedimentkoncentrationen, oversvømmelsens varighed, antallet af oversvømmelser, udvekslingen af vand mellem å og oversvømmet areal, strømningsmønstret på det oversvømmede areal og åens morfologi (geometri, hældning, sinuositet). Andersen et al., (2020, s. 198-209) angiver vejledende deponeringsrater af partikelbundet fosfor på 0,5-1,5 kg P pr. oversvømmet hektar pr. dag.

For nuværende findes der ikke et kortlagt potentiale for fosfor-vådområder. En beregning af effekten kræver således lokal information om minimumstørrelsen af det oversvømmede areal og længden af oversvømmelser.

## 4 Beregning af effekter ved lokale virkemiddelscenarier

### 4.1 Fosforeffekt af omlægningsplanen

Omlægningsplanen i forbindelse med Grøn Trepert indeholder for oplandet til Thisted Bredning forslag til områder udlagt til hhv. ekstensivering, kvælstofvådområder, lavbundsprojekter og skovrejsning, figur 4.1. Effekten på fosforudledning af de forskellige alternative arealanvendelser er beregnet under følgende antagelser:

#### Ekstensivering/braklægning

Ved ekstensivering af erosionstruede omdriftsarealer på højbund kan man forvente, at fosfortabet ved erosion reduceres 100 % (Andersen et al. 2009, Schou et al 2007). Denne effekt skønnes at være ret sikker. Hvor den nuværende arealanvendelse er permanent vegetation (vedvarende græs), vil fosfortab ved erosion allerede være negligibelt. Her er der således ingen fosforeffekt. Mht. fosfortab via vandafstrømning i makroporer og dræn (udvaskning) er det også ret sikkert, at der vil være en effekt, uanset om marken er i omdrift eller ej, men størrelsen af denne er dårligt belyst. Det er tidligere blevet skønnet, at fosfortabet via udvaskning fra et risikoareal vil kunne reduceres med 25-50 % ved at rejse skov på en risikomark frem for at lade den fortsætte i omdrift (Andersen et al., 2009, Schou et al., 2007). Det skønnes, at effekten af permanent udtagning til ugødet brak for udvaskning vil være af tilsvarende størrelse. I beregningerne er anvendt et gennemsnit på 37,5%. Fosfortabet fra dyrket organisk jord er estimeret til gennemsnitligt 1,9 kg P/ha (Andersen og Heckrath, 2020). Ved ophør af dyrkning antages fosfortabet at reduceres til 1 kg P/ha, altså en effekt på 0,9 kg P/ha.

#### Skovrejsning

Fosforeffekten er den samme som ved braklægning: 100% reduktion af erosionstab fra omdriftsarealer og 37,5% reduktion af fosfortabet ved udvaskning fra både omdriftsarealer og arealer med vedvarende græs, der omlægges til skov.

