



OPGØRELSE AF KILDER, UDVIKLING OG TIDSFORSINKELSER I NÆRINGSSTOFBELASTNING TIL KYSTVANDENE HJARBÆK FJORD OG SKIVE FJORD, LOVNS BREDNING, RISGÅRDE BREDNING OG BJØRNHOLM BUGT

Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 285

2023



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

OPGØRELSE AF BELASTNING, KILDER, UDVIKLING OG TIDSFORSINKELSER I NÆRINGSSTOFBELASTNING TIL KYSTVANDENE HJARBÆK FJORD OG SKIVE FJORD, LOVNS BREDNING, RISGÅRDE BREDNING OG BJØRNSHOLM BUGT

Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 285

2023

Brian Kronvang
Henrik Tornbjerg
Søren E. Larsen
Jørgen Windolf

Aarhus Universitet, Institut for Ecoscience



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

Serietitel og nummer:	Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 285
Kategori:	Rådgivningsrapporter
Titel:	Opgørelser af kilder, udvikling og tidsforsinkelser i næringsstofbelastning til kystvandene Hjarbæk Fjord og Skive Fjord, Lovns Bredning, Risgårde Bredning og Bjørnsholm Bugt
Forfattere:	Brian Kronvang, Henrik Tornbjerg, Søren E. Larsen og Jørgen Windolf
Institution:	Ecoscience, Aarhus Universitet
Udgiver:	Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL:	http://dce.au.dk
Udgivelsesår:	September 2023
Redaktion afsluttet:	September 2023
Faglig kommentering:	Hans Thodsen, Ecoscience
Kvalitetssikring, DCE:	Signe Jung-Madsen
Sproglig kvalitetssikring:	Anne Mette Poulsen
Ekstern kommentering:	Limfjordsrådet. Kommentarerne findes her: http://dce2.au.dk/pub/komm/TR285_komm.pdf
Finansiel støtte:	Kystvandråd Hjarbæk Fjord, Skive Fjord, Lovns Bredning, Risgårde Bredning og Bjørnsholm bugt ved Viborg kommune
Bedes citeret:	Kronvang, B., Tornbjerg, H., Larsen, S. E. & Windolf, J. 2023. Opgørelser af kilder, udvikling og tidsforsinkelser i næringsstofbelastning til kystvandene Hjarbæk Fjord og Skive Fjord, Lovns Bredning, Risgårde Bredning og Bjørnsholm Bugt. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 70 s. - Teknisk rapport nr. 285
Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse	
Sammenfatning:	I rapporten er næringsstofbelastningen og -kilder til de to kystvandsområder 157 (Skive Fjord, Lovns Bredning, Risgårde Bredning og Bjørnsholm Bugt) og 158 (Hjarbæk fjord) opgjort for perioden 2015/15-2018/19, som anvendes som statusbelastning i kystvandsarbejdet. Desuden er udviklingstendenser i afstrømning og næringsstofbelastningen testet statistisk for perioden 1990/91-2020/21 og der er gennemført en analyse af tidsforsinkelser i kvælstof mellem opland og kystvand for udvalgte vandløbsoplande med længere måletidsserier af målte afstrømninger og kvælstofkoncentrationer.
Emneord:	Vandafstrømning, næringsstofbelastning og -kilder, udviklingstendenser, tidsforsinkelser.
Foto forside:	Hjarbæk fjord. Taget af Brian Kronvang
ISBN:	978-87-7156-807-3
ISSN (elektronisk):	2244-9991
Sideantal:	70

Indhold

Forord	5
Sammenfatning	6
Summary	7
1 Indledning	8
2 Data og metode	9
3 Beskrivelse af Farvand 4-oplande til de to kystvandsområder	12
4 Vandafstrømning 1990-2021 fra Farvand 4-oplandene	14
5 Næringsstofbelastning 1990-2021	17
6 Kilder til næringsstoffer og basisbelastning af kystvandsområderne	24
7 Næringsstof tab fra oplande i de to kystvandsområder.	29
8 Tidsforsinkelser i oplandet	34
8.1 Datagrundlag	34
8.2 Etablering af lange tidsserier af N-udvaskning og N-transport i vandløb	36
8.3 Scenarie med en halvering af den nuværende nitratudvaskning	40
9 Konklusioner og perspektiver	43
10 Referencer	45
Bilag	47
Bilag 1 Model og scenarier for målte og estimerede koncentrationer af NO ₃ -N i rodzonen og total kvælstof i vandløb.	47
Bilag 2: Trendanalyser på målestationer i kystvandsoplande til 157 og 158	63

Forord

Rapporten er affødt af et kystvandrådsprojekt under Viborg Kommune, som er en del af projektet "Lokalt funderede analyser", der er sat i værk, for at der i udvalgte kystvande gennemføres lokalt funderede analyser, som skal af-dække, om der kan findes andre veje til at opnå målopfyldelse, som den er defineret i EU's vandrammedirektiv. I dette projekt om den centrale del af Limfjorden arbejder DCE, AU, som eksperter for analyser på oplandssiden, med aftalte opgaver. Rapporten indeholder en gennemgang af vandafstrømning og kvælstof- og fosforbelastningsdata til de to kystvande 157 og 158, en analyse af udviklingen i disse samt en beregning af statusbelastning og kilderne til kvælstof og fosfor fra Farvand 4-oplande. Endelig indgår der en modelberegning af forsinkelser i respons i vandløbsoplande i området ift. reduktioner i kvælstofudvaskningen med en vurdering af betydningen af tidsforsinkelser for manglende respons på tidligere indsatser. Projektarbejdet er tilrettelagt gennemført i syv arbejdsplaner med Viborg Kommune og Limfjordsrådet som sekretariat for det nedsatte Kystvandråd. Denne delrapport omhandler især resultater fra arbejdsplaner 1 og 2 og resultaterne har været fremlagt og drøftet i en nedsat teknikergruppe under kystvandrådet bestående af 3 medlemmer udpeget af kystvandrådet, 3 medlemmer udpeget af Viborg kommune og sekretariatet, samt eksperter fra arbejdsplanerne efter behov. Rapportens indhold har været til orientering i teknikergruppen. Rapporten danner desuden delgrundlag for en endelig rapportering fra Kystvandrådet i december 2023.

Sammenfatning

Statusbelastningen af total kvælstof og total fosfor til vandområde 157 (Hjarbæk Fjord) og 158 (Skive Fjord, Lovns Bredning, Risgårde Bredning og Bjørnsholm Bugt) er beregnet for fire agro-hydrologiske år (2015/16 til 2018/19) for de fem Farvand 4-oplande, som afvander til de to kystvandsområder. Der er gennemført en analyse af kilderne til kvælstofbelastningen fra de fem Farvand 4-oplande i de fire agro-hydrologiske år, som viser, at landbrugsarealerne står for den største del af kvælstofbelastningen (52-78 %), mens udledningen fra punktkilder kun udgør 2-11 %. Total fosforbelastningen til kystvandet viser en mere ligelig fordeling mellem betydningen af udledninger fra landbrugsarealer (22-45 %) og udledningen fra punktkilder (11-27 %) fra de fem Farvand 4-oplande. En statistisk analyse af udviklingen i kvælstofbelastningen for de fem Farvand 4-oplande i perioden 1989/90 til 2020/2021 viser markante ændringer i både vandafstrømning, total kvælstof -og total fosforbelastningen. Der er især stigninger i vandafstrømningen fra de nordøstlige oplande til Lovns Bredning, Risgårde Bredning og Bjørnsholm Bugt (36-56 %), mens stigningen er mindre til Hjarbæk Fjord (14 %). Total kvælstofbelastningen falder fra alle fem Farvand 4-oplande hen over perioden 1989/90 til 2020/21, med det mindste fald fra oplandet til Risgårde Bredning (-18 %) og det største fald fra oplandet til Hjarbæk Fjord (-30 %) og Skive Fjord (-36 %). Total fosforbelastningen er også faldet fra alle Farvand 4-oplande, mest markant fra oplandet til Risgårde Bredning (-25 %) og mindst fra oplandet til Hjarbæk Fjord (-6 %). En analyse af tidsforsinkelser af kvælstofrespons i vandløb på reduktioner i udvaskningen af nitrat fra markerne i oplande med længere måletidsserier viser, at der i oplandet til eksempelvis Simested Å-målestationen er længere tidsforsinkelser (>10 år), mens et opland som Lyby-Grønning Grøft, der afvander til Skive Fjord, slet ikke har nogen tidsforsinkelse i respons. Analysen viser, at der er en resteffekt af tidligere indsatser pga. tidsforsinkelser, der for kystvand 158 er på 15-71 tons N og kystvand 157 på 48-97 tons N. En scenarieanalyse, hvor udvaskningen af nitrat reduceres med 50 % i 2019 fra alle arealer i oplandene, viser eksempelvis, at der fra oplandet til Simested Å kun kan forventes en effekt på reduktion af kvælstofbelastningen til fjorden på 31-38 %-point efter 10 år.

Summary

The status load of total nitrogen and total phosphorus for water area 157 (Hjarbæk Fjord) and 158 (Skive Fjord, Lovns Bredning, Risgårde Bredning and Bjørnsholm Bugt) is calculated for four agro-hydrological years (2015/16 to 2018/19) for the five Farvand (coastal) 4 catchments that drain into the two coastal water areas. An analysis of the sources of the nitrogen load from the five Farvand 4 catchments in the four agro-hydrological years has been carried out, and it shows that agricultural areas account for the largest part of the nitrogen load (52-78%), while the discharge from point sources is only 2-11%. The total phosphorus load to the coastal waters shows a more equal distribution between the importance of discharges from agricultural areas (22-45%) and discharges from point sources (11-27%) from the five Farvand 4 catchments. A statistical analysis of the development in the nitrogen load for the five Farvand 4 catchments in the period 1989/90 to 2020/2021 reveals significant changes in both water runoff and the total nitrogen and total phosphorus load. There are especially increases in the water runoff from the north-eastern catchments to Lovns Bredning, Risgårde Bredning and Bjørnsholm Bugt (36-56%), while the increase is smaller to Hjarbæk Fjord (14%). The total nitrogen load decreases from all five Farvand 4 catchments over the period 1989/90 to 2020/21, with the smallest decrease from the catchment to Risgårde Bredning (-18%) and the largest decrease from the catchment to Hjarbæk Fjord (-30%) and Skive Fjord (-36 %). The total phosphorus load has also decreased from all Farvand 4 catchments, most significantly from the catchment to Risgårde Bredning (-25%) and least from the catchment to Hjarbæk Fjord (-6%). An analysis of time delays of the nitrogen response in streams to reductions in the leaching of nitrate from the fields in catchments with longer measurement time series shows that in the catchment to, for example, the Simested Å measuring station, there are longer time delays (>10 years), while a catchment such as Lyby-Grønning Grøft, which drains into Skive Fjord, has no time delay in response at all. The analysis finds that there is a residual effect of previous efforts due to time delays ('sofa effect'), which for coastal water 158 is 15-71 tonnes of N and 48-97 tonnes of N for coastal water 157. A scenario analysis where the leaching of nitrate is reduced by 50% in 2019 from all areas in the catchment demonstrates, for example, that from the catchment to Simested Å only an effect on reducing the nitrogen load to the fjord of 31-38% points can be expected after 10 years.

1 Indledning

Med "Aftale om grøn omstilling af dansk landbrug" af 4. oktober 2021 blev der vedtaget, at indsatsbehovet og håndteringen af det resterende indsatsbehov 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. med 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 vandrammedirektiv.

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 til undersøgelse af nye eller opdatering af gamle virkemidler til 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 væsentligst 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 kystvandene Hjarbæk Fjord (kystvand 158) og Skive Fjord, Lovns Bredning, Risgårde Bredning og Bjørnsholm Bugt (kystvand 157) i Limfjorden har Viborg Kommune sammen med Limfjordsrådet indgået en aftale med institutterne for Ecoscience og Agroøkologi, Aarhus Universitet, om ekspertstøtte til at gennemføre analyser af blandt andet vand- og næringsstoftransport og kilder til de to kystvandsområder samt eventuelle tidsforsinkelser i oplandet fra indsats på fladen, indtil fuld effekt i kystvandet opnås. Desuden skal Aarhus Universitet levere eksisterende data om kvælstofudvaskning, landbrugsstruktur, kvælstofretention og støtte til udvikling af virkemiddelindsatser i oplandene til brug for de endelige scenarier. Projektarbejdet er tilrettelagt gennemført i syv arbejdsplaner med Viborg Kommune og Limfjordsrådet som sekretariat for det nedsatte Kystvandsråd.

Denne rapport omhandler resultater fra arbejdsplan 1, hvor der skal etableres en oversigt over næringsstoftransporten og kilderne til næringsstoffer fra Farvand 4-oplandene til de to kystvandsområder. Desuden skal data fra NO-VANA-målestationerne i oplandet til de to kystvande vises, og der skal foretages en opgørelse af basisbelastningen for total kvælstof og total fosfor til kystvandene. Endelig skal der laves en særskilt analyse af tidsforsinkelser for effekt af indsatser på baggrund af lange tidsserier af data om kvælstofudvaskning og målinger af kvælstof i vandløb. Hovedresultaterne fra denne rapport vil danne baggrund for et kapitel i slutrapporten fra kystvandrådsprojektet.

2 Data og metode

De fleste data anvendt i denne rapport er udtrukket fra det nationale overvågningsprogram (NOVANA), som rapporteres hvert år i rapporter fra DCE, AU (se eksempelvis Thodsen et al., 2023). Data for afstrømning og næringsstofbelastning og -kilder fra de fem Farvand 4-oplande til de to kystvande er dels opgjort ud fra målinger ved et antal havstationer, dels ved anvendelse af modeller for det umålte opland, som er blevet biaskorrigeret inden for en region (se Thodsen et al., 2023).

Afstrømnings- og næringsstofdata fra de målte oplande stammer ligeledes fra NOVANA-programmet. De viste punktkildeudledninger er udtrukket fra PULS-databasen i Miljøstyrelsen. De er ikke korrigeret for en eventuel retention i overfladevand mellem udledningssted og kystvandet, hvor vandløbet udmunder. Spildevandsudledningerne er sæsonfordelt (data stammer fra et igangværende projekt ledet af DHI ifm. med "Second opinion") (Lassen & Frank-Gopolos, 2022). Månedsfordeling kan også ses i Thodsen et al. (2023).

I rapporten anvendes agro-hydrologiske år til opgørelserne, som dækker perioden 1. april til 31. marts. Punktkilder udgøres af udledninger fra rensningsanlæg, dambrug, særskilte industrielle udledninger, regnvandsbetingede udledninger og spredt bebyggelse. I rapporten arbejdes der ift. trendanalyser, kildeopsplitning og basisbelastning kun med perioden frem til og med det agro-hydrologiske år 2018-2019. Dette skyldes, at der i udkast til Vandplan 3 fra juni 2022 kun har indgået perioden frem til og med 2018, da basisbelastning i Vandplan 3-udkast blev beregnet for perioden 2016-2018 (Miljøministeriet, 2021).

Fra 2018 er den estimerede mængde af fosfor, som en person producerer pr. år, reduceret, hvilket afspejler sig direkte i udledningerne fra både regnvandsbetingede udløb og fra den spredte bebyggelse. Fosforindholdet pr. PE i spildevandet har været faldende over en årrække, men ændringen i opgørelsesmetoden betød et ekstra fald i opgørelserne fra 2018 og fremefter (Miljøstyrelsen, 2023).

De statistiske metoder, der er anvendt til at teste for udviklingstendenser (trends) for tidsserier af vandføring, total kvælstof (TN) og total fosfor (TP), er beskrevet i detaljer i rapporten udarbejdet af Larsen og Svendsen (2021). Den statistiske metode starter ud med at normalisere tidsserierne af TN og TP fra diffuse kilder. De normaliserede tidsserier indeholder stoftransporter, som de ville have været ved gennemsnitlig vandføring i perioden 1990-2021. Normaliseringsmetoden er beskrevet i kapitel 4 i Larsen og Svendsen (2021). Vi har anvendt metoden, som er beskrevet i formlerne (4.6) til (4.13). Metoden er anvendt for hver eneste kalendermåned for sig. De normaliserede månedstransporter af TN og TP er adderet til hydrologiske år (1/4 - 31/3). Både de normaliserede tidsserier af TN og TP fra de diffuse kilder og med bidrag fra punktkilder er analyseret for trends.

I korte træk går normaliseringsmetoden ud på at estimere en "random walk" til logaritme-transformerede månedlige stoftransporter, symboler er beskrevet i Larsen og Svendsen (2021):

$$L_{ij} - L_{i-1,j} = \beta_j \cdot (Q_{ij} - Q_{i-1,j}) + \varepsilon_{ij}.$$

Med andre ord, så fitter man en lineær model til første ordens-differencerne, en lineær model uden en afskæringsparameter. De normaliserede stoftransporter beregnes som:

$$L_{Nij} = \exp(L_{ij} - (Q_{ij} - \bar{Q}_j) \cdot \hat{\beta}_j) \cdot \exp(0,5 \cdot MSE).$$

De normaliserede stoftransporter skal efterfølgende biaskorrigeres for at få samme gennemsnitlige niveau som de oprindelige stoftransporter.

Trendanalysen af tidsserier af vandføringer og normaliserede transporter af TN og TP i hydrologiske år følger metoderne beskrevet i kapitel 5 i Larsen og Svendsen (2021). Først anvendes Mann-Kendall-metoden for at få et overblik over, om der er en trend i tidsserierne. Mann-Kendall-metoden analyserer for en monoton udvikling over tid, men giver ikke en retvisende test, hvis der har været retningsskift i udviklingen over tid. Dernæst fittes der en trendmodel for udviklingen i tidsserierne som angivet i kapitel 5 (Larsen og Svendsen, 2021), og den samlede procentvise ændring fra start-år til slut-år er beregnet som angivet i formel (5.1) i Larsen og Svendsen (2021).

Trendmodellen fittes i flere trin. Det første trin er at teste for signifikante change points (knæpunkter). Disse change points estimeres via en iterativ proces som beskrevet i Larsen og Svendsen (2021) og mere detaljeret i Carstensen og Larsen (2006). Vi har i analysen af tidsserierne i denne rapport valgt at have højst ét change point. Dernæst fittes to forskellige typer af trendmodeller:

Model 1:
$$L_{Ni} = \begin{cases} \alpha + \beta \cdot i, & \text{for } i < Y \\ \alpha + \beta \cdot i + d \cdot (i - Y), & \text{for } i \geq Y \end{cases}$$

Model 2:
$$L_{Ni} = \begin{cases} \alpha_1 + \beta_1 \cdot i, & \text{for } i < Y \\ \alpha_2 + \beta_2 \cdot i, & \text{for } i \geq Y \end{cases}$$

Model 1 er kontinuert i change point, det vil sige, at modellens to linjestykker er forbundet i change point. I model 2 er linjestykkerne ikke forbundet. Til sidst testes, om nogle linjestykker kan antages at være konstante, altså med en hældningskoefficient lig nul.

Resultaterne af trendanalyserne er gengivet i tabeller med Mann-Kendall samt beskrivelse af de fittede trendmodeller med fittede parametre, en (*) ved parametrene angiver, at parameteren er statistisk signifikant på et 5 %-signifikansniveau. Symbolet Δ angiver den procentvise ændring over hele tidsperioden.

I tidsforsinkelsesanalysen er der anvendt udvaskningsdata fra rodzonen beregnet med NLES5-modellen for en årrække fra det seneste kvælstofretentionskort-projekt (Højberg et al., 2021).

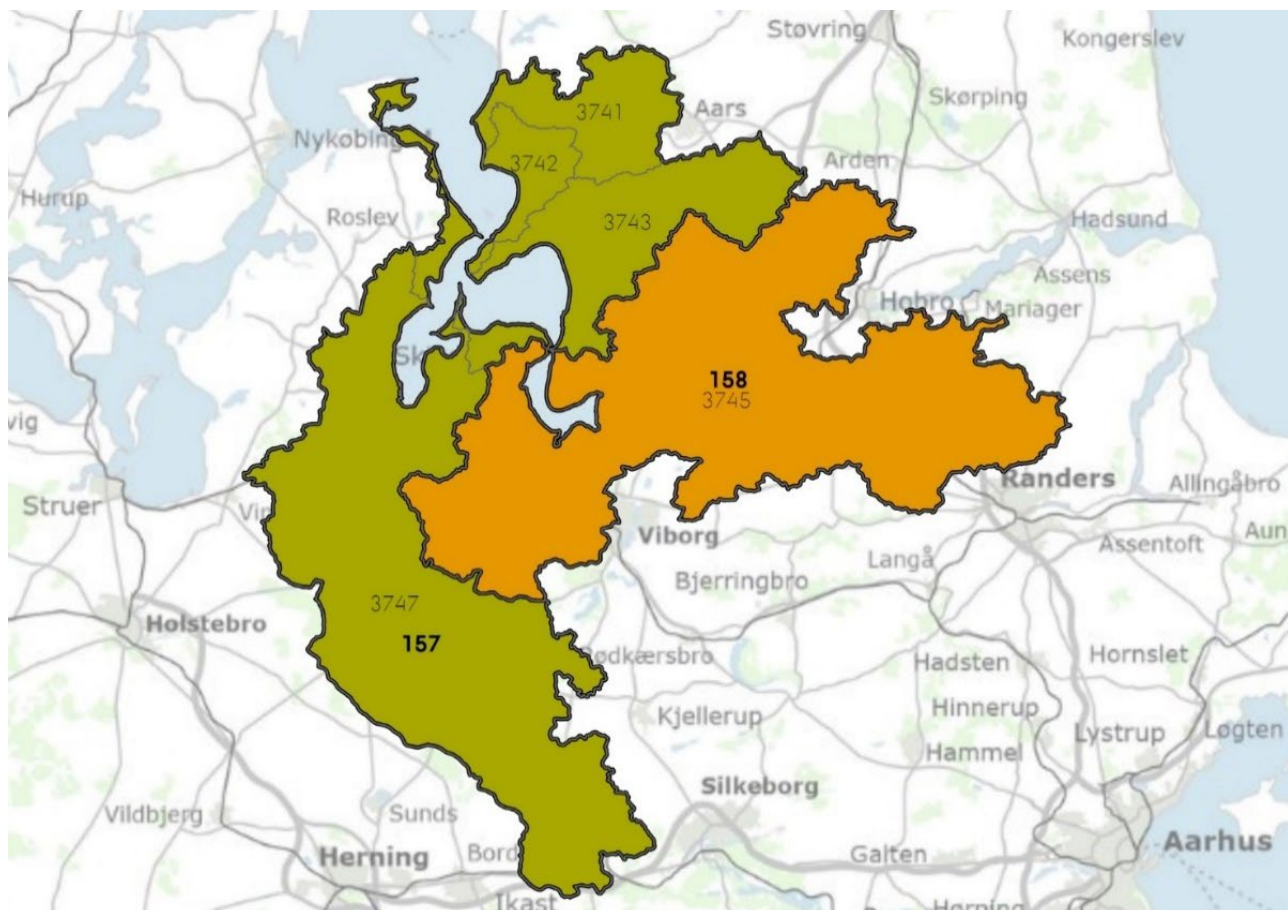
En tidsserie for vandafstrømning og næringsstoftransportdata fra målinger i vandløb er udtrukket fra ODA-databasen. Der er eftersøgt data fra målinger

for en periode i starten af 1970'erne udført i regi af Limfjordskomiteen (Limfjordskomiteen, 1976). Disse data er det – bortset fra data fra Trend Å – p.t. ikke lykkedes at tilvejebringe.

Da formålet med kystvandrådene bl.a. er at undersøge, om man ved at lave lokale analyser kan finde en alternativ tilgang til at nå reduktionsmålet, vil de gennemførte analyser afvige lidt fra den tilgang, der er benyttet ifb. med vandområdeplanerne. Det drejer sig bl.a. om anvendelse af agro-hydrologiske år, beregning af statusbelastning, beregning af baggrundsbelastning mv.

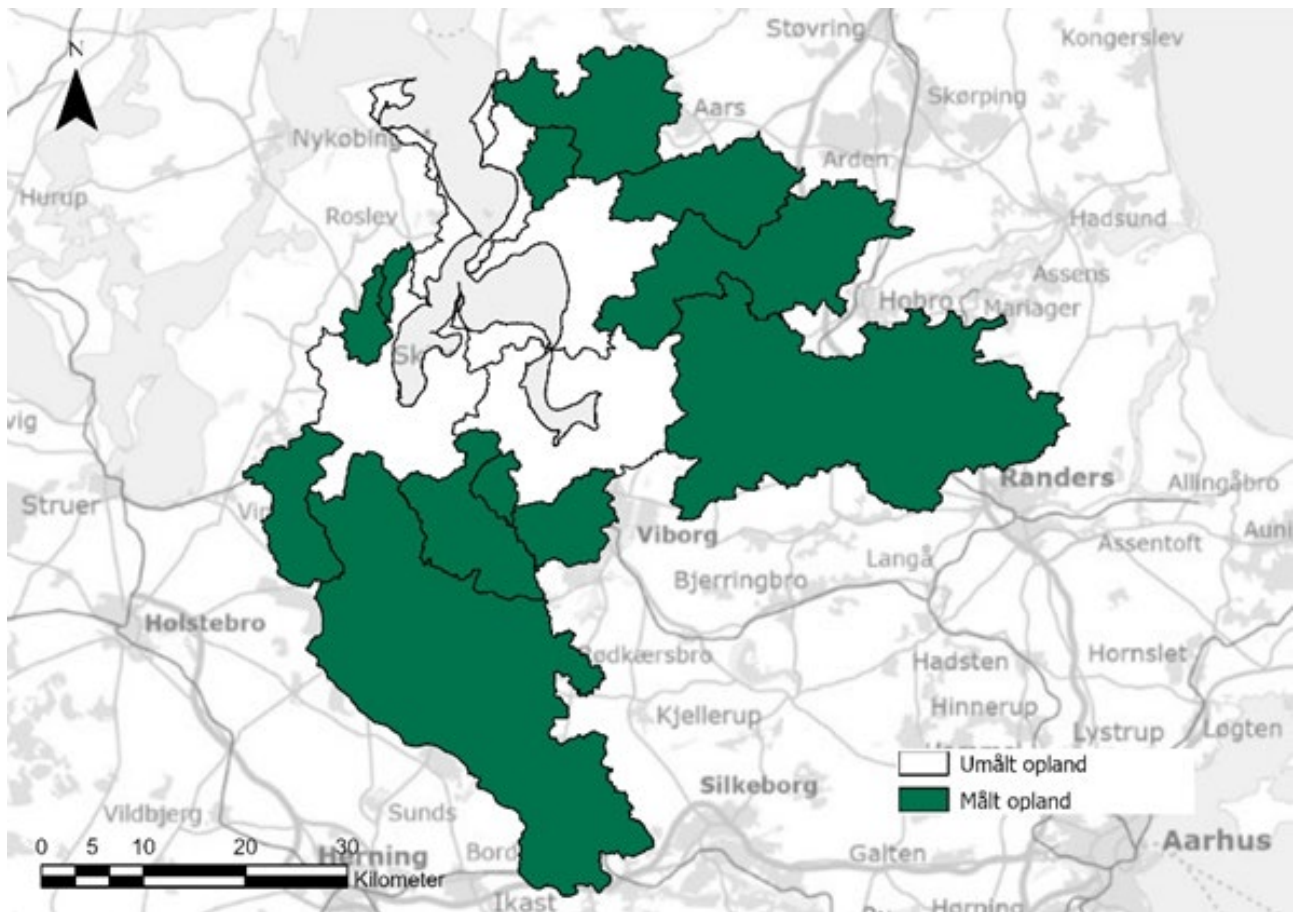
3 Beskrivelse af Farvand 4-oplande til de to kystvandsområder

De fem Farvand 4-oplande, der grænser til de to kystvandsområder i projektet, er vist i figur 3.1. Kystvand 158 er Hjarbæk Fjord, og kystvand 157 er Skive Fjord, Lovns Bredning, Risgårde Bredning og Bjørnsholm Bugt.



