



# MULIGHEDER FOR REDUKTION AF DEN DIFFUSE FOSFORTILFØRSEL TIL ODENSE FJORD

Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 302

2024



AARHUS  
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI



# Datablad

|                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Serietitel og nummer:      | Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 302                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Kategori:                  | Rådgivningsrapporter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Titel:                     | Muligheder for reduktion af den diffuse fosfortilførsel til Odense Fjord                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 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:              | Januar 2024                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Redaktion afsluttet:       | December 2023                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Faglig kommentering:       | Jonas Rolighed                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Kvalitetssikring, DCE:     | Signe Jung-Madsen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Sproglig kvalitetssikring: | Anne Mette Poulsen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Finansiell støtte:         | Kystvandrådet for Odense Fjord ved Odense Kommune                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Bedes citeret:             | Andersen, H.E. 2023. Muligheder for reduktion af den diffuse fosfortilførsel til Odense Fjord. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 37 s. - Teknisk rapport nr. 302<br><a href="https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Tekniske_rapporter_300-349/TR302.pdf">https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Tekniske_rapporter_300-349/TR302.pdf</a> |
|                            | Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Emneord:                   | Fosfor, virkemidler, Odense Fjord, Kystvandråd                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Sammenfatning:             | DCE ved Institut for Ecoscience, Aarhus Universitet har opgjort den diffuse fosforbelastning af Odense Fjord 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 Odense Fjord i arbejdet med at opstille en lokalt funderet vandplan for Odense Fjord. |
| Foto forside:              | Colourbox.com                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| ISBN:                      | 978-87-7156-834-9                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| ISSN (elektronisk):        | 2244-9991                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Sideantal:                 | 37                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

# 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                                                                                           | 10        |
| <b>3 Beregning af effekter ved fuld udnyttelse af virkemiddelpotentialer</b>                                   | <b>11</b> |
| 3.1 Skovrejsning                                                                                               | 11        |
| 3.2 Randzoner                                                                                                  | 12        |
| 3.3 Træer på vandløbsbrinker                                                                                   | 12        |
| 3.4 Sandfang                                                                                                   | 13        |
| 3.5 Mindre strækingsbaserede restaureringer af vandløb                                                         | 14        |
| 3.6 Genslyngning af vandløb                                                                                    | 16        |
| 3.7 Mini-vådområder                                                                                            | 17        |
| 3.8 Integrerede bufferzoner (IBZ)                                                                              | 18        |
| 3.9 GLM 5                                                                                                      | 19        |
| 3.10 Fosfor-vådområder (P-ådale)                                                                               | 20        |
| <b>4 Beregning af effekter ved lokalt virkemiddelscenario over vådområder, træplantning og mini-vådområder</b> | <b>21</b> |
| 4.1 Træer på vandløbsbrinker                                                                                   | 21        |
| 4.2 Fosfor-vådområder (P-ådale)                                                                                | 22        |
| 4.3 Mini-vådområder                                                                                            | 23        |
| <b>5 Resultater</b>                                                                                            | <b>24</b> |
| 5.1 Kildeopsplitning                                                                                           | 24        |
| 5.2 Effekter af virkemidler mod diffust fosfortab ved fuld udnyttelse af virkemiddelpotentialet                | 26        |
| 5.3 Effekter ved lokale virkemiddelscenarier                                                                   | 27        |
| <b>6 Referencer</b>                                                                                            | <b>29</b> |
| <b>Bilag 1. Effekter af virkemidler ved fuld udnyttelse af virkemiddelpotentialer opgjort på ID15-oplande</b>  | <b>31</b> |



## Forord

Notatet er affødt af et kystvandrådsprojekt under Odense Kommune, som er en del af projektet "Lokalt funderede analyser". De lokalt funderede analyser skal afdække, om der kan findes andre veje til at opnå målopfyldelse i de danske kystvande, som defineret i EU's vandrammedirektiv.

Odense Kommune har indgået en aftale med DCE ved Institut for Ecoscience, Aarhus Universitet, 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 dels virkemidler og potentialer for virkemidler til reduktion af den diffuse fosfortransport til Odense Fjord, 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 Odense Fjord ved at kombinere detaljeret kortlægning af fosfortab med forskellige virkemidler. Fosfortabet stammer primært fra fem diffuse kilder: erosion, udvaskning til dræn, makroporetabs 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, GLM 5 (delvist pløjeforbud på stærkt skrånende terræn) og fosfor-vådområder, anvendes forskellige metoder og modeller. Potentialeområder 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 vedrørende fosfor-vådområder, træplantning på vandløbsbrinker og mini-vådområder.

Den samlede fosfortilførsel til Odense Fjord er som gennemsnit over perioden 2012-2021 på 45,1 tons P, hvoraf det diffuse bidrag udgør 26 tons P. De mest betydende diffuse tabsveje for fosfor er brinkerosion og tab via makroporer til dræn, som udgør hhv. 39 % og 26 % af den samlede, diffuse tilførsel.

De lokalt funderede virkemiddelscenarier omfatter træplantning på 10 % af brinkerne langs de små og mellemstore vandløb med en effekt i form af en reduceret fosfortransport til Odense Fjord på 0,6 tons P. Endvidere antages det, at 10 % af de planlagte områder anlægges som fosfor-vådområder, hvor periodevis oversvømmelse af de vandløbsnære arealer tillades. Effekten heraf er en reduktion i fosfortransporten på 5,4 tons P. Endelig omfatter det lokale scenarie anlæggelse af i alt 127 mini-vådområder, som tilsammen vil reducere fosfortransporten med 0,5 tons P.

## Summary

This project focuses on providing options for reducing diffuse phosphorus loss from risk areas in the catchment area of Odense Fjord by combining detailed mapping of phosphorus loss with different mitigation measures. Phosphorus loss primarily originates from five diffuse sources: erosion, leaching, macropore loss, loss from cultivated organic soil and bank erosion. The mapping shows that these sources account for 94% of the total diffuse phosphorus loss at a national level.

To calculate the effect of different measures such as afforestation, riparian zones, trees on riverbanks, sand traps, minor reach-based restorations, re-meandering of watercourses, mini-wetlands, integrated buffer zones, GLM 5 and phosphorus wetlands, different methods and models are used. Potential areas for these measures are mapped and the effects of the implementation of these measures on the reduction of phosphorus loss are calculated.

The project first calculates the effect of the measures when the potentials are fully utilized. Next, the effect of locally based scenarios regarding phosphorus wetlands, tree planting on riverbanks and mini wetlands are calculated.

The total phosphorus input to Odense Fjord averages 45.1 tons P over the period 2012-2021, of which the diffuse contribution is 26 tons P. The most significant diffuse loss pathways for phosphorus are bank erosion and loss via macropore to tiledrains, which account for 39% and 26% of the total diffuse input, respectively.

The locally based policy scenarios include tree planting on 10% of the banks along the small and medium-sized watercourses with an effect in the form of reduced phosphorus transport to Odense Fjord of 0.6 tons P. Furthermore, it is assumed that 10% of the planned areas are constructed as phosphorus wetlands, where periodic flooding of the areas close to the watercourse is allowed. The effect of this is a reduction in phosphorus transport of 5.4 tons P. Finally, the local scenario includes the construction of a total of 127 mini-wetlands, which together will reduce phosphorus transport by 0.5 tons P.

# 1 Indledning

Med "Aftale om grøn omstilling af dansk landbrug" af 4. oktober 2021 blev det vedtaget, at indsatsbehovet og håndteringen af det resterende indsats-behov for fjernelse af kvælstof revurderes i forbindelse med genbesøget af aftalen i 2023/24. Revurderingen vil tage højde for resultater af den "Second opinion", der blev aftalt ifm. landbrugsaftalen, hvortil projektet "Lokalt funderede analyser" er sat i værk, for at der i udvalgte kystvande gennemføres lokalt funderede analyser, som skal afdække, om der kan findes andre veje til at opnå målopfyldelse, som den er defineret i EU's Vand-rammedirektiv.

Kystvandrådene har mulighed for at undersøge forskellige typer af virkemidler til reduktion af de tilførte kvælstof- og fosformængder samt andre virkemidler, der kan sikre målopfyldelse, og for at undersøge nye eller opdatering af gamle virkemidler med henblik på at udarbejde forslag til et fagligt funderet indsatsprogram, der vil opnå målopfyldelse for kystvandet.

En samlet analyse og evaluering af projektet skal sendes til Miljøstyrelsen. Efter modtagelse gennemgås kystvandrådernes analyser og alternative indsatsprogrammer med henblik på at indgå i den samlede revurdering ("Second opinion"-projektet) af kvælstofreguleringen. Den primære opgave er at fastlægge, hvilke presfaktorer der udgør de væsentligste udfordringer i forhold til opfyldelse af vandrammedirektivmålet om god økologisk tilstand, og hvad baseline for disse presfaktorer er. Opgaven er delt i en marin presfaktoranalyse, hvor der ses på, hvilke presfaktorer der er væsentligst at adressere for at opnå målopfyldelse, samt en oplandsanalyse, hvor man ser på baseline og fremtidig udvikling i stoftransport til vandområderne.

I et projekt omhandlende Odense Fjord har Odense Kommune indgået en aftale med DCE ved Institut for Ecoscience, Aarhus Universitet, 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 DCE har stillet til rådighed for kystvandrådet til arbejdet med at undersøge mulighederne for reduktion af den diffuse fosfortilførsel til Odense Fjord. Der er tale om data vedrørende transportveje for diffust fosfortab samt potentialer for og effekter af fosforvirkemidler.

## 2 Metode

### 2.1 Introduktion

Det er velkendt, at diffust fosfortab kun hidrører fra en mindre del af landskabet – 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 eller kan estimeres. 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. Dernæst beregnes effekten af lokale virkemiddelscenarier.

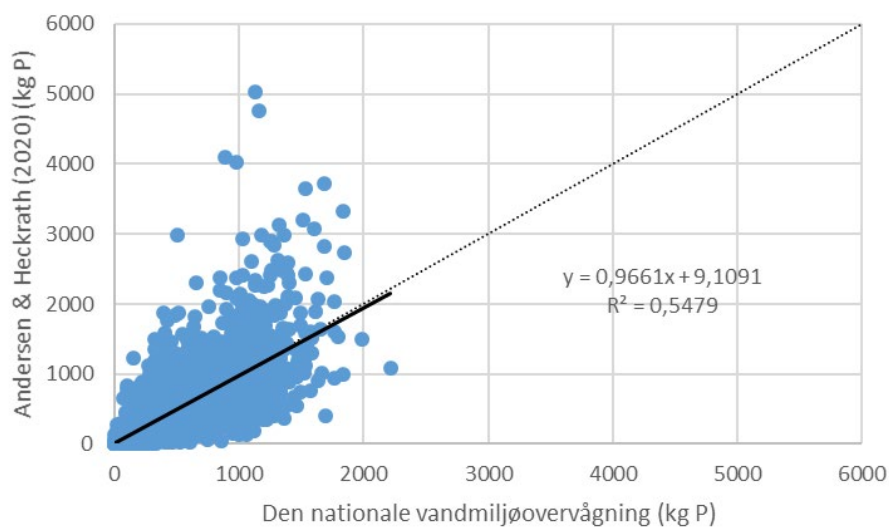
Alle effekter i form af reduktion af det diffuse fosfortab er opgjort ved vandløbskant. Der indregnes ingen retention af fosfortransporten gennem oplandene mod kystvand. Alle beregninger rapporteres på ID15-oplandsniveau.