#### Kvælstofvådområder

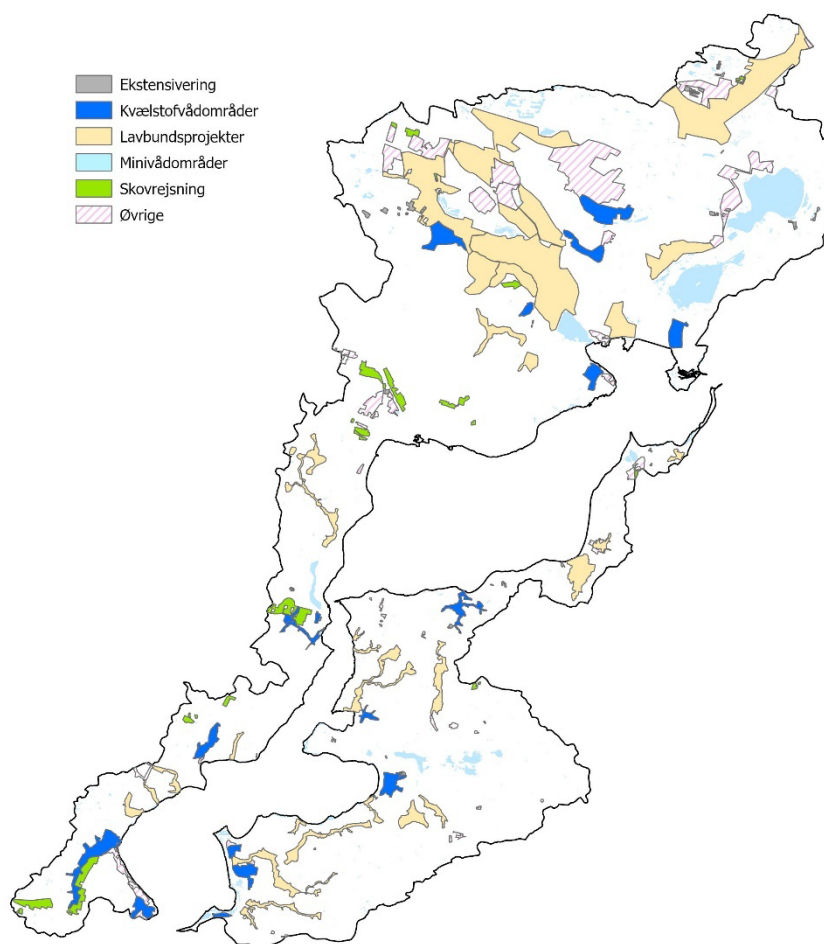
Fosforeffekten for den del af marken, der ligger udenfor ådalen, er som ved braklægning: 100% reduktion af erosionstab fra omdriftsarealer og 37,5% reduktion af fosfortabet ved udvaskning fra både omdriftsarealer og arealer med vedvarende græs. Er en del af marken udenfor ådalen dyrket organisk jord, sættes effekten som ovenfor til 0,9 kg P/ha. Målinger af fosfortab ved ådals-vådområder varierer fra et fosfortab til en fosfortilbageholdelse afhængigt af, hvordan vådområdet etableres (udelukkende ved overrisling med drænvand, ved gennemstrømning af grundvand, ved mulighed for midlertidige oversvømmelser med vandløbsvand, eller ved kombinationer af disse) (Andersen et al., 2020 s. 146-155)). Her er det konservativt antaget, af fosforeffekten er 0 for den del af marken, der ligger i ådalen.

## Lavbundsprojekter

Ved lavbundsprojekter ekstensiveres landbrugsdriften, eller den ophører helt, og en del af området vådlægges. Der er endnu kun ufuldstændige og modstridende data på effekten af vådlægning af store lavbundsarealer, men det er velkendt, at vådlægning af tidligere dyrkede jorde kan resultere i betydelig fosfor-mobilisering afhængigt af størrelsen af fosforpuljen og især af fosforbindende elementer, primært jern og aluminium. Der findes en række afværgeforanstaltninger, der kan tages i brug for at bremse en eventuel fosformobilisering som følge af vådlægning: høst af biomasse i en årrække før vådlægning, fjernelse af den mest fosforberigede topjord eller etablering af fosforfiltre ved udløb fra lavbundsområdet, f.eks. i form af jern-coated sand. I nærværende beregning er der kun taget højde for ekstensiveringseffekten, som beregnes som ovenfor beskrevet, men altså ikke for en eventuel fosformobilisering som følge af vådlægning. Effektberegningen er derfor særdeles usikker og kan være stærkt overvurderet.

Resultatet af beregning af effekter af omlægningsplanen fremgår af afsnit 5.3.1.

