

Opfølgende hotspotanalyse af Fyle Bæk og Ødsted Bæk, Vejle

Videnskabeligt notat af Biologisk Institut, Syddansk Universitet

Dato: 31. maj 2025

SDU 

Syddansk Universitet

Kolofon

Titel:	Notat: Opfølgende hotspotanalyse af Fyle Bæk og Ødsted Bæk, Vejle
Forfattere:	Anders Barnewitz, Søren Lücking, Theis Kragh & Paula Canal-Vergés Biologisk Institut, Syddansk Universitet.
Bedes citeret:	Barnewitz A., Lücking S., Kragh T., Canal-Vergés P. (2025). Opfølgende hotspotanalyse af Fyle Bæk og Ødsted Bæk, Vejle. Videnskabeligt notat fra Biologisk Institut, Syddansk Universitet.
Udgivet:	31. maj 2025
Finansieret af:	Vejle Kommune
Forsidefoto	Ammitsbøl Bæk, 2024. Foto: Hanne Fogh Vinther



Syddansk Universitet

Udgivet af:

Resumé

Dette notat dækker over en hotspotanalyse af oplandene til Fyle Bæk og Ødsted Bæk, Vejle Å opland. De to oplande blev valgt baseret på en tidligere hotspotanalyse af hele Vejle Å, som identificerede de to oplande til at have et højt bidrag af kvælstof (Canal-Vergés *et al.*, 2024). Projektet forløb fra april 2024 til april 2025, hvor der kontinuert blev målt vandføring og næringsstofkoncentrationer, hvortil der blev udarbejdet en massebalance for begge oplande. Desuden blev der foretaget månedlige vandprøvetagninger ved 45 stationer, 16 i Fyle Bæk, og 28 i Ødsted Bæk, samt én station som reference. Den månedlige massebalance viste at Fyle Bæk og Ødsted Bæk havde en udvaskning af kvælstof på hhv. 27,6 tons N og 41,6 tons N, og en udvaskning af fosfor på hhv. 0,64 tons P og 0,87 tons P i projektperioden. Der var en jævn tilførsel af kvælstof i løbet af året, med højere tilførsel i nedbørsrige perioder. Fosforkoncentrationen steg betydeligt i Fyle Bæk ved stor nedbør. Der blev i samarbejde med Vejle Kommune opsat et reduktionsscenarie baseret på tre offentlige baggrundskort, hvoraf det blev estimeret at en udtagning af det samlede udpegede areal på 319,5 ha i begge oplande kunne forventes at resultere i en reduktion i kvælstofudledning på ca. 8,7 % i projektperioden, eller 1,8 % af kvælstofudledningerne fra Vejle Å. Der blev samtidigt udregnet hvilken reduktion man ville kunne forvente ved etablering af vådområder eller ekstensivt drevne arealer/skov på arealet, med erfaringstal fra Vejle Kommune. Hotspotanalysen viste at 20 % af oplandet med det højeste kvælstofbidrag, tilføjede lige så meget næring som ca. 50 % af oplandet med de laveste kvælstofbidrag. Denne fordeling kunne forklares i nogen grad med andelen af omdrift og naturarealer i deloplandene, hvoraf der var en tydelig tendens til at deloplande med en større andel af natur havde lavere kvælstofbidrag, og deloplande med højere andel af omdrift havde et lavere kvælstofbidrag. Der foreslås derfor at fokusere en omlægning af omdriftsarealer til naturarealer, med særligt fokus på de deloplande hvor der ses et højt kvælstofbidrag.

Highlights

Formålet med analysen

Identificering af potentielle hotspots for kvælstof- og fosforudledninger i oplandene til Fyle Bæk og Ødsted Bæk. Analysen er en viderebygning af den metode tidligere brugt i grovere opløsning på hele oplandet til Vejle Å, som udpegede de to oplande til nærmere analyse på grund af deres høje bidrag til kvælstofudledning (Canal-Vergés *et al.*, 2024).’

Total transport af kvælstof og fosfor i projektperioden

Der var i projektperioden en total transport af kvælstof fra Fyle Bæk og Ødsted Bæk på hhv. 27,6 tons N og 41,6 tons N, og en total transport af fosfor på hhv. 0,64 tons P og 0,87 tons P.

Variationer i deloplandenes specifikke udledninger

Resultater fra hotspotanalysen viser en variation i deloplandenes bidrag til kvælstofudledningerne, hvor især områder med større andel af natur har et lavere bidrag, hvorimod dyrkede områder har et højere bidrag. Det blev estimeret at i begge deloplande havde de ca. 20 % mest udledende deloplande lige så store udledninger som de ca. 50 % mindst udledende deloplande.

Fyle Bæk reagerer kraftigere på nedbørshændelser

Ved kraftige nedbørshændelser ses en stigning i koncentrationen af fosfor i vandløbene, hvor der ofte ses en stabil eller et lille fald i kvælstofkoncentrationen i samme perioder. Resultater fra massebalancen viser, at to nedbørshændelser i projektperioden stod for ca. 29% af fosforudvaskningen til Fyle Bæk, men ca. 15 % i Ødsted Bæk. Samme nedbørshændelser stod for ca, 7,8 % af kvælstofudvaskningen til Fyle Bæk og 4,2 % til Ødsted Bæk.

Omlægningsreduktioner

Der blev udregnet et reduktionsscenarie i samarbejde med Vejle Kommune, hvor en omlægning af 319,5 ha blev estimeret at kunne reducere udledningerne til Fyle og Ødsted Bæk med ca. 8,7 %, eller Vejle Å med 1,8 %. 319,5 ha svarer til 8,8 % af oplandet til Fyle og Ødsted Bæk, og 0,95 % af oplandet til Vejle Å. Erfaringstal fra Vejle Kommune blev brugt til at udregne at der ved etablering af vådområde eller ekstensivt drevne arealer/skov på de 319,5 ha, ville der kunne forventes en årlig reduktion på hhv. 19 tons N og 6,4 tons N med det foreslåede areal.

Anbefalinger til fremtidige handlinger

Omlægning af landbrugsarealer

For at opnå en betydelig kvælstofreduktion, og dermed mindske kvælstofudledning til vandløb, søer og kystvande, så kræver det en omlægning af landbrugsarealer. Der bør prioriteres indsatser i de deloplande, som særligt bidrager til kvælstofudvaskningen, men også fokuseres på samspil mellem de naturlige habitater.

Vandtilbageholdelse ved nedbørshændelser

Ved nedbørshændelser sker der store stigninger i udledningen af kvælstof og fosfor i både Ødsted og Fyle Bæk, og særligt i Fyle Bæk ses store udledninger af fosfor ved større nedbørshændelser. De nedbørsbetingede udledninger vil kunne reduceres ved at skabe en tilbageholdelse af vandet, eller ved at reducere risikoen for erosion og overfladeafstrømning fra dyrkede arealer.

Indholdsfortegnelse

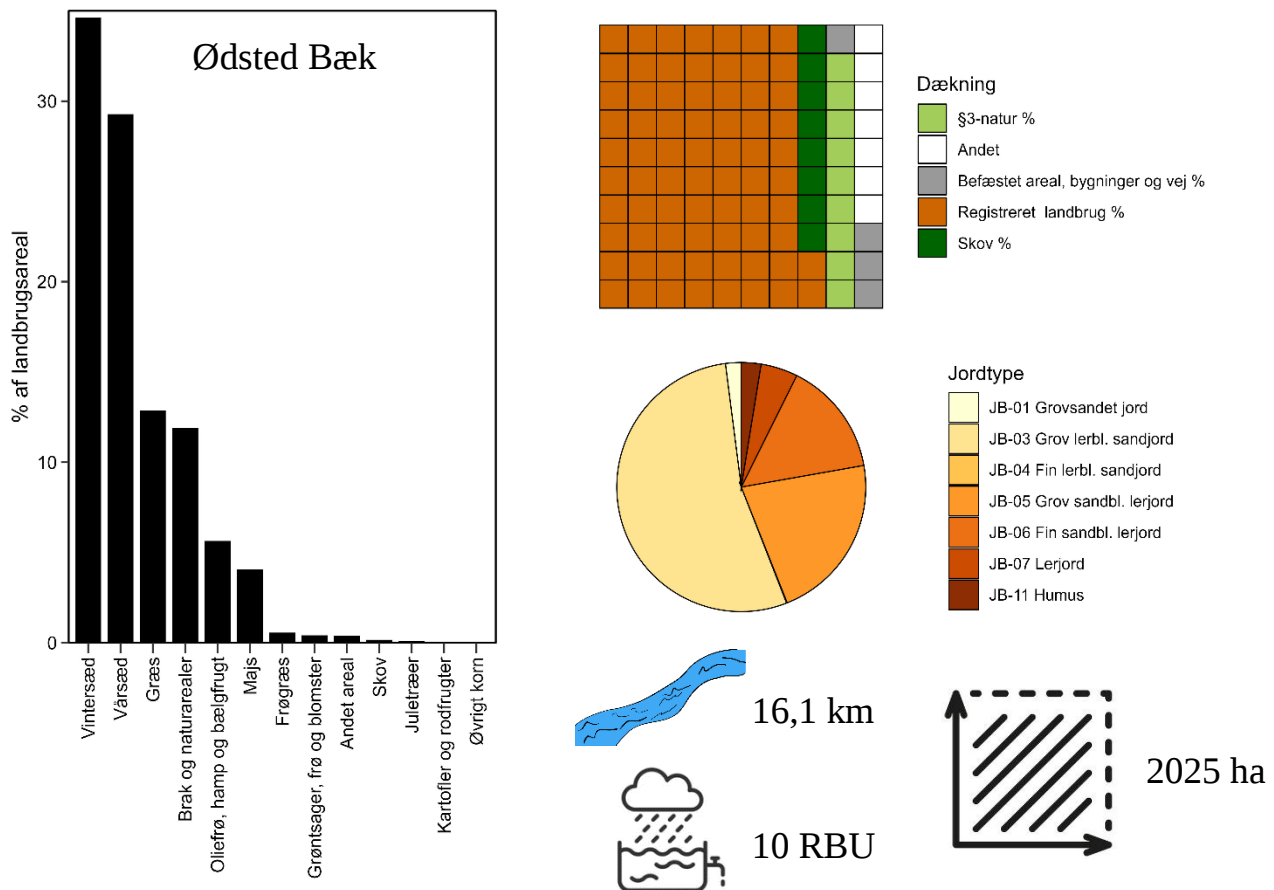
Kolofon	1
Resumé.....	2
Highlights.....	3
Introduktion.....	6
Formål	6
Ødsted Bæk	7
Fyle Bæk.....	7
Metode	8
Prøveindsamling og analyse.....	8
Stationsvalg	9
Vandføringsberegninger	10
Udvaskningsberegninger	11
Resultater	11
Koncentrationer	12
Specifikke udledninger.....	15
Absolutte udledninger (Massebalance)	17
Reduktionsscenario.....	18
Omlægning: Lavbund, erosion og skrånende arealer.....	19
Diskussion.....	21
Konklusion og perspektivering	24
Referencer	25
Bilag	26

Introduktion

Formål

Der blev i 2023-2024 lavet en hotspotanalyse i oplandet til Vejle Å; 'Præliminær Hotspotanalyse for Vejle Å' (Canal-Verges *et al.*, 2024). Denne analyse udpegede tre områder (oplandene til Fyle Bæk, Tågelund Bæk, og Ødsted Bæk), hvor der var højere kvælstofbidrag til Vejle Å ift. oplandenes størrelse sammenlignet med øvrige oplande til Vejle Å. Vejle Kommune blev anbefalet at fortsætte analysen i disse oplande, hvoraf den blev fortsat i de to oplande med den største arealspecifikke udledning, oplandene til Fyle Bæk og Ødsted Bæk, Fortsættelsen bestod af yderligere monitoring i 2024/2025 med en højere opløsning i de to delområder for at finde potentielle hotspots i disse oplande.