### 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 dette projekt er de modelberegneede fosfortab via de fem diffuse transportveje summeret på ID15-oplandsniveau. Efterfølgende er den modelberegneede fosfortransport justeret, så summen for hvert ID15-opland er identisk med 94 % af den diffuse fosfortransport opgjort ifølge den nationale vandmiljøovervågning NOVANA (Thodsen et al., 2023). De resterende 6 % udgøres af fosfortab med vinderosion og overfladisk afstrømning samt tab via grundvand fra ikke-drænede marker, som ikke kunne kortlægges i Andersen & Heckrath (2020). Der er anvendt et gennemsnit af fosfortransportdata for perioden 2012-2021. Den relative fordeling mellem de fem diffuse transportveje er bibeholdt. Denne justering sikrer, at der er overensstemmelse mellem resultater fra dette projekt opgjort på ID15-niveau og landstal for fosfortab. Figur 2.11 viser et plot af den modelberegneede fosfortransport på ID15-niveau beregnet i Andersen & Heckrath (2020) før justeringen mod den tilsvarende fosfortransport beregnet i den nationale vandmiljøovervågning. Gennemsnit for de to datasæt er hhv. 387 kg P i Andersen & Heckrath (2020) og 391 kg P i den nationale vandmiljøovervågning. De tilsvarende medianværdier er hhv. 235 kg P og 277 kg P. Som det fremgår af figur 2.1, kan der for det enkelte ID15-opland være stor forskel på de to fosfortransportberegninger, som altså udlignes af justeringen.

**Figur 2.1.** Diffus fosfortransport (kg P) opgjort på ID15-oplandsniveau i Andersen & Heckrath (2020) plottet mod den tilsvarende diffuse fosfortransport (kg P) opgjort i den nationale vandmiljøovervågning. Identitetslinjen er vist med stiplet signatur, mens tendenslinjen er markeret med fed signatur. Ligningen for tendenslinjen er indsat i figuren.



## 2.3 Kildeopsplitning

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

### 3 Beregning af effekter ved fuld udnyttelse af virkemiddelpotentialer

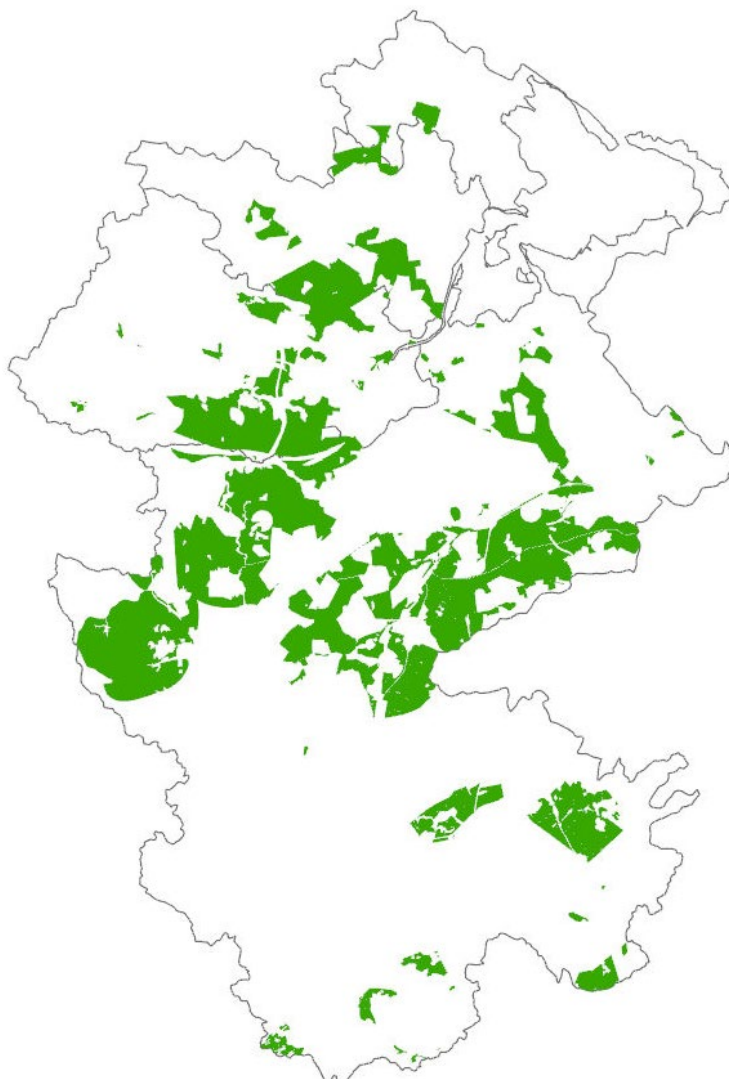
For alle virkemidler gives i det følgende en kort beskrivelse af mekanisme, effekt og potentiale for anvendelse.

#### 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 & Rubæk, 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 [Miljøgis \(mim.dk\)](https://mim.dk).

**Figur 3.1.** Kommunernes indmelding om, hvor skovrejsning er ønsket i området omfattet af Kystvandråd Odense Fjord.



### 3.2 Randzoner

Målrættede, brede og tørre randzoners bredde designes, så de matcher den overfladiske afstrømning, der strømmer gennem randzonen fra den overliggende 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. vegetationens 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. Kronvang et al. (2020) beskriver randzonens effekt på fosfortransporten ind i randzonen som en funktion af randzonens bredde. En 20 m bred randzone kan således tilbageholde 60 % af den tilførte totalfosfor.

Risikoarealer for fosfortab via erosion og via makroporer til dræn 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 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.

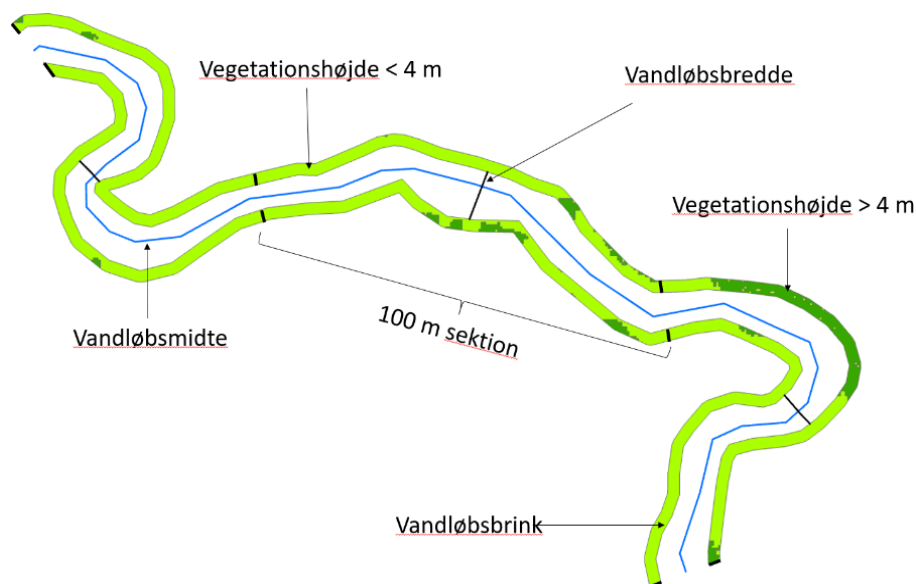
### 3.3 Træer på vandløbsbrinker

Træer langs vandløbsbrinker 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 brinkekollaps, 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 vandløbs beliggenhed i landskabstype (moræne- eller hedeslettelandskab) og i georegion samt information om vandløbs størrelse (bredde mindre end 2 m, 2-10 m eller større end 10 m). Effekten af træer er en reduktion af brinkerrosion på 27-53 %.

Brinkerosion 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).

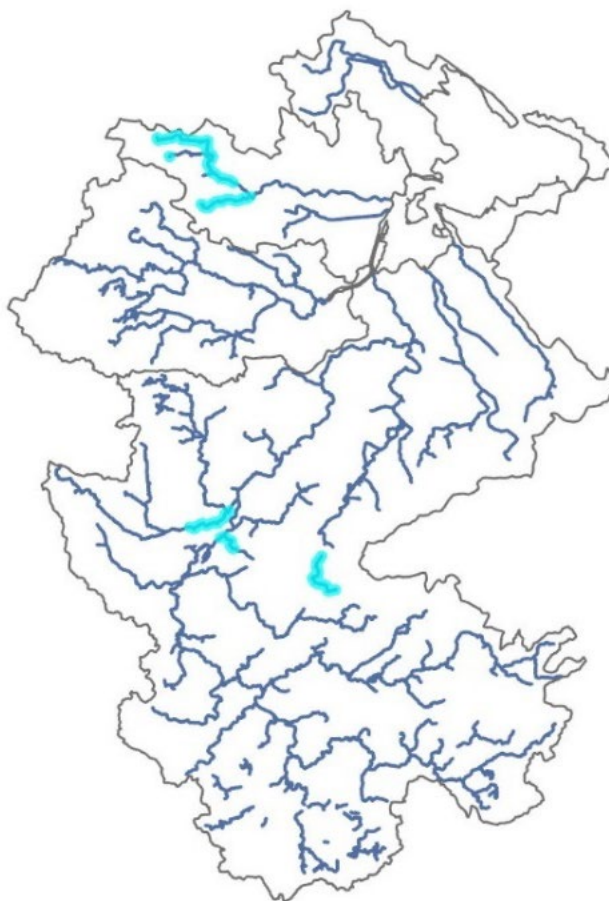
For at bevare sin funktionalitet skal sandfanget jævnligt tømmes for aflejret sediment. Sedimentet indeholder fosfor, hvorfor sandfang har en reducerende effekt på fosfortransporten i vandløbet. I en undersøgelse af sandfangs effekt på fosfortransport i vandløb (Andersen & Nilsson, 2023) er det vist, 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 (markeret med lyseblå).