**Figur 4.1.** Omlægningsplanens forslag til udtagning og alternative arealanvendelser i oplandet til Thisted Bredning.

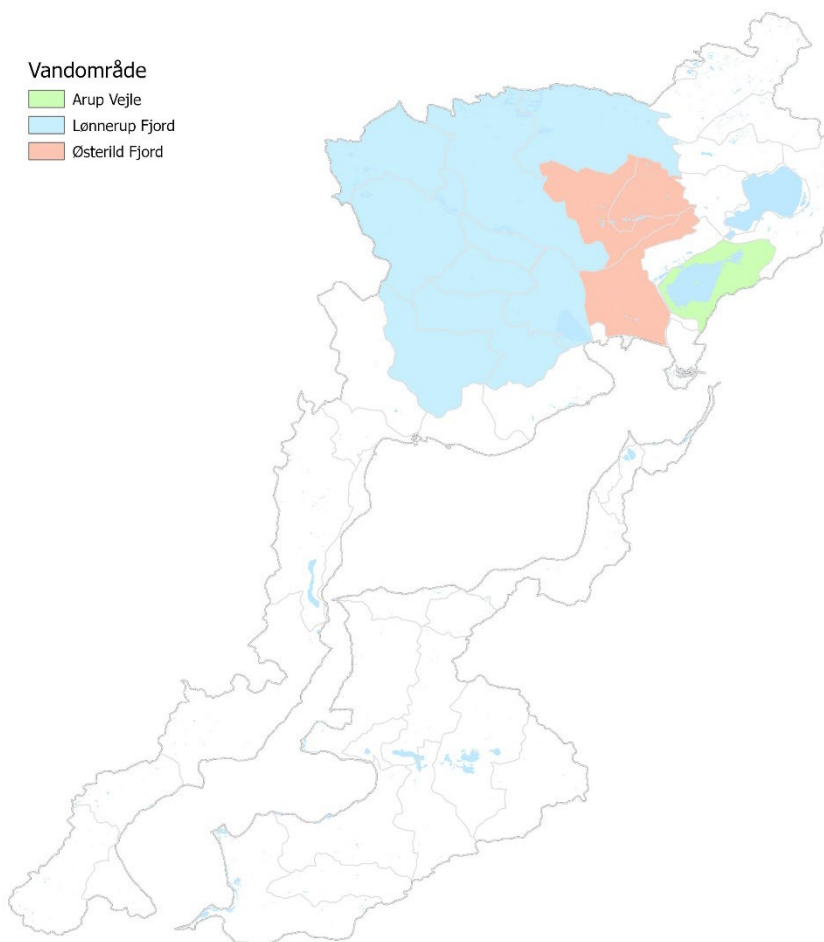


## 4.2 Tre ferske vandområder

I oplandet til Thisted Bredning findes tre ferske vandområder med krav til reduktion i ekstern tilførsel af fosfor ifølge vandområdeplanerne. Det drejer sig om hhv. Lønnerup Fjord med et reduktionskrav på 4.084 kg P, Østerild Fjord med et reduktionskrav på 651 kg P og Arup Vejle med et reduktionskrav på 95 kg P. Oplandene til de tre ferske vandområder er vist i figur 4.2.

For de tre områder er den samlede fosfortilførsel opgjort som gennemsnit for perioden 2015 – 2024, og effekten af en række virkemidler til reduktion af det diffuse fosfortab er estimeret (afsnit 5.3.2). Beregningerne er foretaget som beskrevet i kapitel 3. Desuden er fosforeffekten af omlægningsplanen beregnet særskilt for de tre ferske vandområder. Beregningerne er foretaget som beskrevet i afsnit 4.1.

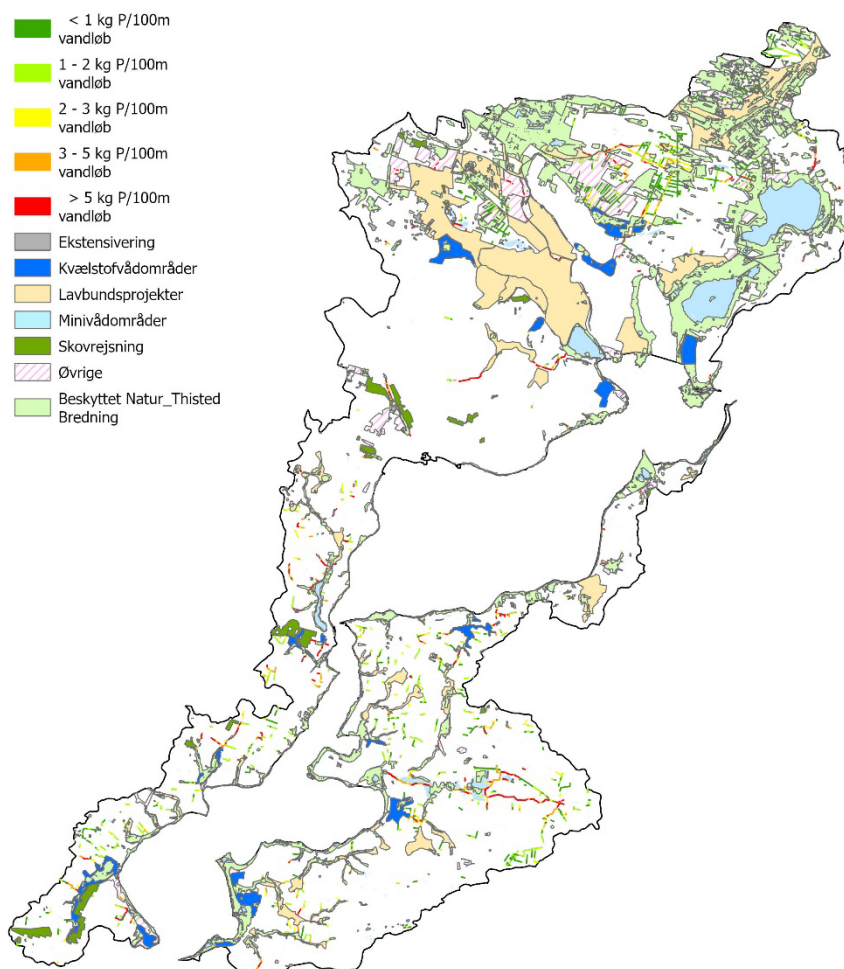
**Figur 4.2.** Oplandene til tre ferske vandområder. Oplandet til Arup Vejle indgår i oplandsarealet til Østerild Fjord.