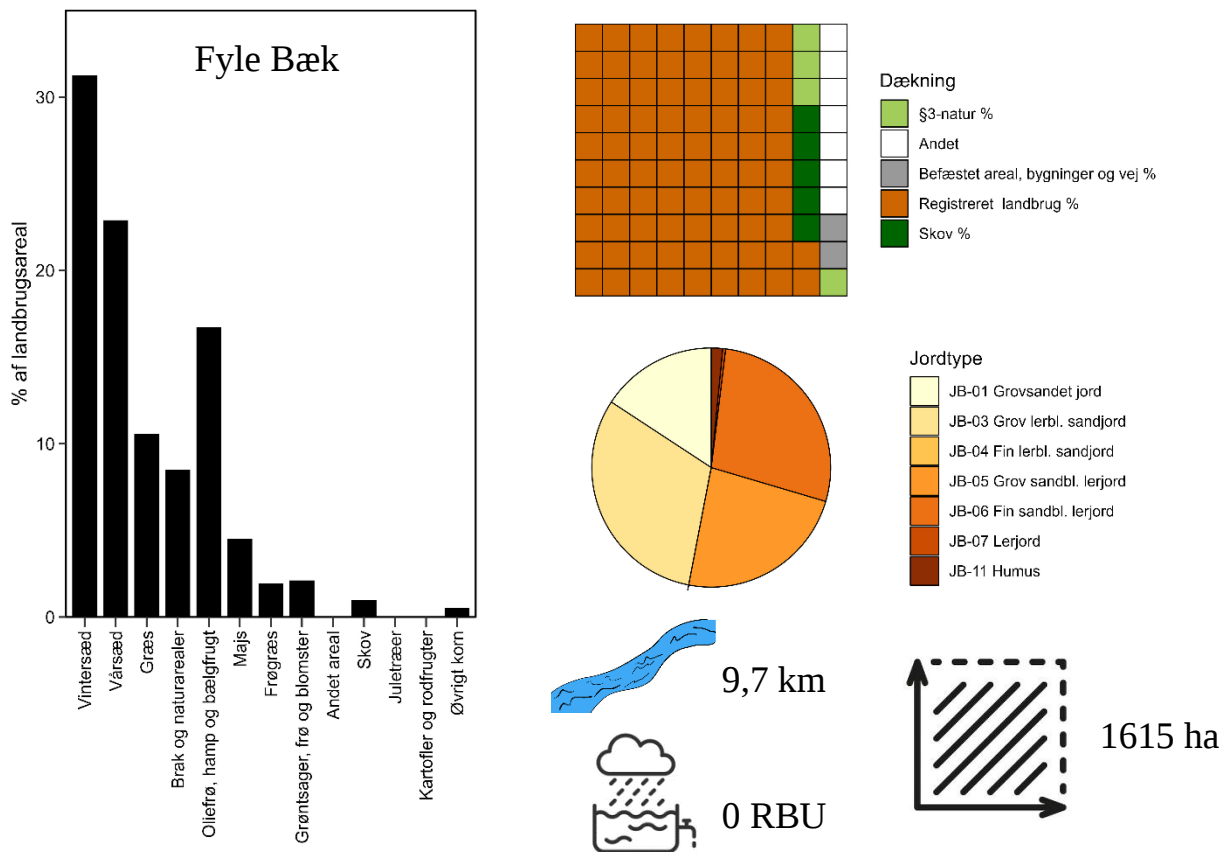
Ødsted Bæk og Fyle Bæk er vandløb der løber til Vejle Å sydfra. Fyle Bæk løber sammen med Egtved Å kort inden den løber ud i Vejle Å.



Figur 1 Analyse af eksisterende offentligt tilgængelige data fra oplandet til Ødsted Bæk. Areal anvendelse af landbrugsjorden. Fordeling af oplandsarealet på §3-natur, befæstet areal, landbrug, skov og andet. Andel af diverse jordtyper, samt længden af vandløb, antal regnbetingede udledninger samt oplandets størrelse.

Ødsted Bæk

Ødsted Bæk har et opland på ca. 2025 ha (modificeret fra Scalgo Live, 2024), hvoraf 71,8 % er registreret som landbrug inkl. brak (Landbrugsstyrelsen, 2024). Vandløbet strækker sig over ca. 16 km (Geodanmark, 2024, fig. 1). Oplandet består primært af sandjord, JB4-6 (Jordtypekortet, 2019) og i oplandet findes udover landbrugsjord også skov og beskyttet natur, især nær udmundingen af bækken, inden den løber ud i Vejle Å. Ødsted by ligger også i oplandet, og her findes størstedelen af oplandets 10 registrerede aktive regnbetingede udledninger pr. oktober 2024. De regnbetingede udledninger har en samlet estimeret teoretisk udledning på 210 kg TN og 33 kg TP (data fra PULS, 2024).



Figur 2 Analyse af eksisterende offentligt tilgængelige data fra oplandet til Fyle Bæk. Areal anvendelse af landbrugsjorden. Fordeling af oplandsarealet på §3-natur, befæstet areal, landbrug, skov og andet. Andel af diverse jordtyper, samt længden af vandløb, antal regnbetingede udledninger samt oplandets størrelse.

Fyle Bæk

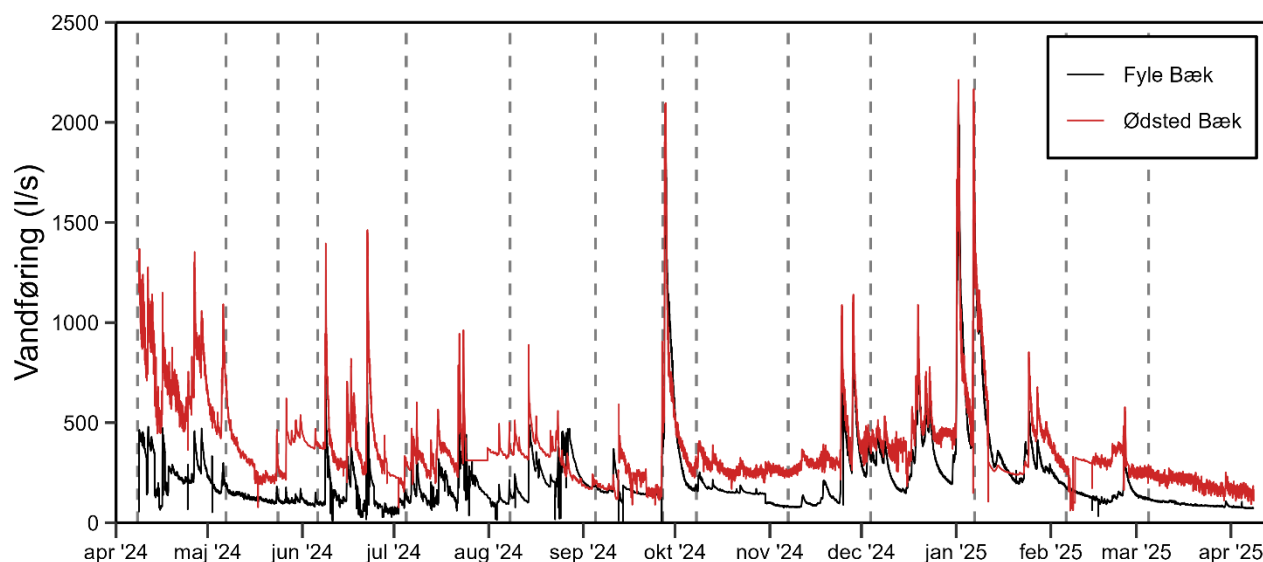
Fyle Bæk har et opland på 1615 ha (Scalgo Live, 2024), hvoraf 82 % er registreret som landbrug inkl. brak (Landbrugsstyrelsen, 2024). Vandløbet strækker sig over 9,7 km (Geodanmark, 2024, fig. 2). Oplandet består primært af sandjord, JB4-6 (Jordtypekortet, 2019) og i oplandet findes også skov og

beskyttet natur, især nær udmundingen af bækken, inden den løber ud i Egtved Å. I oplandet findes spredt bebyggelse, men ingen større byer. Der er ikke registreret aktive regnbetingede udledninger i oplandet pr. oktober 2024.

Metode

Prøveindsamling og analyse

Ved udmundingen af begge vandløb var der placeret en Teledyne-ISCO 2150 area velocity flow-meter, der med en doppler placeret i vandløbet kontinuert målte vandføringen, vandhastighed og vandstand. Der var tilkoblet en Teledyne-ISCO 6712 vandprøvetager (fremover benævnt som ISCO), som tog vandprøver baseret på vandføringen, indstillet til at indsamle ca. én flaske af 10 prøvetagninger i døgnet ved middelvandføring. Denne opsætning målte en ugentlig massebalance for stoftransporten fra hvert af de to oplande.

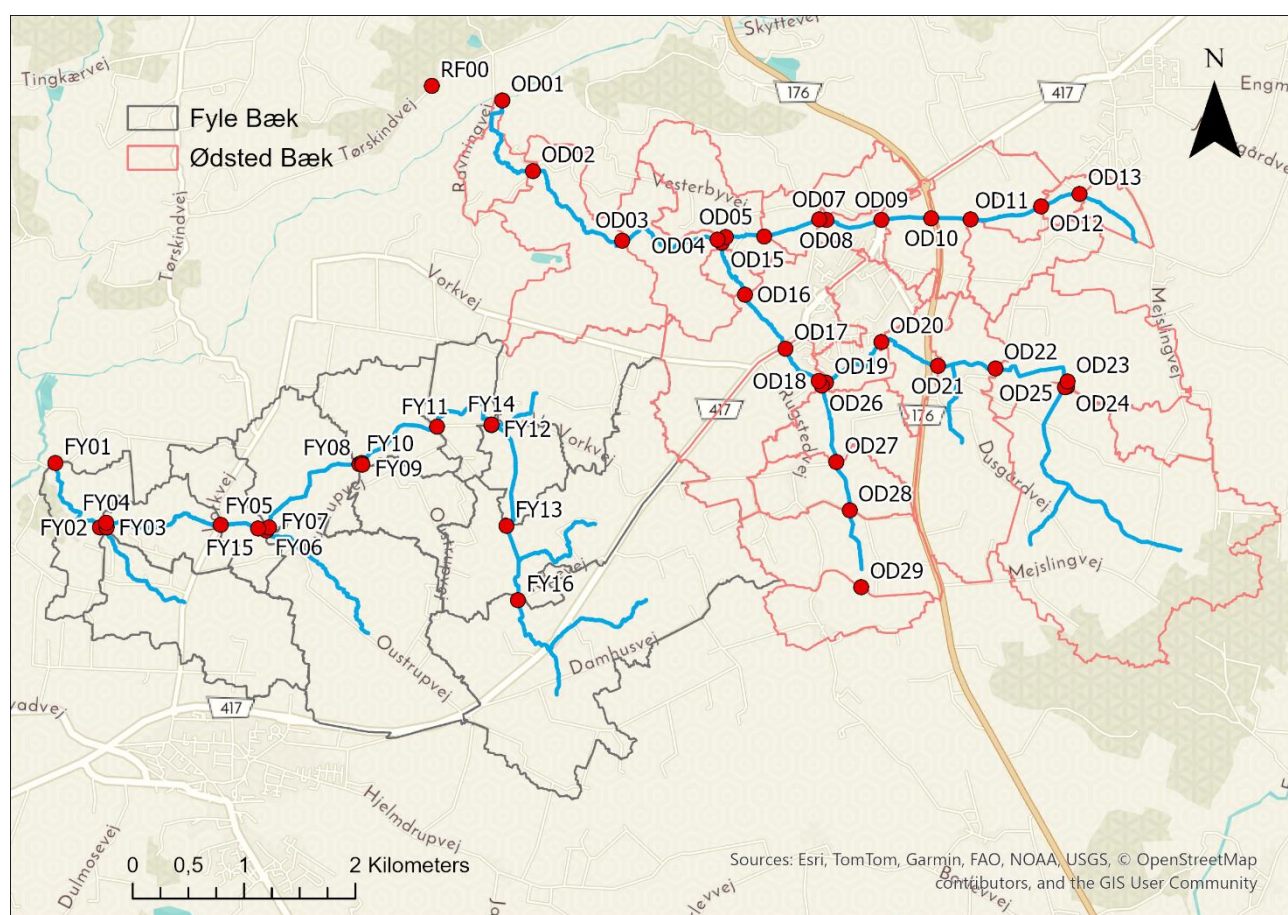


Figur 3 Den målte vandføring på de to stationer med en opsat vandføringsmåler i Fyle Bæk (sort) og Ødsted Bæk (rød). Grå stiplede linjer angiver datoer hvor der er indsamlet vandprøver i oplandet månedligt eller dage med ekstra vandprøveindsamlinger.