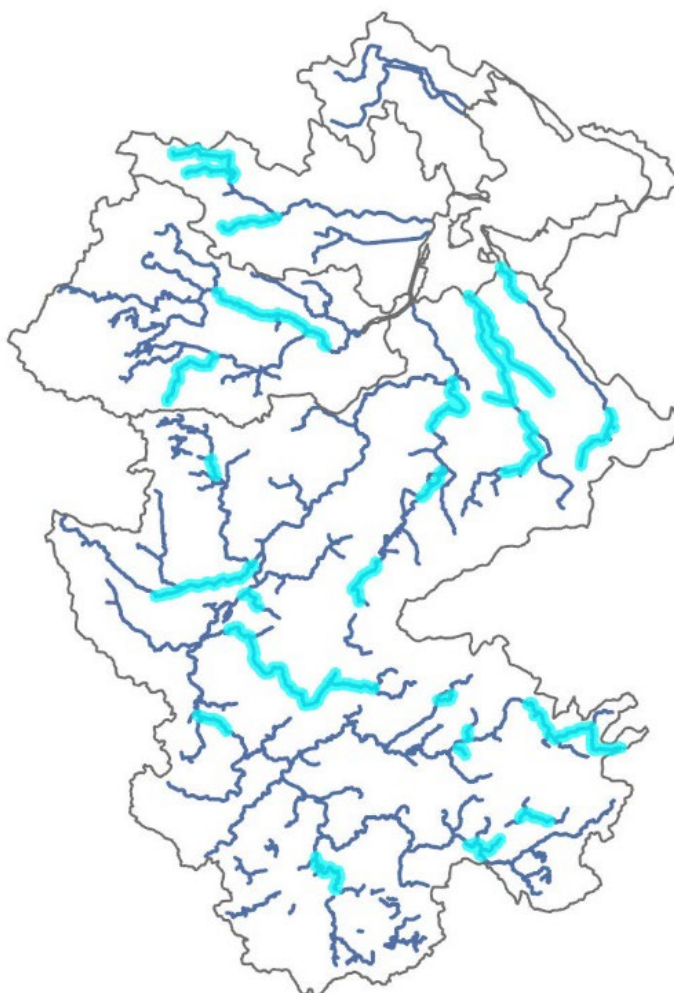
### 3.5 Mindre strækningbaserede restaureringer af vandløb

Mindre, strækningbaserede 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 strækningbaserede restaureringer foretages som en hævning af vandløbsbunden. Herved overestimerer vi med stor sandsynlighed potentialet, da kommunerne i mange tilfælde undgår at hæve vandløbsbunden for at overholde vandløbsregulativet.

Den relative effekt på fosfortab ved brinkerosion af en hævnings af vandløbsbunden beregnes efter Andersen & Nilsson (2023) gennem en sammenligning af fosfortabet før og efter hævnings af bunden. Den relative effekt overføres på det forlods beregnede fosfortab ved brinkerosion 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 hævnings 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 strækningsbaserede restaureringer kan principielt anlægges i alle vandløb og med vilkårlig afstand. Der er således ikke nogen teoretisk øvre grænse. Som potentiale for etablering af nye strækningsbaserede restaureringer er anvendt de foreslåede indsatser i vandområdeplanerne for tredje planperiode (figur 3.4) (data downloadet fra <https://miljoegis.mim.dk/spatial-map?profile=vandrammedirektiv3-2022>).

**Figur 3.4.** Placering af foreslåede mindre strækningsbaserede restaureringer i vandområdeplanerne for tredje planperiode (markeret med lyseblå).



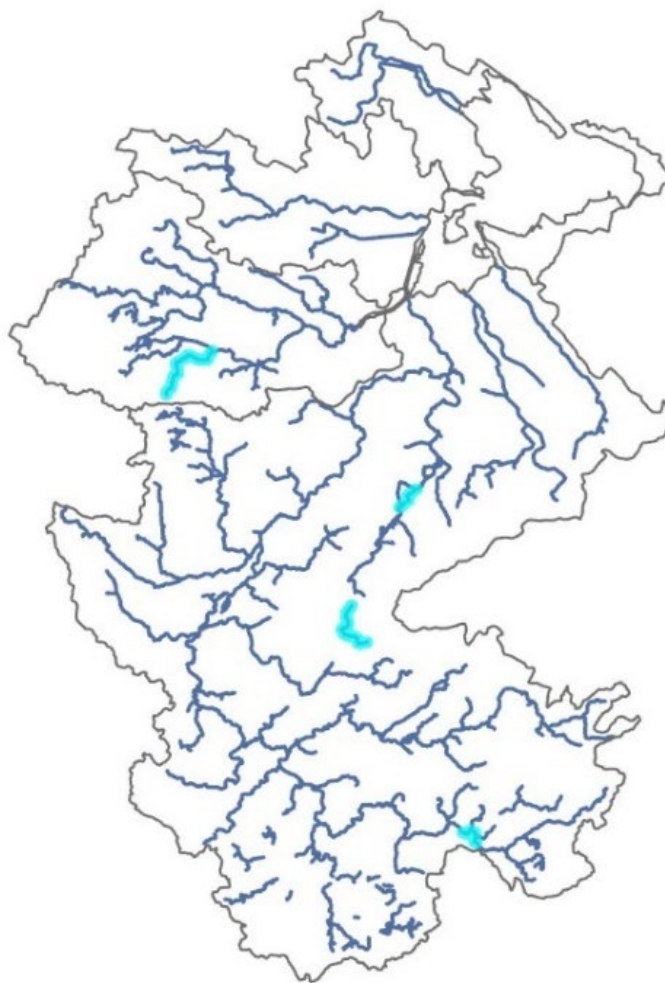
### 3.6 Genslyngning af vandløb

Genslyngning af vandløb med naturligt 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 brinkererosionsraten (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 kan derfor suppleres med hævnning af vandløbsbunden, ændret brinkhældning eller plantning af træer på brinken for at reducere brinkerrosion.

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 forlods 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 3.5) (data downloadet fra <https://miljoegis.mim.dk/spatialmap?profile=vandrammedirektiv3-2022>)

**Figur 3.5.** Placering af foreslåede genslyngninger af vandløb i vandområdeplanerne for tredje planperiode (markeret med lyseblå).

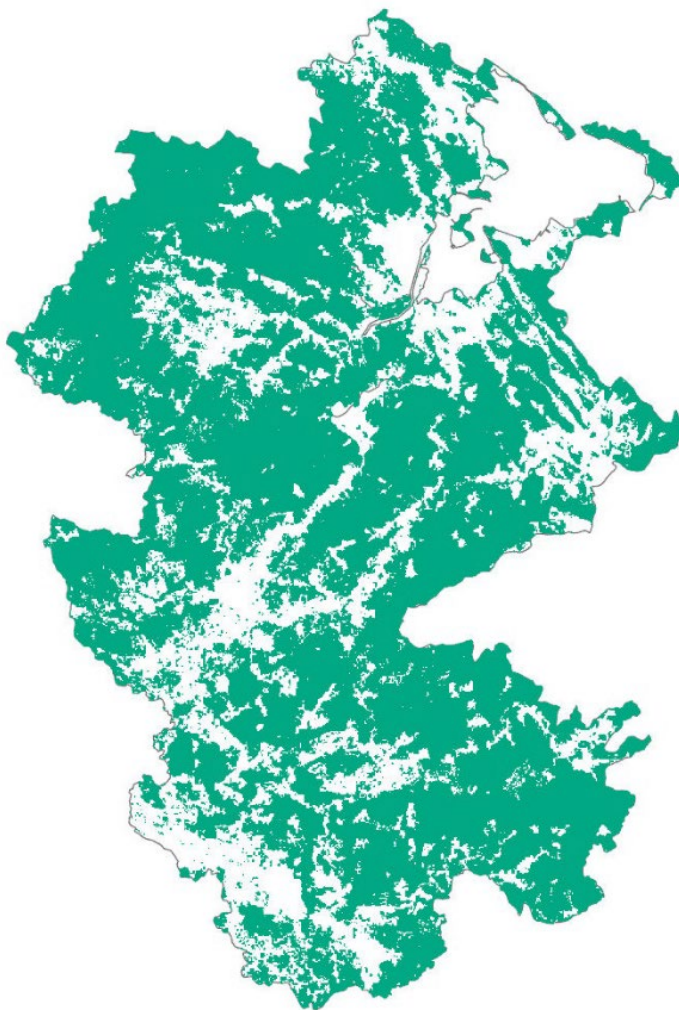


### 3.7 Mini-vådområder

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. 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. Hoffmann et al. (2020) 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., 2019). 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 renseeffekt.

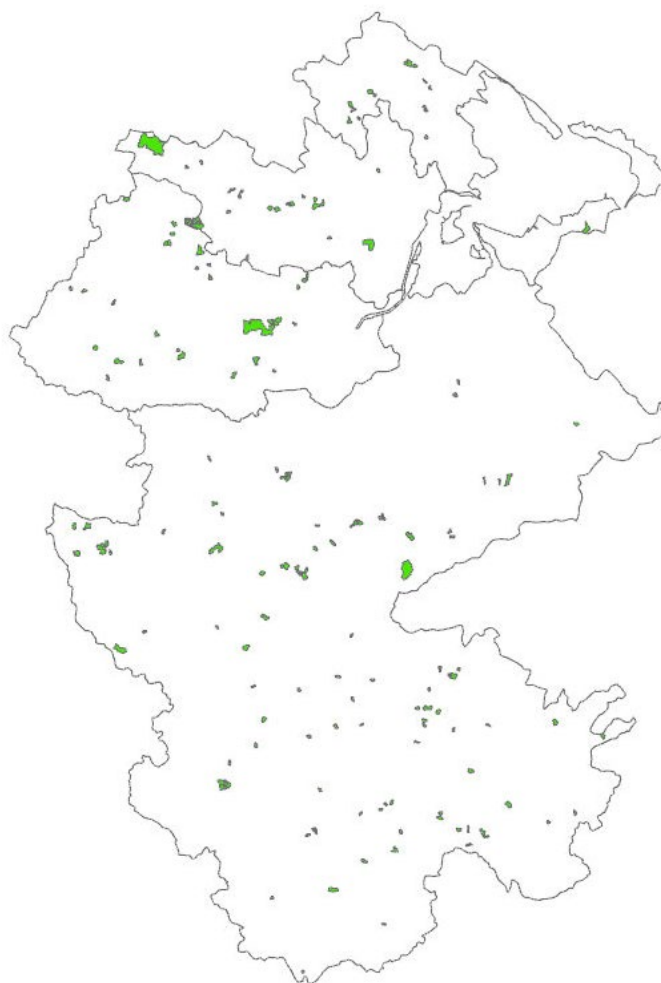
**Figur 3.6.** Potentielt egnede områder for etablering af minivådområder markeret med mørkegrøn farve.