### 4.3 Træplantning på udvalgte brinkstrækninger

Kystvandrådet har ønsket at undersøge effekten af træplantning på brinkerosion på udvalgte strækninger: vandløb, der er omfattet af hhv. beskyttet natur og områder udpeget i omlægningsplanen friholdes fra træplantning, mens der plantes træer på 20% af de resterende brinker, hvor der ikke i forvejen er træagtig vegetation. Figur 4.3 viser vandløb, der ligger udenfor hhv. beskyttet natur og områder udpeget i omlægningsplanen. I beregning af effekten af træplantning på reduktion af brinkerosion er de 20% brinkstrækninger udvalgt, hvor effekten er størst.

**Figur 4.3.** Vandløbsstrækninger beliggende udenfor områder med beskyttet natur og områder omfattet af omlægningsplanen. Brinkerosion i kg P/100 m vandløbsstrækning er angivet.



#### 4.4 Randzoner mod erosion langs udvalgte vandløbsstrækninger

Kystvandrådet har desuden ønsket at undersøge effekten af 20 m randzoner placeret langs vandløb som beskyttelse mod erosion fra tilstødende arealer på udvalgte strækninger: vandløbsstrækninger, der ligger udenfor hhv. beskyttet natur og områder udpeget i omlægningsplanen, figur 4.3.