Der blev fastlagt månedlige indsamlingsdage af vandprøver på alle stationer i starten af projektet, for at undgå bias i indsamlingen og for at få variationen over sæsonen (fig. 3). Derudover blev der lavet to ekstra indsamlinger (d. 24-05-2024 og d. 27-09-2024) på baggrund af nedbørsforholdene, for at sikre at både lav og høj afstrømning blev dækket. Prøverne indsamlet månedligt blev analyseret for totalt kvælstof (TN) og totalt fosfor (TP). Prøverne indsamlet automatisk af ISCOen blev yderligere analyseret for opløst uorganisk nitrogen (DIN) for at undersøge andelen af nitrit (NO_2), nitrat (NO_3) og ammonium (NH_4).

Stationsvalg

I Fyle Bæk blev der placeret 16 stationer og i Ødsted Bæk blev der placeret 28 stationer (fig. 4). Dertil blev der valgt én station nord for Ødsted Bæks tilløb til Vejle Å nær Ravingbroen som reference (RF00), da der her findes et vandløb omgivet af naturskov med minimal næringsstofpåvirkning (fig. 4). Stationerne i hvert af de to vandløbsoplande blev placeret for at inddеле vandløbene i deloplande af generelt lignende størrelser, samt for at undersøge specifikke tilstødende vandløb eller områder (fig. 4). For hver station blev der beregnet et delopland, som havde en gennemsnitlig størrelse på 124 ha i Fyle Bæk og 81 ha i Ødsted Bæk. Derudover blev der placeret stationer nær eller i udvalgte dræn, regnbetingede udledninger eller andre udvalgte områder. Tilsvarende blev der ved flere sammenløb i vandløbene, som fx i sammenløbet mellem Ammitsbøl Bæk og Rugsted Bæk, placeret stationer i begge vandløb før sammenløbet, og en station igen kort efter sammenløbet, for at kunne vurdere andelen af vand, der kom fra hvert vandløb ud fra koncentrationsforskellen.



Figur 4 Kort over det samlede opland som indgår i projektet. Stationerne er fordelt i Fyle Bæk og i Ødsted Bæk, med en ekstra station (RF00) placeret udenfor begge oplande, som reference station, da den har et opland bestående af naturskov.

Vandføringsberegninger

For at beregne estimerede udledninger fra deloplandene, blev der til hvert delopland tilknyttet en estimeret vandføring. Denne estimerede vandføring blev beregnet ved at tage vandføringen fra den nedstrøms vandføringsmåler, og ekstrapolere den ud på de tilsvarende stationer. Dette blev gjort ved antagelse af at oplandene har en ens afstrømning, og det derfor kan antages at hvert areal bidrager ligeligt til vandføringen.

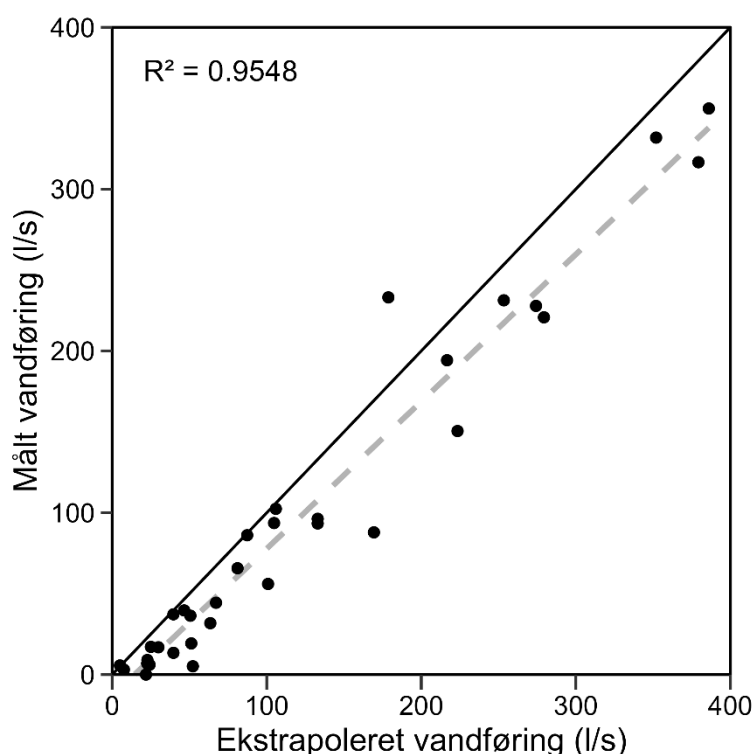
$$Vandføring_{station} = Vandføring_{doppl} \times \frac{Areal_{station}}{Areal_{doppl}}$$

Som grundlag for at ekstrapolere vandføringen fra de nedstrøms vandføringsmålinger ud på oplandet, blev der lavet en validering hvor vandføringen blev målt på udvalgte stationer i begge oplande med en håndholdt vandføringsmåler (OTT MF pro). Disse vandføringsmålinger blev derefter sammenholdt med den estimerede vandføring. Denne validering viste at der var en god sammenhæng mellem den estimerede vandføring og den målte vandføring, dog at der var en mindre overestimering i vandføringen på ca. 10 % (fig. 5). Da overestimeringen er uniform over alle vandføringerne, forventes det derfor ikke at have en betydning for hvilke områder som fremstår som ”hotspots”, og der korrigeres derfor ikke i deloplandes specifikke bidrag, da målet for analysen er at finde de områder, som bidrager mere end andre.

Udvaskningsberegninger

Udvaskninger (angivet i kg ha^{-1}) blev udregnet ud fra det ekstrapolerede flow 24 timer før og 24 timer efter vandprøveindsamlingen sammenholdt med de analyserede koncentrationer i vandprøverne. Denne massetransport er videre behandlet for at udregne de specifikke udledninger (opgivet i $\text{kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$), ved for hver station at fratrække forrige stationers massetransport, og dividere med den individuelle stationers delopland. Dette giver den specifikke udledning, som er et udtryk, der beskriver hvor meget der bliver udledt pr. areal i hvert opland. Disse målinger kan blive negative, når der er en lavere massetransport nedstrøms end opstrøms, hvilket kan indikere at der sker en aktiv næringsstoffjernelse i deloplandet, fx i form af denitrifikation. Der kan dog stadig være områder i et negativt

delopland som tilføjer næring, og omvendt. Den specifikke udledning repræsenterer hele deloplandet, og ved en højere opløsning kan der derfor findes både højere og lavere specifikke udledninger inden for disse arealer. Da beregningerne er baseret på deloplande beregnet i Scalgo Live, stiger usikkerheden derfor med meget små deloplande ($< 20 \text{ ha}$), da små ændringer i oplandets størrelse kan have en stor procentvis effekt på den beregnede specifikke udledning. Der kan også forekomme en usikkerhed ved de mindre deloplande, da deloplandenes størrelse ikke tager højde for dræn, som kan gøre at deloplandenes vandføring varierer fra det beregnede i Scalgo Live. Afhængigt af, om et delopland bliver over- eller underestimeret i størrelsen, kan der beregnes en over- eller underestimering af vandføringen, og dermed også den specifikke udledning, hvorefter den kan afvige fra den de egentlige værdier. Dette problem er dog minimeret ved større deloplande, hvor denne usikkerhed udgør en proportionelt mindre del af det vurderede oplandsareal.



Figur 5 Det estimerede flow beregnet ud fra den nedstrøms vandføringsmåler sat imod vandføringen målt opstrøms på forskellige stationer med en håndholdt vandføringsmåler. Stiplede linje angiver den lineære regression. Den solide linje angiver en hældning på 1.

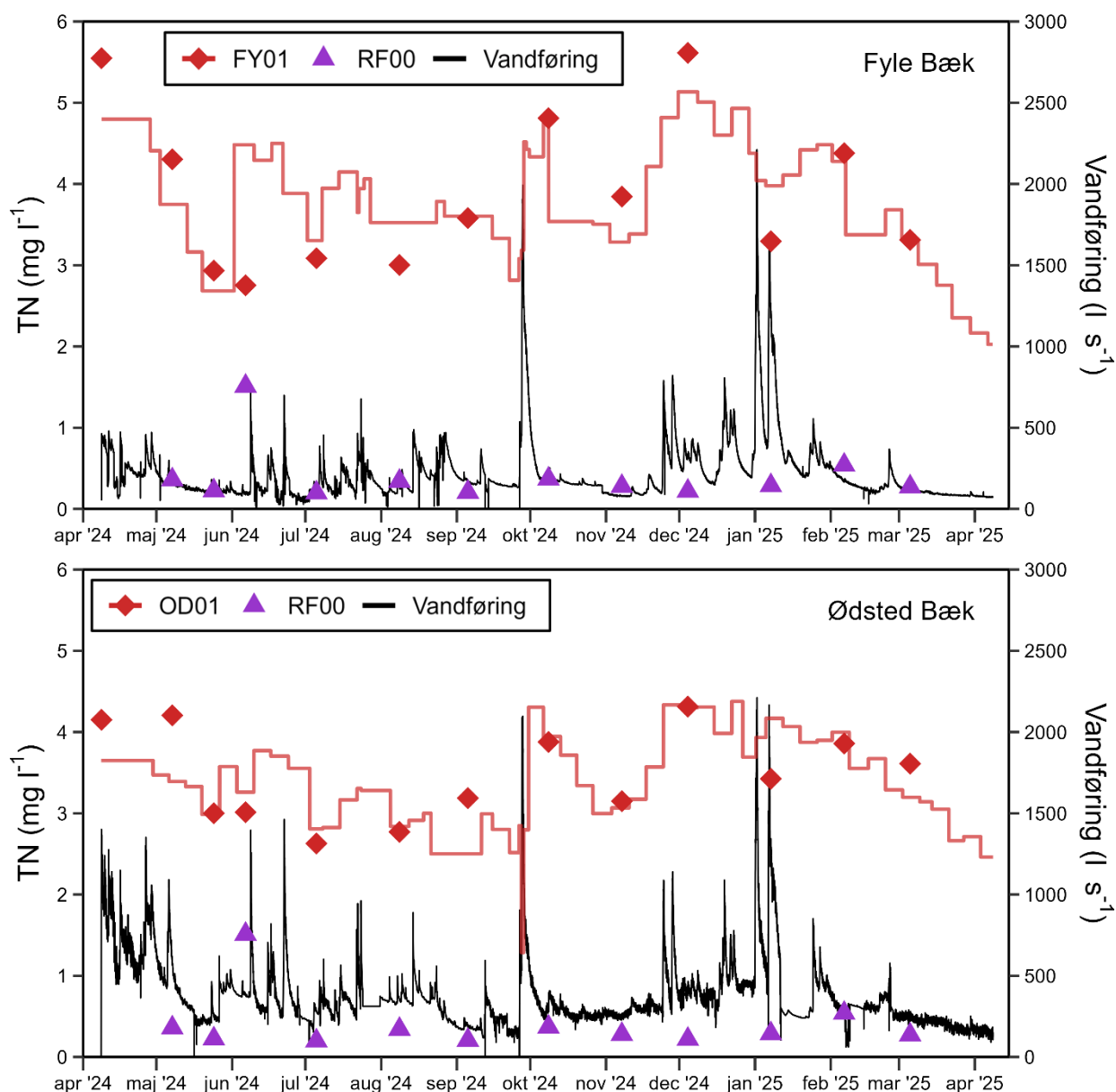
Resultater

Resultaterne er baseret på de 12 månedlige vandprøveindsamlinger fra alle stationer, samt den vandføring og massebalance, som er målt nedstrøms i begge oplande. Observationer under vandprøvetagninger medførte at stationerne FY14 og FY15 blev inkluderet fra maj 2024, og FY16 blev inkluderet fra august 2024. Vandprøven fra station OD28 er gået tabt for maj 2024. To værdier

for TP er udeladt fra videre databehandling, da der har været en fejl i enten indsamlingen eller analysen i laboratoriet: OD01 i maj, og OD15 i februar. De påvirkede deloplande er derfor baseret på færre målinger end de resterende, og derfor kan en mindre afvigelse forekomme, men den er ikke vurderet væsentlig, pga. det store datagrundlag for alle stationer gennem de månedlige indsamlinger over et år.