Figur 3.1. Afgrænsning af de fem Farvand 4-oplande, som udleder vand, kvælstof og fosfor til de to kystvande 158 (Hjarbæk Fjord) og 157 (Skive Fjord, Lovns Bredning og Risgårde Bredning).

Andelen af målte og umålte arealer varierer mellem de fem Farvand 4-oplande (figur 3.2). Den største andel målt opland findes i de to store oplande til Hjarbæk Fjord og Skive Fjord mv. samt delopland 3741 til Bjørnsholm Bugt (figur 3.2 og tabel 3.1).



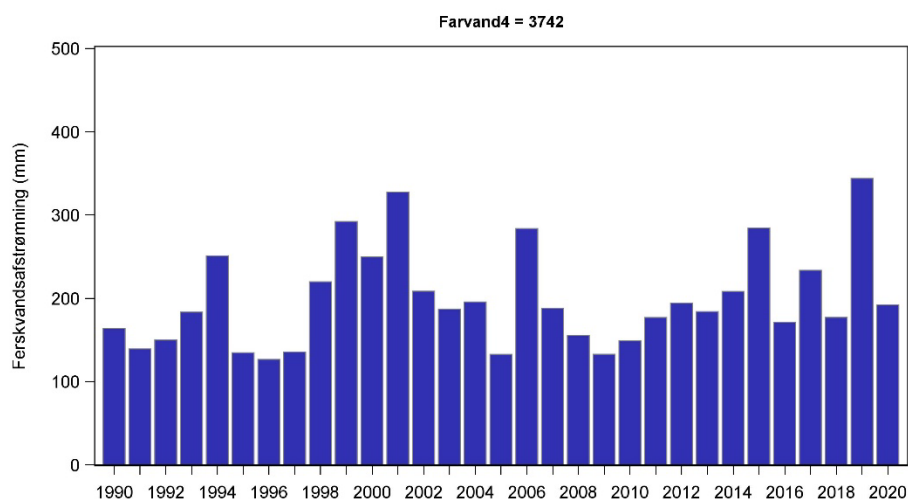
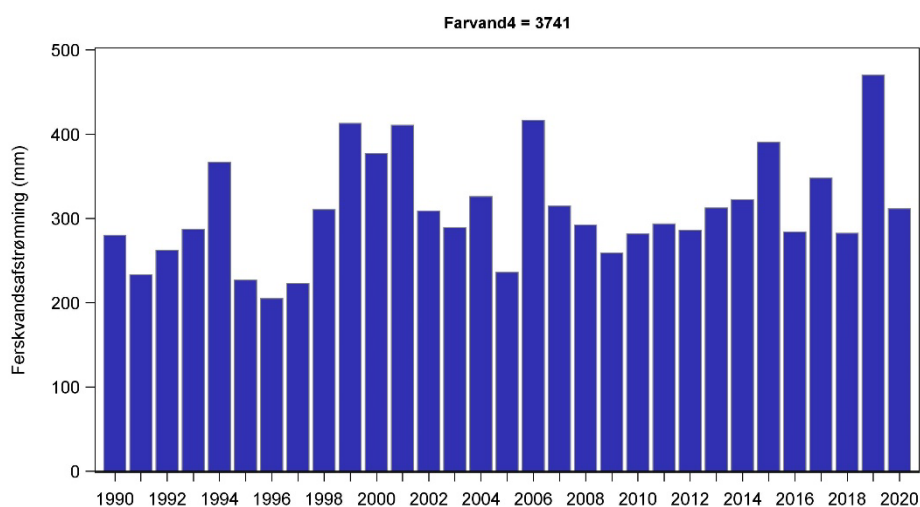
Figur 3.2. : Andel målt og umålt areal i de fem Farvand 4-område baseret på NOVANA-opgørelser i 2023 (Thodsen et al., 2023).

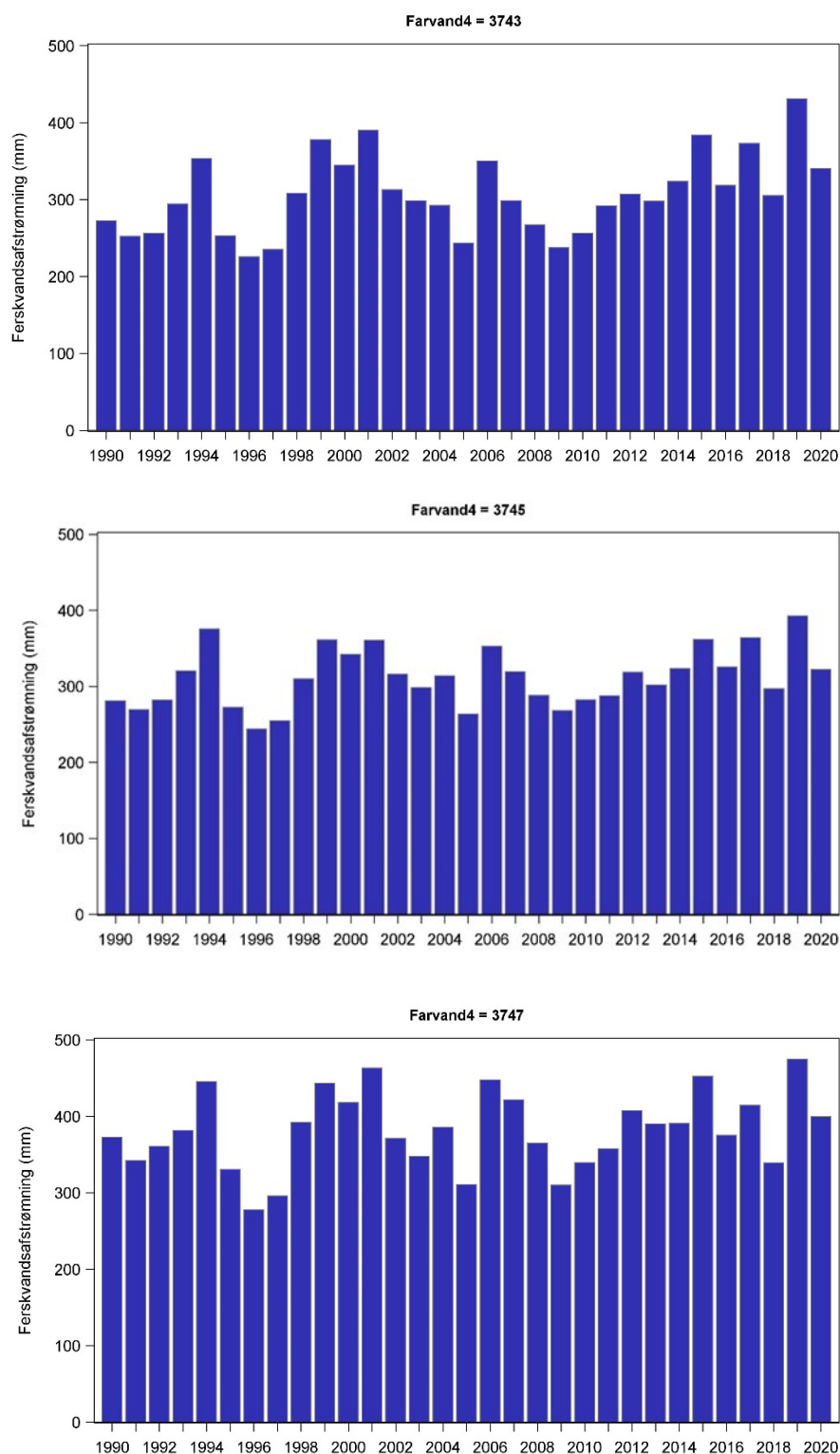
Tabel 3.1. Det målte og umålte areal opgjort for hver af de fem Farvand 4-område til de to kystvandsområder 157 og 158 efter NOVANA-opgørelser i Thodsen et al. (2023).

Farvand 4-område	Oplandsareal (km ²)	Målt opland (km ²)	Umålt opland (km ²)
3741 Bjørnsholm Bugt, øst	163,3	138,4 (85 %)	24,9 (15 %)
3742 Risgårde Bredning, øst	91,1	31,5 (35 %)	59,6 (65 %)
3743 Lovns Bredning, øst	274,8	115,3 (42 %)	159,5 (42 %)
3745 Hjarbæk Fjord	1177,8	968,9 (82 %)	208,9 (18 %)
3747 Skive Fjord	914,2	733,2 (80 %)	181,0 (20 %)

4 Vandafstrømning 1990-2021 fra Farvand 4-oplandene

Vandafstrømningen fra de fem Farvand 4-oplande er opgjort for perioden 1990-2021 (figur 4.1). Der er størst vandafstrømning fra Farvand 4-oplandet til Skive Fjord (3747) og Hjarbæk Fjord (3745). En analyse af udviklingen i vandafstrømningen i perioden viser, at der alle steder er sket en stigning i vandafstrømningen, hvilket formentlig kan tolkes som en stigning i nedbør dog med en mulig indflydelse fra skift af måleinstrumenter til måling af vandføring i vandløb omkring 2008 (skift til ADCP) og igen i 2015 (skift til MFPro) (Ovesen et al., 2023). Stigningen i vandafstrømning er signifikant i to af de fem Farvand 4-oplande (tabel 4.1). En stigning i vandafstrømning, som kan relateres til øget nedbør, vil alt andet lige betyde, at der samtidig sker en stigning i næringsstofbelastningen i perioden (Blicher-Mathiesen et al., 2020). Skiftet i måleinstrumenter kan påvirke de påviste ændringer fra især 2000-2009 til 2010-2019, mens den store ændring i afstrømning fra 1990-1999 til 2000-2009 i farvand 4 oplandene 3041 og 3042, der er vist i tabel 4.2, ikke umiddelbart kan forklares ved skifte i instrumenter til måling af vandføring. Her må andre forhold spille en rolle, som f.eks. amtets hjemtagning af hydrometri i starten af 1990'erne. Analyse af udvikling i afstrømning på vandløbsmålestationer i farvand 4 oplandene kan ses i bilag 2.





Figur 4.1. Årlig vandstrømning fra de fem Farvand 4-område omkring Skive Fjord, Lovns Bredning, Risgårde Bredning og Hjarbæk Fjord for agro-hydrologiske år i perioden 1990/91 til 2020/2021.

Den årlige afstrømning er steget fra fire af de fem kystvandsoplande i perioden 1990/91-2020/21 (tabel 4.1). Den statistiske analyse viser, at stigningen er signifikant fra kystvandsopland 3743 (Lovns Bredning fra øst) og 3745 (Hjarbæk Fjord) (tabel 4.1). Men stigningen er også konstateret at være stor fra de to nordlige kystvandsoplande, mens der ikke er ændringer i kystvandsopland 3747 (Skive Fjord) (tabel 4.1). Stigningen i afstrømning er især sket mellem de to tiårsperioder (1990-1999 til 2000-2009), hvor der også er konstateret 'change

points/jumps' i den statistiske analyse i data fra tre af oplandene (2001/2002) (tabel 4.1 og 4.2). Fra 2010-2019 er der en meget mindre og også forskellig udvikling i afstrømning fra de fem Farvand 4-oplande (tabel 4.2).

Tabel 4.1. Statistisk test af trends i vandafstrømning fra de fem kystvandsoplande for agro-hydrologiske år i perioden 1990/91 til 2020/21.

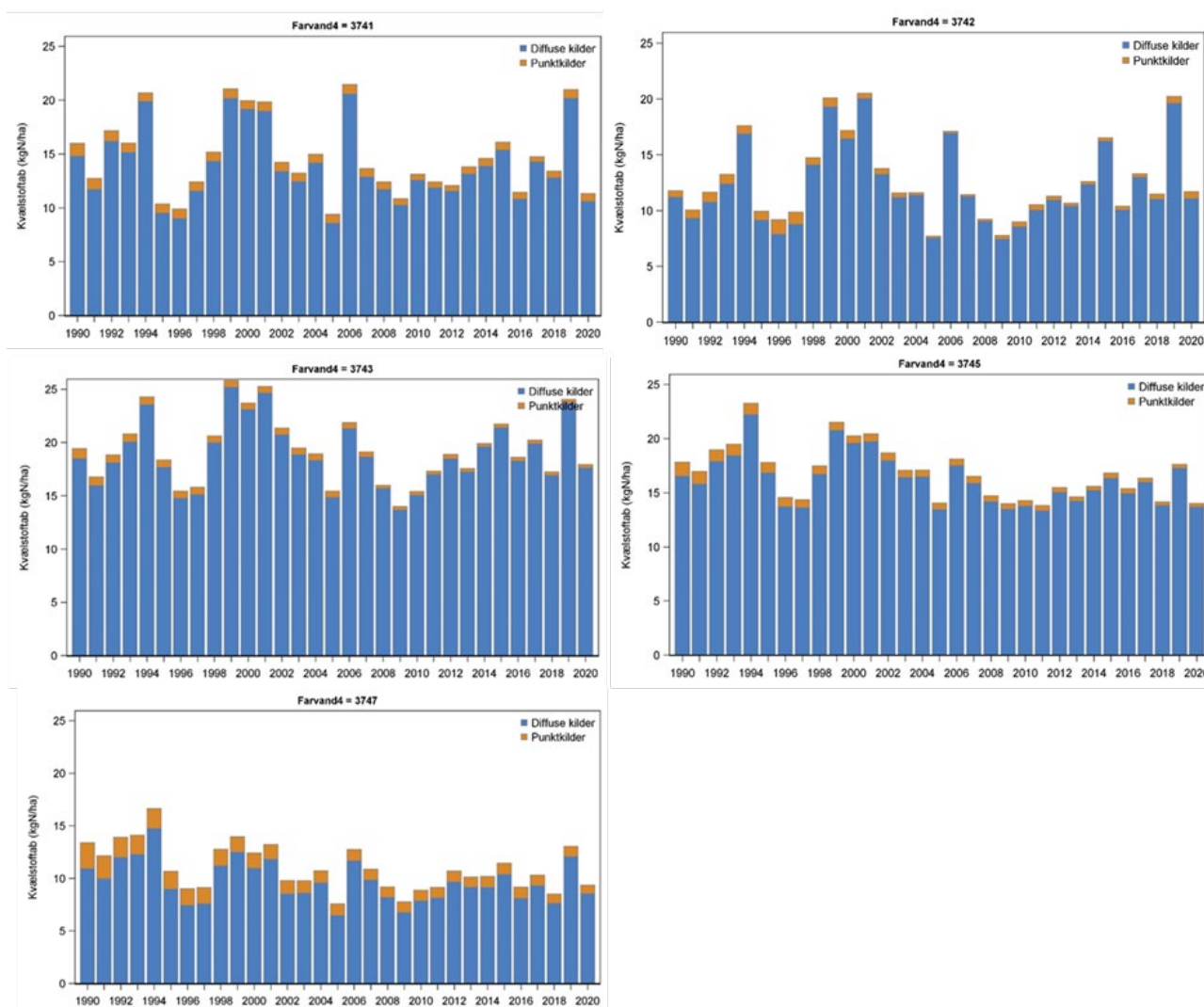
Kystafsnit	Mann-Kendall-test	Trend model		Procentændring for perioden
		Change points	Parametre	
3741	$Z = 1,73$ $P = 0,083$	Change point: 2001-2002 (jump) Stigende, derefter konstant	$\alpha = -3.881.326$ $\beta = 1.969,6$ $k = 51.786,2(*)$	$\Delta = 36 \%$
3742	$Z = 1,26$ $P = 0,21$	Change point: 2001-2002 (jump) Stigende, derefter konstant	$\alpha = -2.280.318(*)$ $\beta = 1.151,8(*)$ $k = 18.195,4(*)$	$\Delta = 56 \%$
3743	$Z = 2,18$ $P = 0,030$	Change point: 2001-2002 (jump) To stigende linjestykker	$\alpha_1 = -5.036.606$ $\beta_1 = 2.564,9$ $\alpha_2 = -2.529.654(*)$ $\beta_2 = 1.300,6(*)$	$\Delta = 44 \%$
3745	$Z = 2,01$ $P = 0,045$	Intet change point Lineær stigning	$\alpha = -2.908.686$ $\beta = 1.633,9$	$\Delta = 14 \%$
3747	$Z = 1,29$ $P = 0,20$	Intet change point Konstant	$k = 348.663(*)$	$\Delta = 0 \%$

Tabel 4.1. Deskriptiv analyse af udviklingen i vandafstrømning i perioden 1990-2019 opdelt i tre tiårsperioder (stigning fra den ene til den anden tiårsperiode er angivet i procent i parentes).

	3741	3742	3743	3745	3747
	mm/år				
1990-1999	279	173	280	294	362
2000-2009	329 (18,1 %)	215 (23,9 %)	310 (10,8 %)	317 (7,7 %)	391 (8,0 %)
2010-2019	316 (-4,0 %)	202 (-6,0 %)	320 (3,4 %)	319 (0,5 %)	385 (-1,5 %)

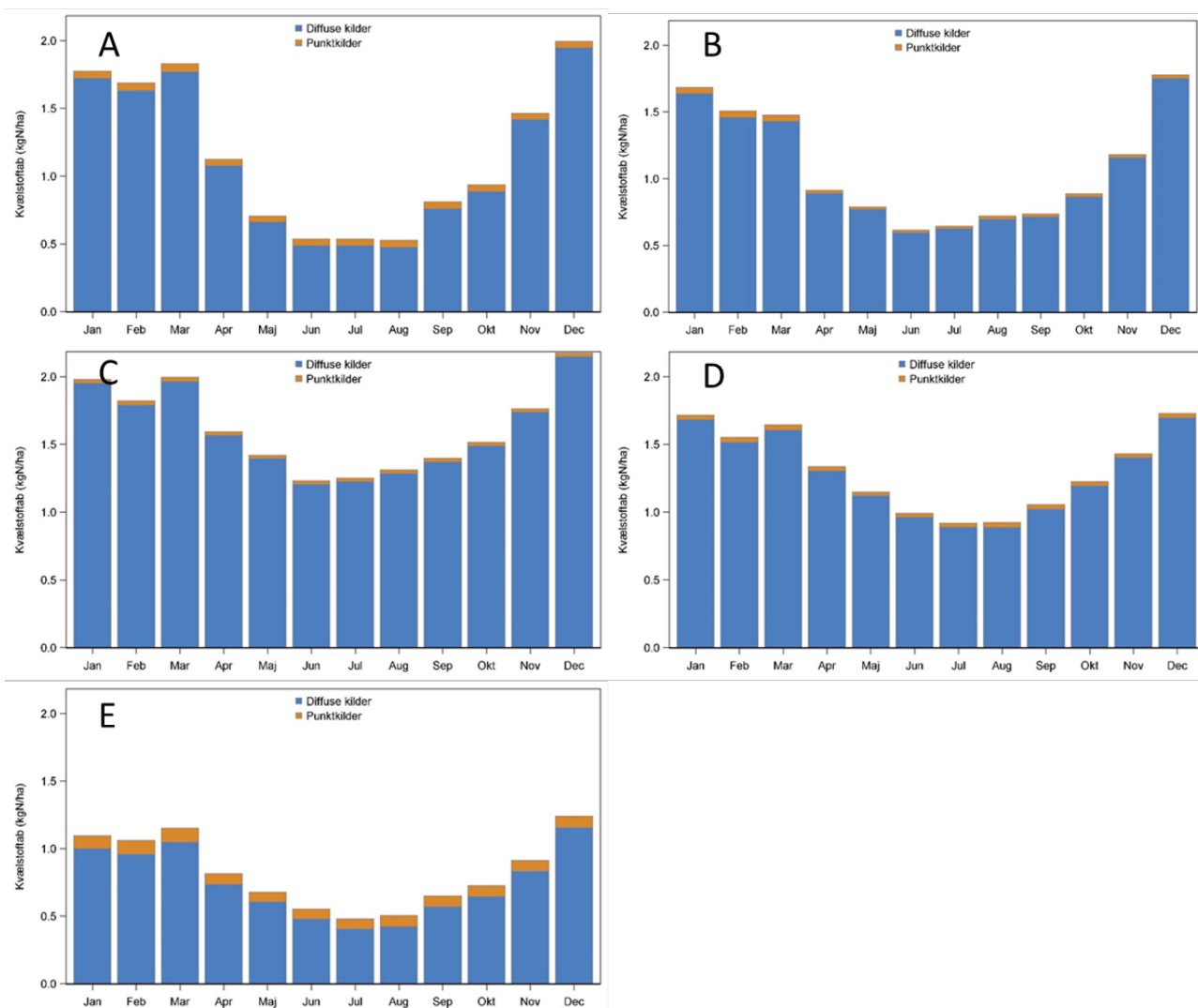
5 Næringsstofbelastning 1990-2021

Det årlige tab af total kvælstof fra de fem Farvand 4-oplande er vist i figur 5.1. Der er forholdsvis store forskelle i oplandstabet fra de fem oplande. Det største arealspecifikke oplandstabet er fra oplandene til 3743 (Lovns Bredning fra øst) og 3745 (Hjarbæk Fjord) (figur 5.1). Betydningen af hhv. punktkildetilførslen og det diffuse kvælstoftab til total kvælstoftabet fra oplandene er også vist i figur 5.1, og det er tydeligt, at det diffuse tab dominerer i alle fem oplande. Figuren viser også, at betydningen af udledningen fra punktkilder falder betydeligt gennem perioden. Den største betydning af udledning fra punktkilder er i opland 3747 (Skive Fjord mv.) (figur 5.1).



Figur 5.1. Årligt oplandstabet af total kvælstof fra de fem Farvand 4-oplande for agro-hydrologiske år i perioden 1990/91 til - 2020/2021. Oplandstabet er fordelt på punktkilder og diffuse kilder, hvori også indgår udledninger fra spredt bebyggelse.

Det gennemsnitlige månedlige oplandstabet af total kvælstof fra de fem kystvandsoplande er vist i figur 5.2 for de diffuse kilder og udledningen fra punktkilder. Der er generelt størst kvælstoftab i vinterperioden og lavest i sommerperioden (figur 5.2). Der er dog forskelle mellem de fem kystvandsoplande, da oplandet til Bjørnsholm Bugt og Risgårde Bredning udviser en større forskel mellem vinter og sommer end de tre andre kystvandsoplande (figur 5.2).

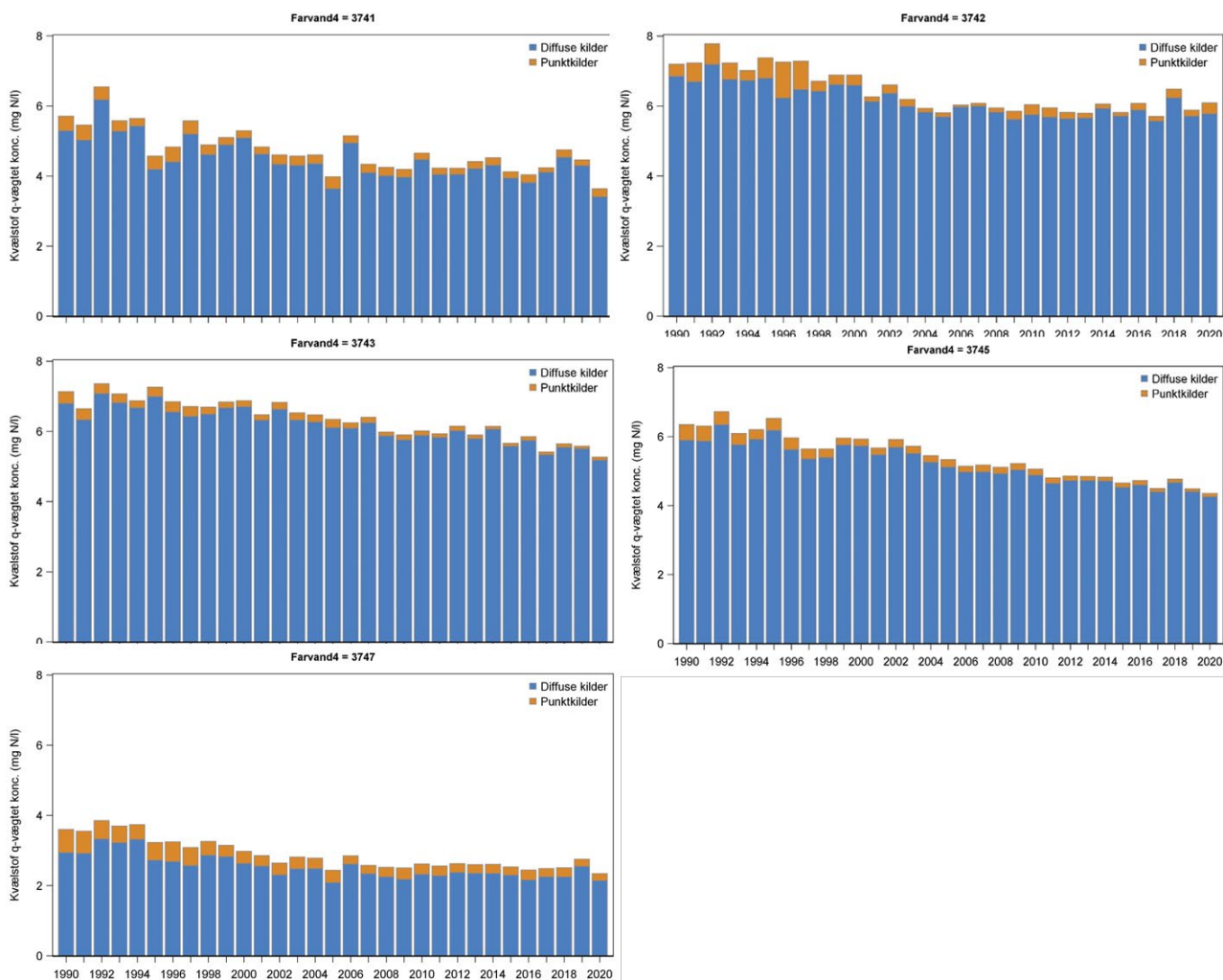


Figur 5.2. Gennemsnitlig månedligt tab af total kvælstof fra de fem Farvand 5-områder til Skive Fjord (E), Lovns Bredning (C), Risgårde Bredning (B), Bjørnsholm Bugt (A) samt Hjarbæk Fjord (D) i perioden 2015/16-2018/19..

Den årlige vandføringsvægtede koncentration af total kvælstof er vist i figur 5.3 for de fem Farvand 4-områder. Der ses generelt en reduktion i den vandføringsvægtede total kvælstofkoncentration gennem perioden 1990/91-2020/21. En nærmere analyse af udviklingen i total kvælstof-koncentrationen for agro-hydrologiske år perioden 1990/91-2020/21 er vist i tabel 5.1 for de fem Farvand 4-områder. Der kan konstateres et signifikant fald for alle fem kystvandsområder, der ligger mellem 18-36 %, størst er faldet i kystvandsområdet til Skive Fjord (3747) og mindst i kystvandsområdet til Risgårde Bredning (3742) (tabel 5.1). Resultaterne af en analyse af udvikling i total kvælstof transport på målestationerne i farvand 4 områderne kan ses i bilag 2.

Tabel 5.1: Statistiske analyser af udvikling i total kvælstof i agro-hydrologiske år perioden 1990/91-2020/21.