## 5 Resultater

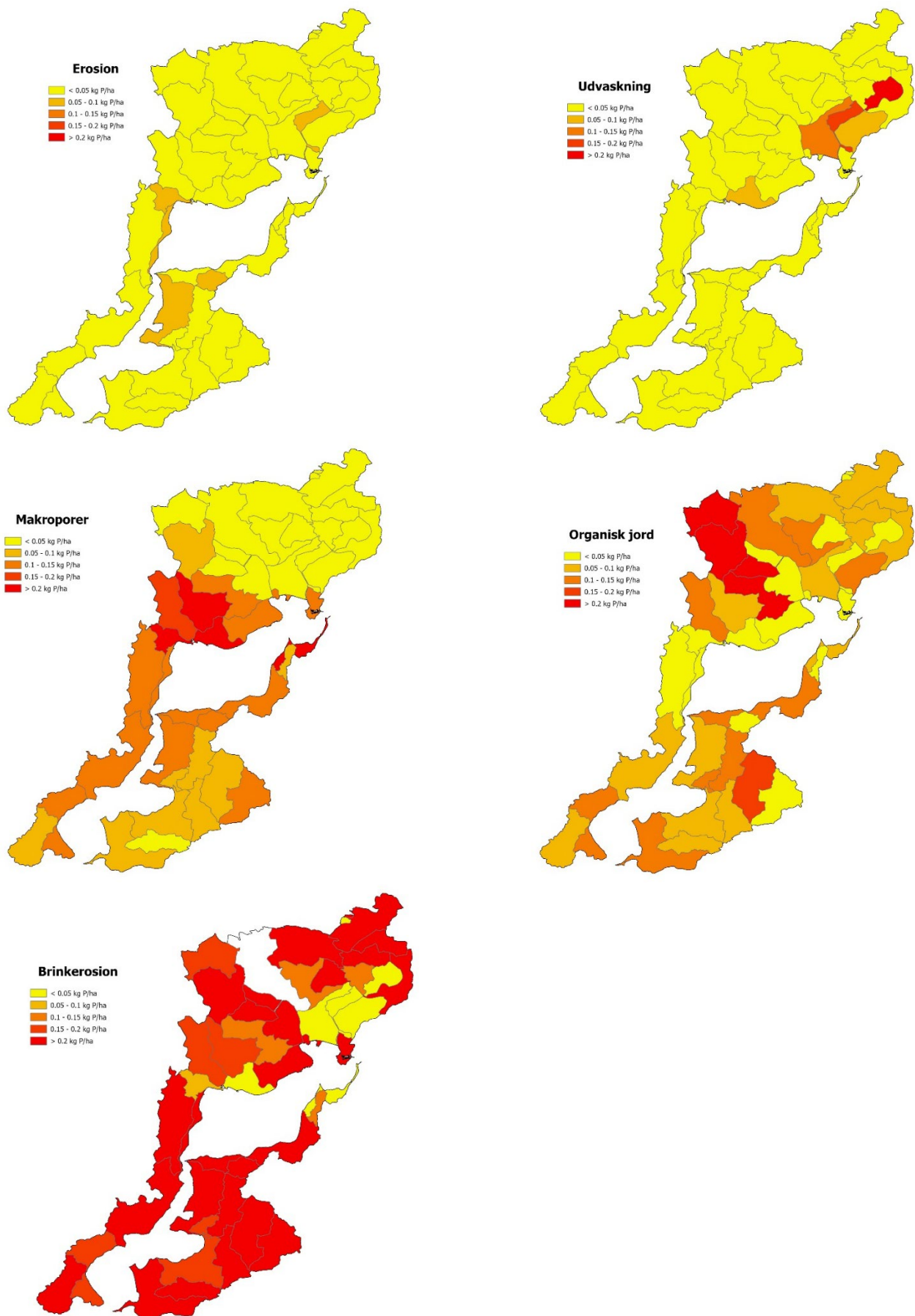
### 5.1 Kildeopsplitning

Den samlede, årlige fosfortilførsel til Thisted Bredning er som gennemsnit over perioden 2014-2023 på 37,6 tons P, hvoraf det diffuse bidrag udgør 33,4 tons P. Tabel 5.1 viser for Thisted Bredning kildeopsplitningen på punktkilder og på diffust bidrag med en yderligere opsplitting på del-bidrag.

**Tabel 5.1.** Kildeopsplitning af fosfortilførslen til Thisted Bredning. Gennemsnit for perioden 2014 – 2023.

<b>Total tilførsel</b>		<b>37.600 kg P</b>
<b>Punktkilder</b>		<b>4.200 kg P (11 % af total tilførsel)</b>
Relativ betydning af de enkelte punktkilder		
	Dambrug	4 %
	Industri	0 %
	Regnvandsbetingede udløb	25 %
	Spredt bebyggelse	9 %
	Renseanlæg	63 %
<hr/>		
<b>Diffust bidrag</b>		<b>33.400 kg P (89 % af total tilførsel)</b>
Andel af den samlede diffuse tilførsel		
	Tab via makroporer	16 %
	Udvaskning	5 %
	Erosion	5 %
	Tab fra dyrket, organisk jord	19 %
	Brinkerosion	49 %

I figur 5.1 er fosfortabene ad de fem transportveje vist på ID15-oplandsniveau. Tabene er arealvægtede (kg P/ha) og vist med samme legende for at lette sammenligning mellem transportveje og oplande.



**Figur 5.1.** Arealvægtet tab af fosfor (kg P/ha/år) via hhv. erosion, udvaskning, makroporer, dyrket organisk jord og brinkerosion opgjort på ID15-oplandsniveau.

## 5.2 Effekter af virkemidler mod diffust fosfortab

Reduktion i diffust fosfortab ved fuld udnyttelse af virkemiddelpotentialet er beregnet for alle virkemidler og opgjort på ID15-niveau. Disse data er i tabel 5.2 aggregeret og vist for Thisted Bredning. For virkemidlerne randzoner, træer langs vandløb, IBZ og mini-vådområder er der regnet på det fulde potentiale. For virkemidlerne skovrejsning, hævning af vandløbsbunden, genslyngning og sandfang er der regnet på det omfang, de er omfattet af vandområdeplanerne eller for skovrejsnings vedkommende kommuneplanen. Her er der således mulighed for at opnå en større effekt ved at etablere mere skov, hæve vandløbsbunden på længere strækninger, gennemføre slyngninger af vandløb eller etablere flere sandfang. Beregning af effekter af fosfor-ådale er ikke foretaget, da dette kræver lokal information om placering og omfang.

**Tabel 5.2.** Thisted Bredning. Reduktion i diffust fosfortab. For randzoner, træer langs vandløb, IBZ og mini-vådområder er der anvendt fuld udnyttelse af virkemiddelpotentialet. Potentialet for skovrejsning er fra kommuneplanen. Hævning af vandløbsbunden, genslyngning og sandfang er anvendt i det omfang, virkemidlerne er foreslået i vandområdeplanerne. Bemærk: effekterne er ikke alle additive.