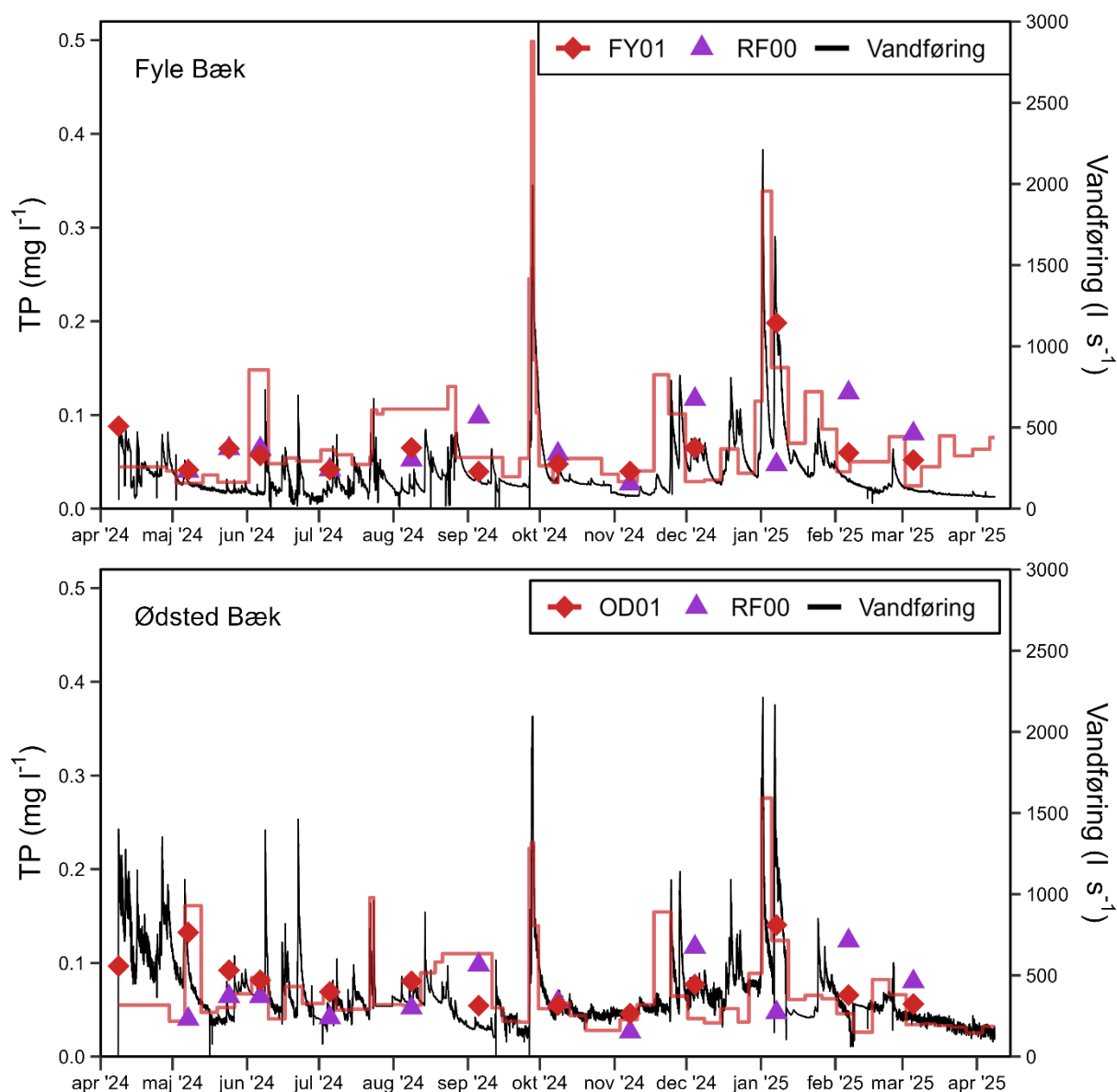
Koncentrationer

Der blev igennem året målt koncentrationer af TN og TP både på vandprøver fra de månedlige indsamlinger, men også fra de nedstrøms vandprøvetagere (ISCOer) som indsamlede vandprøver flere gange dagligt. Der er generelt en god overensstemmelse mellem de månedlige vandprøver og vandprøver indsamlet af ISCOen (fig. 6, 7). Der ses en variation mellem den målte koncentrationerne af TN og TP i nogle perioder, hvilket kan skyldes at de indsamlede vandprøver udgør et øjebliksbillede, hvor målinger fra ISCOen udgør en middelsoncentration i den målte periode på ca. én uge.



Figur 6 Der ses hhv. koncentrationerne af TN for Fyle Bæk og Ødsted Bæk fra de 12 vandprøveindsamlinger (røde ruder) og målt af den nedstrøms kontinuerte vandprøveindsamler (røde linjer). Lilla trekanter angiver koncentrationen af TN fra de 12 vandprøveindsamlinger fra referencestationen RF00. Sort linje angiver vandføringen i projektperioden.

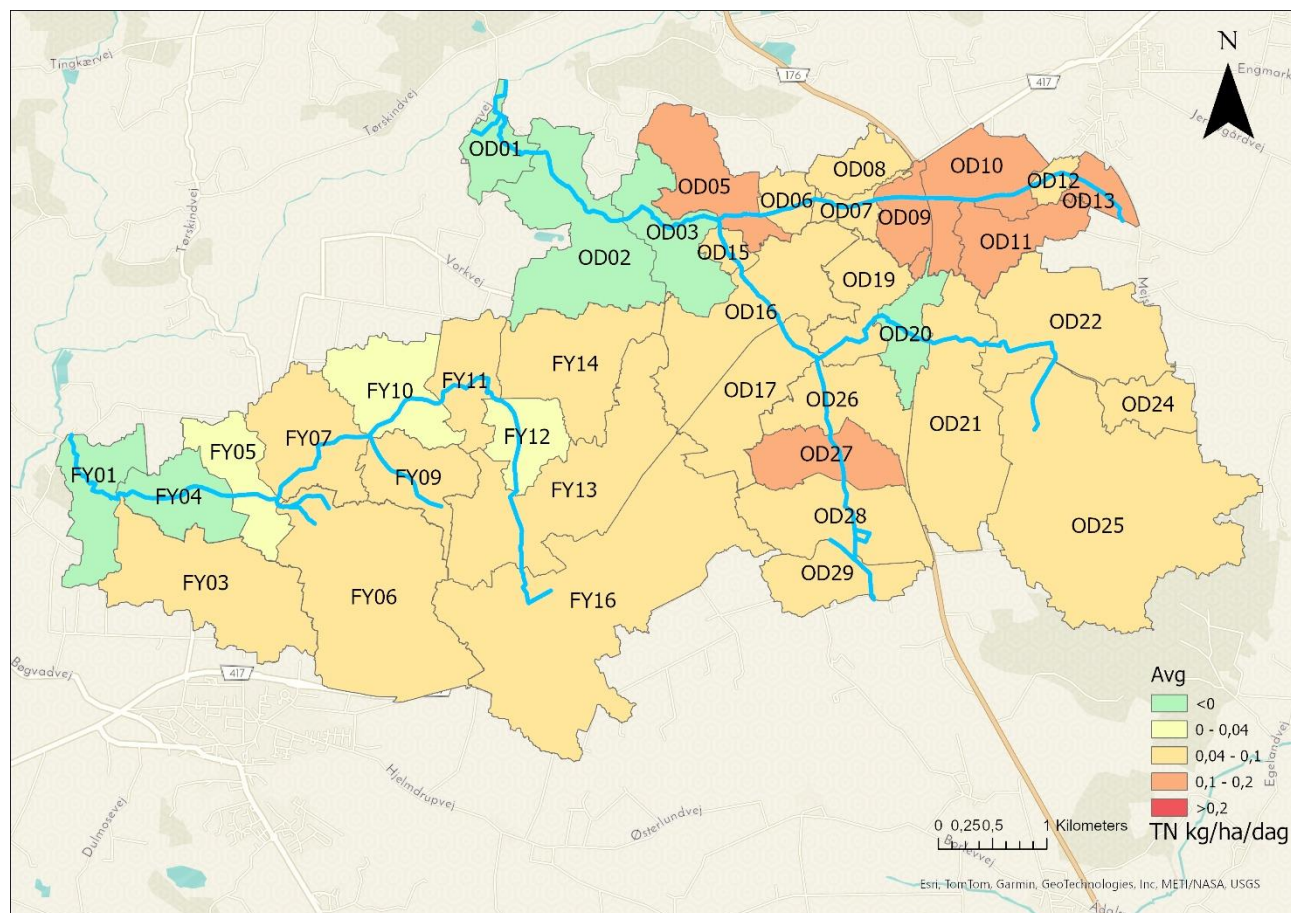
For kvælstof ses det at koncentrationen ved udmundingen af Fyle Bæk ligger konsekvent mellem 2.5 og 5 mg l⁻¹, og lavere ses kun i foråret 2025 da mængden af nedbør havde været begrænset (fig. 6). Koncentrationen ses højere i perioder efterfølgende megen nedbør, og lavere i tørre perioder. Kvælstofkoncentrationen ved udmundingen af Ødsted Bæk ligger konsekvent mellem 2.5 og 4.5 mg l⁻¹, og den falder ikke lige så meget i tørre perioder som Fyle Bæk, og er derfor mindre påvirket af nedbørsmængder. Kvælstofkoncentrationen i referencevandløbet (RF00) ses typisk under 0.5 mg l⁻¹, dog med en enkelt undtagelse i juni hvor den var ca. 1.6 mg l⁻¹.



Figur 7 Der ses hhv. koncentrationerne af TP for Fyle Bæk og Ødsted Bæk fra de 12 vandprøveindsamlinger (røde ruder) og målt af den nedstrøms kontinuere vandprøveindsamler (røde linjer). Lilla trekanter angiver koncentrationen af TP fra de 12 vandprøveindsamlinger fra referencestationen RF00. Sort linje angiver vandføringen i projektperioden.

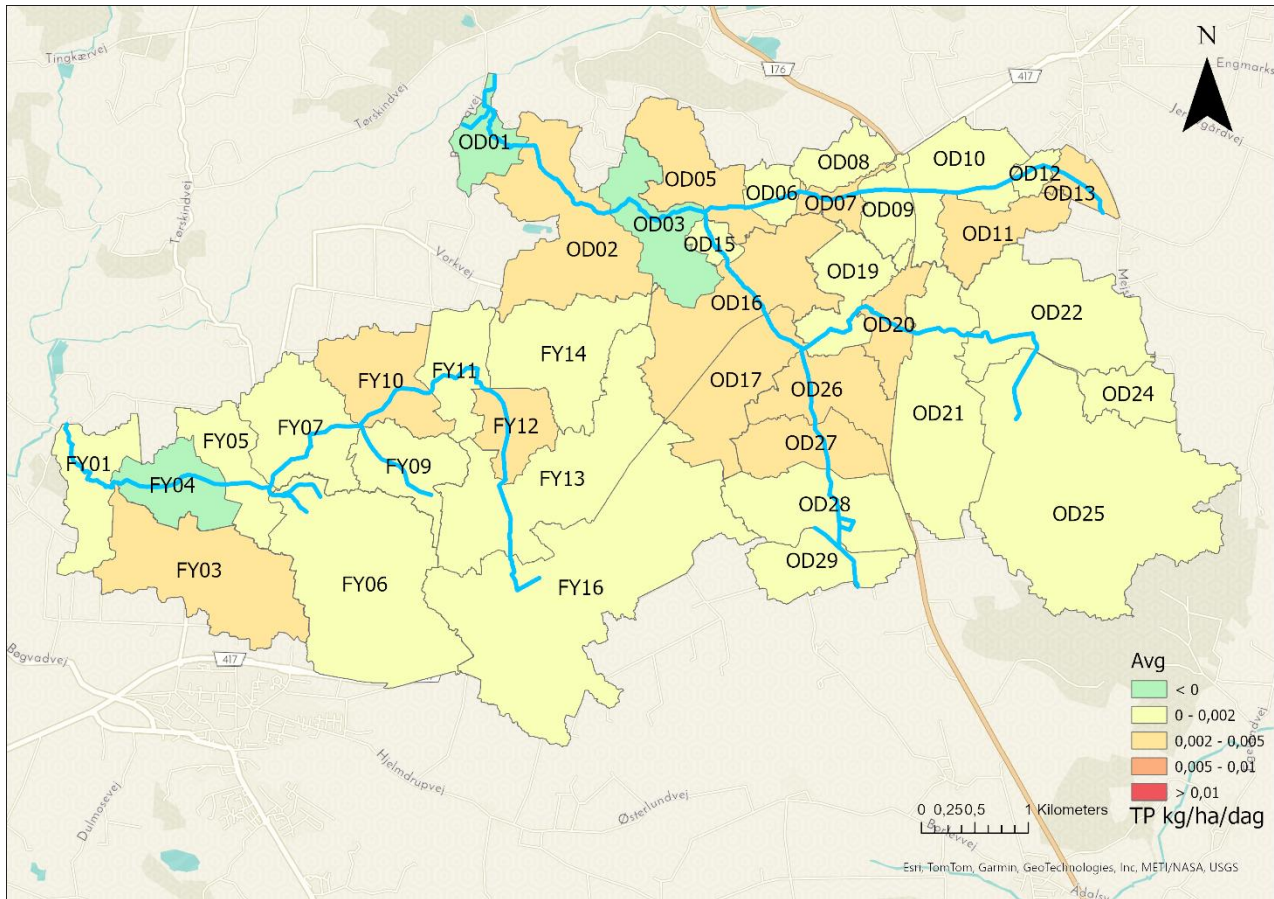
Det ses at fosfor at koncentrationen af TP typisk er sammenlignelig eller lavere i både Fyle Bæk og Ødsted Bæk (fig. 7). Begge vandløb er mere reaktive på nedbørsmængder (ses i januar), hvor koncentrationen stiger mere i Fyle Bæk og Ødsted Bæk end referencestationen. Koncentrationen af TP er typisk mellem 0.05 og 0.15 mg l^{-1} for alle tre stationer vist.