Kystafsnit	Mann-Kendall-test	Trend model		Procentændring for perioden
		Change points	Parametre	
3741	$Z = -5,85$ $P < 0,001$	Change point: 2001-2002 (kont.) To faldende linjestykker	$\alpha = 11.395.511(*)$ $\beta_1 = -5.576,2(*)$ $\beta_2 = -4.018,0(*)$ $\beta_1 + \beta_2 \neq 0(*)$	$\Delta = -30 \%$
3742	$Z = -4,93$ $P < 0,001$	Change point: 2003-2004 (jump) Faldende, derefter konstant	$\alpha = 2.302.025(*)$ $\beta = -1.090,4(*)$ $k = 108.469,6(*)$	$\Delta = -18 \%$
3743	$Z = -6,49$ $P < 0,001$	Change point: 2013-2014 (kont.) To faldende linjestykker	$\alpha = 9.181.253(*)$ $\beta_1 = -4.312,3(*)$ $\beta_2 = -3.521,1$ $\beta_1 + \beta_2 \neq 0(*)$	$\Delta = -26 \%$
3745	$Z = -6,73$ $P < 0,001$	Change point: 2003-2004 (jump) To faldende linjestykker	$\alpha_1 = 38.703.815(*)$ $\beta_1 = -18.281,3(*)$ $\alpha_2 = 42.396.290(*)$ $\beta_2 = -20.179,9(*)$	$\Delta = -30 \%$
3747	$Z = -6,42$ $P < 0,001$	Change point: 2002-2003 (kont.) To faldende linjestykker	$\alpha = 62.054.476(*)$ $\beta_1 = -30.514,8(*)$ $\beta_2 = 23.982,5$ $\beta_1 + \beta_2 \neq 0(*)$	$\Delta = -36 \%$



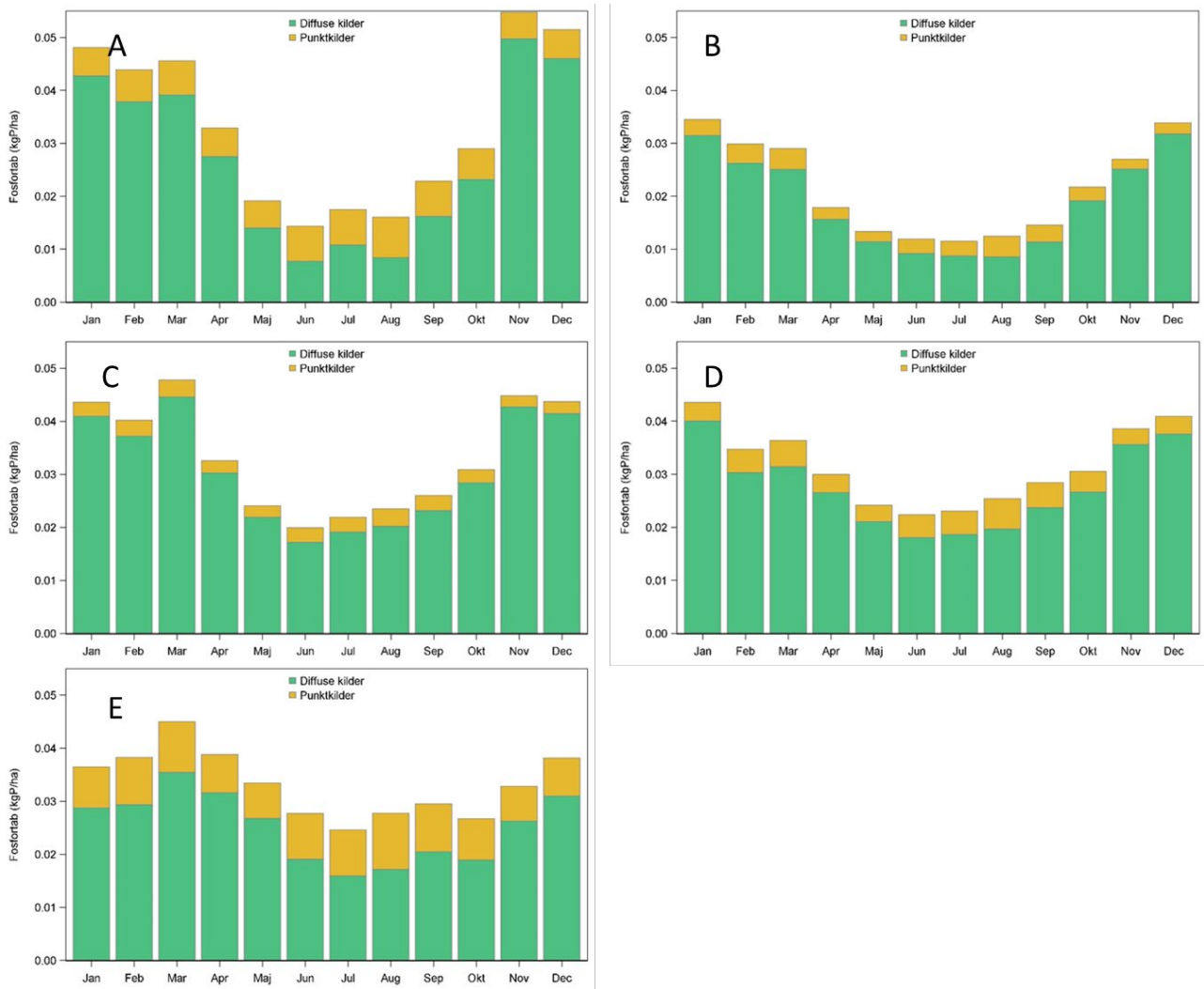
Figur 5.3. Udvikling i den årlige vandføringsvægtede koncentration af total kvælstof i fem Farvand 4-oplande i perioden 1990-2021 opdelt på bidrag fra punktkilder og diffuse kilder; i det sidste tilfælde inklusive udledninger fra spredt bebyggelse.

Det årlige tab af total fosfor fra de fem Farvand 4-oplande er vist i figur 5.4. Der er små forskelle i oplandstabet fra de fem oplande med det største oplandstabet fra oplandet til Skive Fjord (3747), hvilket mest skyldes en større andel fra punktkilder. Der er tydeligt sket et fald i udledningen fra punktkilder, mens udledningen fra diffuse kilder varierer mellem årene men uden tydelige udviklingstendenser.



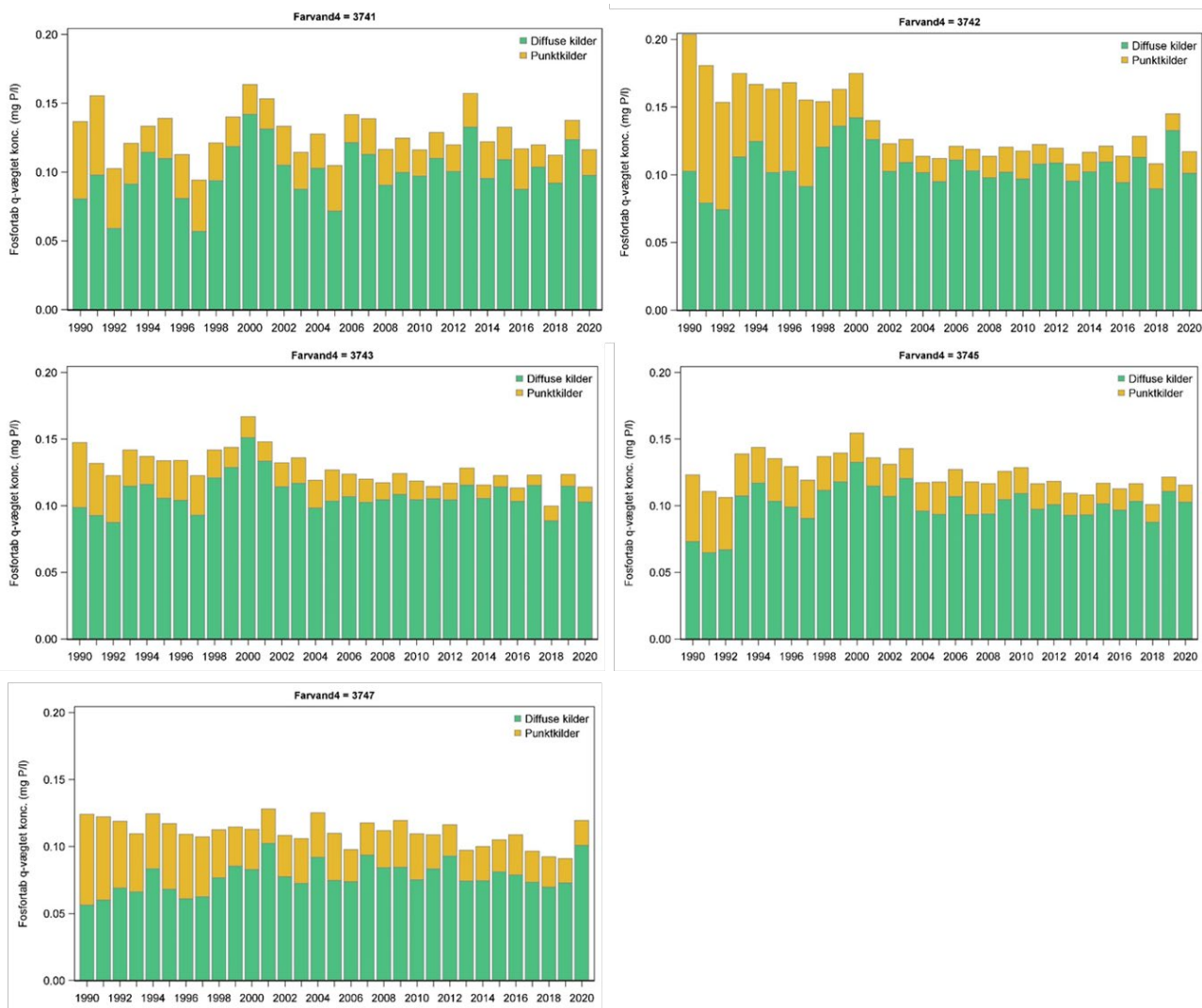
Figur 5.4. Årligt arealspecifikt oplandstabet af total fosfor fra de fem Farvand 4-oplande i perioden 1990-2021. Oplandstabet er fordelt på punktkilder og diffuse kilder. Udledningen fra spredt bebyggelse indgår i de diffuse kilder.

Det gennemsnitlige månedlige oplandstabet af total fosfor fra de fem kystvandsoplande er vist i figur 5.5 for de diffuse kilder og udledningen fra punktkilder. Der er generelt størst fosfortab i vinterperioden og lavest i sommerperioden (figur 5.5). Der er dog forskelle mellem de fem kystvandsoplande, da oplandet til Bjørnsholm Bugt og Risgårde Bredning udviser en større forskel mellem vinter og sommer, end de tre andre kystvandsoplande (figur 5.5).



Figur 5.5. Gennemsnitligt månedligt tab af total fosfor fra de fem Farvand 4-område til Skive Fjord €, Lovns Bredning (C), Risgårde Bredning (B), Bjørnsholm Bugt (A) samt Hjarbæk Fjord (D) i perioden 2015/16-2018/19.

Den årlige vandføringsvægtede koncentration af total fosfor er vist i figur 5.6 i for de fem Farvand 4-område. Der ses generelt en reduktion i koncentrationen gennem perioden 1990-2021. Reduktionen er sket i udledningerne fra punktkilder i Farvand 4-områderne, mens der omvendt generelt ses en umiddelbar stigning i udviklingen i tabet fra de diffuse kilder (figur 5.6). Denne stigning er formentlig en artefakt af usikre opgørelser af udledning fra punktkilder til ferskvand i starten af 1990'erne, da der f.eks. ikke tages hensyn til retention af fosfor i overfladevand ved denne simple form for kildeopsplitning.



Figur 5.6. Udvikling i den årlige vandføringsvægtede koncentration af total fosfor i de fem Farvand 4-område i perioden 1990/91-2020/21. Udlægning fra spredt bebyggelse indgår i de diffuse kilder.

Den statistiske test af udviklingen i total fosforkoncentrationen i agro-hydrologiske år i perioden 1990/91-2020/21 viser, at der er et sket et mindre fald i alle kystvandsområderne (tabel 5.2). Faldet er signifikant ($p < 5\%$) i de fire af kystvandsområderne (tabel 5.2). Faldet er størst i kystvandsområdet til Risgårde Bredning (-25 %) og mindst i kystvandsområdet til Hjarbæk Fjord (3745) (-6 %) (tabel 5.2). Resultaterne af en analyse af udvikling i total fosfor transport på målestationerne i farvand 4 oplandene kan ses i bilag 2.

Table 5.1. Statistisk eksempel på analyse af udviklingen i vandføringsvægtet koncentration af total fosfor i perioden 1990/91-2020/21 beregnet med lineær regression.

Kystafsnit	Mann-Kendall-test	Trend model		Procentændring for perioden
		Change points	Parametre	
3741	$Z = -51,63$ $P = 0,10$	Intet change point Ret linje	$\alpha = 57.645,9(*)$ $\beta = -25,49$	$\Delta = -11 \%$
3742	$Z = -4,28$ $P < 0,001$	Change point: 2000-2001 (jump) To konstante linjestykker	$k_1 = 2.935,8(*)$ $k_2 = 2.212,8(*)$	$\Delta = -25 \%$
3743	$Z = -4,69$ $P < 0,001$	Change point: 2001-2002 (jump) Stigende linjestykke, efter change point faldende	$\alpha_1 = -170.013(*)$ $\beta_1 = 91,05(*)$ $\alpha_2 = 214.049(*)$ $\beta_2 = -101,4(*)$	$\Delta = -17 \%$
3745	$Z = -3,19$ $P = 0,0014$	Change point: 2000-2001 (jump) Stigende linjestykke, efter change point faldende	$\alpha_1 = -2.302.118(*)$ $\beta_1 = 1.178,0(*)$ $\alpha_2 = 1.039.571(*)$ $\beta_2 = -495,1(*)$	$\Delta = -6 \%$
3747	$Z = -3,37$ $P < 0,001$	Change -point: 2012-2013 (jump) To konstante linjestykker	$k_1 = 39.910,6(*)$ $k_2 = 35.084,7(*)$	$\Delta = -12 \%$

6 Kilder til næringsstoffer og basisbelastning af kystvandsområderne

I analysen af kilderne til næringsstofbelastningen er det valgt at anvende de fire agro-hydrologiske år 2015-16 til 2018-19 (tabel 6.1). Valget af agro-hydrologiske år i stedet for kalenderår skyldes, at udvaskningen af nitrat fra marker og andre arealanvendelser især sker hen over efterårs- og vinterperioden bestemt af faktorer som klima (nedbør og temperatur) samt selvfølgelig høstudbyttet og andre dyrkningsbetingelser, herunder anvendelse af efterafgrøder mv. Derfor vil opgørelse på kalenderår så at sige skære et sammenhængende nitratudvaskningsår over i to dele, hvilket gør det sværere at forklare variationerne mellem de enkelte kalenderår og at udføre en normalisering end for agro-hydrologiske år.

Punktkildernes betydning for tilførsel af total kvælstof fra de fem Farvand 4-oplande til kystvandene er beregnet til at udgøre 2-11 % af den totale tilførsel (tabel 6.2). Bidraget fra landbrugsarealerne (dvs. den målte belastning fratrukket udledning fra alle punktkilder og den beregnede baggrundsbelastning for hele arealet) udgør den største kvælstofkilde i alle Farvand 4-oplande (52-78 %) (tabel 6.2). Baggrundsbelastningen fra hele arealet er opgjort til at udgøre i gennemsnit 19-37 % (tabel 6.2).

Tabel 6.1. Årlig tilførsel til kystvandene Hjarbæk Fjord og Skive Fjord, Lovns Bredning, Riskær Bredning (157 & 158) med total kvælstof og analyse af kilderne til belastningen i de fire agro-hydrologiske år 2015/16 til 2018/19. Baggrundkoncentration er blevet korrigeret op med i gennemsnit på 13,5 % pga. analysefejl for total kvælstofkoncentrationen (se Larsen et al., 2022).

Kystafsnit	3741	3742	3743	3745	3747
	Bjørnsholm Bugt fra øst	Risgårde Bredning fra øst	Lovns Bredning fra øst	Hjarbæk Fjord	Skive Fjord
Oplandsareal (km²)	163	91	275	1178	914
Vand					
Vandafstrømning (mm/år)	355	242	362	348	411
Vandafstrømning (mill. m ³ /år)	53,3	19,7	94,9	397	361
Kvælstof					
Tab i tons N	227	118	534	1845	901
Oplandstab (kg N/ha)	13,9	12,9	19,5	15,7	9,86
Vandføringsvægtet koncentration	4,32	5,99	5,63	4,62	2,54
Kilder til kvælstof					
Rensningsanlæg til ferskvand (tons N)	0	0	2,02	15,3	32,4
Rensningsanlæg direkte til kystvand (tons N)	0,74	2,62	0	0,27	0
Dambrug, ferskvand (tons N)	8,05	0	6,08	21,2	49,8
Industri (tons N)	0	0	0	0	0
Spredt bebyggelse (tons N)	0,81	0,51	1,64	7,97	4,72
Regnvandsbetinget, ferskvand (tons N)	1,18	0,41	0,92	9,67	10,1
Regnvandsbetinget, direkte kystvand (tons N)	0,04	0,11	0,05	0,11	0,42
Punktkilder, sum (tons N)	10,8	3,65	10,7	54,6	97,4
Åbent lands tab (tons N)	217	114	524	1791	804
Baggrundskoncentration Q-vægtet TN (mg N/l)	1,164	1,016	1,036	1,05	0,826
Baggrundstab (tons N)	62,0	20,0	98,3	417	299

Baggrundstab korrigeret for analysefejl (ton N)	68,8	22,2	109	463	331
Landbrugsbidrag (tons N)	148	91,8	415	1328	472

Tabel 6.2. Fordeling af kilderne til total kvælstoftilførsel til Farvand 4-oplandene beregnet som et gennemsnit for fireårs-perioden 2015/16 til 2018/19.

Kystvandsopland	3741 (Risgårde Bredning – øst)	3742 (Risgårde Bredning – øst)	3743 (Lovns Bredning - øst)	3745 (Hjarbæk Fjord)	3747 (Skive Fjord)
Landbrug	65 %	78 %	78 %	72 %	52 %
Baggrund	30 %	19 %	20 %	25 %	37 %
Punktkilder	5,0 %	3,0 %	2,0 %	2,9 %	11 %

Tilførslen af total fosfor er sammen med vandafstrømningen beregnet fra de fem Farvand 4-oplande for de fire agro-hydrologiske år 2015/16 til 2018/19 (tabel 6.3). Desuden er kilderne til den totale fosforbelastning beregnet, herunder betydningen af tilførsel af total fosfor fra alle punktkilder til ferskvand og direkte til kystvand. Bidraget fra landbrugsarealerne (tab af fosfor med forskellige transportveje) er den næststørste kilde til fosfor i alle Farvand 4-oplandene (ca. 22-45 %) (tabel 6.4). Baggrundsbelastningen er den største kilde og udgør i gennemsnit ca. 43-52 %, mens udledningen fra alle punktkilder udgør ca. 11-27 % (tabel 6.4).

Tabel 6.3. Belastning af kystvandene Hjarbæk Fjord og Skive Fjord, Lovns Bredning, Riskær Bredning (157 & 158) med total fosfor og analyse af kilderne til belastningen i de fire agro-hydrologiske år 2015/16 til 2018/19.

Kystafsnit	3741	3742	3743	3745	3747
	Bjørnsholm bugt fra øst	Risgårde bredning – øst	Lovns bredning fra øst	Hjarbæk fjord	Skive fjord
Oplandsareal (km²)	163,35	91,07	274,8	1177,76	914,25
Vand					
Vandafstrømning (mm/år)	355	242	362	348	411
Vandafstrømning (mill. m ³ /år)	53,3	19,7	94,9	397	361
Fosfor					
Tab i kg P/år	6460	2343	10954	44511	36481
Oplandstab (kg P/ha)	0,395	0,257	0,399	0,378	0,399
Vandføringsvægtet koncentration	0,121	0,118	0,115	0,112	0,101
Kilder til fosfor					
Rensningsanlæg til ferskvand (kg P)	0	0	262	1680	2550
Rensningsanlæg direkte til kystvand (kg P)	56	196	0	52	0
Dambrug, ferskvand (kg P)	857	0	403	1966	4131
Industri (kg P)	0	0	0	0	0
Spredt bebyggelse (kg P)	133	84	274	1318	770
Regnvandsbetinget udledning, ferskvand (kg P)	263	91	201	2030	2248
Regnvandsbetinget udledning, direkte kystvand (kg P)	8	23	10	25	83
Punktkilder, sum (kg P)	1317	394	1150	7071	9782
Åbent lands tab (kg P)	5143	1949	9804	37440	26699
Baggrundskoncentration Q-vægtet TP (mg P/l)	0,052	0,052	0,052	0,052	0,052
Baggrundstab (kg P)	2770	1025	4933	20633	18794
Landbrugsbidrag (kg P)	2373	924	4871	16807	7905

Tabel 6.4. Fordeling af kilderne til total fosforbelastning af kystvande beregnet som et gennemsnit for fire-års perioden 2015/16 til 2018/19.

Kystvandsopland	3741 (Risgårde Bredning – øst)	3742 (Risgårde Bredning – øst)	3743 (Lovns Bredning - øst)	3745 (Hjarbæk Fjord)	3747 (Skive Fjord)
Landbrug	37 %	39 %	45 %	38 %	22 %
Baggrund	43 %	44 %	45 %	46 %	52 %
Punktkilder	20 %	17 %	11 %	16 %	27 %

Sæsonfordelingen af vandafstrømning, kvælstofbelastning og fosforbelastning fra de fem Farvand 4-oplande er vist i tabel 6.5. Belastningen er som forventet størst i vinterperioden, men med en forholdsvis stor andel af årets afstrømning og næringsstofbelastning i sommerperioden (tabel 6.5). Sæsonfordelingen er især vigtig, hvis der skal målrettes indsatser mod f.eks. en sommerbelastning med næringsstoffer for at begrænse algevækst.

Tabel 6.5. Andel af henholdsvis sommer- (april-september) og vinter- (oktober-marts) tilførsel af vand, total kvælstof og total fosfor til kystvande beregnet som et gennemsnit for fire-års perioden 2015/16 til 2018/19.

Kystvandsopland	3741 (Risgårde Bredning – øst)	3742 (Risgårde Bredning – øst)	3743 (Lovns Bredning - øst)	3745 (Hjarbæk Fjord)	3747 (Skive Fjord)
Vandafstrømning, vinter	64 %	67 %	59 %	59 %	58 %
Vandafstrømning, sommer	36 %	33 %	41 %	41 %	42 %
Total kvælstof, vinter	70 %	66 %	58 %	59 %	63 %
Total kvælstof, sommer	30 %	34 %	42 %	41 %	37 %
Total fosfor, vinter	69 %	68 %	63 %	59 %	55 %
Total fosfor, sommer	31 %	32 %	37 %	41 %	45 %

En analyse af, hvor stor en andel af kvælstofbelastningen fra de fem Farvand 4-oplande, som udgøres af henholdsvis opløst uorganisk kvælstof (nitrat, nitrit og ammonium) samt organisk bundet kvælstof, er vist i tabel 6.6. Den største del af de kvælstofforbindelser, der tilføres kystvandene, er uorganisk kvælstof. Andelen af organisk-bundet kvælstof på over 20 % forekommer i enkelte Farvand 4-oplande (tabel 6.6). Det er vigtigt at forholde sig til disse resultater, da det især er det uorganiske kvælstof, som er umiddelbart tilgængeligt for algevækst i kystvandene. Dele af det organiske kvælstof bliver senere tilgængeligt ved nedbrydning af humusforbindelser, men en stor del sedimenteres på bunden af kystvandene. Det er også sådan, at de fleste dyrkningsfladevirkemidler er rettet mod reduktioner i udvaskning af nitrat og ikke mod tabet af organisk kvælstof. Reduktioner i organisk kvælstof er i flere af virkemidlerne rettet mod transporten af kvælstof såsom bræmmer langs vandløb, minivådområder mv.

Tabel 6.6. Andel af uorganisk kvælstof i tilførslen til kystvande beregnet som et gennemsnit for fire-års perioden 2015/16 til 2018/19. Beregningen af organisk kvælstof er foretaget med udgangspunkt i målinger af total kvælstof og uorganiske kvælstof-forbindelser (nitrat, nitrit og ammonium) ved målestationerne. Det er derefter antaget, at samme forhold er gældende for også det umålte areal i hvert kystvandsopland.

Kystvandsopland	3741 (Risgårde Bredning – øst)	3742 (Risgårde Bredning – øst)	3743 (Lovns Bredning - øst)	3745 (Hjarbæk Fjord)	3747 (Skive Fjord)
Uorganisk andel af total kvælstof belastning (nitrat + ammonium)	78 %	85 %	86 %	83 %	79 %
Organisk N i tilførsel af total kvælstof	22 %	15 %	14 %	17 %	21 %

Til endelig fastlæggelse af statusbelastningen til de to kystvandsområder er der foretaget indledende sammenligninger mellem anvendelse af forskellige perioder omfattende de tre kalenderår (2016-18) og de fire agro-hydrologiske år (2015-16 til 2018-19) (tabel 6.7 og 6.8). I begge tabeller er der også indsat data for de første officielle statusbelastninger fra udkast til Vandplan 3-rapporten (Miljøministeriet, 2021).

Den opgjorte statusbelastning på agro-hydrologiske år normaliseres med afstrømningen i perioden 2000-2019, da analyserne i kapitel 4 viser, at der her er en nogenlunde stabil og højere afstrømning end i 1990'erne. Den meget store stigning i vandafstrømningen fra 1990'erne til den efterfølgende periode har uden tvivl medvirket til at øge kvælstoftilførslen til de undersøgte kystvande. Derfor bør udgangspunktet for indsatserne være en statusbelastning, der baserer sig på de nuværende afstrømningsforhold.

Der er ikke de store forskelle i de beregnede statusbelastninger oplandene imellem, og afvigelsen fra de beregnede statusbelastninger i Vandplan 3-udkastet er små. Generelt er de nyberegnete statusbelastninger af både total kvælstof og total fosfor generelt lidt højere end tallene fra Vandplan 3. Det skyldes formentlig hovedsageligt en forskel i den vandafstrømning, der normaliseres med, som i nærværende notat er beregnet for 2000-2019, og i den, der blev anvendt i Vandplan 3-høringsudgaven, som er for 1990-2018.

Statusbelastningen beregnet for de fire agro-hydrologiske år er meget tæt på tallene fra Vandplan 3-høringsudkastet for især kvælstof.

Tabel 6.7. Oversigt over statusbelastningen for total kvælstof i den første høringsrapport om Vandplan 3 fra Miljøministeriet, hvor statusbelastningen er normaliseret med vandafstrømning for perioden 1990-2018. Disse data er sammenholdt med nye opdaterede beregnede statusbelastninger af total kvælstof med en afstrømningsnormalisering for perioden 2000-2019, hvor der er anvendt henholdsvis kalenderår og agro-hydrologiske år.