### 3.8 Integrerede bufferzoner (IBZ)

Integrerede 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 integrerede 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 anskues 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. Kronvang et al. (2020) 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 3.7) (Heckrath, G., pers. komm.).

**Figur 3.7.** Potentialet for anlæggelse af IBZ-anlæg (markeret med grøn).



### 3.9 GLM 5

Med implementeringen af EU's landbrugsreform for 2023-27 (CAP) gælder nye GLM-krav (krav om god landbrugsmæssig og miljømæssig stand af landbrugsjord), som omfattes af konditionalitet (det nuværende krydsoverensstemmelseskrav). Disse krav kan medvirke til at begrænse erosionsrisikoen fra landbrugsarealet. Med GLM 5 følger et pløjeforbud fra 1. oktober til 15. februar på kortlagte, sammenhængende arealer på mindst 0,75 ha inden for en markblok med en estimeret erosionsrate på over 7,5 tons jord pr. ha. pr. år. Ophør af pløjning på erosionstruede arealer antages at nedsætte fosfortabet med erosion med 50 % (Munkholm et al., 2020). I projektet er GLM 5-arealerne kortlagt og overlagt på kortlagte risikoområder for erosion.

**Figur 3.8.** Kortlagte GLM 5-arealer.



### 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 anlæggelse 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, strømningsmønsteret på det oversvømmede areal og åens morfologi (geometri, hældning, sinuositet). Hoffmann et al. (2020) 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.

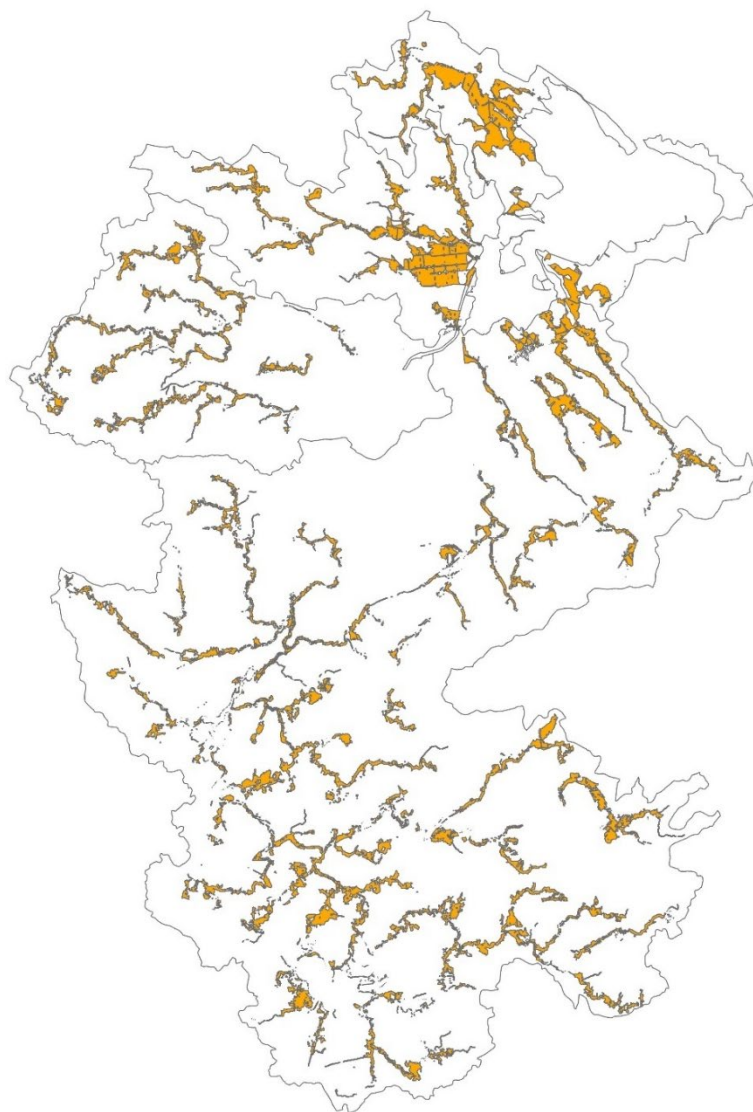
## **4 Beregning af effekter ved lokalt virkemiddelscenario over vådområder, træplantning og mini-vådområder**

### **4.1 Træer på vandløbsbrinker**

Der er opstillet et scenario med placering af vådområder langs en del af vandløbene i Odense Fjord-oplandet (figur 4.1). Der ønskes ikke plantning af træer langs vandløbene inden for vådområderne. Desuden ønskes store vandløb (type 3, bredde større end 10 m) friholdt for træplantning. Scenariet med vådområder og træplantning omfatter derfor træplantning på de små (type 1, bredde mindre end 2 m) og mellemstore vandløb (type 2, bredde 2 – 10 m) uden for vådområderne. Træplantning antages at ske på 10 % af disse vandløb, hvor de områder, hvor brinkerrosion er størst, prioriteres.

Vandløbene udenfor scenario-vådområderne findes ved en overlaps-analyse i GIS. Brinkerrosion i alle danske vandløb er kortlagt i Andersen & Heckrath (2020) opgjort på 100 m vandløbsstrækninger. 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). Potentialet for træplantning på vandløbsbrinker udgøres således af de vandløbsstrækninger, hvor der for nuværende er lav vegetation. Beregning af effekten af træplantning følger Kronvang & Larsen (2023). Effekten af træer er en reduktion af brinkerrosion på 27-53 %. De små og mellemstore vandløb uden for vådområderne sorteres efter faldende størrelse af brinkerrosion. Effekten af træer beregnes for de 10 % vandløb med størst brinkerrosion.

**Figur 4.1.** Placering af de planlagte vandløbsnære vådområder i oplandet til Odense Fjord.



## 4.2 Fosfor-vådområder (P-ådale)

Det antages, at 10 % af vådområderne i det lokale scenario anlægges som egentlige fosfor-vådområder. Det vil sige vådområder udformet på en sådan måde, at vandløbet tillades periodevis at oversvømme de vandløbsnære arealer, hvorved sedimentbundet fosfor aflejres.

Som nævnt ovenfor (afsnit 3.10) kræver en beregning af effekten lokal information om minimumstørrelsen af det oversvømmede areal og varigheden af oversvømmelser. For at beregne effekten er der her gjort en række antagelser:

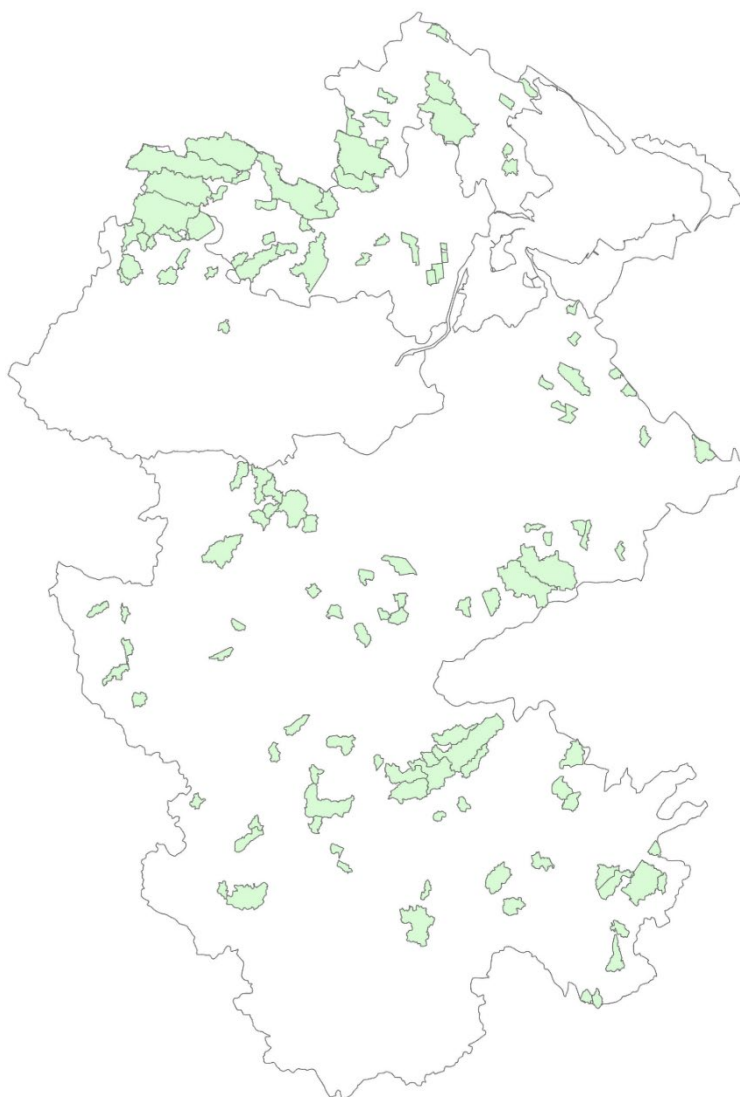
På baggrund af en kortlægning af mængden af suspenderet stof i danske vandløb (Thodsen et al., 2019) er der antaget en fosfor-sedimentationsrate ved oversvømmelse på  $1.0 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ dag}^{-1}$ . Størrelsen af det oversvømmede vandløbsnære areal antages ifølge Hoffmann et al. (2020) at være hhv. 25 m, 75 m og 100 m på hver side af små, mellemstore og store vandløb. På grundlag af empiriske studier skal disse bredder dog reduceres med 25 %, da der tæt på vandløbet kan være højtliggende områder, der ikke oversvømmes (B. Kronvang, pers. komm.). Varigheden af oversvømmelser er her sat til 15 dage, hvilket er et konservativt estimat relativt til Hoffmann et al. (2020).

Længden af vandløb inden for vådområderne findes ved en overlaps-analyse i GIS. Bredden af vandløbene er forlods kortlagt. Fosfortilbageholdelsen ved deposition under oversvømmelser beregnes først for alle vådområder. Den endelige effekt findes derefter som 10 % af den samlede effekt, da det ikke vides, hvilke vådområder der anlægges som fosfor-vådområder.

### 4.3 Mini-vådområder

I et lokalt scenario er planlagt 127 mini-vådområder med et samlet oplandsareal til mini-vådområderne på 10.761 ha (figur 4.2). På baggrund af beregningerne af effekten af det maksimale potentiale for mini-vådområder (afsnit 3.7) beregnes en gennemsnitlig effekt pr. arealenhed ved at dividere effekten ved fuld udnyttelse af potentialet med arealet af det fulde potentiale. Areal-effekten ganges derefter på oplandsarealet til de 127 planlagte mini-vådområder.