Specifikke udledninger



Figur 8 Den gennemsnitlige specifikke udledning af TN fra deloplandene i Fyle Bæk og Ødsted Bæk, udregnet ud fra de månedlige vandprøveindsamlinger og den kontinuerlige vandføringsmåler i hvert opland.

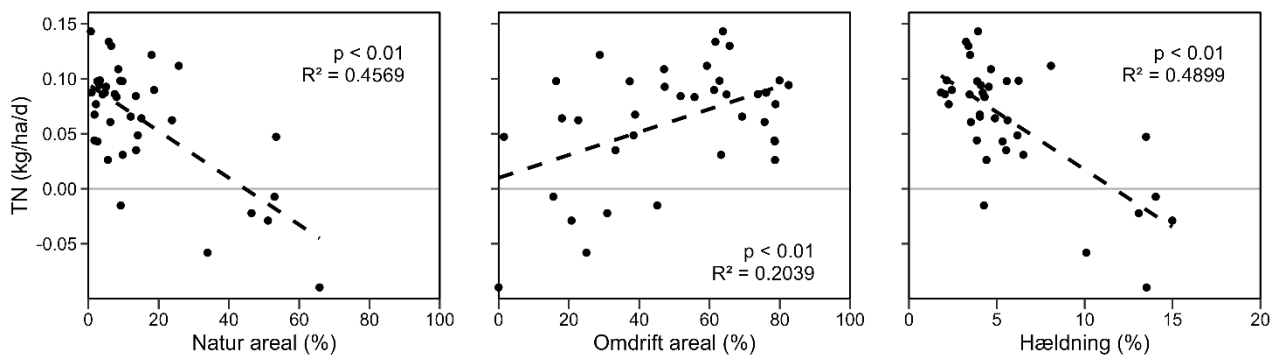
De 12 vandprøveindsamlinger viser tydeligt områder som har større og mindre bidrag til kvælstofbelastningen i begge deloplande, når der ses på gennemsnit over hele sæsonen (fig. 8). I begge deloplande ses de laveste specifikke udledninger af TN nær udløbet i henholdsvis Egtved Å for Fyle Bæk og Vejle Å for Ødsted Bæk. De højeste specifikke udledninger af TN ses i den nedre del af Fyle Bæk oplandet, og i den øvre del af Ødsted Bæk oplandet, dog med undtagelser i begge oplande. Dette repræsenterer den generelle tendens til udledninger, men der er enkelte afvigelser i tilfælde af kraftige nedbørshændelser (bilag 1).



Figur 9 Den gennemsnitlige specifikke udledning af TP fra deloplandene i Fyle Bæk og Ødsted Bæk, udregnet ud fra de månedlige vandprøveindsamlinger og den kontinuerlige vandføringsmåler i hvert opland.

Det ses ligeledes for de specifikke udledninger af TP at der kan identificeres områder med større og lavere bidrag til fosforbelastningen (fig. 9). Her er der ikke nogen klar tendens, da både de høje og lave områder er spredt i oplandet. Der er både områder som er høje for den specifikke udledning af TN og for TP (fx OD13, OD27), samt områder som er lave for TN, men høje for TP (fx OD02, OD20).

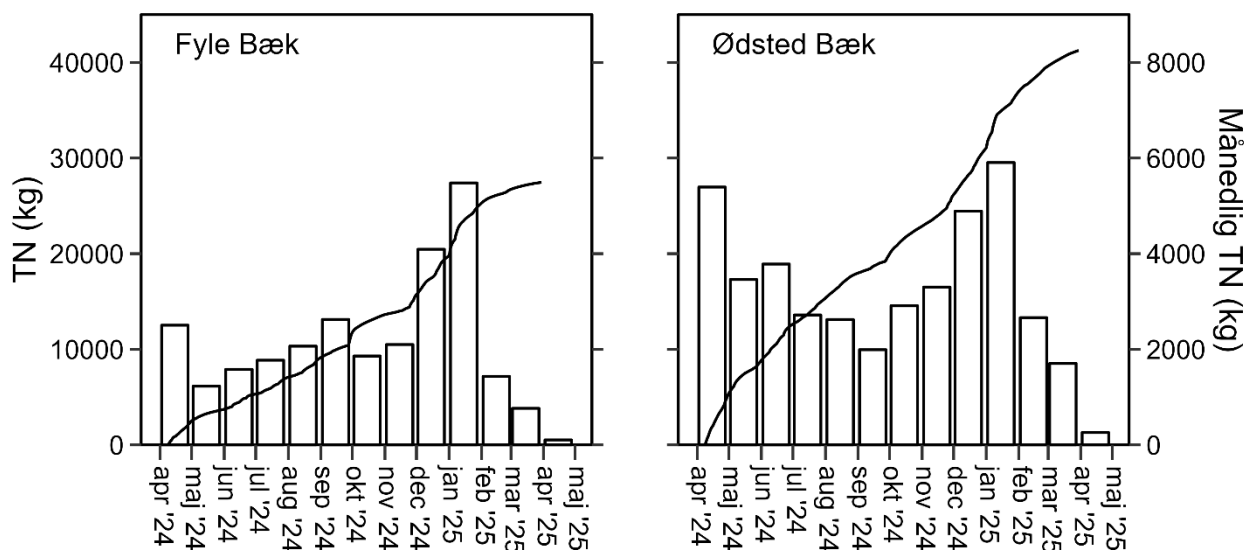
For at undersøge om der var nogle tilgængelige parametre, som kunne forklare de specifikke udledninger, blev der lavet korrelationer mellem diverse parametre tilknyttet deloplandene og deres specifikke udledning af TN. Disse korrelationer viste at der er en generel tendens til at ved højere dækningsgrad af natur, ses lavere specifikke udledninger af TN (fig. 10). Tilsvarende ses at jo større andelen af omdriftsarealer er i deloplandene, jo større er de specifikke udledninger af TN (fig. 10). Sammenhængen mellem den gennemsnitlige hældning af oplandet og den specifikke udledning af TN viste at ved højere hældning af oplandet ses en lavere udledning af TN (fig. 10).



Figur 10 Sammenhængen mellem de specifikke udledninger af TN fra Fyle Bæk og Ødsted Bæk, og sammensætningen af deloplandene. Sammensætningen er opgivet som (A) dækning af natur, (B) dækning af omdrift og (C) gennemsnitlig hældning af deloplandet.

Absolutte udledninger (Massebalance)

Der var en tydelig sæsonvariation i massetransporten af TN for både Fyle Bæk og Ødsted Bæk, hvor der i vinterhalvåret ses større udledninger (fx april- og december-januar), og der i sommerperioden er lavere udledninger, drevet af både lavere koncentrationer og lavere vandføring (fig. 11).

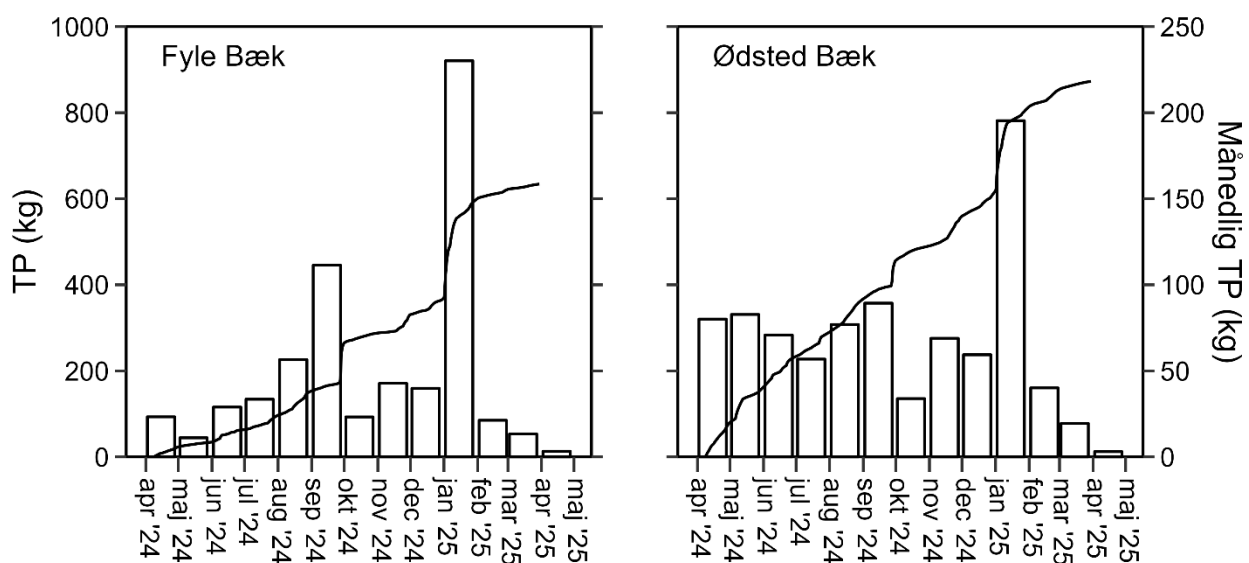


Figur 11 Venstre akse angiver med linjer den akkumulerede mængde TN udvasket fra Fyle Bæk og Ødsted Bæk gennem den målte periode fra d. 8. april 2024 til d. 8. april 2025. Den højre akse angiver med søjler den målte månedlige massebalance for TN.

Den samlede massetransport udgjorde 27.598 kg N for Fyle Bæk og 41.594 kg N for Ødsted Bæk, til en total på 69.191 kg N i projektperioden for de to delområder. Igennem perioden var andelen af nitrat i vandprøverne 89 %, med lavere andel typisk målt ved nedbørshændelser, hvor andelen af partikulært kvælstof steg. Nedbørshændelserne bidrog primært til en højere massetransport ved at øge

vandvolumen uden en faldende kvælstofkoncentration. Nedbørshændelserne havde derfor et mindre bidrag til den totale massetransport. Nedbørshændelsen d. 27. september stod for ca. 2.6 % og 0.9 % af den samlede kvælstofudledning fra hhv. Fyle Bæk og Ødsted Bæk. Nedbørshændelsen i starten af januar 2025 stod for 5.2 % og 3.3 % af den samlede kvælstofudledning fra hhv. Fyle Bæk og Ødsted Bæk.

Der var også en tydelig sæsonvariation for massetransporten af TP, som er tilsvarende den set for TN, med højere udledninger i vinterhalvåret (fig. 12). Massetransporten af TP er dog primært drevet af vandføringen, da koncentrationerne af TP ikke ændres markant over sæsonen. Der var en større respons på store nedbørshændelser, som var tydelig sidst i september og starten af januar. I disse tilfælde var den stigning drevet af både højere koncentrationer af TP og højere vandføring.



Figur 12 Venstre akse angiver med linjer den akkumulerede mængde TP udvasket fra Fyle Bæk og Ødsted Bæk gennem den målte periode fra d. 8. april 2024 til d. 8. april 2025. Den højre akse angiver med søjler den målte månedlige massebalance for TP.

Nedbørshændelsen d. 27. september stod for ca. 12 % og ca. 5 % af den samlede udledning af TP fra hhv. Fyle Bæk og Ødsted Bæk. Den længere nedbørshændelse i starten af januar stod for ca. 17 % og ca. 10 % af den samlede udledning af TP fra hhv. Fyle Bæk og Ødsted Bæk. Samlet set var der en total udledning af TP i Fyle Bæk på 638 kg P og i Ødsted Bæk på 866 kg P i projektperioden, og en samlet udledning på 1.515 kg P.