	Kystvand	Statusbelastning	Reference
Hjarbæk Fjord	158	1716 tons N	Vandplan 3-hørings rapport
Hjarbæk Fjord	158	1734 tons N	2016-2018 (normaliseret med 2000-2019)
Hjarbæk Fjord	158	1731 tons N	2015/16 - 2018/19 (normaliseret med 2000-2019)
Skive Fjord mv.	157	1750 tons N	Vandplan 3-hørings rapport
Skive Fjord mv.	157	1687 tons N	2016-2018 (normaliseret med 2000-2019)
Skive Fjord mv.	157	1729 tons N	2015/16 - 2018/19 (normaliseret med 2000-2019)

Tabel 6.8. Oversigt over statusbelastningen for total fosfor i den første høringsrapport om Vandplan 3 fra Miljøministeriet, hvor de er normaliseret med vandafstrømning for perioden 1990-2019. Disse data er sammenholdt med nye opdaterede beregnede statusbelastninger af total fosfor med en afstrømningsnormalisering for perioden 2000-2019, hvor der er anvendt henholdsvis kalenderår og agro-hydrologiske år.

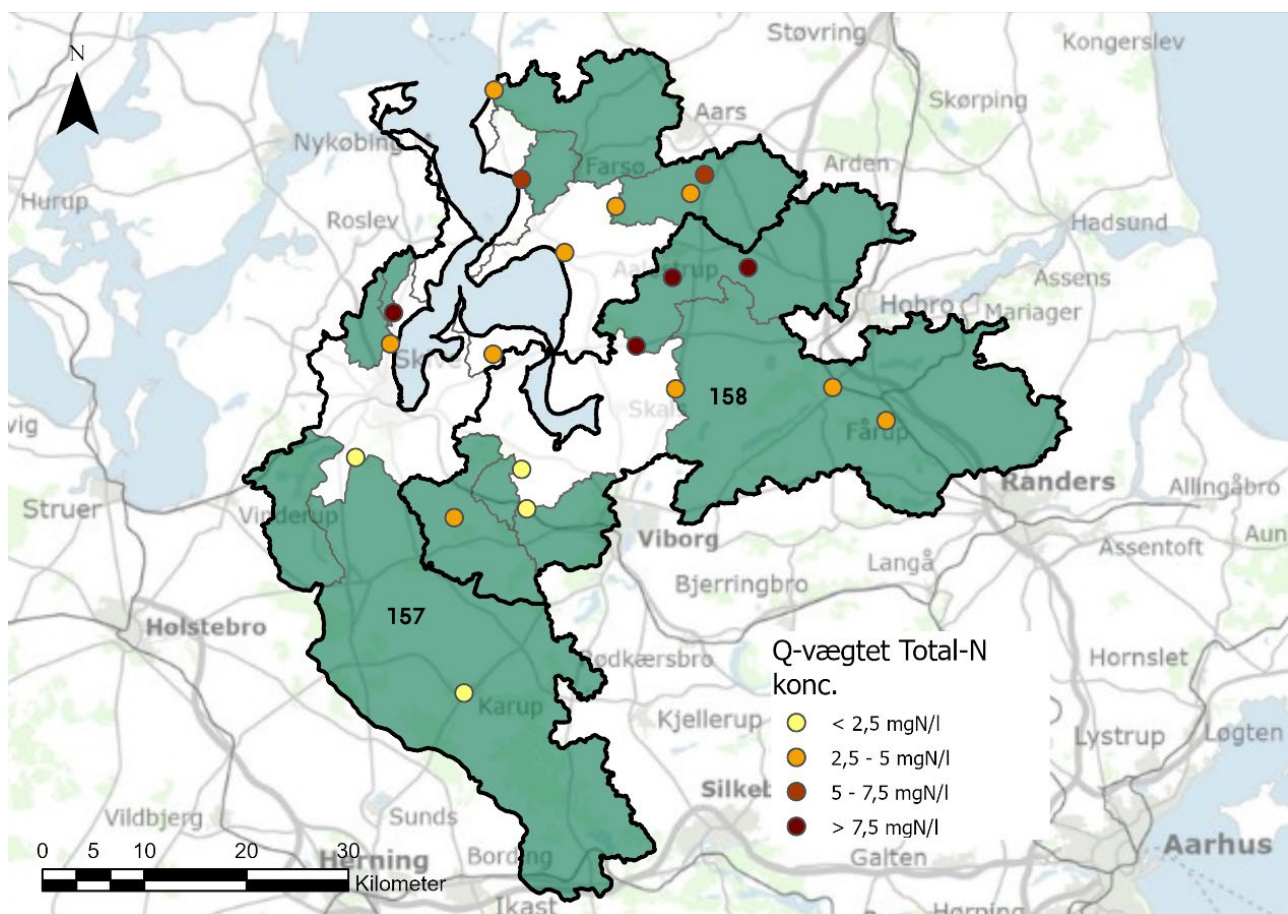
	Kystvand	Statusbelastning	Reference
Hjarbæk Fjord	158	40,2 tons P	Vandplan 3-hørings rapport
Hjarbæk Fjord	158	42,0 tons P	2016-2018 (normaliseret med 2000-2019)
Hjarbæk Fjord	158	42,0 tons P	2015/16 - 2018/19 (normaliseret med 2000-2019)
Skive Fjord mv.	157	53,3 tons P	Vandplan 3-hørings rapport
Skive Fjord mv.	157	54,6 tons P	2016-2018 (normaliseret med 2000-2019)
Skive Fjord mv.	157	54,4 tons P	2015/16 - 2018/19 (normaliseret med 2000-2019)

I tabel 6.9 er vist de beregnede statusbelastninger af total kvælstof og total fosfor for den valgte periode 2015/16 til 2018/19.

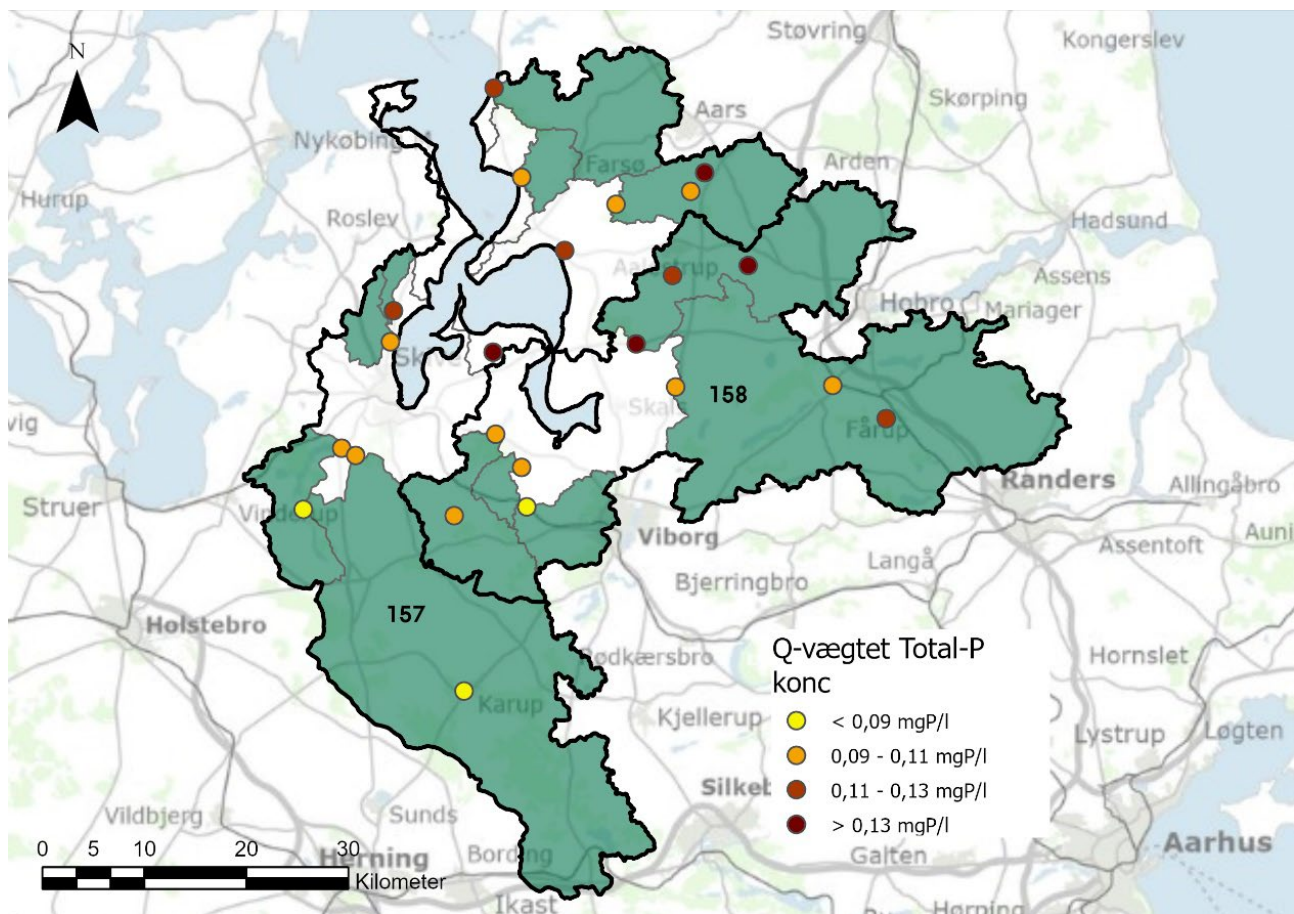
Tabel 6.9. Oversigt over de beregnede statusbelastninger i nærværende notat fra de fem Farvand 4-oplande beregnet for perioden 2015/16 til 2018/19 og afstrømningsnormaliseret for perioden 2000-2019.

Farvand 4-opland	Total kvælstofbelastning (tons N)	Total fosforbelastning (tons P)
3741	228	6,37
3742	114	2,24
3743	487	9,95
3745	1731	42,0
3747	900	35,8

der efter Landbrugspakken's vedtagelse i 2015 er oprettet en del flere måle stationer i området fra 2017 og fremefter. Der ses et vist rumligt mønster med forholdsvis høje koncentrationer i Himmerland og de laveste koncentrationer i de sydvestlige og sydøstlige dele af området. Tilsvarende er den vandføringsvægtede koncentration af total fosfor vist ved alle målestationerne i figur 7.3. Der ses som for total kvælstof et vist rumligt mønster med forholdsvis høje koncentrationer i den nordlige del og de laveste koncentrationer i den sydvestlige og sydøstlige del af området.



Figur 7.2. Vandføringsvægtet koncentration af total kvælstof ved de i alt 20 målestationer i oplandene til kystvand 157 og 158 i Limfjorden for perioden 2017-2021.

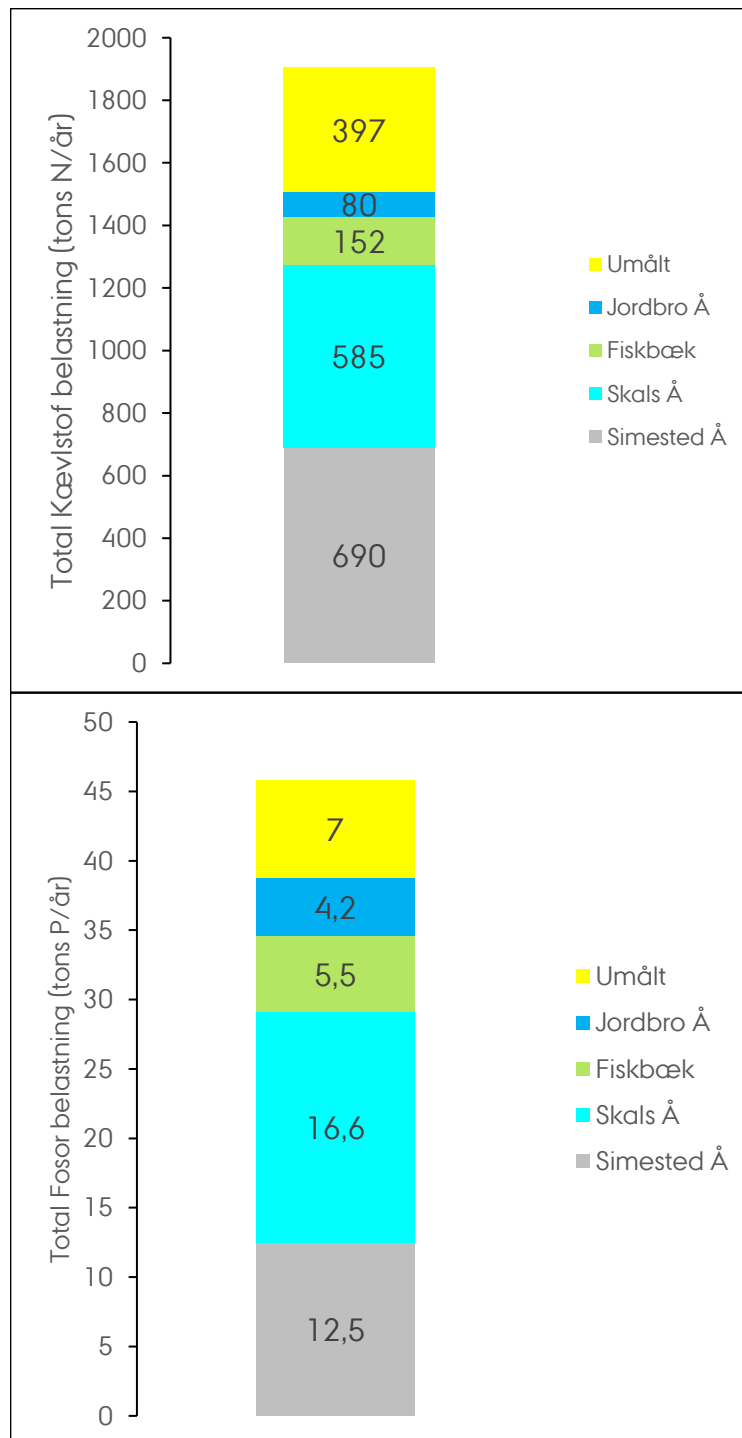


Figur 7.3. Vandføringsvægtet koncentration af total fosfor ved de i alt 23 målestationer i oplandene til kystvand 157 og 158 i Limfjorden for perioden 2017-2021.

Specielt i oplandet til Hjarbæk Fjord (kystvand 158) er der hele fire større vandløb, som afvander oplandet. Der er tale om vandløbene Simested Å, Skals Å, Jordbro Å og Fiskbæk Å. Der er tidsserier af måledata fra alle fire vandløb, og derfor er det muligt at undersøge nærmere, om der er store forskelle i belastningen af total kvælstof og total fosfor fra de fire deloplande og det forholdsvis lille umålte areal (18 %, se tabel 3.1).

De fire målte vandløb udgør langt den største del af kvælstoftilførslen til Hjarbæk Fjord med størst tilførsel fra Simested Å efterfulgt af Skals Å (figur 7.4). Det samme er mere eller mindre gældende for tilførslen af total fosfor til Hjarbæk Fjord (figur 7.4); dog er Skals Å her det mest betydende vandløb efterfulgt af Simested Å.

Figur 7.4. Betydningen af de fire målte vandløb og det umålte opland for tilførslen af total kvælstof og total fosfor til Hjarbæk Fjord (kystvand 158).



De målte vandføringsvægtede koncentrationer af total kvælstof i de fire vandløb og det umålte opland er meget forskellige (tabel 7.1). Målbekastningen til Hjarbæk Fjord er på 662 tons N pr. år i udkast til Vandplan 3, hvilket svarer til en vandføringsvægtet koncentration fra hele oplandet på 1,7 mg N/l. Den vandføringsvægtede koncentration af total kvælstof er langt højere i Simested Å end i de andre målte vandløbsoplande. Lavest er den målte koncentration i Jordbro Å, hvor den er tæt på den gennemsnitligt målsatte koncentration for kystvandet (tabel 7.1).

I Simested Å er den vandføringsvægtede koncentration af total fosfor også markant højere end i de andre tre vandløb og i det umålte opland (tabel 7.1).

Table 7.1. Målte vandføringsvægtede koncentrationer af total kvælstof og total fosfor i de fire målte vandløbsoplande og det umålte opland for perioden 2015-2019. *Værdierne for det umålte opland er modelleret med DK-QNP modellen (se f.eks. Thodsen et al. (2023))

Vandløbsoplande	Total kvælstof (mg N/l)	Total fosfor (mg P/l)
Simested Å	8,5	0,154
Skals Å	3,6	0,103
Fiskbæk Å	3,0	0,108
Jordbro Å	2,1	0,107
Umålt opland*	5,7	0,100

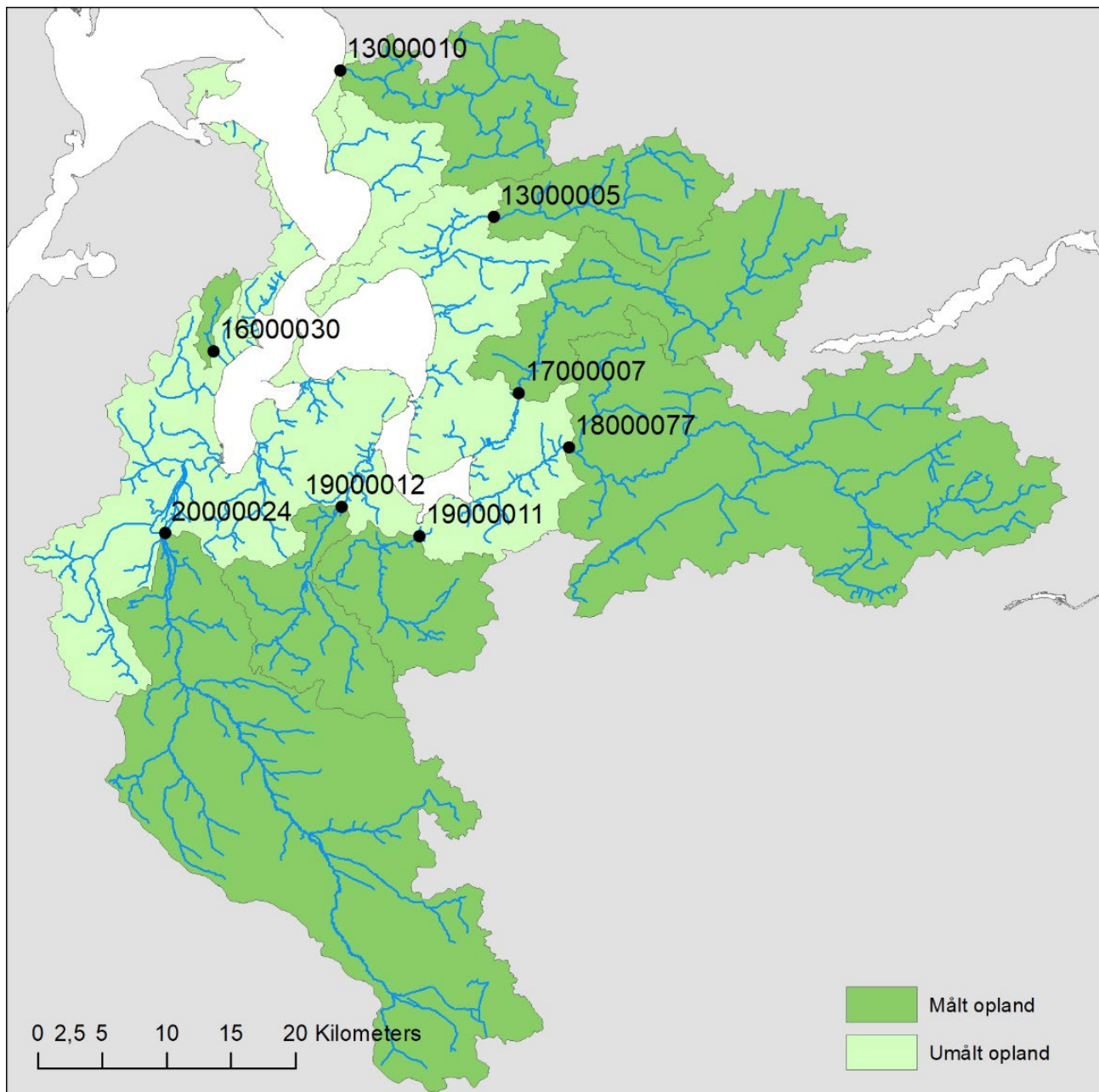
8 Tidsforsinkelser i oplandet

Reduktionen af kvælstof i danske vandløb gennem de seneste 30 år er altovervejende forårsaget af en reduktion i kvælstofudvaskningen og i kvælstofkoncentrationerne i rodzonen under de dyrkede arealer. I nogle områder vides det imidlertid, at der er en væsentlig forsinkelse i den tid, det tager, før tiltag på markfladen, der reducerer kvælstofudvaskningen, slår fuldt igennem i vandløbene. Dette gælder bl.a. for nogle af oplandene til de to kystvande Hjarbæk Fjord og Skive Fjord, Lovns Bredning, Risgårde Bredning og Bjørnsholm Bugt.

I dette kapitel undersøges og vurderes betydningen af eventuelle tidsforsinkelser i de væsentligste vandløb, der afvander til fjordene. Analysen er udført ved at anvende data for lange tidsserier af N-udvaskning og N-transport i vandløb. Limfjordskomiteen gennemførte først i 1970'erne omfattende undersøgelser i fjorden og i vandløbene til fjorden (Limfjordskomiteen, 1976). Bortset fra data fra Trend å har det ikke – trods ihærdige forsøg – været muligt at tilvejebringe disse ældre vandløbsdata.

8.1 Datagrundlag

Der foreligger brugbare tidsserier af måledata for vandføring og kvælstofkoncentrationer og -transport fra i alt otte vandløbsstationer i oplandet (Figur 8.1, tabel 8.1). I Fiskbæk Å- oplandet er der data fra to stationer, men kun data fra station 19000011 (1984-2005) er anvendt i tidsserieanalysen. Oplandene til de to stationer er størrelsesmæssigt for forskellige til, at måledata med mening kan slås sammen til én sammenhængende tidsserie. Data fra to målestationer i Simested Å er derimod slået sammen til én sammenhængende tidsserie, idet oplandsarealerne er næsten ens, og derfor måles der i forholdsvis høj grad på den samme vandmængde ved de to stationer, og der kan forventes forholdsvis ens resultater (tabel 8.1).



Figur 8.1. Oversigt over de målestationer og oplande, som indgår i analysen af tidsforsinkelser.

Tabel 8.1. Oversigt over de målestationer og vandløbsoplande, som indgår i analysen af tidsforsinkelse.

Oda_nr.	Navn	Areal km ²	Måleår
Hjarbæk			
17000007	Simested Å, Skive- Hobro Landevej (*)	218	1984-21
18000077	Skals Å, Løvel Bro	556	1984-21
19000011	Fiskbæk Å, o.s. Nybro (**)	106	1984-2005
19000016	Fiskbæk Å, Nybro	63	2017-21
19000012	Jordbro Å, Jordbro Mølle	110	1983-21
Skive fjord mm			
13000005	Lerkenfeld Å, Lerkenfeld Mølle- gård***	115	1989-21
13000010	Trend Å, v. Trend ****	138	1974/75; 1983-21

16000030	Lyby Grønning Grøft, Hulebro	11	1988-21
20000024	Karup Å, Nørkær Bro	613	1989-21

*Der er for perioden 1984-1992 anvendt data fra station 17000005. Målinger ophørte her fra 1993, hvor målinger i stedet påbegyndtes på station 17000007. Oplandsarealet for 17000005 er 223 km² og 218 km² for 17000007.

** Der er alene anvendt data for station 19000011. Station 19000016 med data fra 2017 og frem har et meget mindre oplandsareal og kan ikke antages at være repræsentativ for hele oplandet til 19000011.

*** Der mangler data fra 2008-2011.

**** Data fra Trend Å 1974/75 tilvejebragt fra Limfjordskomiteens undersøgelser.

Der blev indsamlet relevante data fra en række vandløb (vandkemi, stoftransport) fra de omfattende undersøgelser, som Limfjordskomiteen gennemførte i perioden 1973-75 og rapporterede i en række delrapporter i 1976. Det har ikke – bortset fra Trend Å – været muligt at finde disse data. De er muligvis gået tabt.

For de angivne vandløbsoplande i tabel 8.1 er der tilgængelige data for beregning af den perkolations-vægtede nitratkoncentration i rodzonen under de enkelte vandløbsoplande. Disse koncentrationer er beregnet ud fra en med NLES5-modelberegnet årlig udvaskning af nitrat-N og perkolationen af vand gennem jorden, som er beregnet med DAISY-modellen (Børgesen et al., 2019). Disse data er blevet anvendt til den seneste kortlægning af kvælstofretentionen (Højberg et al., 2021). For de indgående oplande foreligger således modelberegnete årlige perkolations-vægtede koncentrationer af kvælstof i rodzonen for agro-hydrologiske år for perioden 1990/91 til 2017/18.

Endelig er der anvendt informationer om kvælstofoverskuddet i dansk landbrug. En tidsserie dækkende perioden 1900-2018 kan stykkes sammen fra Kyllingsbæk (2008), Vinther og Olsen (2013) og Vinther, Pilgaard og Olsen (2020). Kvælstofoverskuddet er her beregnet som en national bedriftsbalance, hvilket betyder, at overskuddet beregnes som differencen mellem tilførte og fraførte mængder kvælstof fra "bedriften", hvor der med bedriften menes den samlede landbrugssektor. Det vil sige, at tiltag, der foretages i marken for at reducere udledningen af næringsstoffer, som f.eks. øget anvendelse af efterafgrøder for at reducere kvælstofudvaskningen, nedfældning af gylle for at reducere ammoniakfordampningen eller udlægning af randzoner for at reducere udledning af fosfor, ikke påvirker bedriftsbalancen. For yderligere oplysninger om beregning af balancerne henvises til Kyllingsbæk (2008).

8.2 Etablering af lange tidsserier af N-udvaskning og N-transport i vandløb

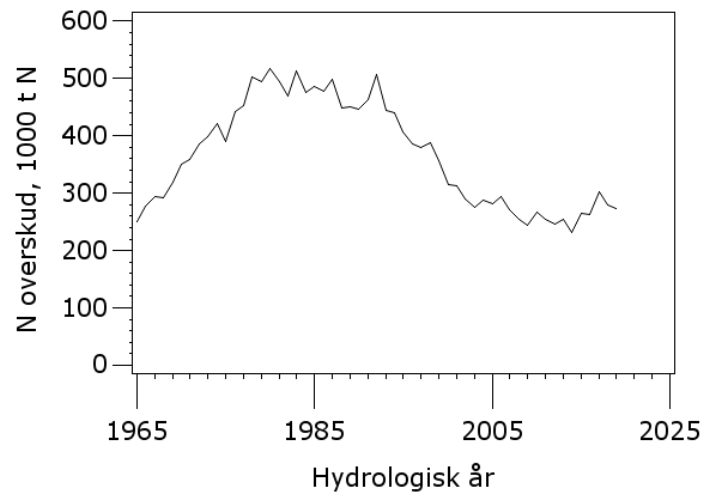
Kvælstofoverskuddet i dansk landbrug, beregnet som erhvervsoverskud, er vist i figur 8.2 for perioden 1965-2018. Der kan for hvert af de indgående oplande etableres oplandsspecifikke sammenhænge mellem overskud og kvælstofkoncentration i rodzonen.

Oplandsspecifikke relationer er gengivet i tabel 8.2. Den antagne ligning har formen:

$$NLES5_{(mg\ NO_3-N/l)} = a \cdot N_{overskud} + c;$$

(antal indgående år er 28 for hvert opland (1990/91-2017/18)).