**Figur 4.2.** Oplandene til 127 planlagte mini-vådområder



## 5 Resultater

### 5.1 Kildeopsplitning

Den samlede fosfortilførsel til Odense Fjord er som gennemsnit over perioden 2012-2021 på 45.100 kg, hvoraf den diffuse tilførsel udgør 26.500 kg eller 58 % (tabel 5.1).

**Tabel 5.1.** Overordnet kildeopsplitning af fosfortilførslen til Odense Fjord. Gennemsnit for perioden 2012-2021.

|                              |           |
|------------------------------|-----------|
| Total tilførsel              | 45.100 kg |
| Punktkilder                  | 17.050 kg |
| Bidrag fra spredt bebyggelse | 2.000 kg  |
| Diffust bidrag               | 26.050 kg |

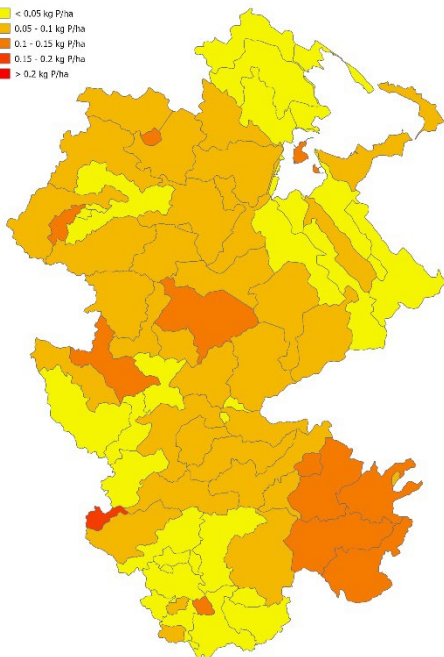
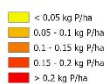
Den diffuse tilførsel er yderligere opsplittet på de fem mest betydende transportveje, som tilsammen står for 94 % af den diffuse tilførsel (tabel 5.2).

**Tabel 5.2.** Opsplitning af den diffuse tilførsel til Odense Fjord i perioden 2012-2021 på de mest betydende transportveje.

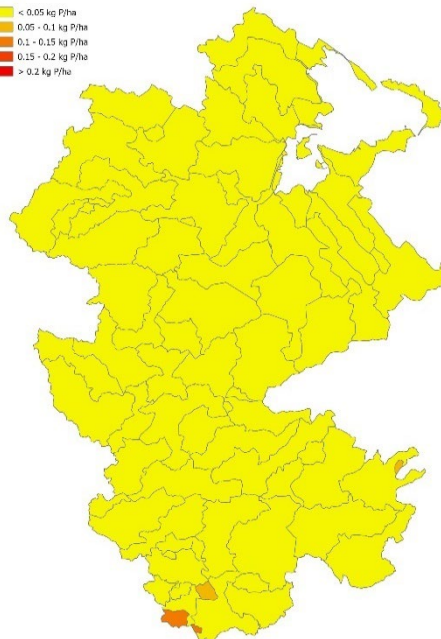
|                                      |           | Andel af den samlede<br>diffuse tilførsel |
|--------------------------------------|-----------|-------------------------------------------|
| Tab via makroporer til dræn          | 6.800 kg  | 26 %                                      |
| Udvaskning til dræn                  | 2.150 kg  | 8 %                                       |
| Erosion                              | 920 kg    | 4 %                                       |
| Tab fra dyrket, drænet organisk jord | 4.460 kg  | 17 %                                      |
| Brinkerosion                         | 10.160 kg | 39 %                                      |

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.

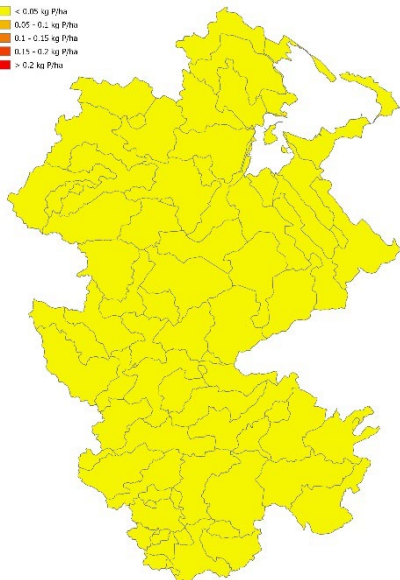
### Makroporer



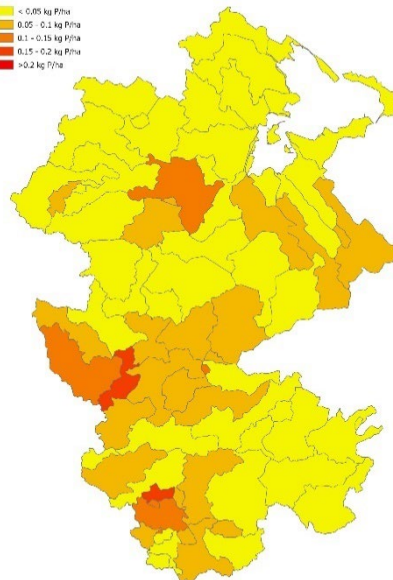
### Udvaskning



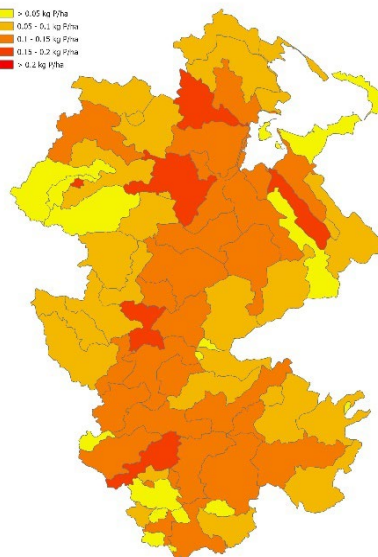
### Erosion



### Organisk jord



### Brinkerrosion



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

## 5.2 Effekter af virkemidler mod diffust fosfortab ved fuld udnyttelse af virkemiddelpotentialet

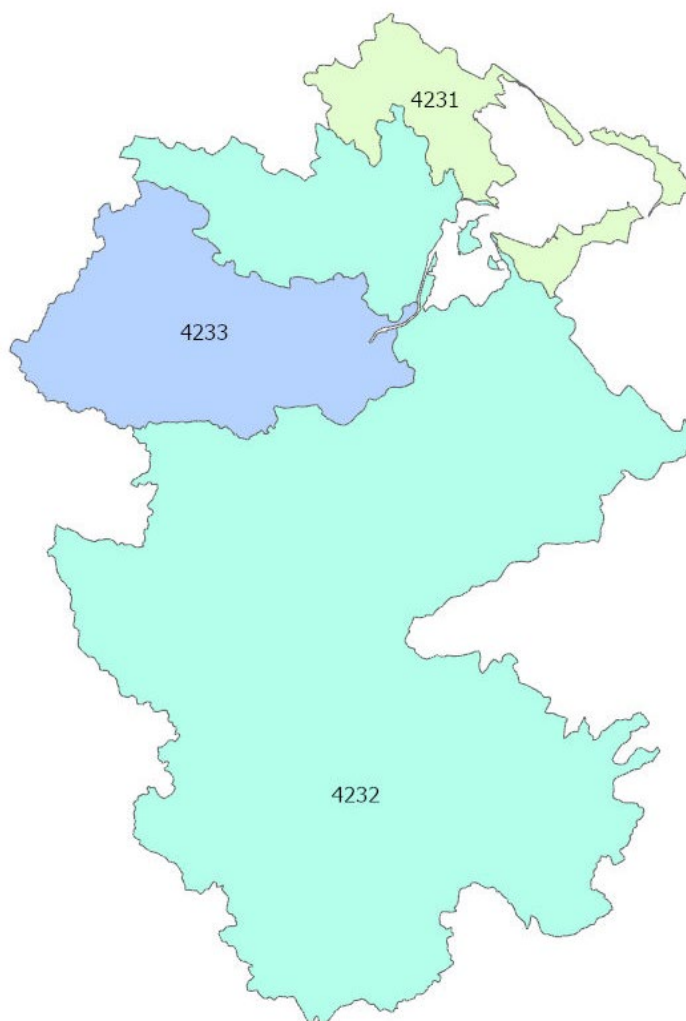
Reduktion i diffust fosfortab ved fuld udnyttelse af virkemiddelpotentialet er beregnet for alle virkemidler og opgjort på ID15-niveau. Disse data er i tabel 5.3 aggregeret og vist på farvand 4-niveau. Figur 5.2 viser opdelingen af oplandet til Odense Fjord på farvand 4-oplande. Odense Fjord-oplandet er underopdelt i tre farvand 4-oplande: nr. 4231, nr. 4232 og nr. 4233.

Bilag 1 indeholder kort, der på ID15-niveau viser den rumlige fordeling af reduktionerne i diffust fosfortab.

**Tabel 5.3.** Reduktion i diffust fosfortab ved fuld udnyttelse af virkemiddelpotentialer opgjort på farvand 4-niveau for opland nr. 4231, 4232 og 4233).

|                              | <b>4231</b> | <b>4232</b> | <b>4233</b> |
|------------------------------|-------------|-------------|-------------|
|                              | <b>kg P</b> | <b>kg P</b> | <b>kg P</b> |
| Skovrejsning                 | 5           | 655         | 70          |
| 20 m randzoner               | <5          | 20          | <5          |
| GLM 5                        | <5          | <5          | <5          |
| Træer langs vandløb < 2m     | 5           | 65          | 10          |
| Træer langs vandløb 2 – 10 m | 180         | 2025        | 450         |
| Træer langs vandløb > 10 m   | 5           | 110         | 20          |
| IBZ                          | <5          | 40          | 10          |
| Mini-vådområder              | 140         | 2660        | 420         |
| Hæve vandløbsbund            | <5          | 530         | 90          |
| Genslyngning                 | <5          | <5          | <5          |
| Sandfang                     | <5          | 50          | 15          |

**Figur 5.2.** Oplandet til Odense Fjord underopdelt i farvand 4-oplande.



### 5.3 Effekter ved lokale virkemiddelscenarier

Tabel 5.4 indeholder resultaterne af beregningen på virkemiddelscenariet med træplantning langs 10 % af de små og mellemstore vandløb uden for vådområder. I alt kan der opnås en effekt på ca. 0,6 tons P.