	Effekt, kg P	Anvendt potentiale
Skovrejsning	510	12.300 ha (kan øges)
20 m randzoner	100	7,8 km
Træer langs vandløb < 2m	730	252,9 km
Træer langs vandløb 2–10 m	4750	232,7 km
Træer langs vandløb > 10 m	450	10,4 km
IBZ	50	690 ha
Mini-vådområder	1330	29.950 ha
Hævning af vandløbsbunden	1000	64,3 km (kan øges)
Genslyngning	-	- (kan øges)
Sandfang	7	1 stk (kan øges)
Fosfor-ådale	-	(bør undersøges)

## 5.3 Beregning af effekter ved lokale virkemiddelscenarier

### 5.3.1 Fosforeffekter af omlægningsplanen

Effekten på fosforudledningen til Thisted Bredning isoleret set som følge af det arealudtag og de alternative arealanvendelser, der er foreslået i omlægningsplanen, er vist i tabel 5.3.

**Tabel 5.3.** Effekter på fosforudledning til Thisted Bredning ved implementering af omlægningsplanens forslag til arealudtag og alternative arealanvendelser.

	Effekt, kg P
Ekstensivering	10
Kvælstofvådområder	60
Lavbundsprojekter *)	620
Skovrejsning	40

\*) Med forbehold for beregningen nævnt i afsnit 4.1

### 5.3.2 Tre ferske vandområder

Den årlige fosfortilførsel til de tre ferske vandområder Lønnerup Fjord, Arup Vejle og Østerild Fjord er vist i tabel 5.4 som gennemsnit for perioden 2015 – 2024 opdelt på punktkildebidrag (regnvandsbetingede udløb samt bidrag fra spredt bebyggelse) og diffust bidrag (landbrug og natur). Desuden er angivet den reduktion i den eksterne fosfortilførsel, som vandområdeplanerne angiver som nødvendig for at opnå god økologisk tilstand i vandområderne.

**Tabel 5.4.** Kildeopsplitning af fosfortilførslen til tre ferske vandområder som årligt gennemsnit for perioden 2015 – 2024. Desuden er vist indsatskravet for fosfor, som det fremgår af vandområdeplanerne.

	Regn.overløb kg P	Spredt bebygg. kg P	Diffust kg P	Red.behov kg P
Lønnerup Fjord	55	30	10.040	4.084
Arup Vejle	5	10	430	95
Østerild Fjord	90	10	1.590	651

Beregning af fosforeffekten af en række virkemidler samt fosforeffekten af omlægningsplanen er vist i tabel 5.5 og 5.6 for hhv. Lønnerup Fjord og Østerild Fjord. For virkemidlerne randzoner, træer langs vandløb, IBZ og minivådområder er der regnet på det fulde potentiale. For virkemidlerne skovrejsning, hævning af vandløbsbunden og sandfang er der regnet på det omfang, de er omfattet af vandområdeplanerne eller for skovrejsnings vedkommende kommuneplanen. Her er der således mulighed for at opnå en større effekt ved at etablere mere skov, hæve vandløbsbunden på længere strækninger, eller etablere flere sandfang.

For oplandet til Arup Vejle indgår ingen vandløb i den kortlægning, der lægger til grund for beregning af virkemiddeleffekter. Der kan således ikke beregnes effekter af randzoner, træplantning på brinker, hævning af vandløbsbund eller sandfang. Ydermere er der ikke foreslået skovrejsning i oplandet, ligesom der ikke er potentiale for IBZ eller minivådområder. Omlægningsplanen udpeger ikke områder i oplandet til Arup Vejle til udtagning. Der kan således ikke beregnes nogen reduktion i fosfortilførslen til vandområdet. Der er imidlertid en række dyrkede arealer i oplandet som ved ekstensivering vil medføre en reduktion i fosfortilførslen til Arup Vejle.

**Tabel 5.5.** Lønnerup Fjord. Reduktion i diffust fosfortab. For randzoner, træer langs vandløb, IBZ og mini-vådområder er der anvendt fuld udnyttelse af virkemiddepotentialer. Potentialet for skovrejsning er fra kommuneplanen. Hævning af vandløbsbunden og sandfang er anvendt i det omfang, virkemidlerne er foreslået i vandområdeplanerne. Bemærk: effekterne er ikke alle additive.