N-overskud (erhverv)



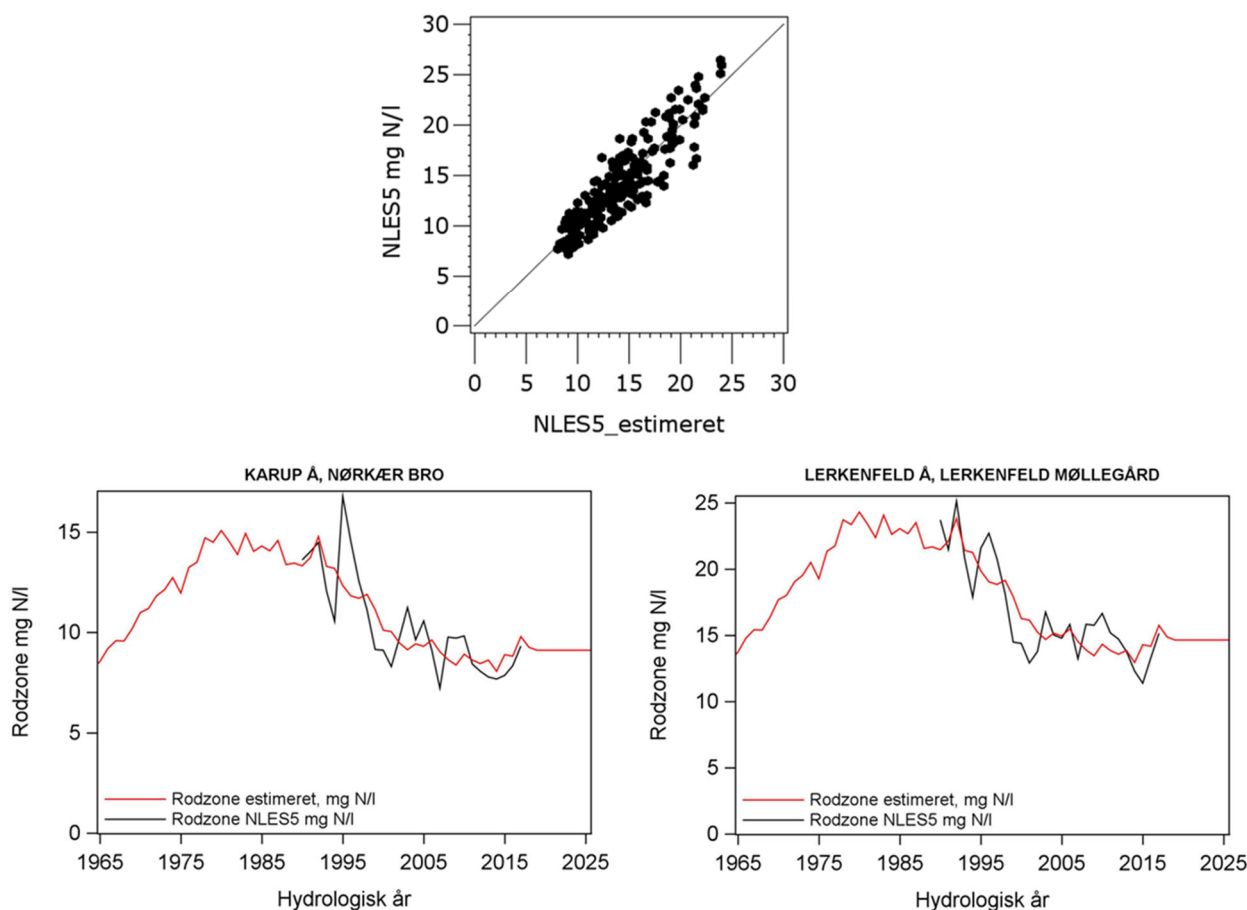
Figur 8.2. Kvælstofoverskud i dansk landbrug beregnet som erhvervsoverskud med udgangspunkt i Kyllingsbæk (2008), Vinther & Olsen (2013) og Vinther, Pilgaard og Olsen (2020).

Tablet 8.2. Regressionssammenhænge mellem årlig (agro-hydrologisk år) kvælstofkoncentration i rodzone (NLES5-udvaskning divideret med Daisy-beregnet perkolation) og årligt beregnet erhvervs-N-overskud. De årlige data anvendt er fra perioden 1990/91 til 2017/18.

Oda_nr	Vandløb	a	c	R ²	P < --
17000007	Simested Å	0,041	2,9	0,70	0,0001
18000077	Skals Å	0,036	2,5	0,76	0,0001
19000011	Fiskbæk Å	0,040	-0,9	0,79	0,0001
19000012	Jordbro Å	0,032	1	0,68	0,0001
13000005	Lerkenfeld Å	0,0396	3,8	0,73	0,0001
13000010	Trend Å	0,0378	4,8	0,68	0,0001
16000030	Lyby-Grønning Grøft	0,042	0,4	0,78	0,0001
20000024	Karup Å	0,024	2,4	0,62	0,0001

De udledte sammenhænge kan bruges til at estimere et niveau for koncentrationen af kvælstof (NO₃-N) i rodzonen i år, hvor der ikke foreligger modelberegnete NLES5-udvaskninger (tabel 8.2).

I figur 8.3 er vist sammenhængen mellem den estimerede koncentration på baggrund af den årlige erhvervs-N-balance og NLES5-udvaskning/Daisy-perkolation-koncentration på tværs af alle oplande, suppleret med et eksempel på de beregnede tidsserier af kvælstofkoncentration i rodzonen for to oplande, (Karup Å og Lerkenfeld Å).



Figur 8.3. Øverst: Sammenhængen mellem den årlige erhvervsbalance-estimerede N-koncentration i rodzonen og NLES5/DAISY-modelleret koncentration samlet for alle stationer ($n=222$, $r^2=0.81$). Data fra 1990/91 til 2017/18. Nederst: To eksempler på tidsserier af beregnet kvælstofkoncentration i rodzonen i de to oplande Karup Å og Lerkenfæld Å. Resultater fra øvrige vandløb er vist i bilag 1

For de indgående vandløb kan der opstilles sammenhænge mellem den estimerede koncentration af $\text{NO}_3\text{-N}$ i rodzonen og den årlige vandføringsvægtede koncentration af total kvælstof fra diffuse kilder, som den er målt i vandløbene. Sammenhængene er etableret ud fra en simpel regressionsmodel, der relaterer vandløbskoncentrationerne til kvælstofkoncentrationen i rodzonen. Aktuelt og med lag på 3, 10, 20, og 30 år.

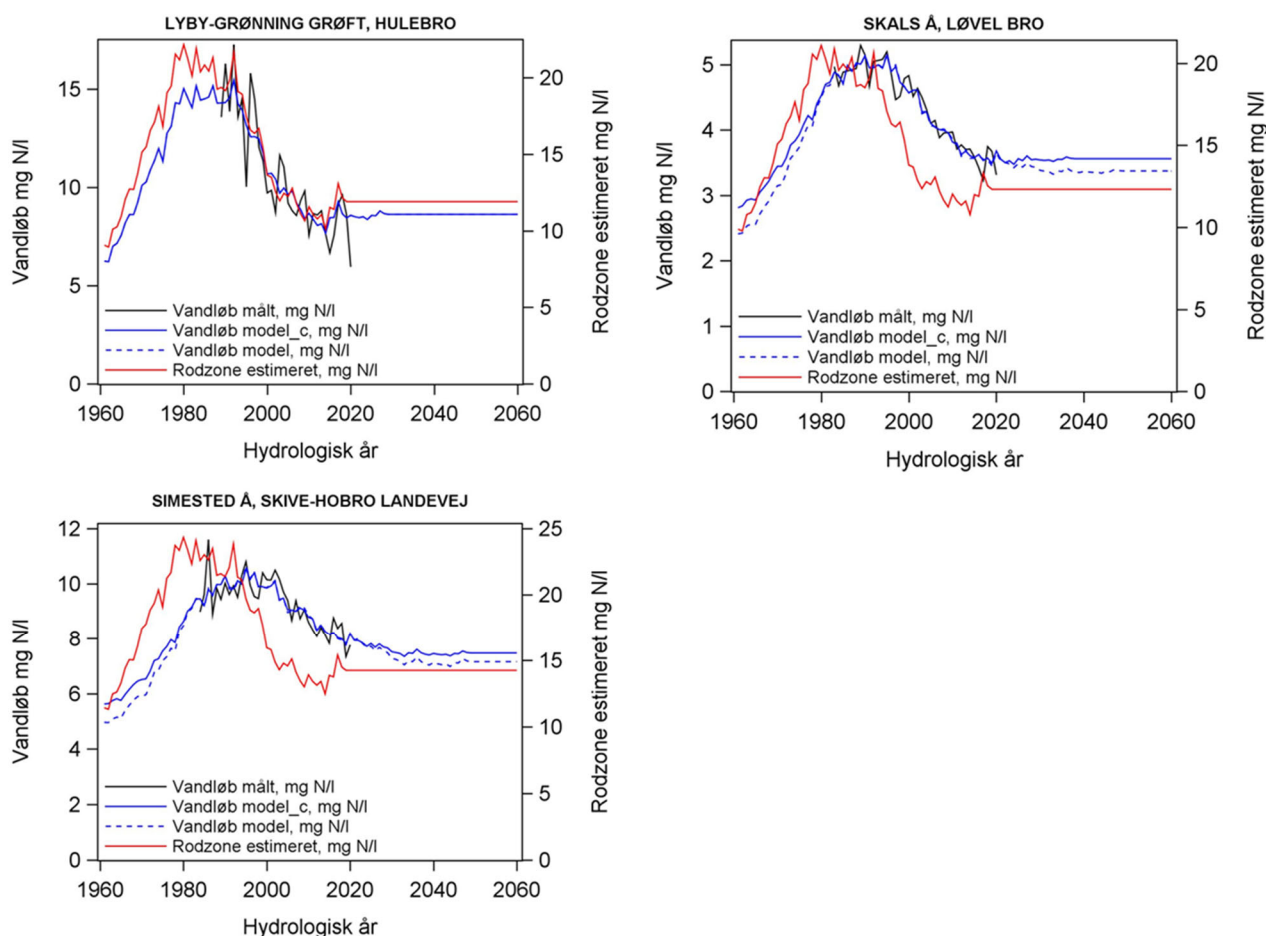
Den årlige vandføringsvægtede total kvælstofkoncentration målt i vandløb = $f(\text{N}_{\text{rodzone}}(0j, -3j, -10j, -20j, -30j) c)$, hvor j er år, og c er en estimeret konstant for hele tidsperioden (afgrænsning: $c \geq 0$). Der er yderligere valgt en model, hvor konstanten c antages at være nul, dvs. at der ved ingen kvælstofudvaskning fra rodzonen heller ikke forefindes kvælstof i vandløbet.

I figur 8.4 er vist eksempler fra tre vandløb, hvor det tidlige forløb af rodzonekoncentrationer samt de målte og modellerede kvælstofkoncentrationer i vandløbet er vist. De modellerede vandløbskoncentrationer er fremskrevet til 2060 med rodzonekoncentration fastholdt på det nuværende niveau. Dette er for at estimere eventuelle endnu ikke realiserede responser på ændret koncentration i rodzonen i den forudgående periode.

I Lyby-Grønning Grøft ses et nærmest parallelt relativt forløb af kvælstof i rodzone og vandløb (figur 8.4). Ændringer i koncentrationen af kvælstof i

rodzonen resulterer derfor i dette opland i umiddelbare ændringer i vandløbskoncentrationen af total kvælstof i det samme år. Det bemærkes, at de to anvendte vandløbsmodeller (forskellig afskæring med y-aksen: c) giver den samme simulering af koncentrationen i vandløbene.

I de to vandløb Skals Å og Simested Å er der ikke den samme umiddelbare respons i modellen mellem udvaskning af kvælstof og koncentration i vandløb (figur 8.4). Det markante fald i kvælstof i rodzonen fra 1990 afspejles ikke i et tilsvarende relativt fald i koncentrationerne i de to vandløb. Der er med andre ord en forsinkelse i respons, som må skyldes opholdstiden for nitrat-N i grundvandet, og at en høj andel af den udvaskede nitrat transporteres igennem grundvandet til vandløbet. Resultater fra de øvrige vandløb er vist i bilag 1.



Figur 8.4. Kvælstofkoncentrationer målt i vandløb fratrukket kvælstof fra punktkilder (diffust bidrag), estimeret kvælstofkoncentration i rodzonen samt den modellerede kvælstofkoncentration i vandløb. Resultater fra øvrige vandløb er vist i bilag 1.

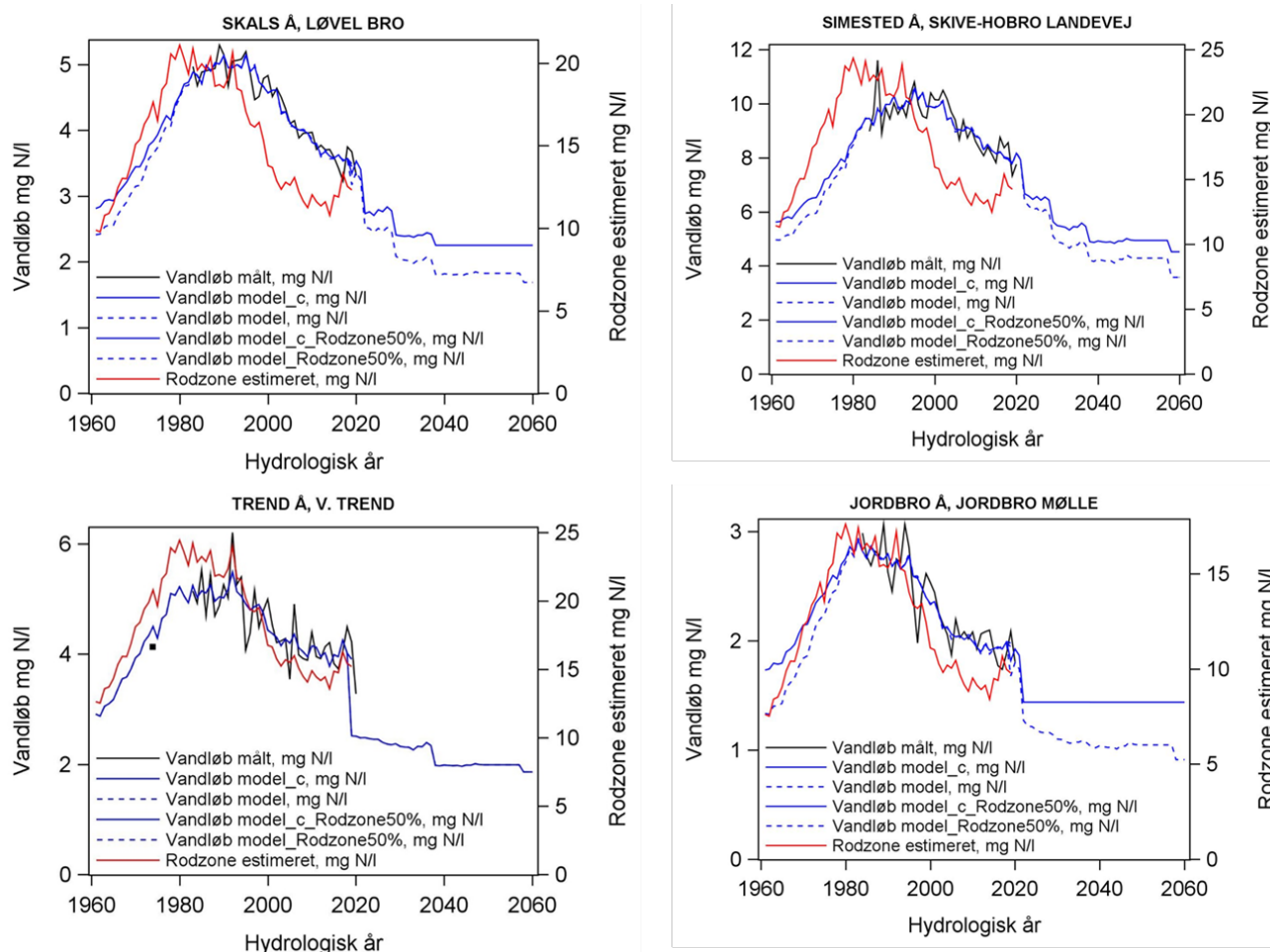
I tabel 8.3 er listet de koncentrationsændringer, som de to vandløbsmodeller resulterer i ved fremskrivning til 2050. Koncentrationerne i rodzonen er ved fremskrivningen fastholdt på aktuelt nuværende niveau. Koncentrationsændringerne er omsat til ændringer i afstrømningsnormaliseret kvælstoftransport ved anvendelse af gennemsnitlig vandafstrømning (Q_{norm}) for de enkelte vandløb. Disse vandafstrømninger ganges med koncentrationsændringerne. Samlet vurderes det ud fra tabel 8.3 for de otte vandløb, at der frem mod 2030 vil kunne ske et yderligere fald på 63-168 tons N i den normaliserede kvælstoftransport.

Table 8.3. Simulerede ændringer af kvælstofkoncentrationer (delta mg N/l) i vandløb (to modeller) i forhold til aktuelle niveauer, beregnet frem til 2030 og 2050. Ud fra koncentrationsændringer er beregnet, hvilken effekt disse ændringer vil have for den normaliserede kvælstoftransport i de otte vandløb. Her er den gennemsnitlige vandføring ganget på de estimerede koncentrationsændringer. Sum er anført for alle vandløbene.

Opland	Kystvand	2030		2050		Qnorm*deltaN Tons N 2030		Qnorm*deltaN Tons N 2050	
		c	c=0	c	c=0	c	c=0	c	c=0
		delta mg N/l		delta mg N/l					
Simested Å	158	0,5	0,7	0,5	0,8	38	53	38	61
Skals Å	158	0	0,2	0	0,2	0	30	0	30
Jordbro Å	158	0	0,1	0	0,2	0	4	0	4
Fiskbæk Å	158	0,2	0,2	0,3	0,3	10	10	15	15
Trend Å	157	0,3	0,3	0,3	0,3	15	15	15	15
Lerkenfeld Å	157	0	0,2	0	0,3	0	9	0	13
Karup Å	157	0	0,2	0	0,2	0	47	0	47
Lyby-Grønning	157	0	0	0	0	0	0	0	0
Grøft									
SUM						63	168	68	185

8.3 Scenarie med en halvering af den nuværende nitratudvaskning

For det etablerede model-set-up kan der gennemføres en scenariekørsel, hvor der antages en halvering af kvælstofudvaskningen (nitrat) i de analyserede otte oplande i 2019. Scenariet anslår, hvor stor effekten vil være på den vandføringsvægtede koncentration af total kvælstof i vandløbene. I Figur 8.5 er vist eksempler fra fire vandløb. Der er for Trend Å fundet data fra midten af 1970'erne fra målinger gennemført i en Limfjordsundersøgelse (Limfjordsundersøgelsen, 1976). Data for Trend Å er fremskaffet via personlig kontakt (J. Bidstrup, 2023). Data fremskaffet for den gennemsnitlige årlige koncentration af total kvælstof i Trend Å i 1974/75 ligger kun lidt under den opstillede models simulering af kvælstofkoncentrationen.



Figur 8.5. Scenarier for udvikling i kvælstofkoncentration i vandløb med de to vandløbsmodeller under forudsætning af en halvering af koncentrationerne i rodzonen i 2019. (Vandløb model_c: Er vandløbsmodel hvor c er estimeret); Vandløb model: Er vandløbsmodel med C=0); Fra 2019 og frem er der gennemført en scenarie kørsel hvor der for begge modeller er sket en halvering af N-udvaskningen. Resultater fra øvrige vandløb er vist i bilag 1.

Der modelleres i alle tre vandløb et tydeligt fald i kvælstofkoncentrationerne efter en halvering af N-udvaskningen i hele oplandet i 2019. De to anvendte vandløbsmodeller giver dog forskellige resultater. Størst effekt simuleres med den vandløbsmodel, der antager, at c er 0 i modellen (dvs. hvor ingen rodzoneudvaskning=ingen nitratudvaskning). $Total-N_{vandløb} = f(N_{rodzone}(0j,-3j,-10j,-20j,-30j) c=0)$. Vandløbsmodellen, hvor c estimeres, giver en andet og mindre respons.

I tabel 8.4 er vist de simulerede effekter af en halvering af kvælstofudvaskningen i 2019 efter henholdsvis tre år (2022) og ti år (2029) med de to vandløbsmodeller.

Det er tydeligt, at der er ret stor forskel i de tidsmæssige forsinkelser imellem de enkelte oplande efter en simuleret halvering af kvælstofudvaskningen. Især de to vandløbsoplande Simested Å og Lerkenfeld Å har en lang responstid, mens vandløbsoplande som Lyby-Grønning Grøft, Trend Å og Fiskbæk Å har en forholdsvis hurtig respons på anvendelse af virkemidler på markerne i oplandene.

I Jordbro Å og Karup-Skive Å er koncentrationen af total kvælstof i vandløb så lave, at betydningen af det organisk bundne kvælstof i åerne nok påvirker modelscenarierne. En af usikkerhederne ved den udførte modellering er, at

modellerne kalibreres på sammenhængen mellem udvaskning af nitrat-kvælstof fra oplandet mod målinger af total kvælstof i vandløbet. Her spiller det organisk bundne kvælstof en rolle, da der ikke umiddelbart reduceres i koncentrationen af organisk kvælstof, når udvaskningen af nitrat reduceres. Vores viden om de diffuse kilder til organisk kvælstof og transportvejene til vandløb er stadig yderst begrænset.

Tabel 8.4. Modelbaseret analyse af opnået effekt (max. er 50 %), som effekt af en halvering af kvælstofudvaskningen i hele oplandet i 2019 på den resulterende modellerede årlige vandføringsvægtede koncentration af total kvælstof i vandløb fra diffuse kilder. Der er gengivet resultater fra begge de anvendte vandløbsmodeller altså hvor $c=0$ og hvor c indgår i modellen.

Opland	Kystvand	Opnået effekt i vandløbet inden tre år i		Opnået effekt i vandløb inden for ti år i	
		modellen (2022)		modellen (2030)	
		Med c	$c=0$	Med c	$c=0$
		Procent		Procent	
Simested Å	158	17	19	31	38
Skals Å	158	23	29	33	43
Jordbro Å	158	28	36	28	44
Fiskbæk Å	158	35	35	46	46
Trend Å	157	38	38	42	42
Lerkenfeld Å	157	13	19	27	43
Karup Å	157	32	38	32	44
Lyby-Grønning Grøft	157	42	42	50	50

9 Konklusioner og perspektiver

Vandafstrømningen er i de fem analyserede Farvand 4-oplande er steget mellem 8-24 % mellem 1990-1999 og 2000-2009, hvilket givetvis har medført en øget næringsstoftransport til kystvandene.

Kilderne til kvælstofbelastningen fra de fem Farvand 4-oplande er i perioden 2015/16-2018/19 hovedsageligt landbrug (52-78 %), og punktkildernes andel er meget lav (2-11 %). Baggrundsbidraget af kvælstof udgør 19-37 %.

Kilderne til fosforbelastningen fra de fem Farvand 4-oplande er i perioden 2015/16-2018/19 fordelt mellem landbrug (22-45 %), punktkilder (11-27 %) og baggrundsbidraget (43-52 %).

Cirka 2/3 af total kvælstof- og total fosforbelastningen udledes i vinterperioden og 1/3 i sommerperioden, men med variationer fra kystvandsopland til kystvandsopland.

Uorganisk kvælstof i form af især nitrat udgør omkring 80 % af belastningen til kystvandene, og organisk kvælstof udgør dermed ca. 20 %. Det skal bemærkes, at næsten alle markvirkemidler kun har effekt på nitratudvaskningen, og virkemidlerne bidrager derfor ikke væsentligt til reduktionen af den organiske kvælstofmængde.

Statusbelastningen for de fem Farvand 4-oplande er beregnet på baggrund af data for de fire hydrologiske år fra 2015/16 til 2018/19 og med en afstrømningsnormalisering med data for perioden 2000-2019. De fire agro-hydrologiske år er valgt, da de dækker ind over de tre kalenderår 2016-2018, som er anvendt i de nationale beregninger i Vandplan 3. Den endeligt beregnede statusbelastning i nærværende projekt er mindre end 1 % forskellig fra beregningerne i Vandplan 3-høringsudkastet fra Miljøstyrelsen.

En statistisk analyse af udviklingen i kvælstofbelastningen for de fem Farvand 4-oplande i perioden 1989/90 til 2020/21 viser markante ændringer i både vandafstrømning, total kvælstof- og total fosfor-belastning. Der er især stigninger i vandafstrømningen fra de nordøstlige oplande til Lovns Bredning, Risgårde Bredning og Bjørnsholm Bugt (36-56 %), mens stigningen er mindre til Hjarbæk Fjord (14 %). Total kvælstofbelastningen falder fra alle fem Farvand - oplande over perioden 1989/90 til 2020/21 med det mindste fald fra oplandet til Risgårde Bredning (-18%) og det største fald fra oplandet til Hjarbæk Fjord (-30 %) og Skive Fjord (36 %). Total fosforbelastningen er også faldet fra alle Farvand 4-oplande, mest markant fra oplandet til Risgårde Bredning (-25 %) og mindst fra oplandet til Hjarbæk Fjord (-6 %).

Der kan konstateres meget store forskelle i den nuværende vandføringsvægtede koncentration af især total kvælstof, når man ser på de målte oplande i de to kystvandsområder. Et eksempel er de fire store vandløbsoplande til Hjarbæk Fjord, hvor den vandføringsvægtede koncentration er markant højere i Simested Å end i de tre andre vandløb. Det viser behovet for i scenarier at målrette indsatser mod bestemte områder/oplande til kystvandene for at sikre en optimal omkostningseffektivitet af anvendelsen af virkemidler på

markfladen. I umålte oplande er der selvfølgelig større usikkerhed på de beregnede næringsstoffab- og koncentrationer. Målinger vil her kunne hjælpe med at skaffe mere sikre resultater.

I analysen af tidsforsinkelser er det for de analyserede oplande vist, at de responderer meget forskelligt på ændringer i kvælstofudvaskningen og de samhørende ændringer i koncentrationerne i rodzonen. Vandløb som f.eks. Lyby-Grønning og Simested Å har en vidt forskellig tidslig respons. Det ligger uden for rammerne af dette projekt at analysere årsagerne hertil. Men bl.a. udbredelsen af det iltede (ikke nitrat-reducerende) grundvand i dybden er naturligvis en betydende faktor i kombination med en stor betydning af grundvand som kilde til transporten af kvælstof i vandløbet samt ikke mindst opholdstiden for vandet i grundvandsmagasinerne. I analyserne af tidsforsinkelser er der anvendt to forskellige modeltilgange. Der findes imidlertid andre modeltilgange til belysning af forsinkelser (time lag) og årsagerne hertil (Chen et al., 2021; Dupas et al., 2020; Fenton et al., 2017; van Meter & Basu, 2017).

Der er ikke i denne analyse inddraget særskilt betydning af forekomst af organisk kvælstof i vandløb og dette kvælstofs andel i den samlede kvælstofmængde i analysen af tidsforsinkelser.

Eventuel betydning af efterafgrøder samt restaurerede vådområder og mini-vådområder de senere år er ikke vurderet. Overordnet og for hele den analyserede periode er det dog utvivlsomt reduktionen i kvælstofudvaskningen, der 'driver' den reduktion af kvælstof, som kan ses i vandløbene.

Resultaterne af analyserne af tidsforsinkelser viser, at der i enkelte vandløb stadigvæk mangler en fuld effekt af tidligere gennemførte tiltag, som har reduceret kvælstofudvaskningen fra rodzonen. I de to kystvandsområder Hjarbæk Fjord (ID: 157) og Skive Fjord, Lovns Bredning, Risgårde Bredning og Bjørnsholm Bugt (ID: 158) drejer det sig for de analyserede vandløb frem til 2030 om henholdsvis 48-97 tons N og 15-71 tons N.