**Tabel 5.4.** Resultater af beregning på lokalt virkemiddelscenario med træplantning langs små og mellemstor vandløb udenfor vådområder.

| Vandløbstype      | Samlet længde<br>km | Længde udenfor<br>vådområder | Effekt af træer langs 10 % af<br>vandløb udenfor vådområder |
|-------------------|---------------------|------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Type 1 (< 2 m)    | 129 km              | 103 km                       | 0,02 tons P                                                 |
| Type 2 (2 – 10 m) | 629 km              | 339 km                       | 0,54 tons P                                                 |
| Type 3 (> 10 m)   | 55 km               | 38 km                        | -                                                           |

Tabel 5.5 indeholder resultater af beregningen på det lokale virkemiddelscenario, hvor det antages, at 10 % af de planlagte vådområder anlægges som fosfor-vådområder med periodevis oversvømmelse af de vandløbsnære arealer. I alt er der beregnet en effekt heraf på ca. 5,4 tons P.

Tabel 5.5. Resultater af beregning på lokalt virkemiddelscenario hvor det antages, at 10% af vådområderne anlægges som fosfor-vådområder med periodevis oversvømmelse af de vandløbsnære arealer.

| <b>Vandløbs-størrelse</b> | <b>Effekt, hvis 10 % af de planlagte vådområder etableres som fosfor-vådområder</b> |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Type 1 (< 2 m)            | 0,2 tons P                                                                          |
| Type 2 (2 – 10 m)         | 4,9 tons P                                                                          |
| Type 3 (> 10 m)           | 0,4 tons P                                                                          |

Tabel 5.6 indeholder resultater af beregningen på det lokale virkemiddelscenario, hvor det antages, at der anlægges 127 mini-vådområder. I alt er der beregnet en effekt heraf på ca. 0,5 tons P.

Tabel 5.6. Resultater af beregning på lokalt virkemiddelscenario hvor det antages, at der anlægges 127 mini-vådområder.

| <b>Antal mini-vådområder</b> | <b>Samlet oplandsareal</b> | <b>Samlet effekt</b> |
|------------------------------|----------------------------|----------------------|
| 127 stk                      | 10.761 ha                  | 0,5 tons P           |

## 6 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.

Børgesen, C.D., Iversen, B.V., Bach, E.O. & Greve, M.H. 2019. Opdatering af potentialekort for minivådområder med nyt ådalstema [Opdatering af potentialekort Juli 2019 ver 2.pdf \(au.dk\)](#)

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

Hoffmann, C.C., Strandberg, B., Bruus, M., Audet, J., Hutchins, N. Martinsen, L. & Hasler, B. 2020. Etablering af vådområde. I: 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 <http://dce2.au.dk/pub/SR379.pdf>

Hoffmann, C.C., Kronvang, B., Strandberg, B., Bruus, M., Hutchings, N., Martinsen, L. & Hasler, B. 2020. Fosfor-vådområder (P-ådale). I: 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 <http://dce2.au.dk/pub/SR379.pdf>

Jensen, H., Egemose, S., Reitzel, K., Martinsen, L. & Hasler, B. 2020. Okkerfældningsbassiner. I: 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.

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., van't Veen, S., Zak, D., Strandberg, B., Bruus, M., Hutchings, N., Martinsen, L. & Hasler, B. 2020. Intelligente Buffer Zoner (IBZ). I: 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.

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>

Kronvang, B., Strandberg, B., Bruus, M., Hutchings, N., Martinsen, L. & Hasler, B. 2020. Målrettede, brede og tørre randzoner. I: 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.

Munkholm, L., Kudsk, P., Jørgensen, L.N., Strandberg, B., Bruus, M., Hutchings, N. & Jacobsen, B. 2020. Optimering af jordbearbejdning, fx pløjeretning, -tidspunkt og bearbejdningsintensitet, pløjefri dyrkning. I: 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.

Thodsen, H., Rasmussen, J.J., Kronvang, B., Andersen, H.E., Nielsen, A., Larsen, S.E. 2019. Suspended matter and associated contaminants in Danish streams: a national analysis. J. Soil and Sediments, 19, 3068-3082.

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

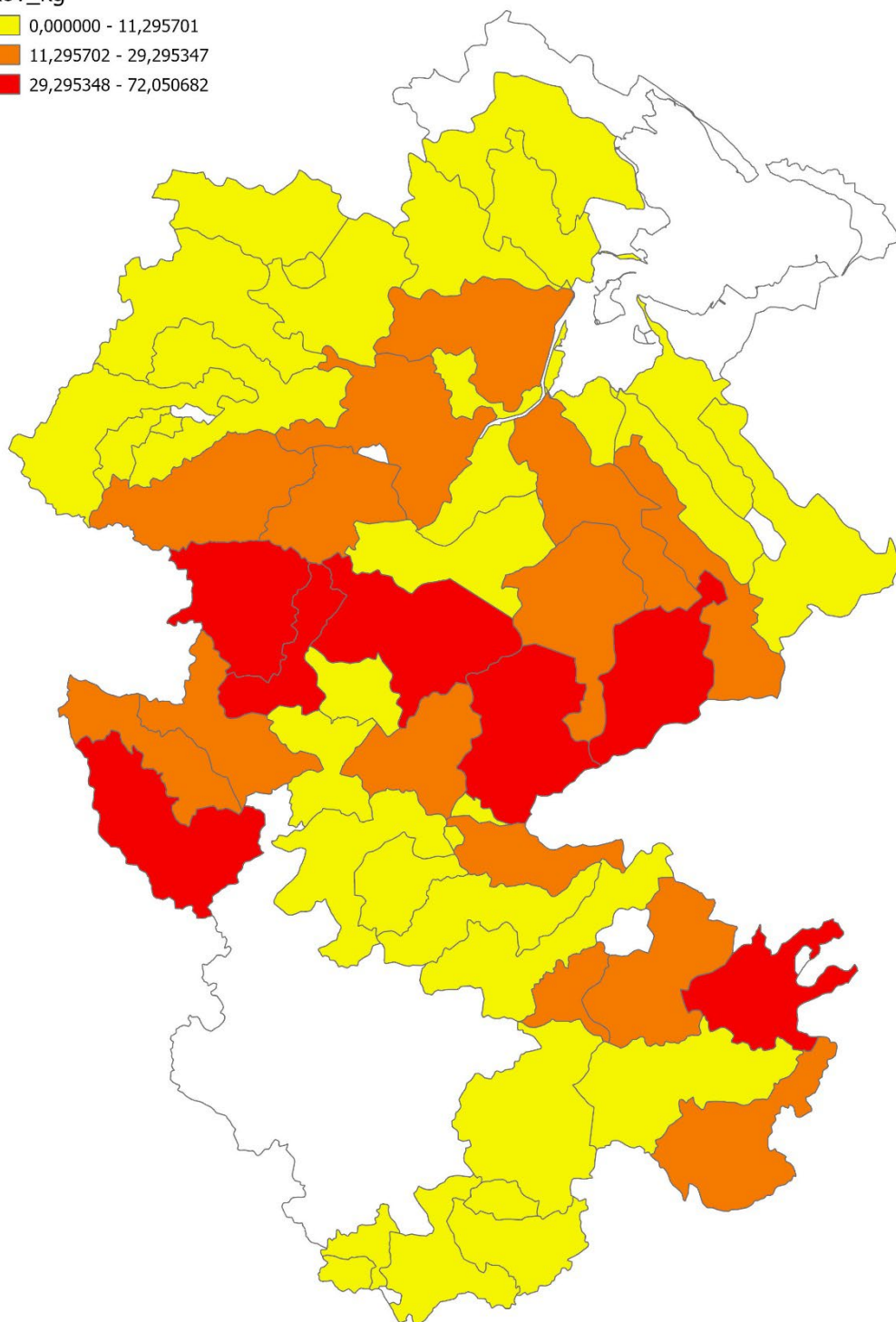
## Bilag 1. Effekter af virkemidler ved fuld udnyttelse af virkemiddelpotentialer opgjort på ID15-oplande

skov\_kg

0,000000 - 11,295701

11,295702 - 29,295347

29,295348 - 72,050682



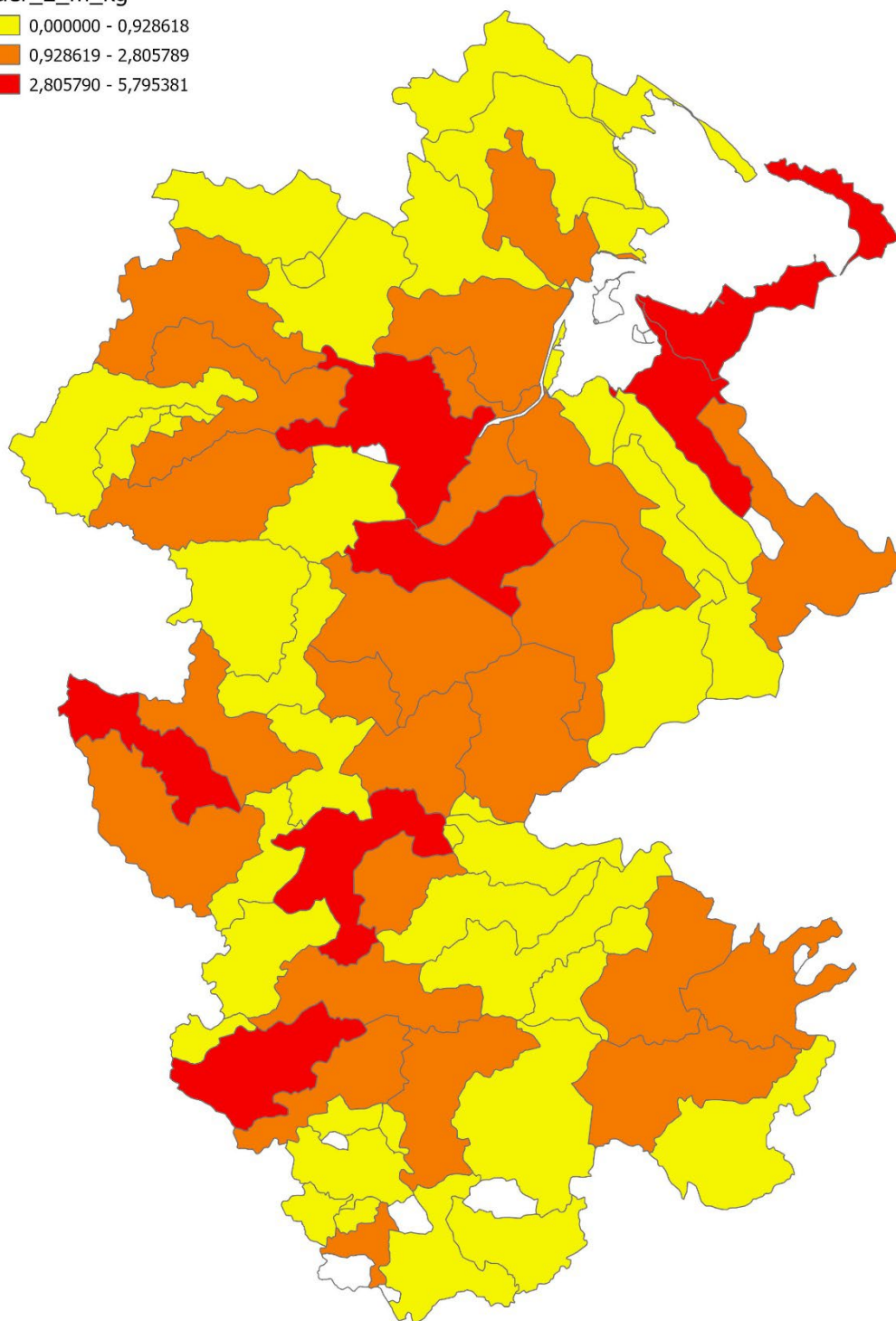
Effekt af skovrejsning i kg P.