	Effekt, kg P	Potentiale
Skovrejsning	50	(kan øges)
20 m randzoner	< 5	150 m
Træer langs vandløb < 2m	180	50,6 km
Træer langs vandløb 2–10 m	2.000	69,5 km
Træer langs vandløb > 10 m	205	3,7 km
IBZ	< 5	10 ha
Mini-vådområder	230	5.800 ha
Hævning af vandløbsbunden	190	10,2 km (kan øges)
Sandfang	7	1 stk (kan øges)
Fosfor-ådale	-	(bør undersøges)
Omlægningsplanen, samlet	315	

**Tabel 5.6.** Østerild Fjord. Reduktion i diffust fosfortab. For randzoner, træer langs vandløb, IBZ og mini-vådområder er der anvendt fuld udnyttelse af virkemiddelpotentialer. Potentialet for skovrejsning er fra kommuneplanen. Hæving af vandløbsbunden og sandfang er anvendt i det omfang, virkemidlerne er foreslået i vandområdeplanerne.

Bemærk: effekterne er ikke alle additive.

	Effekt, kg P	Potentiale
Skovrejsning	< 5	(kan øges)
Træer langs vandløb < 2m	75	34,3 km
Træer langs vandløb 2–10 m	150	11,4 km
Mini-vådområder	10	475 ha
Hævning af vandløbsbunden	-	(kan øges)
Sandfang	-	(kan øges)
Fosfor-ådale	-	(bør undersøges)
Omlægningsplanen, samlet	15	

### 5.3.3 Træplantning på udvalgte brinkstrækninger

I kortlægningen af brinkerosion indgår i alt ca. 526 km vandløb i oplandet til Thisted Bredning. Længden af vandløb, der ligger udenfor hhv. beskyttet natur og områder udpeget i omlægningsplanen, er ca. 166 km. Træplantning på 20% af disse vandløb svarende til 33,3 km er estimeret til at reducere fosfortabet ved brinkerosion med 1.110 kg P.

### 5.3.4 Randzoner mod erosion på udvalgte vandløbsstrækninger

Randzoner med en bredde på 20 m er beregningsmæssigt placeret langs vandløbsstrækninger, hvor den erosionsbetingede tilførsel af sediment til vandløbet er > 1 ton sediment på en 50 m strækning. I alt er der 4.000 m sådanne strækninger, hvor den samlede effekt af randzoner er en reduktion af erosionsbidraget på 50 kg P.

## 6 Konklusion

Den samlede fosfortilførsel til Thisted Bredning er som gennemsnit over perioden 2014-2023 på ca. 37,6 tons P, hvoraf det diffuse bidrag udgør 33,4 tons P (89 %). De mest betydende diffuse tabsveje for fosfor er brinkerosion og tab fra dyrket organisk jord, som udgør hhv. 49 % og 19 % af den samlede, diffuse tilførsel.

Effekt på fosforudledningen til Thisted Bredning er beregnet for en række virkemidler. For virkemidlerne randzoner, træer langs vandløb, IBZ og mini-vådområder er der regnet på det fulde potentiale. For virkemidlerne skovrejsning, hævning af vandløbsbunden, genslyngning og sandfang er der regnet på det omfang, de er omfattet af vandområdeplanerne eller for skovrejsnings vedkommende kommuneplanen. Virkemidlerne med størst effekt er hhv. træplantning på vandløbsbrinker med en samlet effekt på ca. 5.900 kg P, mini-vådområder med en effekt på ca. 1.200 kg P og hævning af vandløbsbunden med en effekt på ca. 1.000 kg P. Ikke alle effekter kan adderes, da nogle virkemidler skygger for hinanden.

Omlægningsplanen for oplandet til Thisted Bredning omfatter udtag af områder til ekstensivering, kvælstofvådområder, lavbundsprojekter og skovrejsning. Den samlede effekt af planen er en reduktion i fosforudledningen på ca. 730 kg P.

Tre ferske vandområder i oplandet til Thisted Bredning har indsatskrav for fosfor: Lønnerup Fjord 4.084 kg P, Arup Vejle 95 kg P og Østerild Fjord 651 kg P. For de tre vandområder er effekten af virkemidler og af omlægningsplanen beregnet separat. Ved fuld udnyttelse af potentialerne kan træplantning reducere fosforudledning til Lønnerup Fjord med ca. 2.400 kg P og mini-vådområder med ca. 230 kg P, mens effekten af omlægningsplanen isoleret er ca. 315 kg P. For Østerild Fjord kan træplantning ved fuld udnyttelse af potentialet reducere tilførslen med ca. 225 kg P, mens effekten af omlægningsplanen er ca. 15 kg P. For Arup Vejle kunne der ikke beregnes nogen reduktion i fosfortilførslen.