Tidsforsinkelser er naturligvis vigtige at have kendskab til ved forvaltning og regulering af aktiviteter, der ændrer kvælstofudvaskningen - både med hensyn til at påvise eventuelle manglende effekter af allerede realiserede tiltag på markfladen, men også af hensyn til at kunne lave bedre fremskrivninger af det tidlige forløb af effekter af påtænkte fremtidige tiltag. Sådanne vurderinger indgår ikke i den nuværende Vandplan 3, baseline (Blicher-Mathiesen, 2020). Scenarierne gennemført i dette notat af tidsforsinkelser efter en halvering af kvælstofudvaskningen fra rodzonen i 2019 viser, at der for enkelte vandløb som Simested Å inden for en ti-årig tidshorisont kun er opnået 31-38 %-point respons i vandløbet af den gennemførte halvering af udvaskningen.

10 Referencer

Bidstrup, J. (2023). Personlig kommunikation juni, 2023.

Blicher-Mathiesen, G. & Sørensen, P. (red). (2020). Baseline 2027 for udvalgte elementer. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 120 s. Teknisk rapport nr. 184. <http://dce2.au.dk/pub/TR184.pdf>

Børgesen, C.D., Sørensen P., Blicher-Mathiesen G., Kristensen M.K., Pullens, J.W.M., Zhao J., Olesen J.E. (2019). NLES5 - An empirical model for predicting nitrate leaching from the root zone of agricultural land in Denmark. Aarhus University, DCA - Danish Centre for Food and Agriculture. 116 p. - DCA report No. 163.

Carstensen, J. & Larsen, S.E. (2006). Statistisk bearbejdning af overvågningsdata – Trendanalyser. NOVANA. (Statistical assessment of monitoring data. Trend analyses. NOVANA). Danmarks Miljøundersøgelser. 38 s. – Teknisk anvisning fra DMU nr. 24. <http://www.dmu.dk/Pub/TA24.pdf>

Chen, Y., Destouni, G., Goldenberg, R. & Prieto C. (2021). Nutrient source attribution: Quantitative typology distinction of active and legacy source contributions to waterborne loads. *Hydrological Processes* 35, 7: article id e1428.

Dupas, R. Erhardt, S., Musolff, A., Fovet, O. & Durand, P (2020).. Long-term nitrogen retention and transit time distribution in agricultural catchments in western France. *Environmental Research Letters* 15: 115011 <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abbe47>

Fenton O., Mellander P.-E., Daly K., Wall D.P., Jahangir P., Jordan, P., Hennessey D., Huebsch M., Blum P., Vero S. & Richards K.G. (2017). Integrated assessment of agricultural nutrient pressures and legacies in karst landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 239: 246-256.

Højberg, A.L., Thodsen, H., Børgesen, C.D., Tornbjerg, H., Nordstrøm, B.O., Trolborg, L., Hoffmann, C.C., Kjeldgaard, A., Holm, H., Audet, j., Ellermann, T., Christensen, J.H., Bach, E.O. & Pedersen, B.F. (2021). National kvælstofmodel – version 2020, Metoderapport. De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland. GEUS Specialrapport

Kyllingsbæk, A. (2008). Landbrugets husholdning med næringsstoffer 1900-2005. Kvælstof, Fosfor, Kalium. DJF Markbrug nr. 18, 2008. Aarhus Universitet. Limfjordskomiteen (1976): Limfjordsundersøgelsen 1973-75. Delrapport 1: Spildevandstilførsler og andre tilførsler af forurenende stoffer til Limfjorden

Larsen, S.E. & Svendsen, L.M. (2021). Statistical aspects in relation to Baltic Sea Pollution Load Compilation. Task under HELCOM PLC-8 project. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 60 pp. Technical Report No. 224 <http://dce2.au.dk/pub/TR224.pdf>

Larsen, S.E., Tornbjerg, H. & Kronvang, B. (2022). Udvikling af en korrektionsformel for kvælstofkoncentrationer analyseret i naturvandløb i perioden 2009-2015. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 19

s. - Fagligt notat nr. 2022 | 64. https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notater_2022/N2022_64.pdf

Lassen, J. & Frank-Gopolos, T. (2022). Undersøgelse af månedsvariation for stofudledning fra renseanlæg (samt ferskvandsdambrug og industri). Notat fra miljøstyrelsen. 27 sider.

Limfjordskomiteen (1976). Limfjordsundersøgelsen 1973-75, Delrapport 1, Bind 4. Limfjordskomiteen.

Miljøministeriet (2021). Forslag til vandområdeplanerne 2021-2027. Miljøministeriet, december 2021, 269 s.

Ovesen, N.B., Kronvang, B., Larsen, S.E. & Andersen, P.M. (2023). Betydning af skift i instrument-typer til vandføringsmåling ved hydrometristationer i NOVANA. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 63 s. - Teknisk rapport nr. 258. <http://dce2.au.dk/pub/TR258.pdf>

Thodsen, H., Tornbjerg, H., Rolighed, J., Kjær, C., Larsen, S.E., Ovesen, N.B. & Blicher-Mathiesen, G. (2023). Vandløb 2021. -Kemisk vandkvalitet, stoftransport og miljøfarlige forurenende stoffer. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 90 s. - Videnskabelig rapport nr. 527. <http://dce2.au.dk/pub/SR527.pdf>

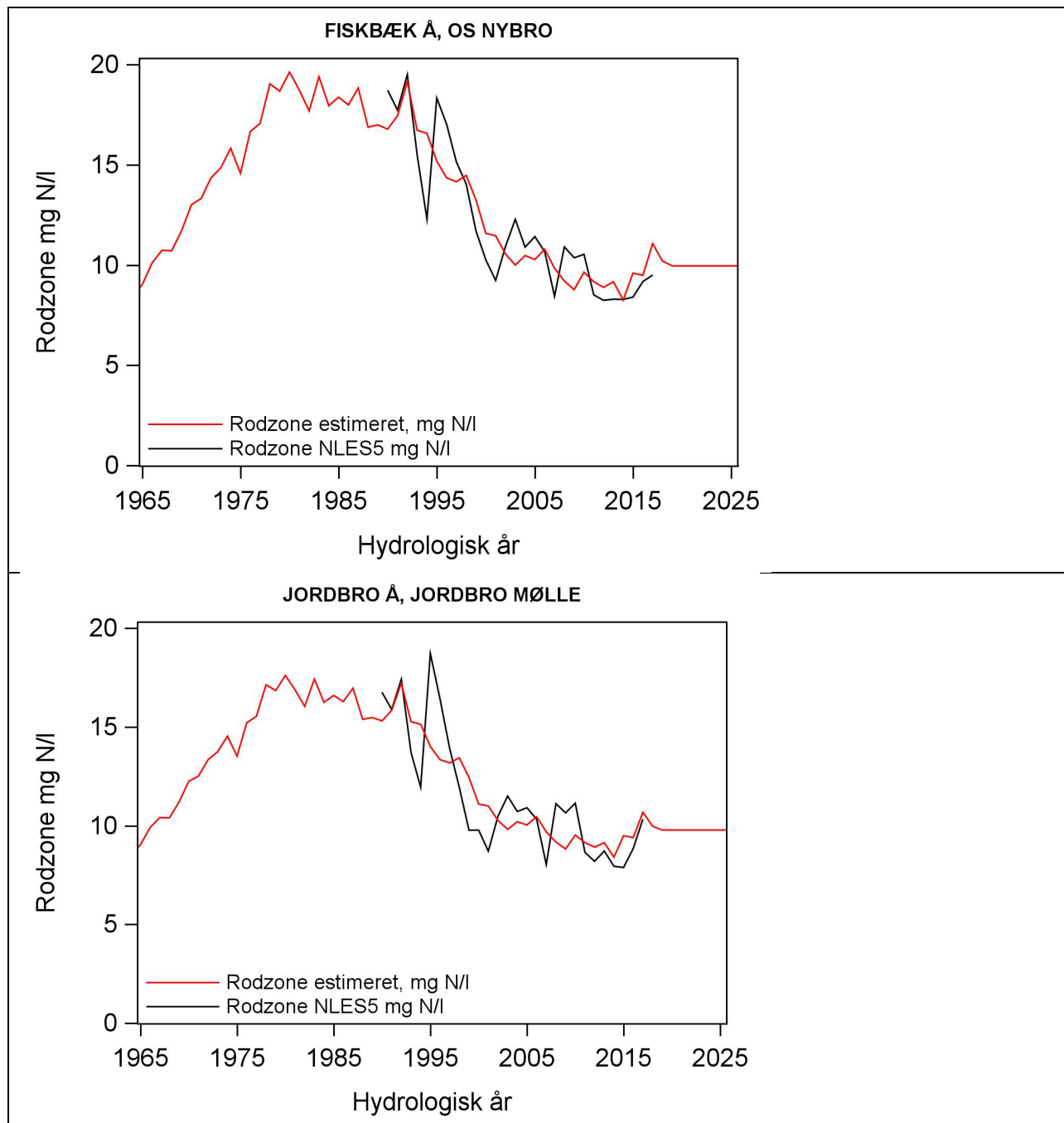
Van Meter K.J. & Basu N.B. (2017). Time lags in watershed-scale nutrient transport: an exploration of dominant controls. Environmental Research Letters 12: 084017. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa7bf4> © 2017

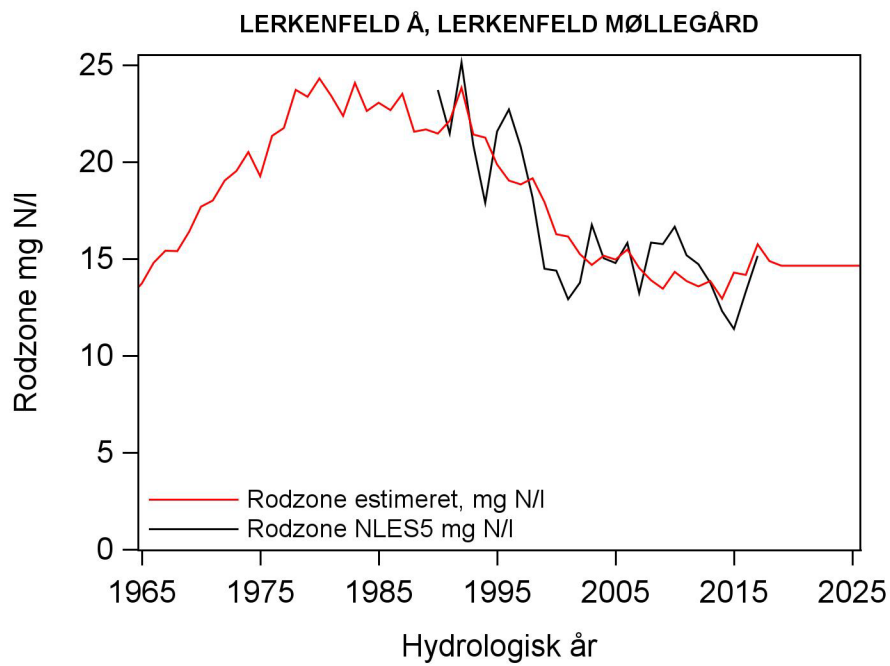
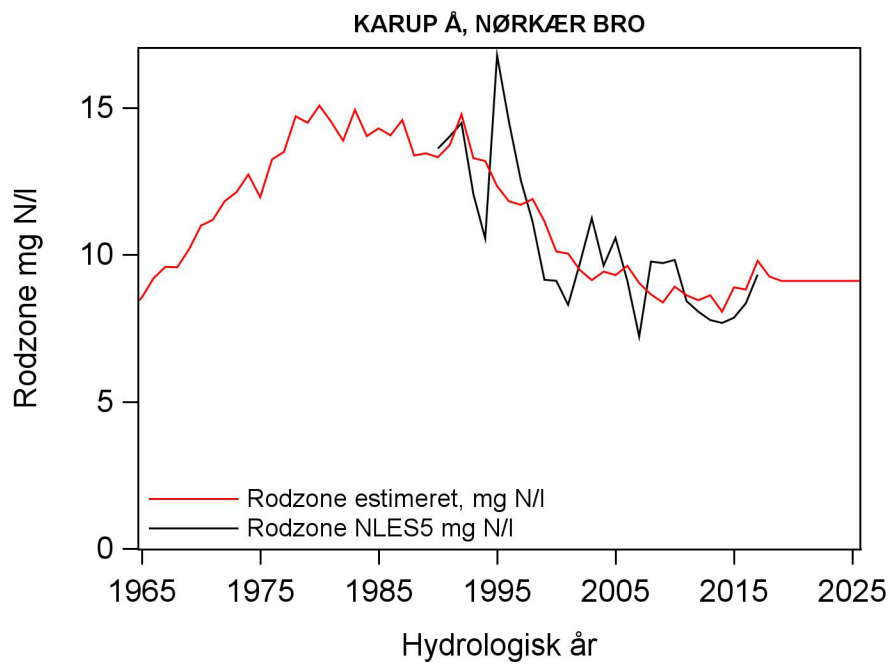
Vinther, F.P. & Olsen, P. (2013). Næringsstofbalancer og Næringsstofoverskud i landbruget 1991/92-2011/12. DCA rapport nr. 025, 2013. Aarhus Universitet.

Vinther, F.P. & Olsen, P. (2020). Næringsstofbalancer næringsstofoverskud i landbruget 1998/99-2018/19. DCA rapport nr. 173. Aarhus Universitet.

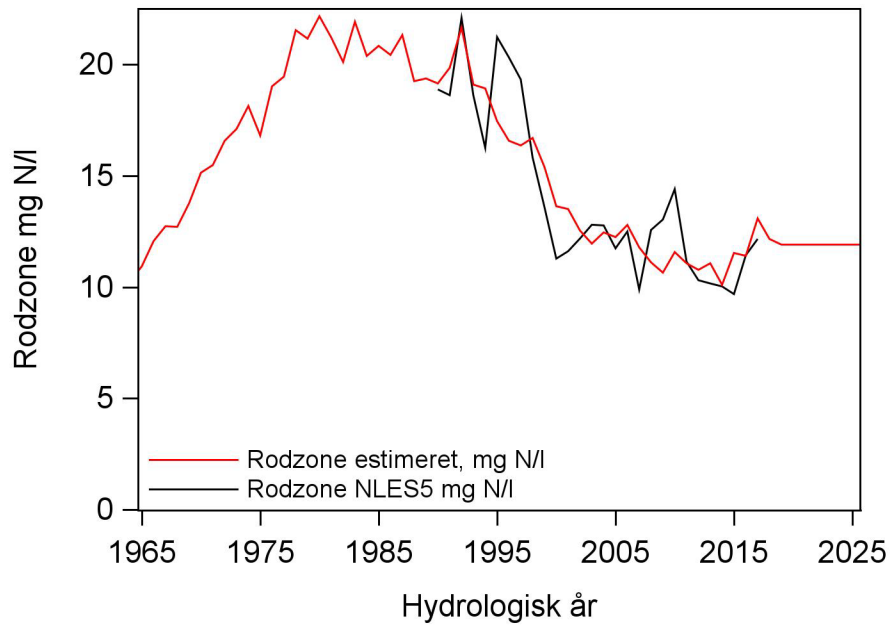
Bilag

Bilag 1 Model og scenarier for målte og estimerede koncentrationer af NO₃-N i rodzonen og total kvælstof i vandløb.

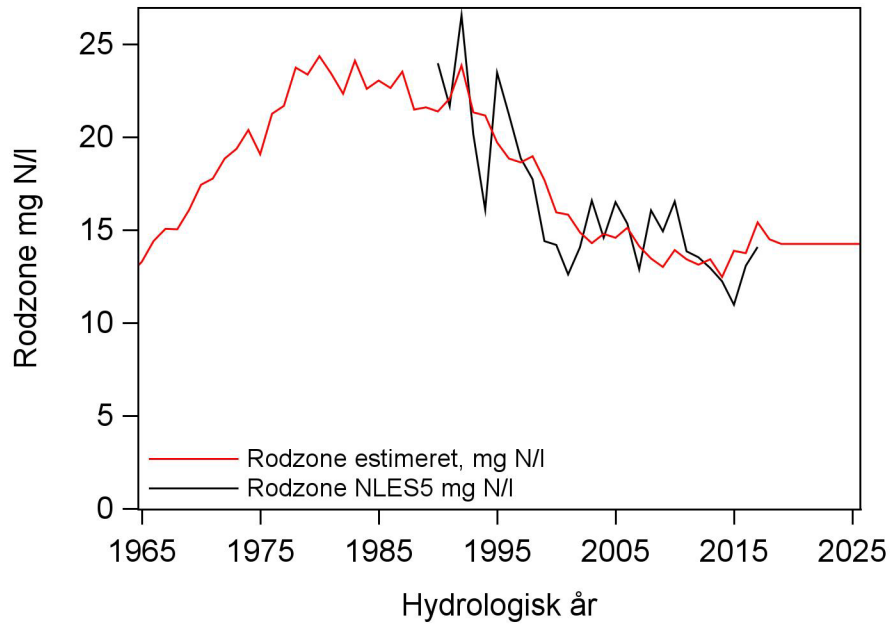


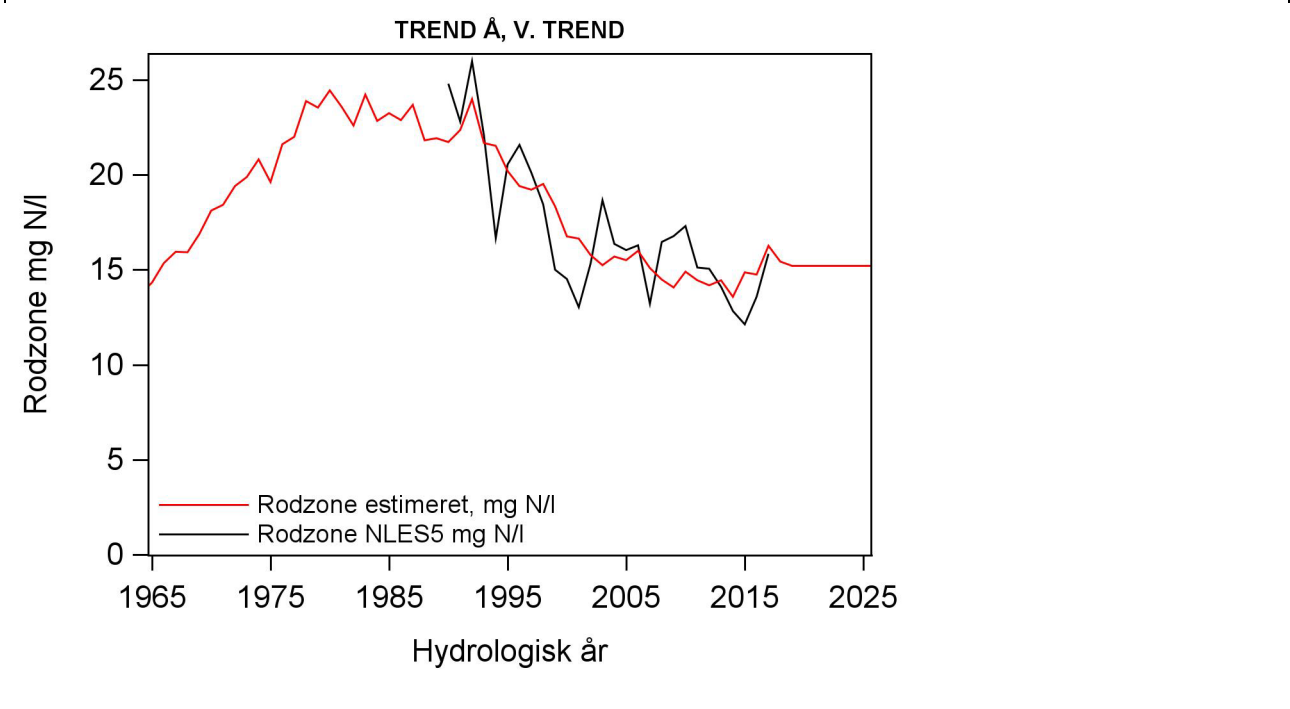
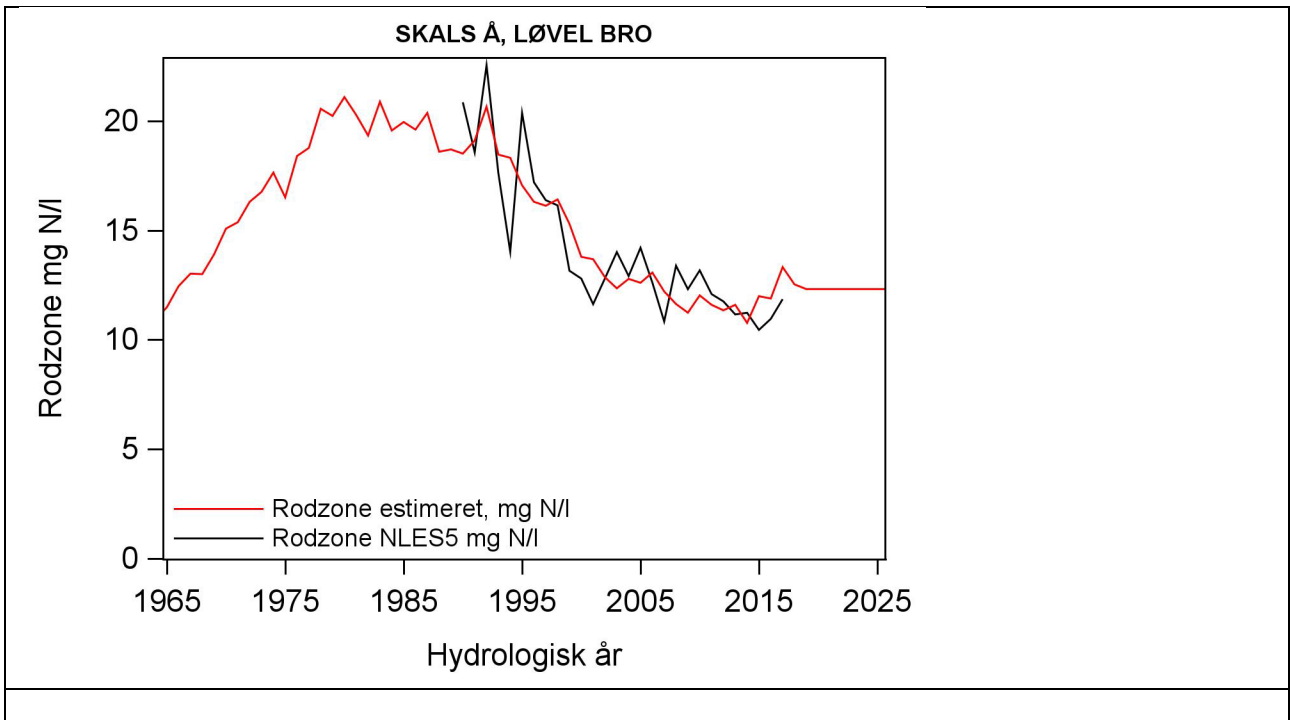