traer\_2\_m\_kg

0,000000 - 0,928618

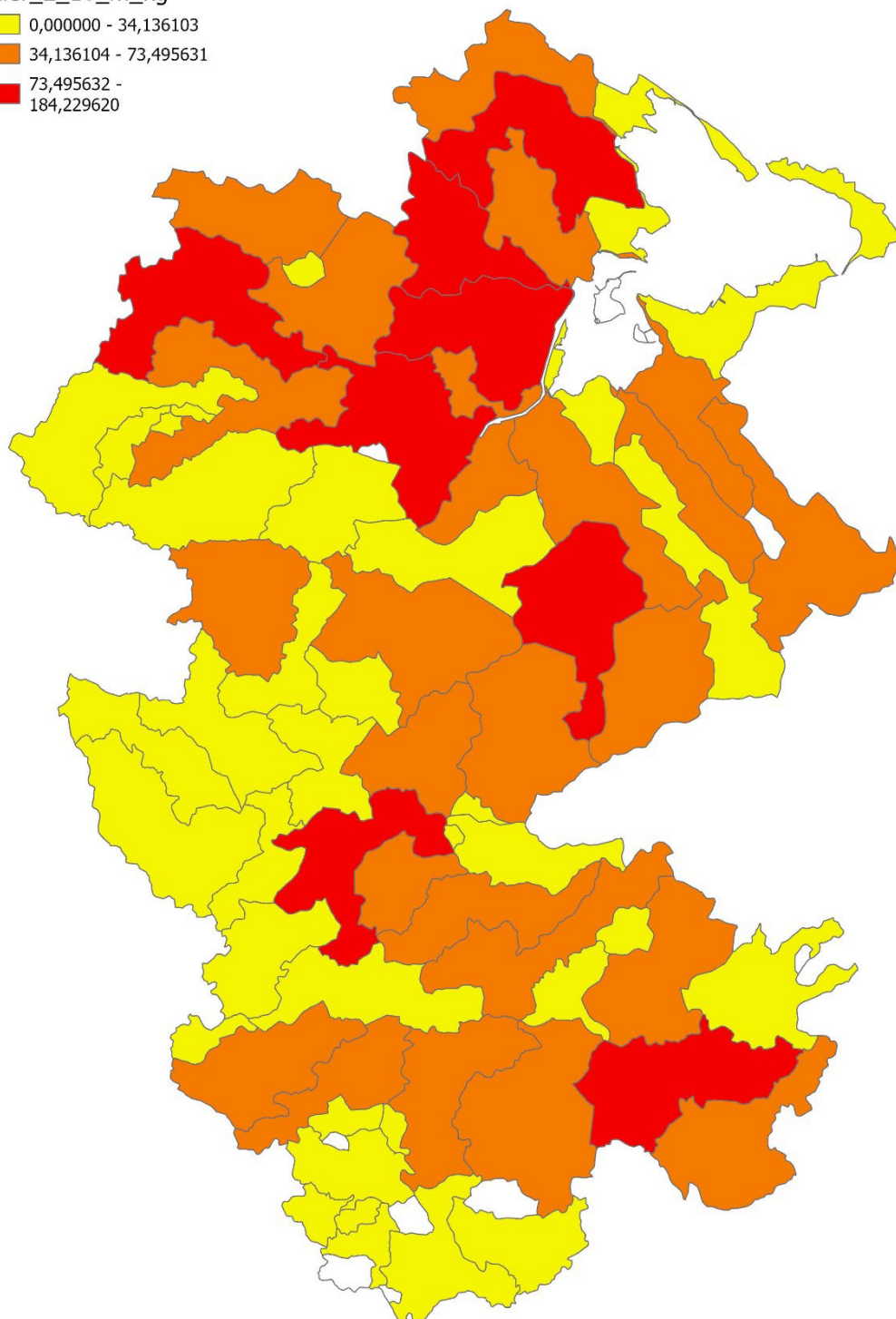
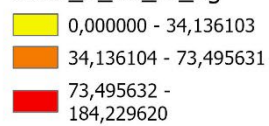
0,928619 - 2,805789

2,805790 - 5,795381



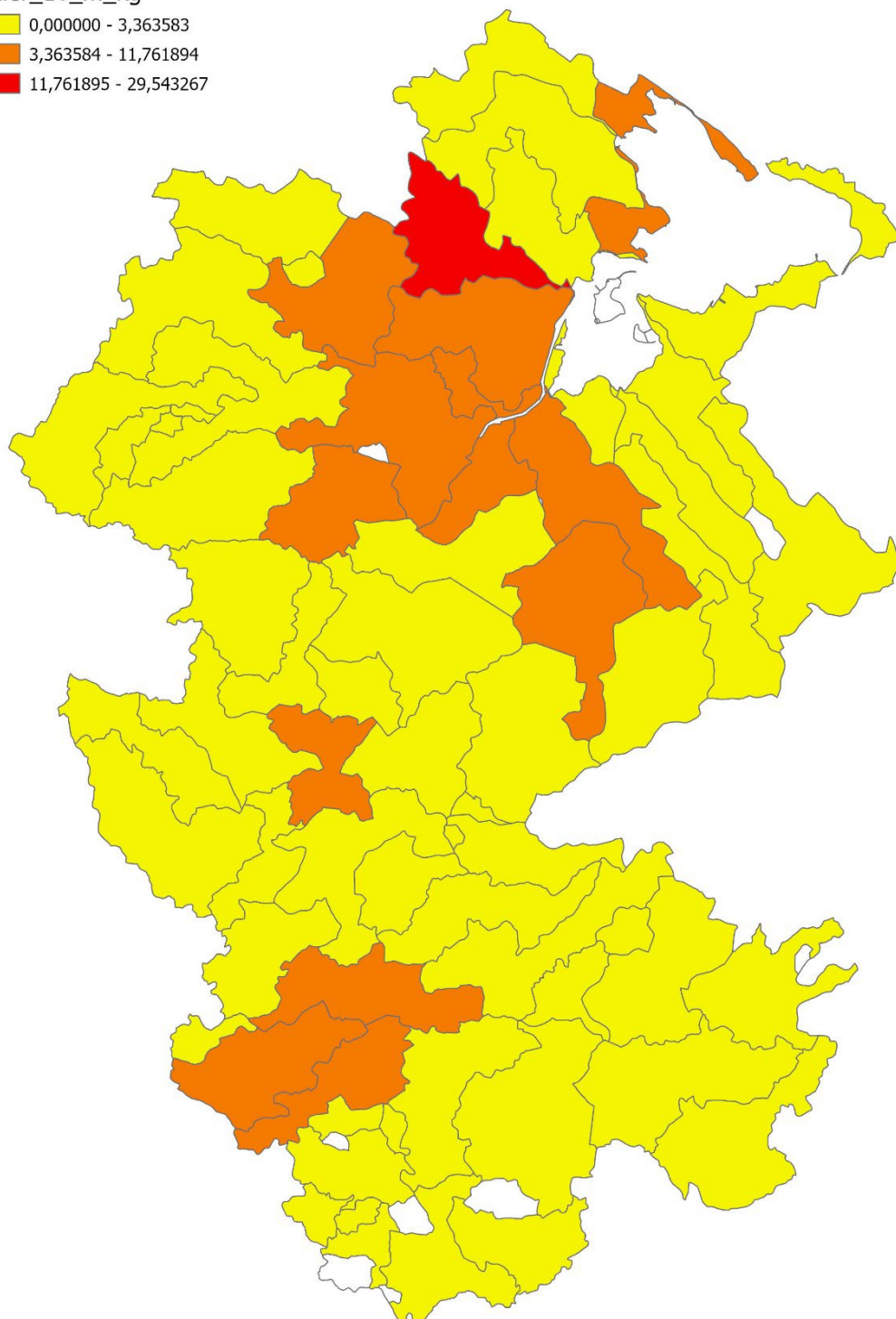
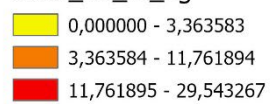
Effekt af træplantning langs vandløb mindre end 2 m i kg P.