Reduktionsscenarie

Ifølge udkastet til Vandområdeplanerne III efter genbesøget er indsatsbehovet til Vejle Fjord samlet på ca. 190 tons N (Ministeriet for Grøn Trepert, 2024). Sund Vejle Fjord projektet har vist at ca. 60 % af kvælstoftilførslen til Vejle Fjord stammer fra Vejle Å oplandet (Lees *et al.*, 2022). Det betyder,

at der potentielt skal findes indsatser til at reducere kvælstoftilførslen med 114 tons fra Vejle Å oplandet.

Der er i samarbejde med Vejle Kommune blevet udarbejdet et potentielt areal for omlægning som er baseret på eksisterende kortlægninger. Disse kort blev anvendt til at udregne et reduktionspotentiale på tre forskellige måder, både med anvendelse af data fra denne rapport, og med udregningsmetoder som følger den standard man bruger når der etableres vådområder eller skov. Reduktionspotentialet har den egentlige udledning i projektperioden som sammenligningsgrundlag, hvilket angiver den aktuelle massebalance for perioden fra april 2024 til april 2025. Vores udgangspunkt for en potentiel reduktion i perioden april 2024 til april 2025 er der en kvælstofudledning på 27,6 tons TN og 41,6 tons TN for hhv. Fyle Bæk og Ødsted Bæk, samt en fosforudledning på 0,64 tons TP og 0,87 tons TP for hhv. Fyle Bæk og Ødsted Bæk. Samlet set giver det en total udledning af kvælstof i de to oplande på 69,2 tons TN, og en udledning af fosfor på 1,5 tons TP.

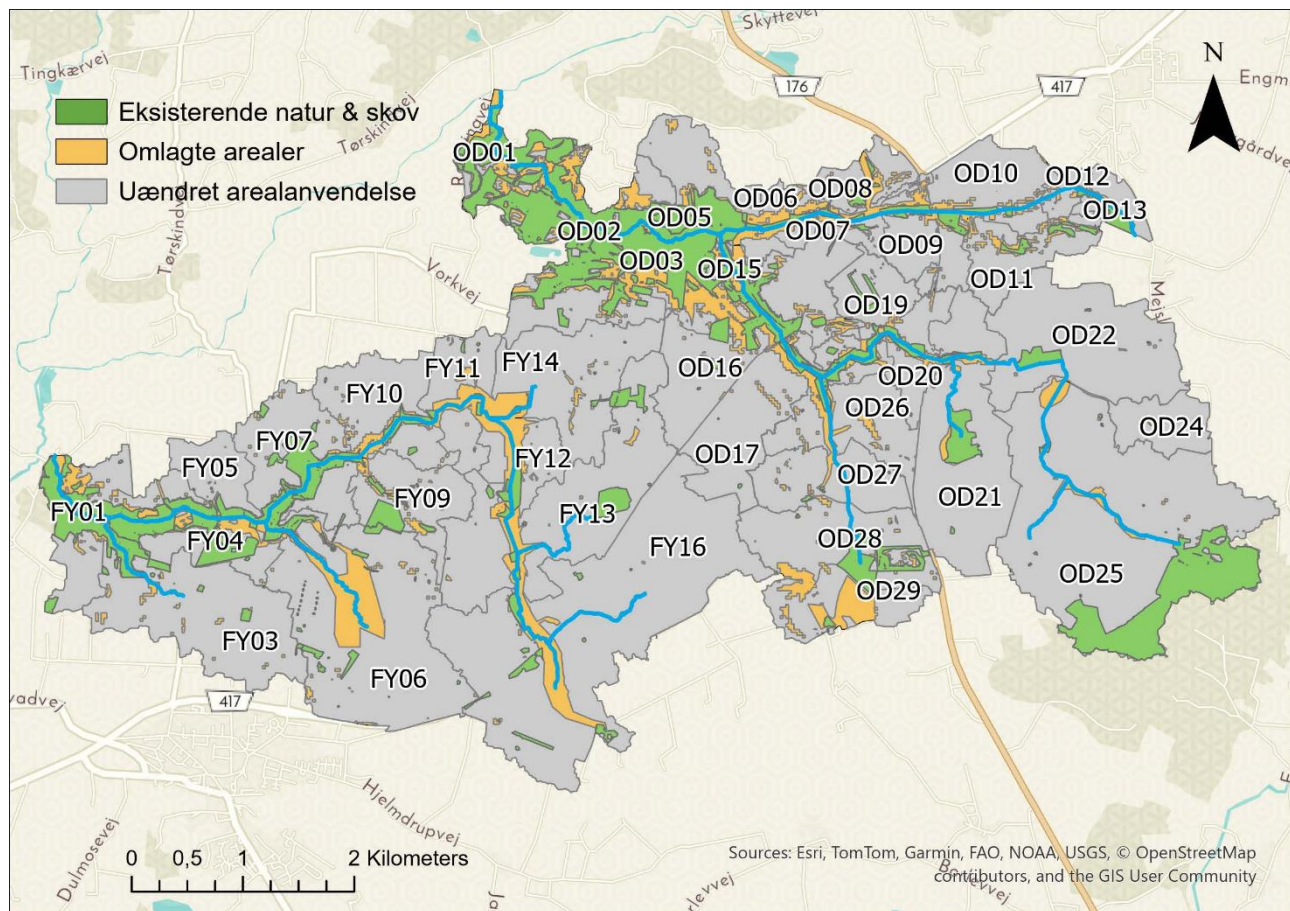
Omlægning: Lavbund, erosion og skrånende arealer

Der blev udvalgt baggrundskort i samarbejde med Vejle Kommune, som kunne danne grundlag for en omlægningsproces. Disse kort er udvalgt ud fra observationer gjort af Vejle Kommune. Som eksempel, at der sker en stor erosion i perioder med nedbør, hvilket resulterer i uklare vandløb (fig. 13)



Figur 13 (A) Fyle Bæk ved station FY05 og (B) Ødsted Bæk ved station OD22 under stor nedbørshændelse d. 27.09.2024

Derfor er de valgte lag til at udregne et reduktionspotentiale: erosionsrisikokortet for Vejle Kommune, kort over arealer med terrænhældninger over 6 grader fra Arealdata, og kort over Lavbundsarealer. Eksisterende natur er fratrasket fra de foreslåede arealer. Samlet giver det et forslag til potentiel omlægning af arealer (fig. 14) på 319,5 ha, eller 8,8 % af det samlede opland til både Fyle Bæk og Ødsted Bæk. Dette gør at den foreslåede udtagelse udgør.



Figur 14 Kort over oplandene til Fyle Bæk og Ødsted Bæk, og de deloplande som er til stationerne i oplandene. Grønne arealer angiver eksisterende natur- og skovarealer, som er dannet på baggrund §3-natur, samt skov fra Basemap03 fra DCE (Levin, 2019). Det orange areal angiver den foreslåede omlæggelse af arealer til fremtidige naturarealer, baseret på erosionsrisikokortet, arealer med en hældning over 6 %, og lavbundsarealer. De grå områder angiver uændret arealanvendelse.

For at udregne en reduktion i udledningerne, er der lavet en antagelse som at omlagte arealer har samme udledning som er målt på referencestationen (fig. 4), hvor hele oplandet er upåvirket natur. Den eksisterende natur er derfor omregnet til at have en udledning som svarer til denne, hvorefter at deloplandenes resterende bidrag til udledninger er overført på det resterende delopland, som ikke består af natur. Det nye areal foreslået til udtagning udregnes på samme baggrund, at det på sigt vil have en udledning, som svarer til upåvirket natur, og derfor antages det at udledningerne reduceres til samme niveau. Med denne antagelse, viser vores analyse at der i projektperioden ville have været en forventet reduktion i oplandene på 2,44 tons N og 3,58 tons N i hhv. Fyle Bæk og Ødsted Bæk, eller 8,8 % i Fyle Bæk og 8,6 % i Ødsted Bæk af den totale udledning. Der er derfor en effektivitet i udtagningen i Fyle Bæk på 104 % og i Ødsted Bæk på 95 %, dvs. at ved udtagning af 1 % areal ses hhv. 1,04 % og 0,95 % reduktion i udledningen af kvælstof. Dette skyldes til dels at en stor andel af det tilføjede naturareal er at finde indenfor de deloplande som har en lav udledning. I dette scenarie vil der være en samlet kvælstofreduktion på 6,01 tons N i projektperioden. Der blev i den tidligere undersøgelse af Vejle Å estimeret at Fyle Bæk og Ødsted Bæk stod for ca. 21 % af kvælstofudledningerne i Vejle Å systemet. Med dette reduktionsscenarie estimeres det derfor at det

ville resultere i en reduktion af den samlede udledning fra Vejle Å på ca. 1,8 %, eller 9,65 tons N ift. Statusbelastningen opgivet til den indre del af Vejle Fjord i Vandplanerne 2021-2027 (Miljøministeriet, 2023), ved en udtagning af 0,95 % af arealet af Vejle Å.

Hvis man antager at de 319,5 ha omlægges til vådområder med en kvælstofreduktion på ca. 60 kg N ha⁻¹ (baseret på erfaringstal fra Vejle Kommunes vådområdeprojekter), så vil omlægningen teoretisk set kunne betyde en reduktion på op til ca. 19 tons N. Omlægges arealerne i stedet til ekstensivt drevne arealer eller skov, så vil kvælstofreduktionen være på ca. 20 kg N ha⁻¹, hvilket giver en samlet reduktion på 6,4 tons N. Der skal tages højde for at disse reduktionsscenarier repræsenterer typetal, svarende til en gennemsnitsværdi, som er baseret på et gennemsnitligt år, og derfor ikke tager højde for den aktuelle situation i projektet med lav nedbør fra februar til april 2025, som har medført lave udledninger af kvælstof i den sidste del af projektperioden. Reduktionsscenariet ved at anvende typetal kan derfor ikke sammenlignes med reduktionsscenariet, hvor der er anvendt målte koncentrationer fra en begrænset periode.

Diskussion

Næringsstofudledningerne fra oplandene til Fyle Bæk og Ødsted Bæk blev analyseret fra perioden april 2024 til april 2025. Der blev både målt vandføring ved stationerne længst nedstrøms, indsamlet vandføringsbaserede vandprøver, samt månedlige vandprøveindsamlinger i begge oplande for at kortlægge de områder, som har bidraget mest til næringsstofudledningerne i forhold til deloplandenes størrelse.

Der blev målt både på kvælstof og fosfor, men i analysen er der overvejende blevet fokuseret på kvælstof, da det i den tidligere hotspotanalyse af Vejle Å blev fundet at Fyle Bæk og Ødsted Bæk havde store bidrag af kvælstof til Vejle Å (Canal-Vergés *et al.*, 2024). Det blev også fundet i den tidligere analyse at Fyle Bæk havde større udledninger af fosfor, men i projektperioden var udledningen af fosfor til Fyle Bæk ikke disproportionalt større end Ødsted Bæk. Det ses dog at Fyle Bæk reagerer kraftigt på nedbørshændelser i forhold til fosfor, hvilket gør at i perioder med meget nedbør er der en større udledning af fosfor fra Fyle Bæk end fra Ødsted Bæk, til trods for at Fyle Bæk har et mindre opland. Dette var især tydeligt under den kraftige nedbørshændelse d. 26 og 27 september, hvor der faldt 65 mm regn over to døgn. Det ses tilsvarende at udledningsfordelingen i deloplandene ændres under store nedbørshændelser, hvor de deloplande som under normale omstændigheder tilbageholder kvælstof, kan ende med at udlede kvælstof (bilag 1). Denne ændring kan skyldes erosion eller overfladeafstrømning, da koncentrationen af TP også stiger markant på dage med meget nedbør (fig. 7). Det stemmer overens med observationer lavet af Vejle Kommune ved flere af stationerne i oplandene under prøvetagningen, hvor der er observeret kraftig overfladeafstrømning (fig. 15). Stigende udledninger af TP ved nedbør, kan ikke forklares af punktkilder, eller belastning fra få deloplande, men af generel høj belastning i Fyle Bæk (bilag 2).



Figur 15 Erosion og afstrømning fra dyrkede arealer ved hhv. (A) Fyle Bæk og (B) Ødsted Bæk under en stor nedbørshændelse d. 27.9.2024.