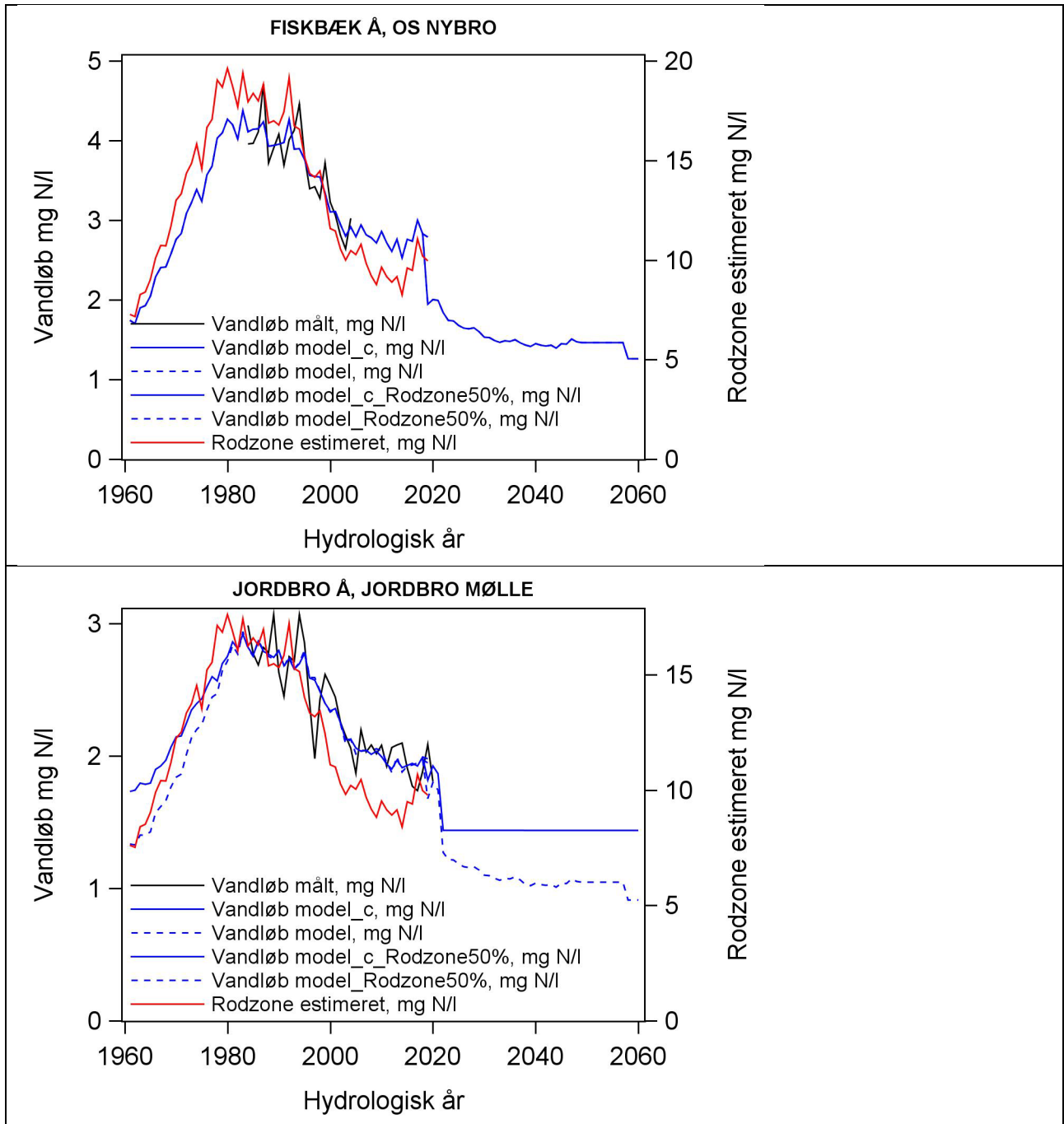
LYBY-GRØNNING GRØFT, HULEBRO

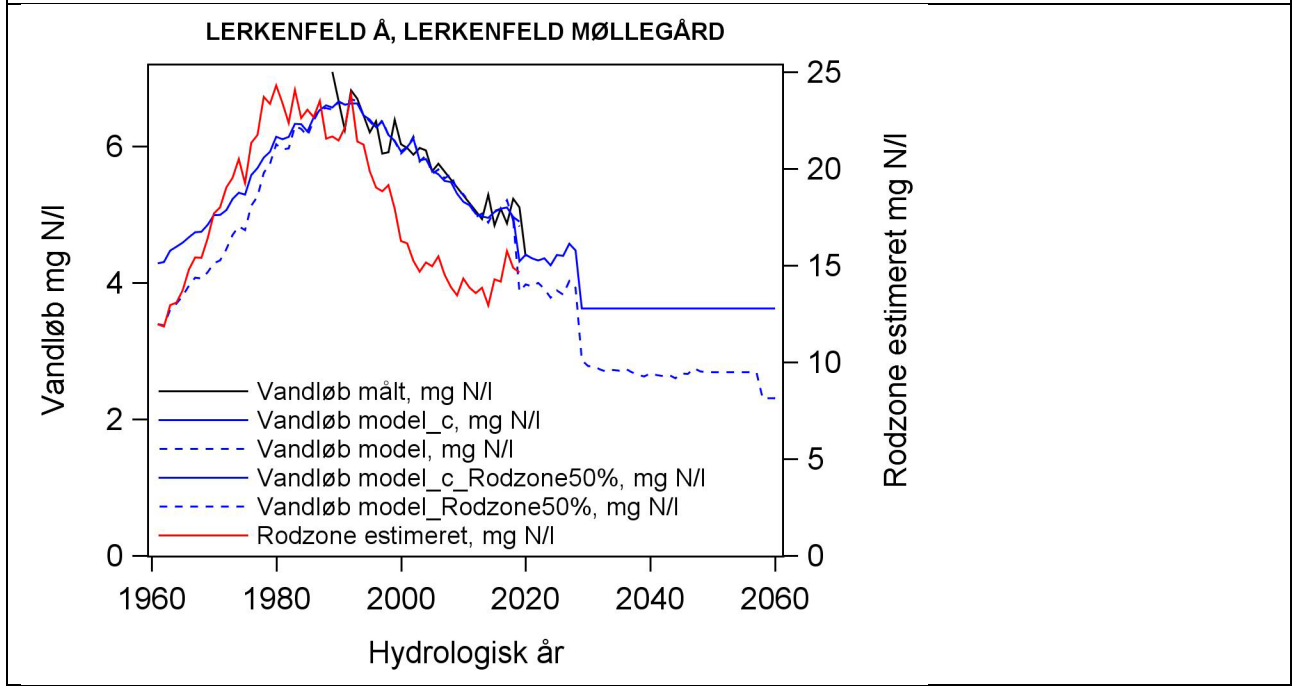
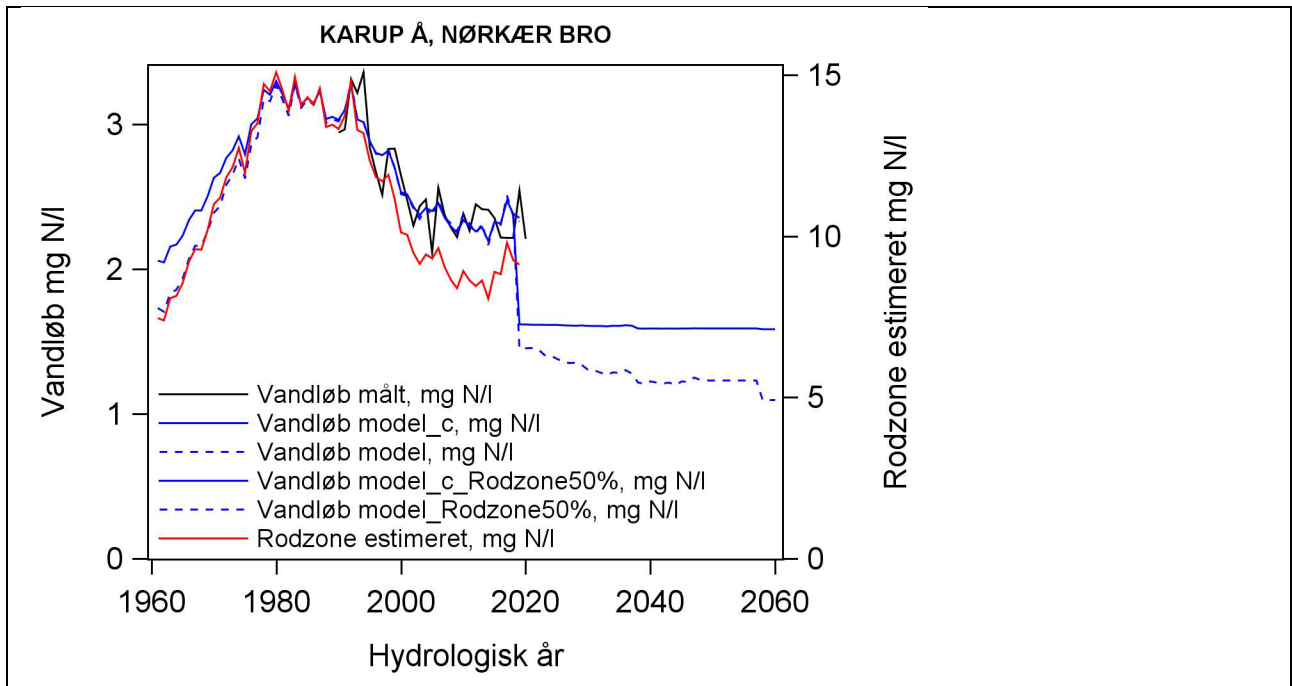


SIMESTED Å, SKIVE-HOBRO LANDEVEJ

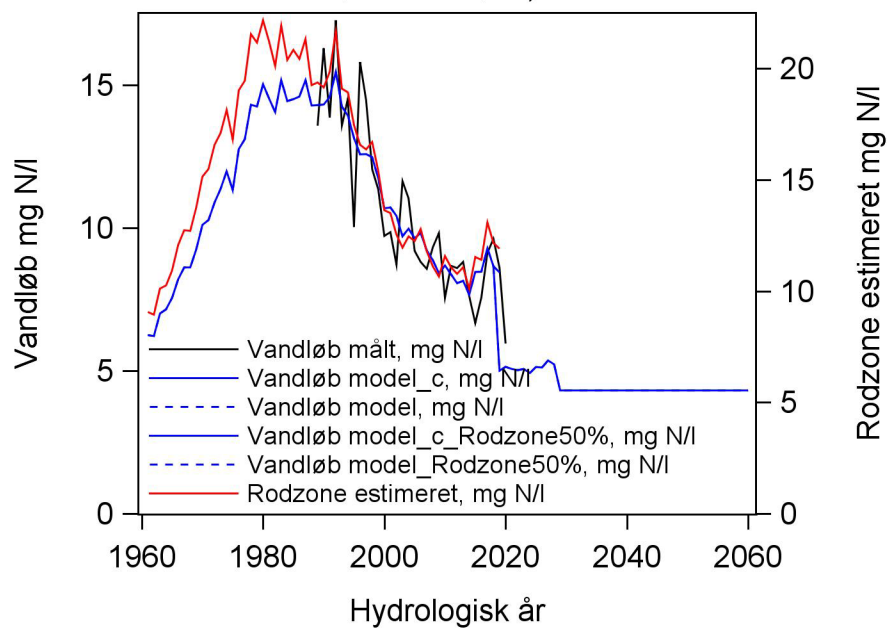




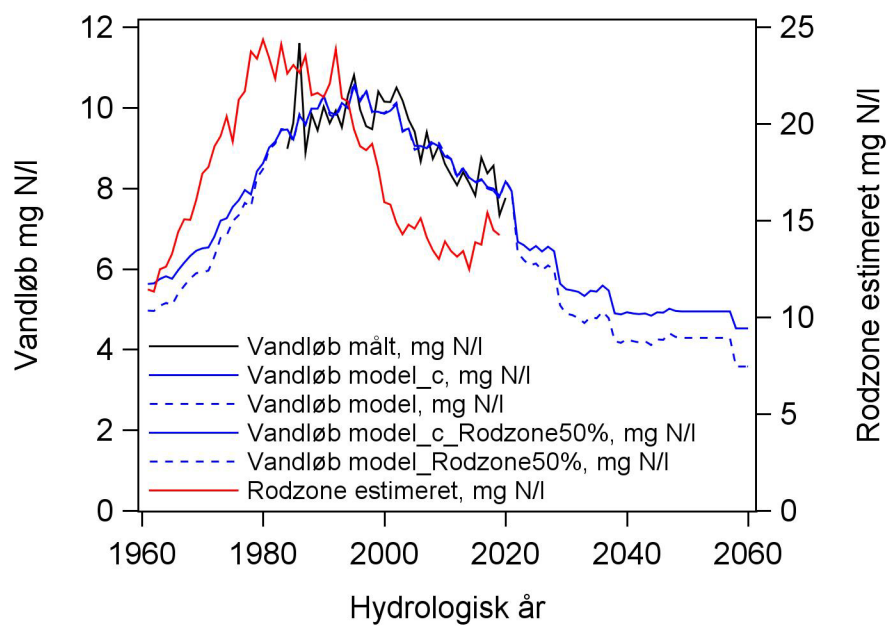


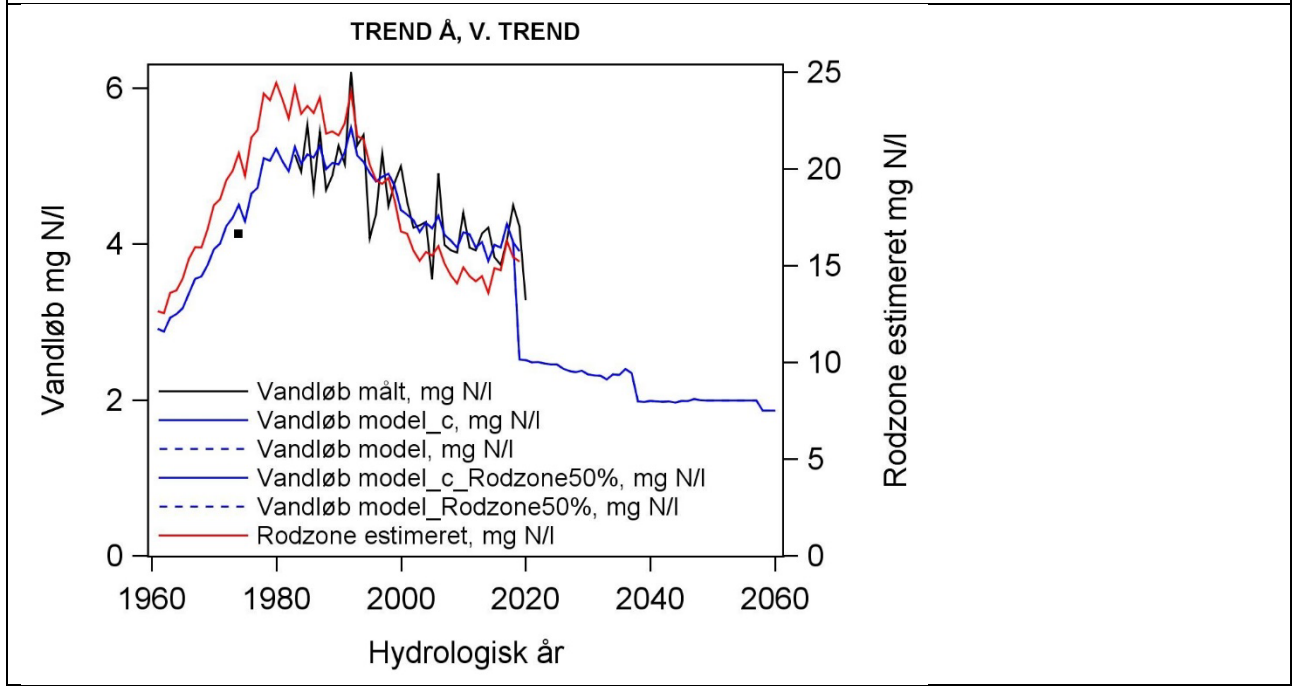
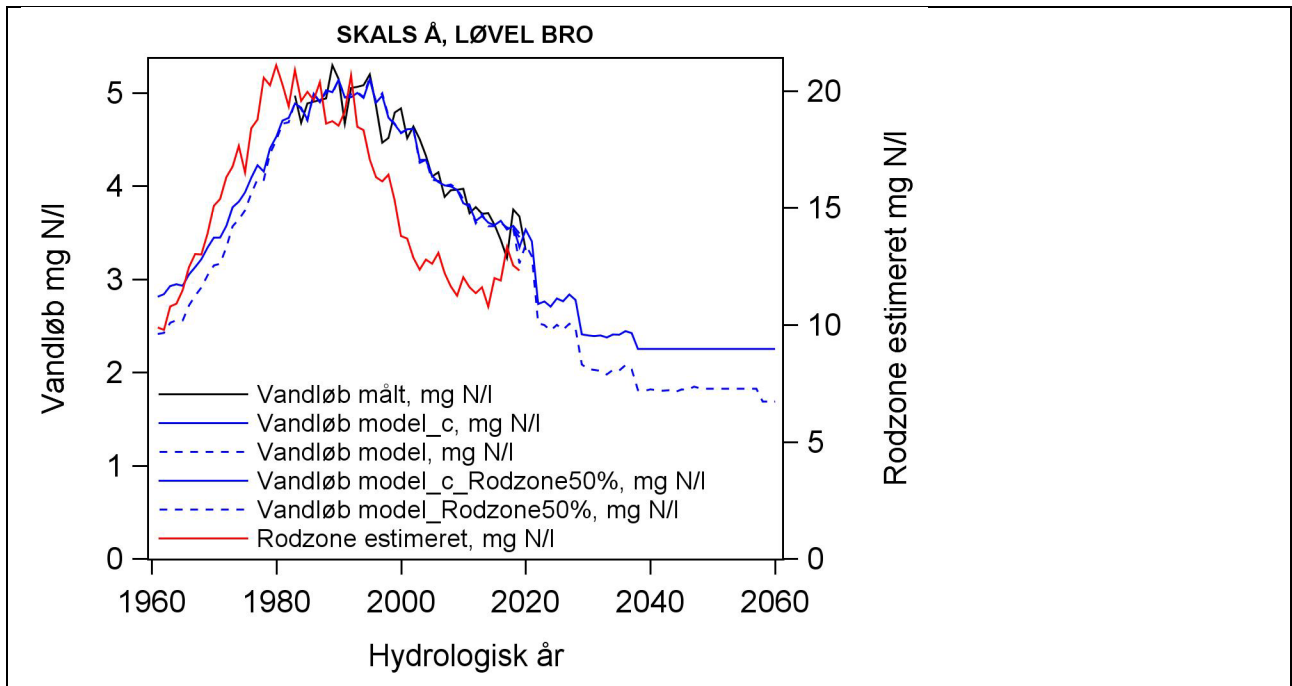