En separat beregning af effekten af træplantning langs 20% af vandløbene udenfor områder med beskyttet natur og områder udpeget i omlægningsplanen angiver en reduktion i brinkerosion på ca. 1.110 kg P.

En separat beregning af effekten af 20 m brede randzoner mod erosion fra tilstødende arealer langs vandløb udenfor områder med beskyttet natur og områder udpeget i omlægningsplanen angiver en samlet reduktion i erosionsbidraget på 50 kg P.

## 7 Referencer

Andersen, H.E. & Heckrath, G. (redaktører). 2020. Fosforkortlægning af dyrkningsjord og vandområder i Danmark. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 340 s. - Videnskabelig rapport nr. 397.

Andersen, H.E. & Nilsson, I-E.F. 2023. Fosforeffekt af vandløbsvirkemidler. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 108 s. - Teknisk rapport nr. 272

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, 284 s. - [Videnskabelig rapport nr. 379](#).

Bartholdy, J. og Hasholt, B. 1992. Fluvialmorfologi. Kompendium, Geografisk Institut, København Universitet.

Børgesen, C.D., Bach, E.O., Iversen, B.V & Hoffmann, C.C. 2024. Opdatering af minivådområdeordningens potentialekort. Rådgivningsnotat fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet. <https://pure.au.dk/portal/da/publications/opdatering-af-miniv%C3%A5domr%C3%A5deordningens-potentialekort/>

DHI. 2014. Status for okkerrensning. Vurdering af behovene for og effekterne af alternative rensningsmetoder for okker. Teknisk notat, Naturstyrelsen.

Donnelly, T.W. 1993. Impoundment of rivers – sediment regime and its effect on benthos. *Aquat Conserv-Mar Freshw Ecosyst*, 3, 331-342.

Kjærgaard, C. & D. Forsmann 2014. Fosforfældningsbassiner. Faglig udregning vedrørende fosforretention i okkerfældningsbassiner som supplerende virkemiddel til P-reduktion. Teknisk rapport fra Aarhus Universitet, Institut for Agroøkologi.

Kronvang, B. & Larsen, S.E. 2023. Virkemiddel for brinkerosion og fosfortab ved restaurering af vådområder og vandløb. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 22 s. - Teknisk rapport nr. 263 <http://dce2.au.dk/pub/TR263.pdf>

Schou, J.S., Kronvang, B., Birr-Pedersen, K., Jensen, P.L., Rubæk, G.H., Jørgensen, U. & Jacobsen, B. 2007: Virkemidler til realisering af målene i EUs Vandrammedirektiv. Udredning for udvalg nedsat af Finansministeriet og Miljøministeriet: Langsigtet indsats for bedre vandmiljø. – Faglig rapport fra DMU 625. 132 s. [http://www2.dmu.dk/Pub/FR625\\_Final.pdf](http://www2.dmu.dk/Pub/FR625_Final.pdf)

Thodsen, H., Tornbjerg, H., Larsen, S.E., Conradsen, A.R., Muff, E. Blicher-Mathiesen, G., Ovesen, N.B., Trolborg, L. 2025. Vand- og Næringsstoftransport 2024. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 104 s. - Videnskabelig rapport nr. 681

Trolle, D., Søndergaard, M. & Bjerring, R. 2015. Sammenhænge mellem næringsstofftilførsel og søkoncentrationer i danske søer. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 34 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 138  
<http://dce2.au.dk/pub/SR138.pdf>

Wandall, K., Levesen, B., Landsfeldt, P & Frandsen, S.B. 2000. Bedre vandløb - en praktisk håndbog. Haderslev Amt.

# MULIGHEDER FOR REDUKTION AF DEN DIFFUSE FOSFORTILFØRSEL TIL THISTED BREDNING

Leverance til Kystvandråd for Thisted Bredning

DCE ved Institut for Ecoscience, Aarhus Universitet har opgjort den diffuse fosforbelastning af Thisted Bredning opdelt på tabsveje, vurderet potentialer for en række virkemidler til begrænsning af den diffuse fosforbelastning og estimeret effekterne heraf. Arbejdet er input til Kystvandrådet for Thisted Bredning i arbejdet med at opstille en lokalt funderet vandplan for Thisted Bredning.

ISBN: 978-87-7648-053-0

ISSN: 2244-999X