Oplandet til Fyle Bæk udgør ca. 80% af arealet af Ødsted Bæk, men der er i projektperioden målt udledning af TN på 66 % af udledningen målt i Ødsted Bæk. Dette forklares med en højere vandføring målt i Ødsted Bæk ift. Fyle Bæk, da koncentrationen af TN typisk er højere i Fyle Bæk (fig. 6, bilag 3). Via skybrudskorts-afstrømning i vandoplandsværktøjet i Scalgo Live kan der ved nedbørshændelser beregnes en forventet afstrømning, ud fra forventet tilbageholdelse og opmagasinering for oplandene (tab. 1). Beregningerne i Scalgo Live viser, at Ødsted Bæk har en højere afstrømning pr. ha, da der er en større tilbageholdelse af vand på fladerne i oplandet til Fyle Bæk. Det ses at tilbageholdelsesforskelen ved lav vandføring er større end ved høj vandføring, hvilket også ses i vandføringsdata, hvor vandføringen er sammenlignelig mellem de to vandløb ved skybrudshændelser. Denne tilbageholdelse af vand i Fyle Bæk er forventet den drivende faktor for at Fyle Bæk har en overordnet lavere kvælstofudledning end Ødsted Bæk. Den højere koncentration af TN i Fyle Bæk burde dog bidrage til en mere effektiv fjernelse af kvælstof ved implementering af virkemidler der udnytter denitrifikation (García-Ruiz *et al.*, 1998).

Tabel 1 – Afstrømningen estimeret ved FY01 og OD01 i hhv. Fyle Bæk og Ødsted Bæk ved brug af Scalgo Live. Afstrømningen er baseret på fire forskellige nedbørsmængder af 10 mm, 25 mm, 50 mm og 100 mm.

Nedbør (mm)	Fyle Bæk ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$)	Ødsted Bæk ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$)
10	27,4	37,9
25	90,3	115,8
50	266,7	290,3
100	712,2	718,2

Kortlægningen af specifikke udledninger viste tydeligt deloplande med højere udledninger af kvælstof end de omkring liggende deloplande, især langs den nordlige del af Ødsted Bæk. Ødsted Bæk havde højere udledninger af kvælstof end Fyle Bæk (drevet af den højere vandføring). Der var i begge oplande områder med en høj andel af natur, som havde en reducerende effekt på kvælstofbelastningen (fig. 8, 10). Dette var især nær udmundingen af begge vandløb, hvor omdriften også er lav pga. ådalens stejle hældninger. Dette er en forklaring på, at der er en negativ sammenhæng mellem hældningen og de specifikke udledninger af TN, da områder med store hældninger typisk ikke er dyrket, og der derfor forekommer mere natur på de arealer. Dette ses også i det opsatte scenarie, hvor udtagning fokuserer på områder med store hældninger og erosionsrisiko samt lavbundsarealer. Der er overordnet en neutral effektivitet på udtagningen, hvor der forventes at andelen af arealet og kvælstofreduktionen følges i samme forhold. Denne effekt er relativt lav, som skyldes at store områder som er foreslået til udtagning, er placeret i områder med lav omdrift og meget natur. Effektiviteten forventes højere i områderne udenfor de naturrige deloplande, samt ved en optimering ved inddragelse af lokalkendskab til områderne.

Der er ikke ekstreme hotspots fra punktkilder i oplandene, men diffuse bidrag fra mange af deloplandene, og det er derfor ikke kun nogle få deloplande, som er årsag til de høje kvælstofkoncentrationer der er målt i Fyle Bæk og Ødsted Bæk. Der er nogle deloplande, som har et højere bidrag end andre, og derfor ville det optimere effektiviteten at lave kvælstofreducerende tiltag i disse deloplande. Forskelle i størrelsen af udledninger af næringsstoffer fra deloplandene viste at for Fyle Bæk stod 20 % af oplandet for ca. 30 % af udledningerne, og for Ødsted stod 20 % af oplandet for ca. 33 % af udledningerne. Det svarer til at de 20 % mest udledende deloplande i Fyle Bæk havde en lige så stor udledning som ca. 50 % af de mindst udledende deloplande, og tilsvarende havde de 20 % mest udledende deloplande i Ødsted Bæk en lige så stor udledning som de ~55 % mindst udledende deloplande. Der er derfor en tydelig fordeling af udledninger, selvom det er diffuse bidrag som er den primære kilde til kvælstof i Fyle Bæk og Ødsted Bæk.

For at opnå en kvælstofreduktion på 114 kg N som angivet i Vandområdeplanerne (Ministeriet for Grøn Trepert, 2024), er det nødvendigt med etablering af kvælstofindsatser, hvilket vil medføre en omlægning af omdriftsarealer til ekstensive arealer. Da Fyle Bæk og Ødsted Bæk har et højt kvælstofbidrag, er de derfor oplagte steder at fokusere, for at få den største effekt (Canal-Vergés *et al.*, 2024). Det opsatte scenarie har fokus på at omlægge dele af oplandene ned imod vandløbene, for at skabe en randzone med permanent vegetation, som både kan stabilisere jorden mod erosion og skabe en matrice for kvælstofreduktion. I forbindelse med omlægning er det vigtigt at tænke på synergier, når udtagningen planlægges for at omlægningen løser flest mulige udfordringer. Ved fx at udtage lavbundslande gaves både klimaet og biodiversiteten, samtidigt med at det vil have en kvælstofreducerende effekt (Termansen *et al.*, 2023).

For at skabe en fosforreduktion ville en undersøgelse af årsag til den høje fosforudvaskning i Fyle Bæk i nedbørsperioder være ideel, for evt. at kunne etablere værktøjer som kunne reducere denne, ved evt. en validering af hvorvidt det er overfladeafstrømning og erosion som er hovedårsagen.

Konklusion og perspektivering

Undersøgelsen i Fyle Bæk og Ødsted Bæk, som blev udvalgt på baggrund af høje kvælstofudledninger i den Præliminære hotspotanalyse i Vejle Å (Canal-Vergés *et al.*, 2024) viste, at de høje udledninger er drevet af et diffust bidrag fra begge oplande, hvoraf det diffuse bidrag er mindre i områder med en højere andel af natur, og en lavere andel af omdrift. Derudover blev tidligere observationer af høje fosforudledninger i den tidligere analyse fra Fyle Bæk bekræftet, da der ses en større respons på nedbør i Fyle Bæk end i Ødsted Bæk. I Fyle Bæk stod to nedbørshændelser i projektperioden for 29 % af det totale fosforbidrag, hvor det i Ødsted udgjorde 15 %. Samme nedbørsperiode stod for 7,8 % og 4,2 % af det totale kvælstofbidrag for hhv. Fyle Bæk og Ødsted Bæk.

Det blev i tidligere analyse estimeret at Fyle Bæk og Ødsted Bæk stod for 20,5 % af udledninger af kvælstof fra Vejle Å (Canal-Vergés *et al.*, 2024). I projektperioden fra d. 8. april 2024 til d. 8. april 2025 var der en total udledning på 69,2 tons N og 1,5 tons P fra de to oplande tilsammen, hvoraf Fyle Bæk stod for 27,6 tons N og 0,64 tons P, og Ødsted stod for 41,6 tons N og 8,7 tons P. Der blev opstillet et reduktionsscenarie for begge oplande, som tog udgangspunkt de offentligt tilgængelige baggrundskort for lavbundslande, erosionsrisiko og hældninger over 6 % (fig. 14). Det estimeres at ved udtagning af disse områder, kunne der opnås en reduktion i Fyle Bæk og Ødsted Bæk på ca. 8,7 %, hvilket ville svare til 1,8 % af udledningerne fra Vejle Å, ved en omlægning af 0,95 % af oplandet.

Udregnet med erfaringstal fra Vejle Kommune anslås det at der kan opnås en årlig reduktion på ca. 6,4 til 19 tons N, alt efter om der omlægges til ekstensiv drift eller skov eller vådområder. Der skal tages højde for at disse reduktionsscenarier repræsenterer typetal, svarende til en gennemsnitsværdi, som er baseret på et gennemsnitligt år, og derfor ikke tager højde for den aktuelle situation i projektet med lav nedbør fra februar til april 2025, som har medført lave udledninger af kvælstof og fosfor i den sidste del af projektperioden. Reduktionsscenariet ved at anvende typetal kan derfor ikke sammenlignes med reduktionsscenariet, hvor der anvendes målte koncentrationer fra en begrænset periode

En omlægning fra omdriftsarealer er en nødvendighed for at opnå den betydelige kvælstofreduktion på 114 tons fra Vejle Å. Denne omlægning kan optimeres med en prioriteret etablering af virkemidler i de oplande, hvor de højeste udledninger er målt. Samtidigt er det vigtigt at tænke synergier ind i potentielle omlægninger og skabe større randzoner og mindre omdrift på områder med erosionsrisiko, skrånende arealer samt lavbundslande. En fosforreduktion kunne ske ved at undersøge årsagerne til forhøjet fosforudledninger i Fyle Bæk ved nedbørshændelser, og en validering af hvorvidt det forsages af overfladeafstrømning og erosion.

Referencer

Canal-Vergés P., Lücking S., Barnewitz A., Kragh T. 2024. Præliminær Hotspotanalyse for Vejle Å. Videnskabelig rapport fra Biologisk Institut, Syddansk Universitet.

<https://www.vejle.dk/media/4bnmqkd1/oplandsanalyse-for-vejle-aa.pdf>

García-Ruiz R., Pattinson S. N., Whitton B. A. 1998. Kinetic Parameters of Denitrification in a River Continuum. Appl Environ Microbiol 64:.. <https://doi.org/10.1128/AEM.64.7.2533-2538.1998>

Lees, M. K., Flindt, M. R., Canal-Vergés, P. 2022. Modelaktivitet i projekt Sund Vejle Fjord. SDU Biologirapport. Biologisk Institut, Syddansk Universitet. 16 pp

<https://www.vejleaaalogfjord.dk/sites/vejleaaalogfjord.dk/files/2023-06/Modelaktivitet%20i%20Sund%20Vejle%20Fjord.pdf>

Levin, G. 2019. Basemap03. Technical documentation of the method for elaboration of a land-use and land-cover map for Denmark. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 86 pp. Technical Report No. 159 <http://dce2.au.dk/pub/TR159.pdf>

Miljøministeriet. Vandområdeplanerne 2021-2027. 2023. Miljøministeriet.