traer\_2\_10\_m\_kg



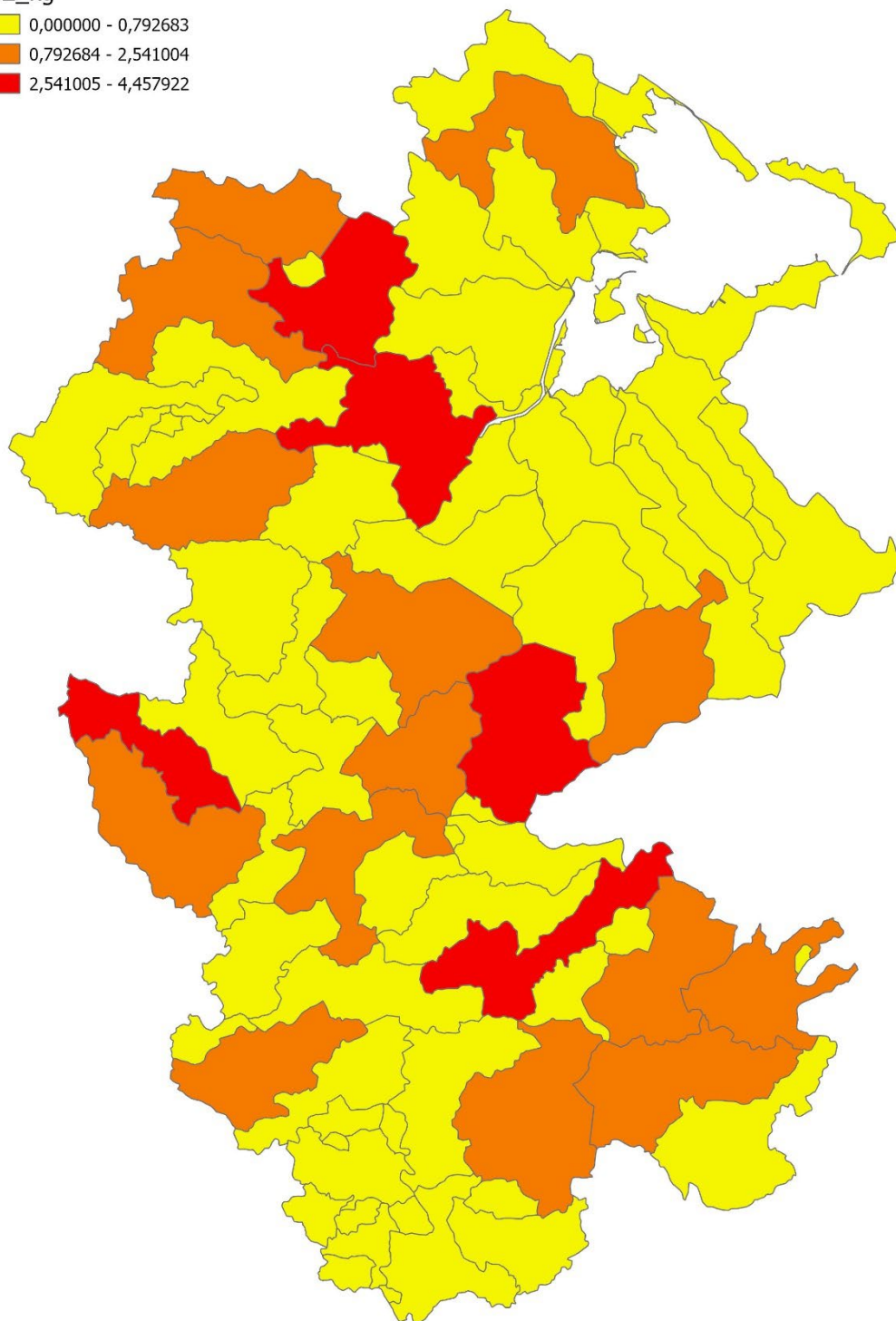
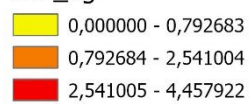
Effekt af træplantning langs vandløb mellem 2 og 10 m i kg P.

traer\_10\_m\_kg



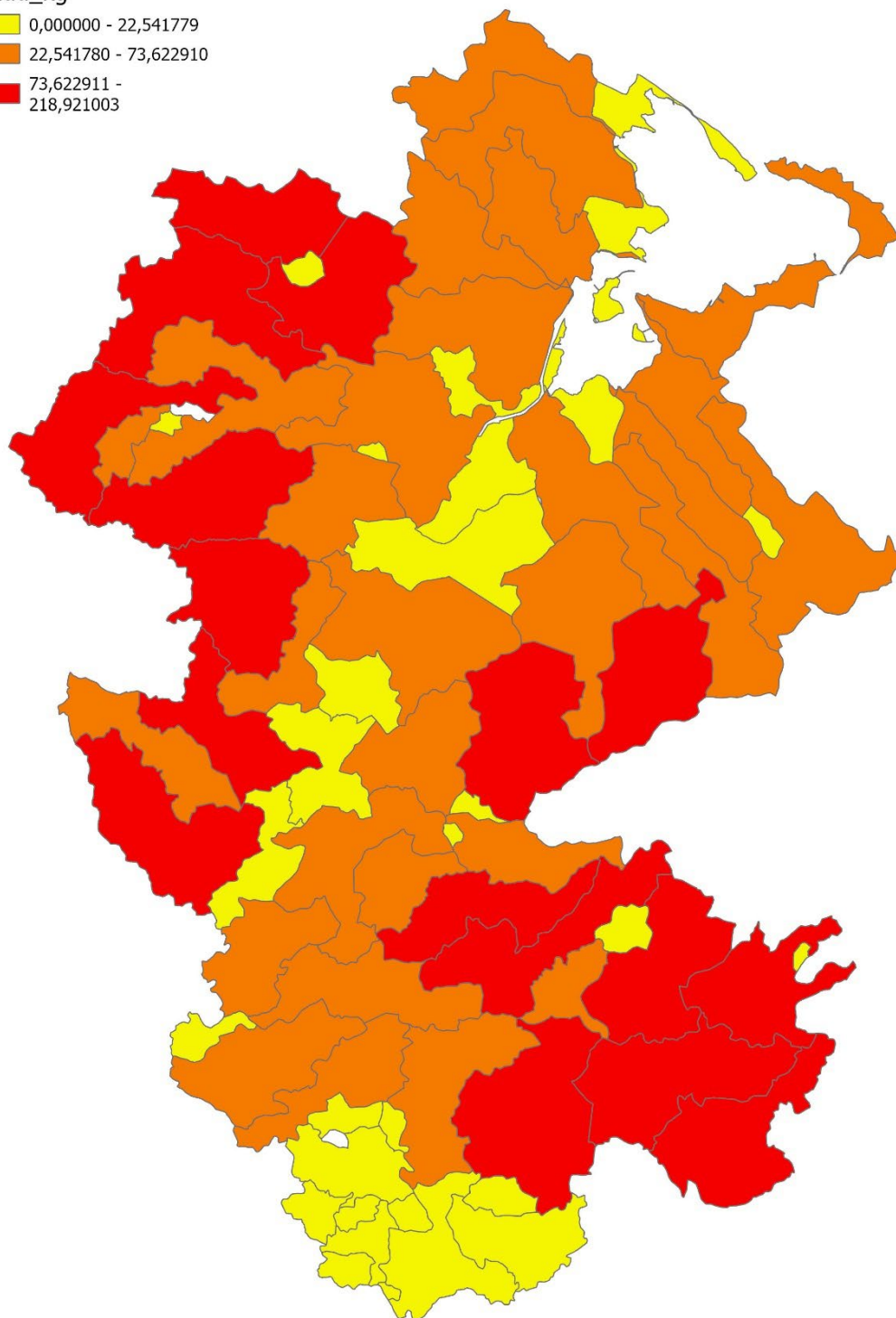
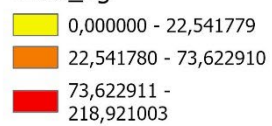
Effekt af træplantning langs vandløb større end 10 m i kg P.

IBZ\_kg



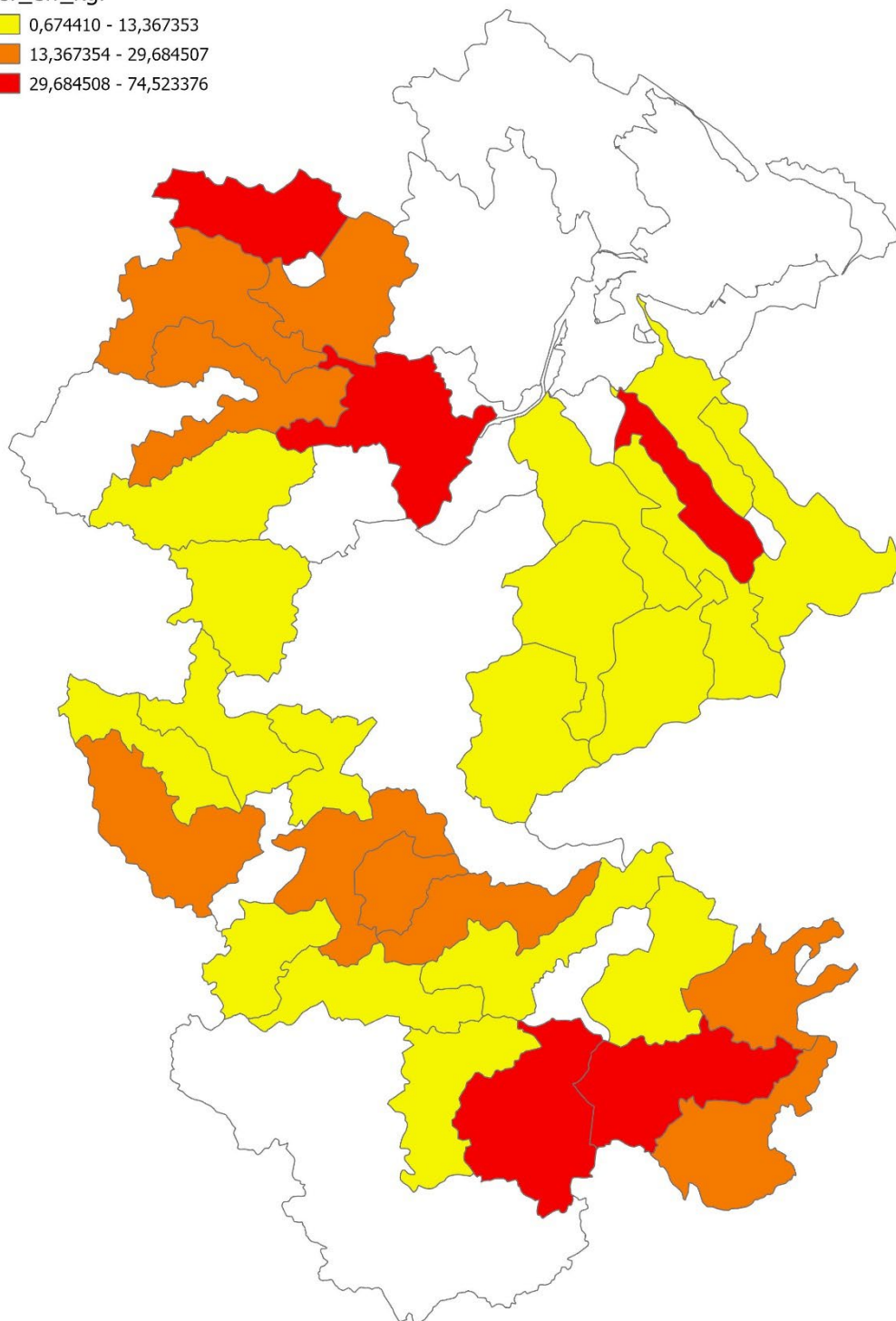
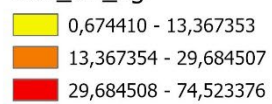
Effekt af integrerede bufferzoner (IBZ) i kg P.

vaad\_kg



Effekt af mini-vådområder i kg P.

msr\_eff\_kgP



Effekt af hævet vandløbsbund i kg P.

## MULIGHEDER FOR REDUKTION AF DEN DIFFUSE FOSFORTILFØRSEL TIL ODENSE FJORD

DCE ved Institut for Ecoscience, Aarhus Universitet har opgjort den diffuse fosforbelastning af Odense Fjord 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 Odense Fjord i arbejdet med at opstille en lokalt funderet vandplan for Odense Fjord.