<https://mim.dk/media/njvlvhax/vandomraadeplanerne-2021-2027-22-9-2023.pdf>

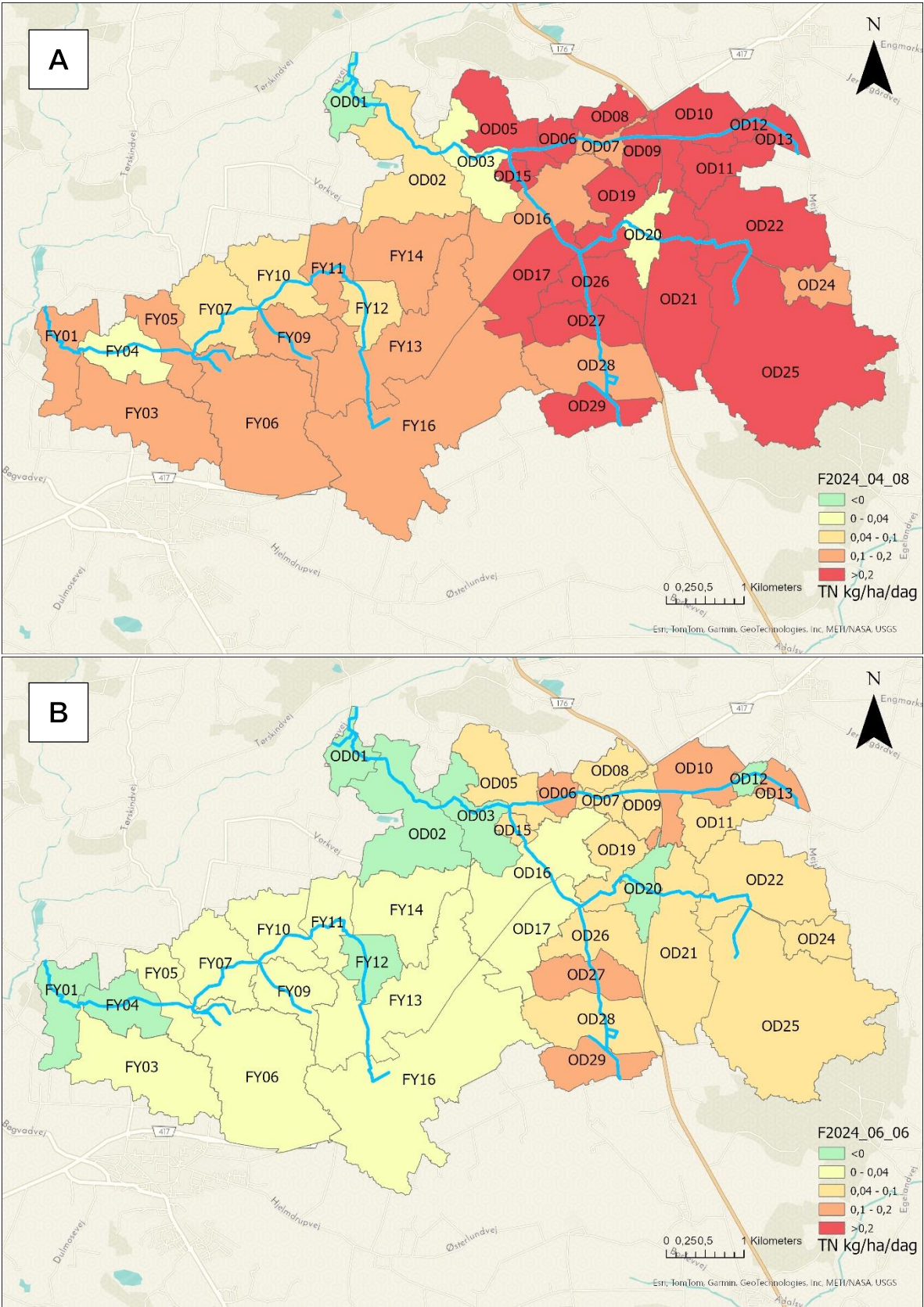
Ministeriet for Grøn Trepert. Vandområdeplanerne 2021-2027 (genbesøg). 2024, Ministeriet for Grøn Trepert. [https://prodstoragehoeringspo.blob.core.windows.net/2c56ad50-5079-4e24-bcd6-71103e26d141/Udkast%20til%20vandomr%C3%A5deplaner%202021-](https://prodstoragehoeringspo.blob.core.windows.net/2c56ad50-5079-4e24-bcd6-71103e26d141/Udkast%20til%20vandomr%C3%A5deplaner%202021-2027%20(genbes%C3%B8g).pdf)

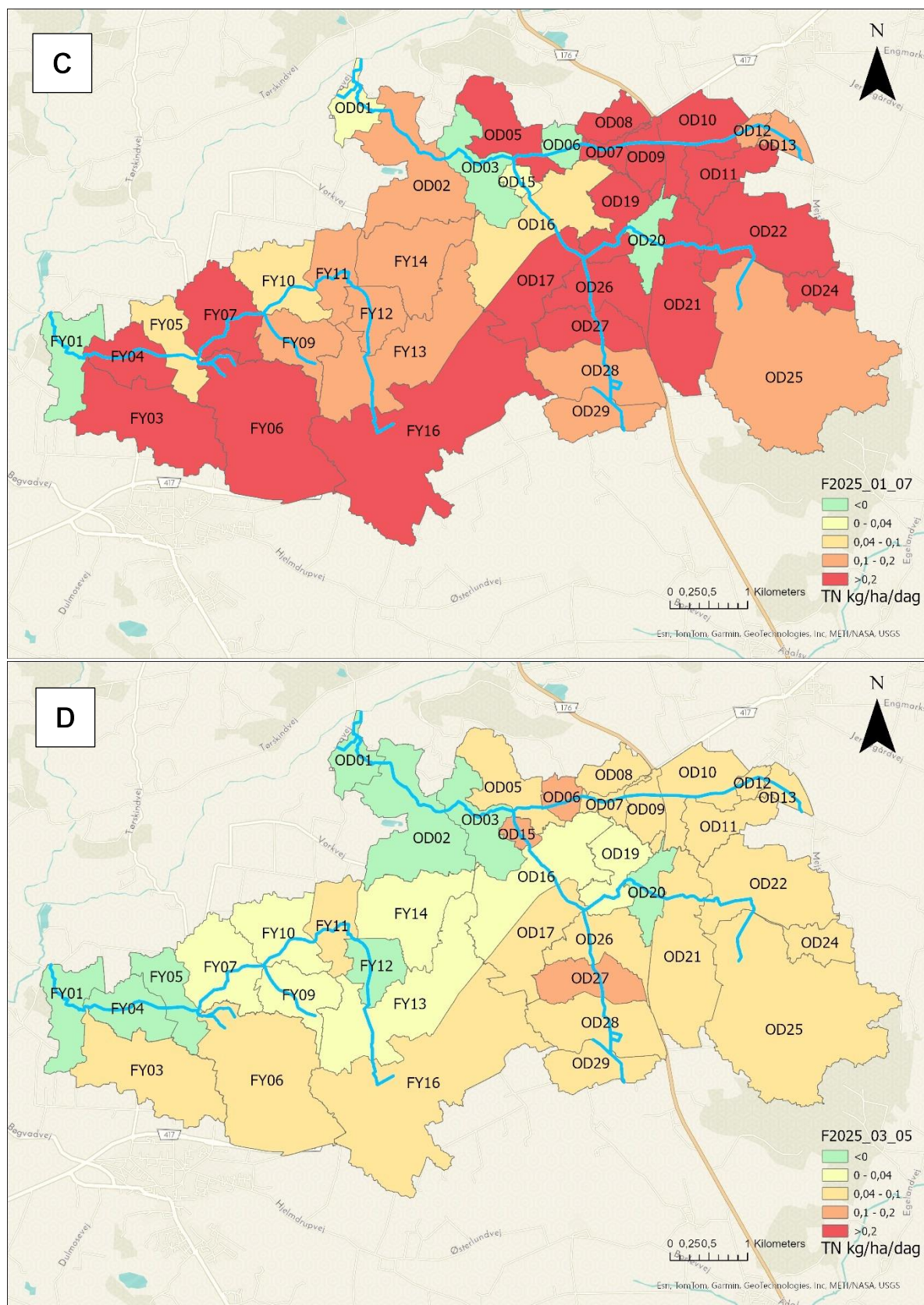
[2027%20\(genbes%C3%B8g\).pdf](https://prodstoragehoeringspo.blob.core.windows.net/2c56ad50-5079-4e24-bcd6-71103e26d141/Udkast%20til%20vandomr%C3%A5deplaner%202021-2027%20(genbes%C3%B8g).pdf)

Termansen, M., Filippelli, R., Hasler, B., & Pedersen, M. F. (2023). Udtagning af lavbundsorde: Analyse af mulige synergier med andre miljø- og naturmål. Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet. IFRO Udredning Nr. 2023/08

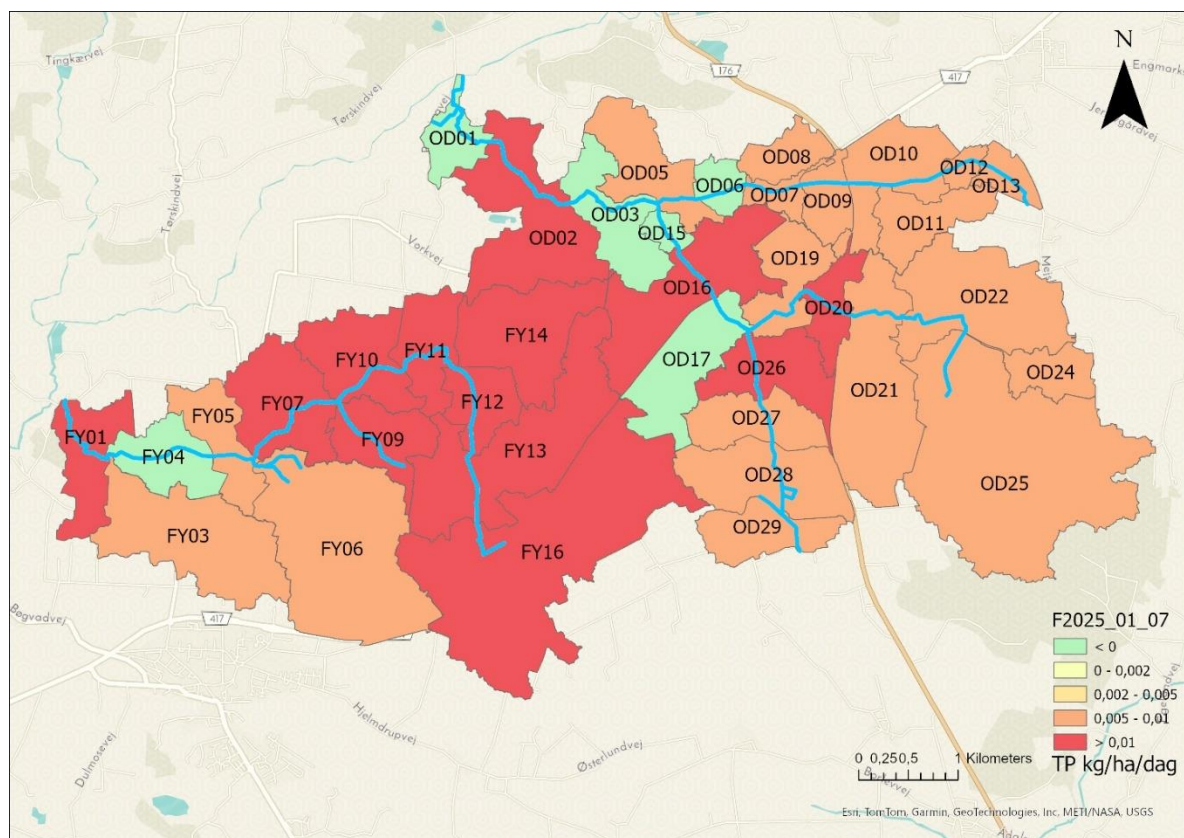
https://curis.ku.dk/ws/portalfiles/portal/338532806/IFRO_Udredning_2023_08.pdf

Bilag





Bilag 1 Kort over specifikke udledninger af TN fra udvalgte måneder. (A) April, (B) Juni, (C) Januar, og (D) Marts. April og januar er baseret på vandprøver taget under høj vandføring i vandløbene, hvor juni og marts er baseret på vandprøver taget under lav vandføring.



Bilag 2 Den gennemsnitlige specifikke udledning af TP fra deloplandene i Fyle Bæk og Ødsted Bæk fra d. 7 januar 2025.

Bilag 3 Den gennemsnitlige koncentration af TN og TP fra de målte stationer ved de 12 månedlige vandprøveindsamlinger i projektperioden i Fyle Bæk (stationer med FY fortegn) og Ødsted Bæk (stationer med OD fortegn). Der blev også målt på en referencestation (RF00) i et udyrket naturligt opland.

Station	TN (mg l ⁻¹)	TP (mg l ⁻¹)	Station	TN (mg l ⁻¹)	TP (mg l ⁻¹)
RF00	0.42	0.068	FY01	3.96	0.066
OD01	3.52	0.080	FY02	4.24	0.072
OD02	3.72	0.077	FY03	6.92	0.167
OD03	4.18	0.076	FY04	4.25	0.067
OD04	4.43	0.082	FY05	4.65	0.073
OD05	5.69	0.090	FY06	6.50	0.065
OD06	5.75	0.086	FY07	4.37	0.081
OD07	5.76	0.086	FY08	4.60	0.087
OD08	4.29	0.090	FY09	4.74	0.099
OD09	6.14	0.081	FY10	4.40	0.079
OD10	6.37	0.089	FY11	4.68	0.080
OD11	6.33	0.109	FY12	5.10	0.095
OD12	5.31	0.092	FY13	5.48	0.085
OD13	6.13	0.153	FY14	3.06	0.100
OD15	4.14	0.072	FY15	4.72	0.074
OD16	4.08	0.078	FY16	6.21	0.075
OD17	4.26	0.080			
OD18	4.35	0.071			
OD19	4.09	0.067			
OD20	4.21	0.074			
OD21	4.50	0.067			
OD22	4.57	0.069			
OD23	4.53	0.071			
OD24	4.55	0.069			
OD25	4.53	0.072			
OD26	5.25	0.092			
OD27	5.47	0.099			
OD28	4.64	0.072			
OD29	5.07	0.098			