LYBY-GRØNNING GRØFT, HULEBRO



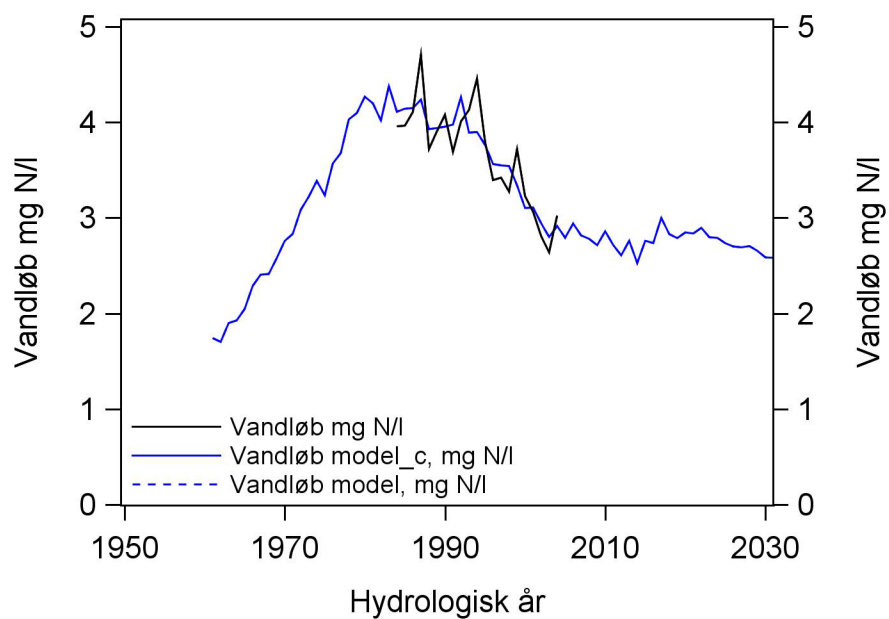
SIMESTED Å, SKIVE-HOBRO LANDEVEJ



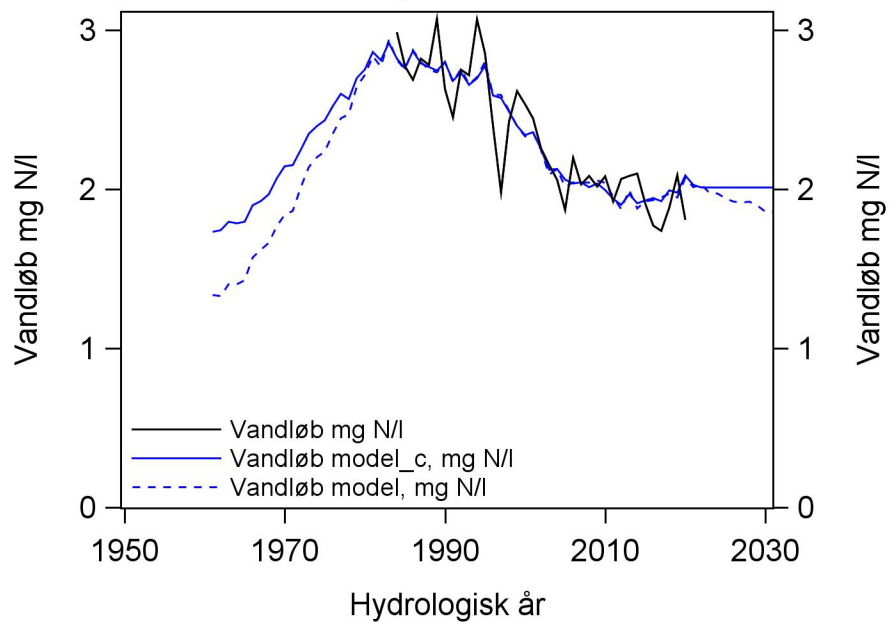


SDFSD

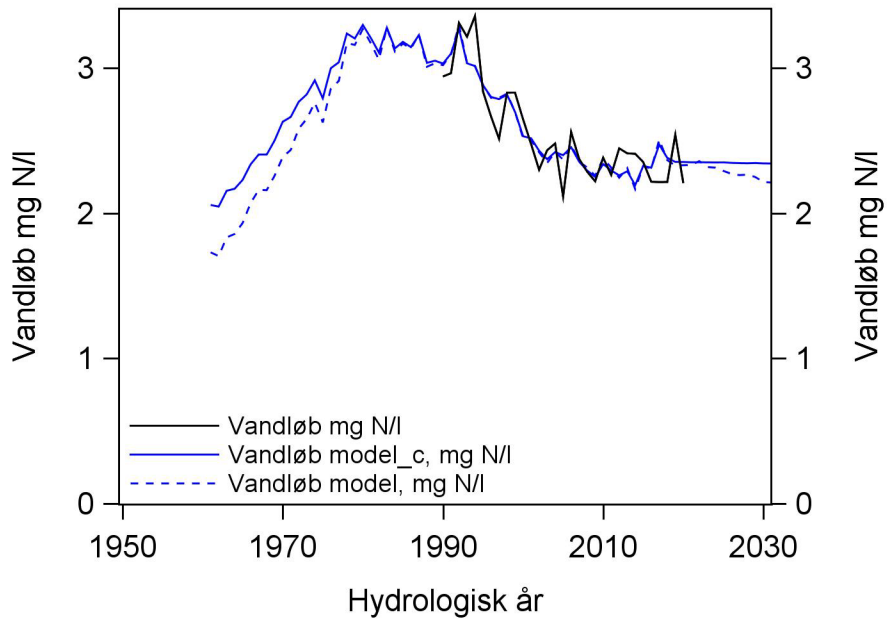
FISKBÆK Å, OS NYBRO



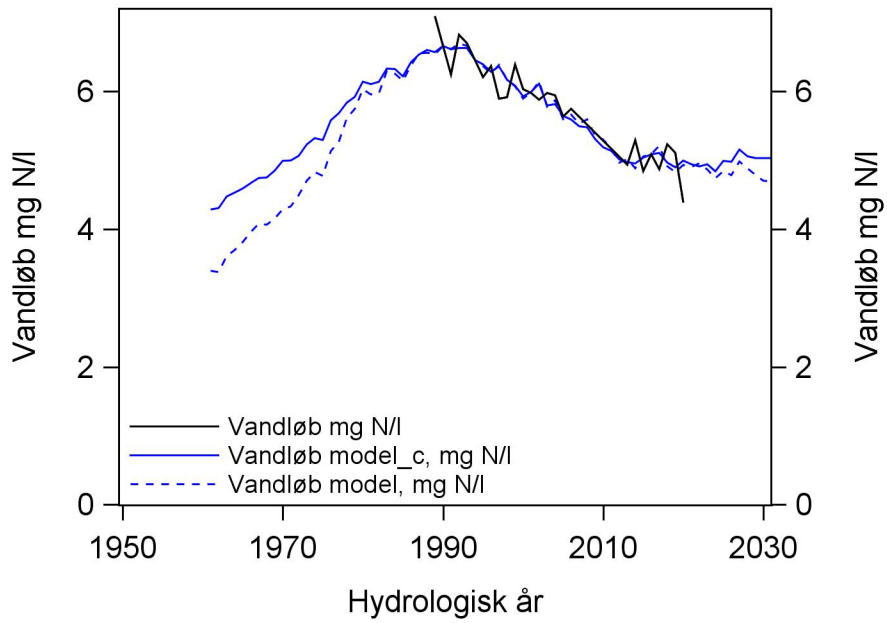
JORDBRO Å, JORDBRO MØLLE



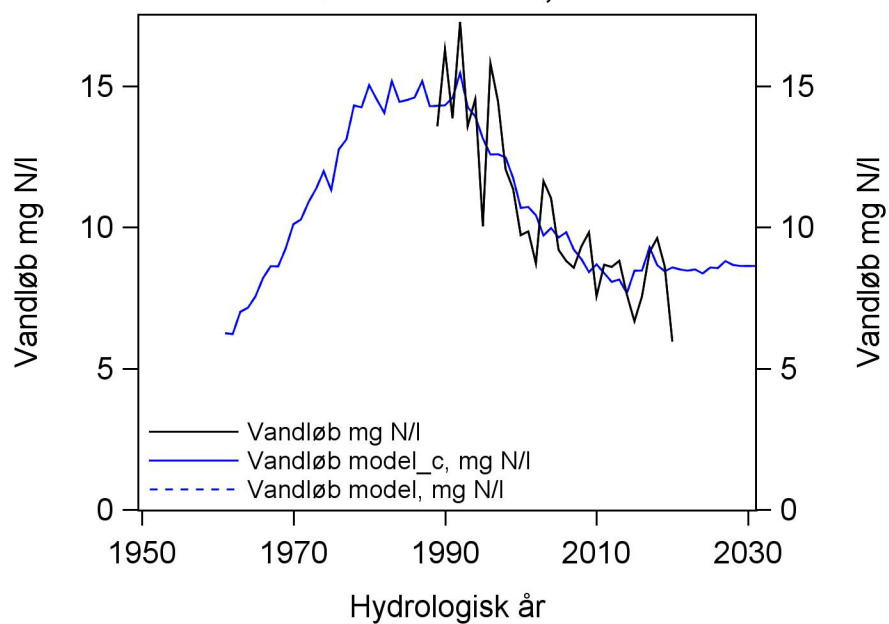
KARUP Å, NØRKÆR BRO



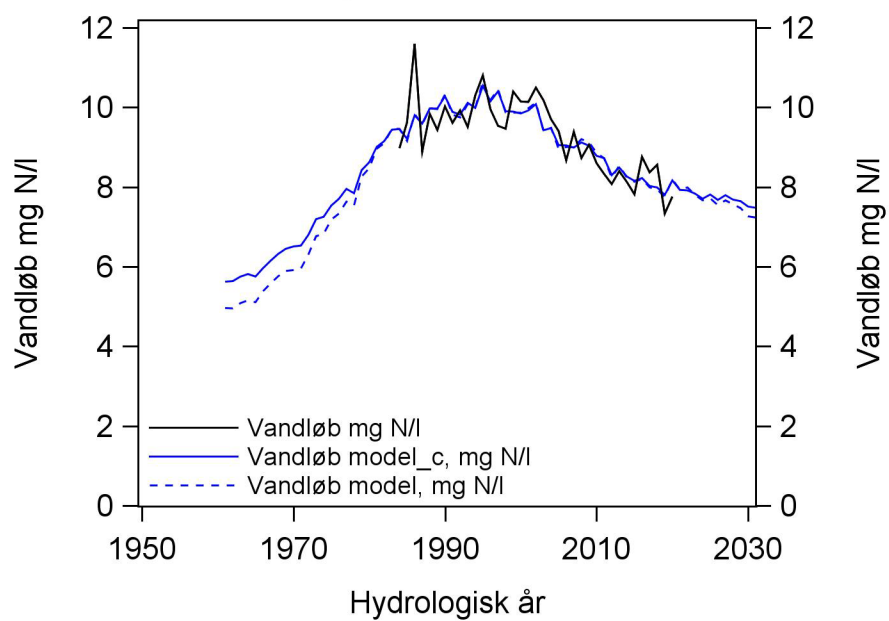
LERKENFELD Å, LERKENFELD MØLLEGÅRD



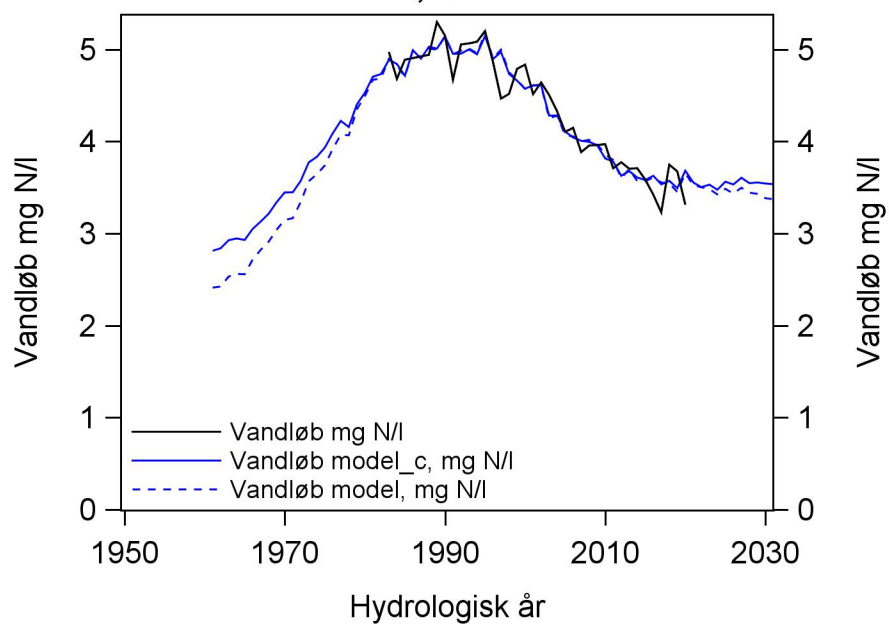
LYBY-GRØNNING GRØFT, HULEBRO



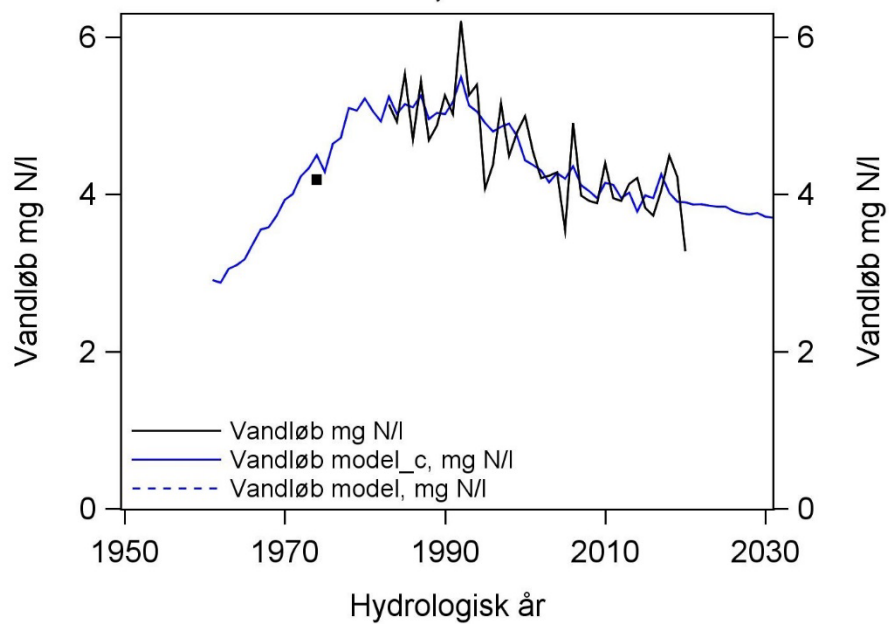
SIMESTED Å, SKIVE-HOBRO LANDEVEJ

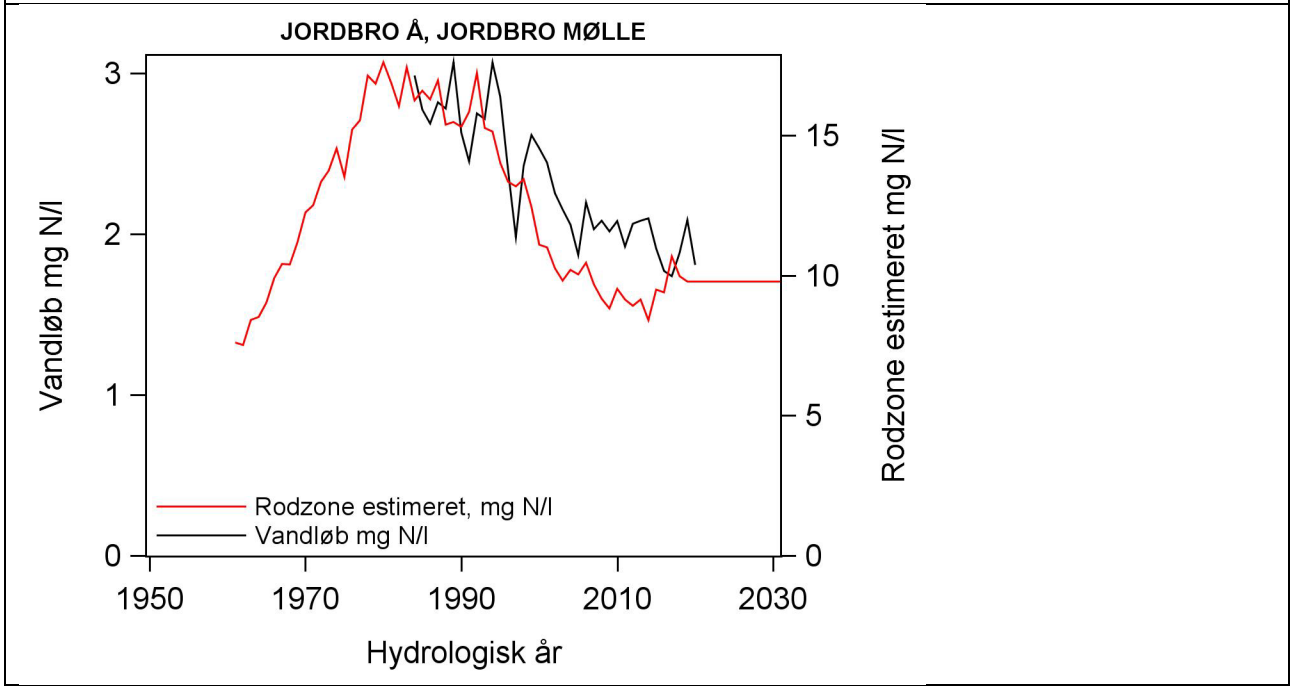
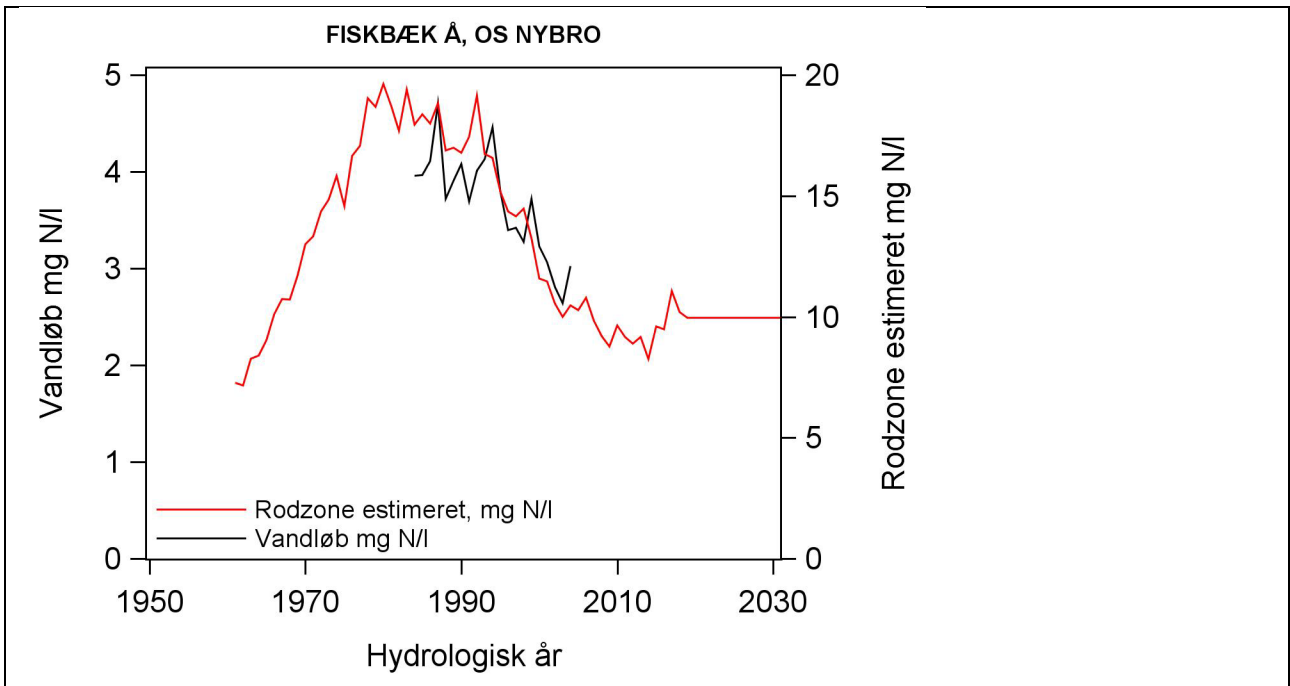


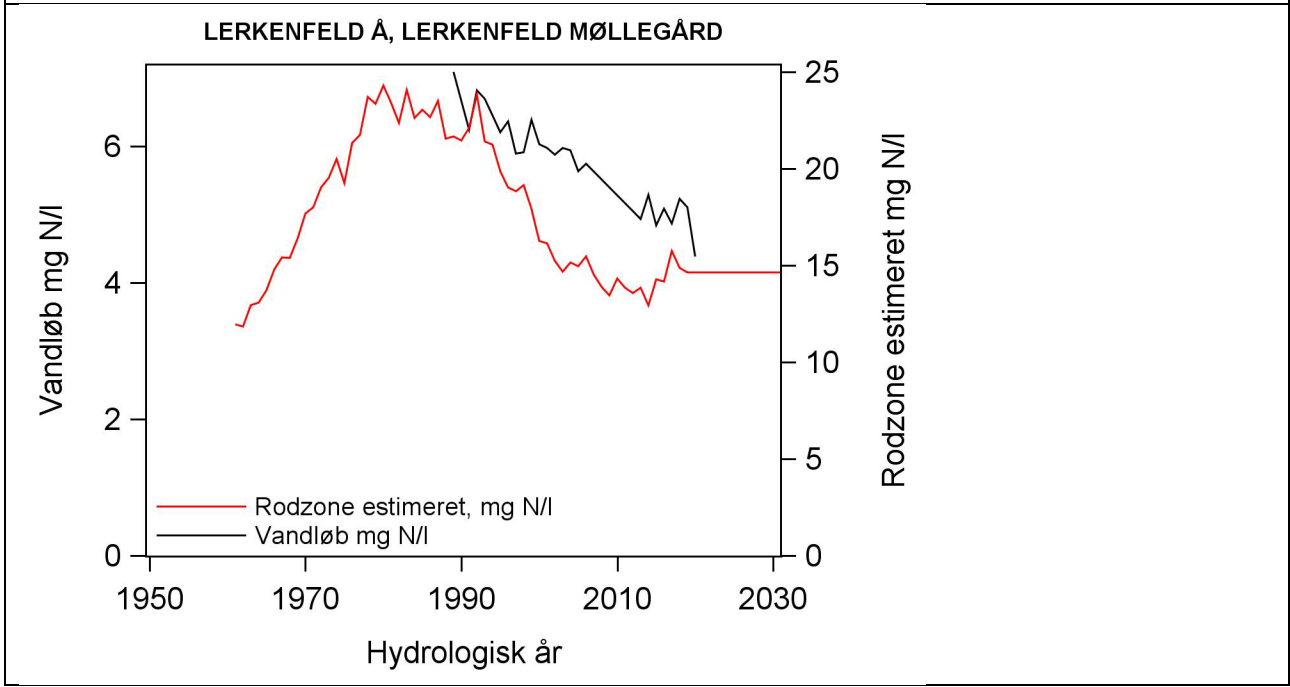
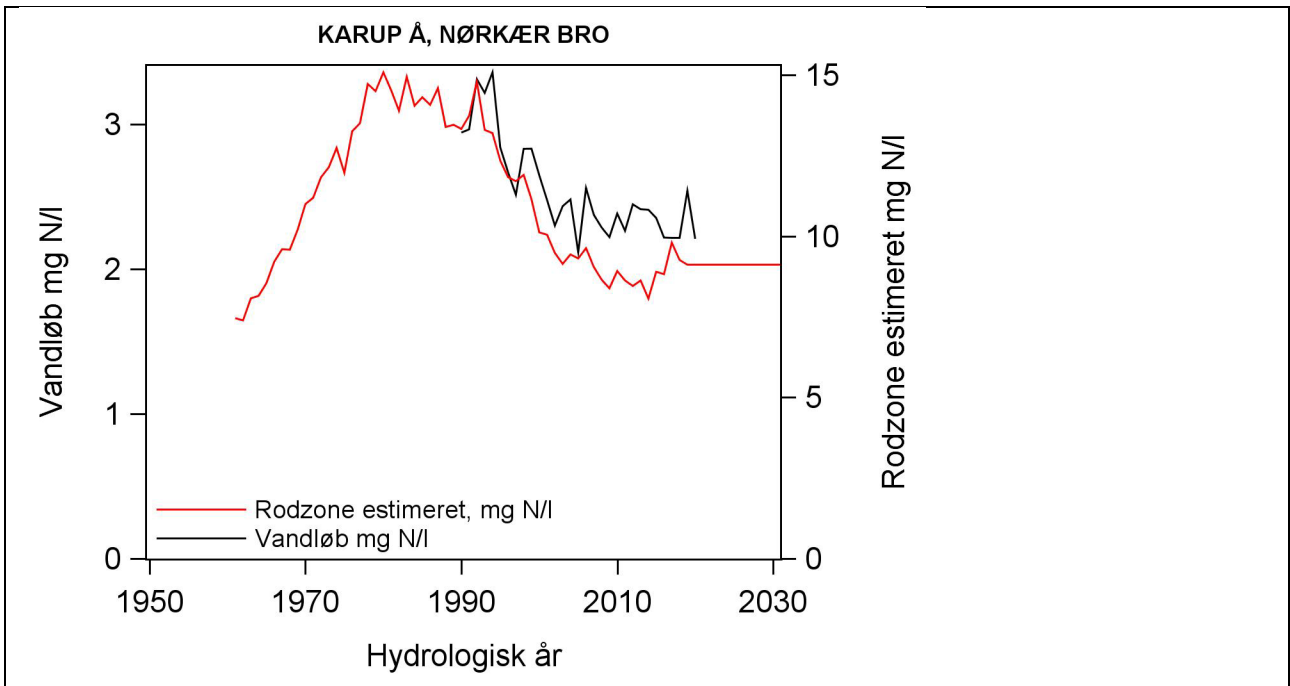
SKALS Å, LØVEL BRO



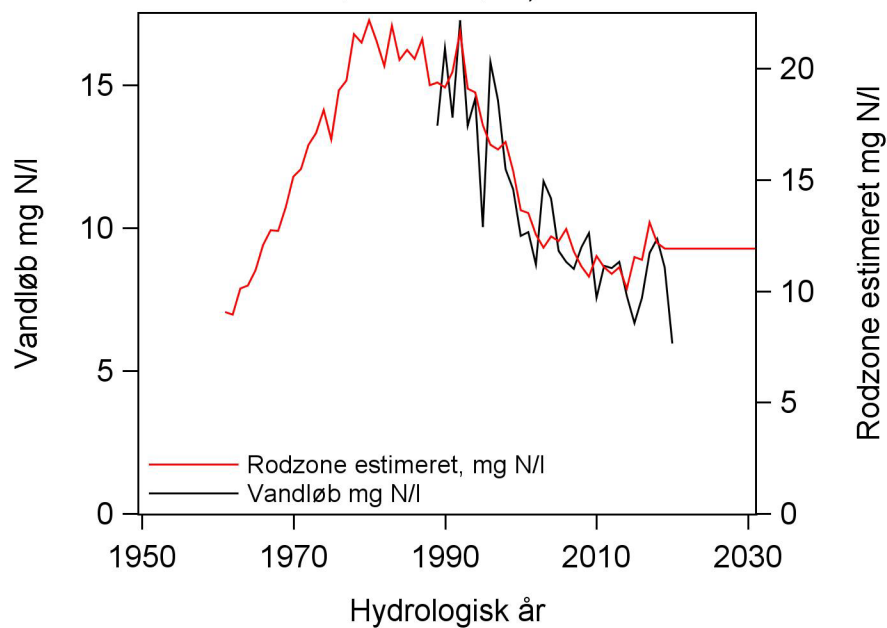
TREND Å, V. TREND



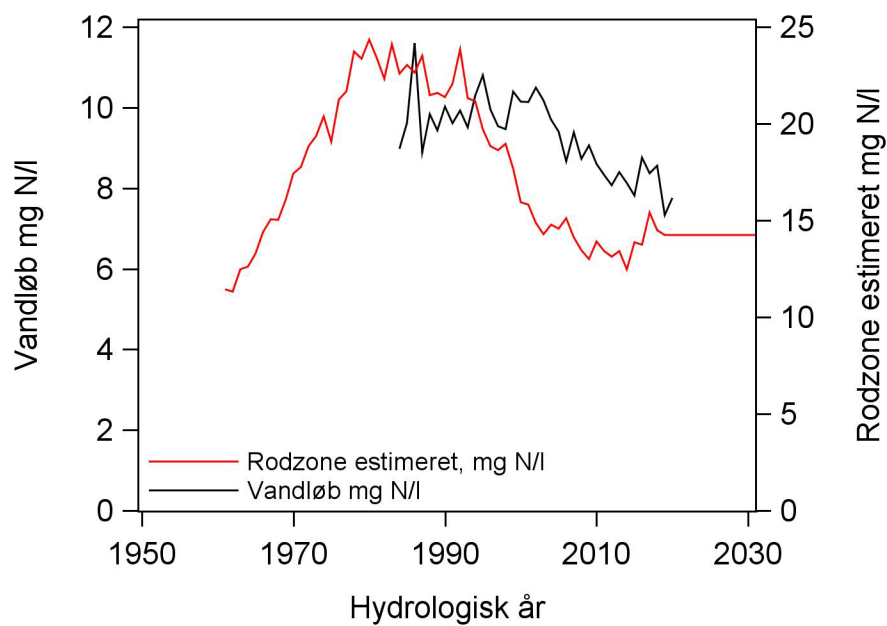


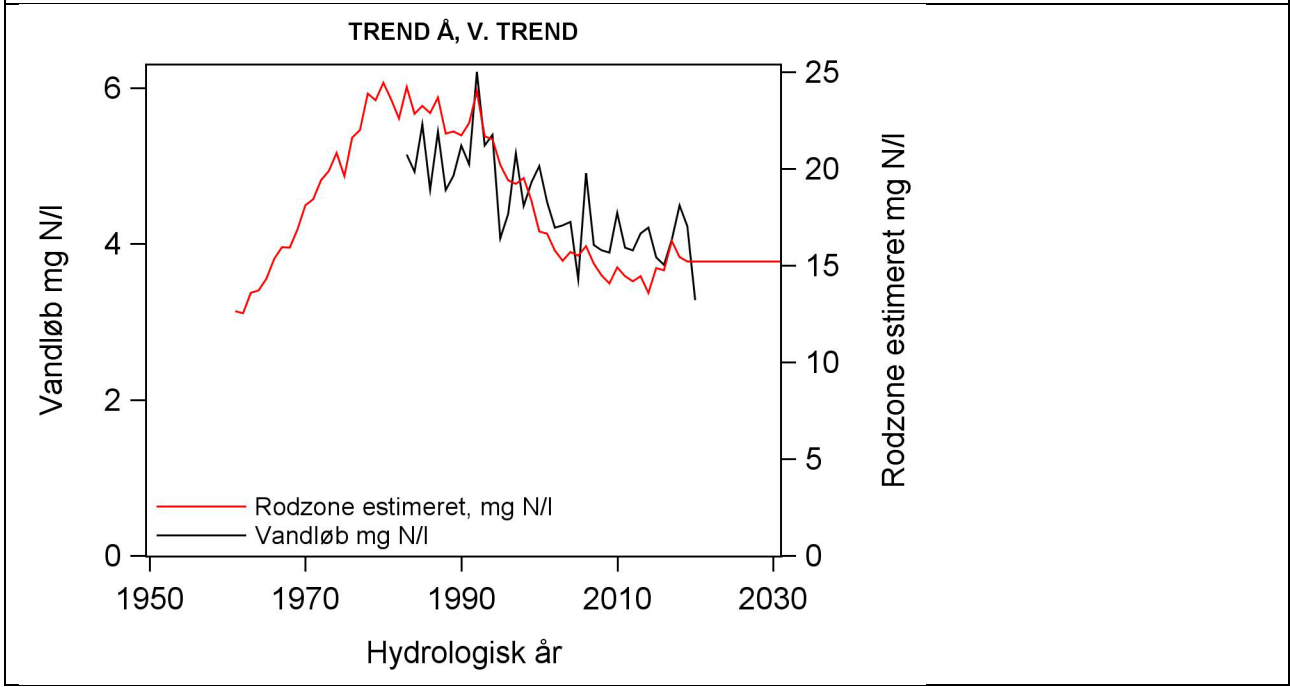
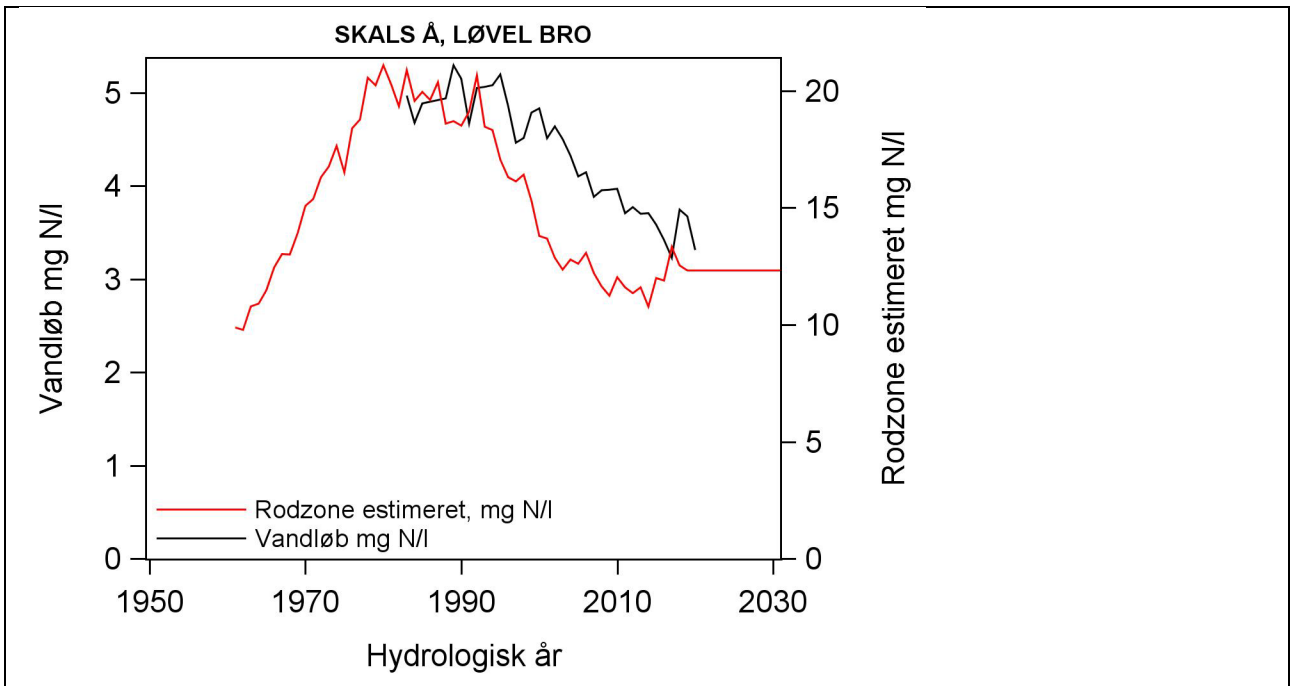


LYBY-GRØNNING GRØFT, HULEBRO



SIMESTED Å, SKIVE-HOBRO LANDEVEJ



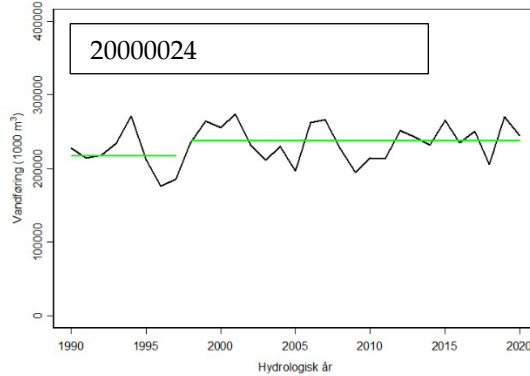
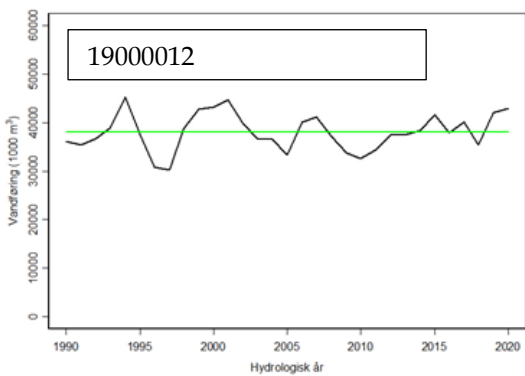
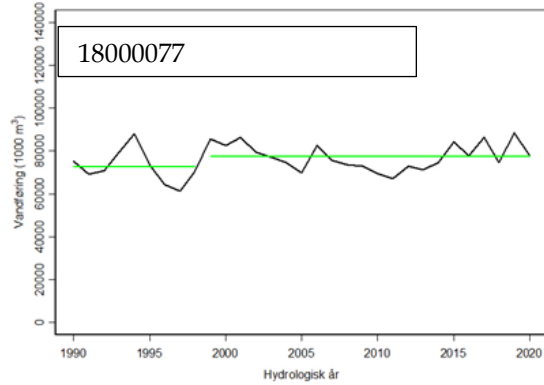
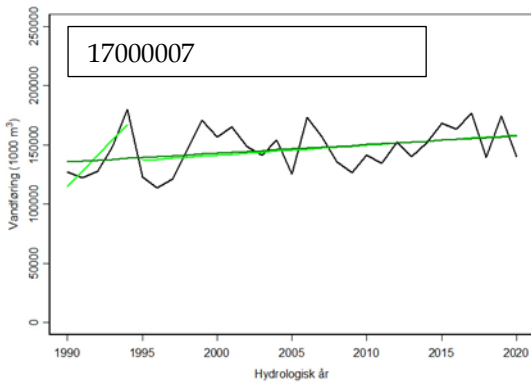
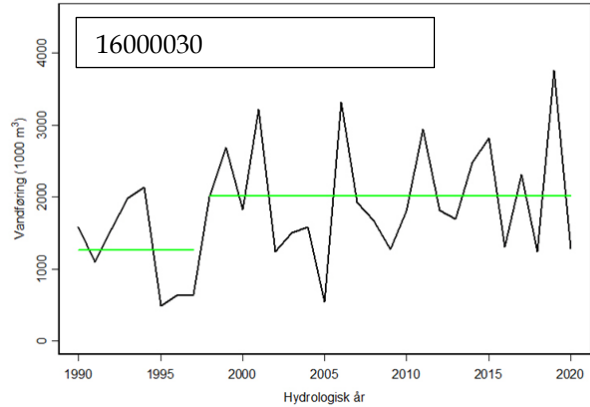
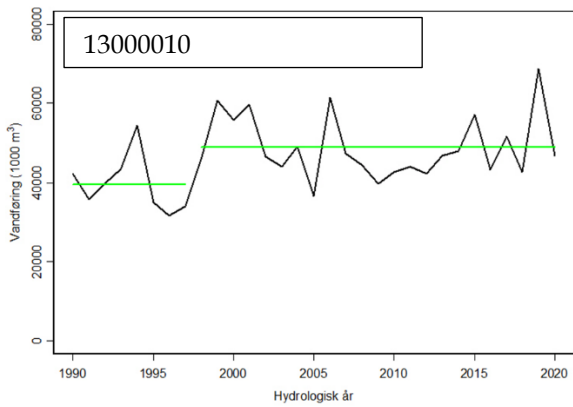


Bilag 2: Trendanalyser på målestationer i kystvandsoplande til 157 og 158

Vandføring, hydrologisk år.

Vandløb	Mann-Kendall-test	Trend model		Procentændring for perioden
		Change points	Parametre	
13000010	$Z = 1,70$ $P = 0,089$	Change point: 1997-1998 (jump) Konstant i begge perioder	$k_1 = 39.564,3(*)$ $k_2 = 48.905,9(*)$	$\Delta = 24 \%$
16000030	$Z = 1,39$ $P = 0,16$	Change point: 1997-1998 (jump) Konstant i begge perioder	$k_1 = 1.264,0(*)$ $k_2 = 2.010,0(*)$	$\Delta = 59 \%$
17000007	$Z = 1,33$ $P = 0,18$	Change point: 1998-1999 (jump) Konstant i begge perioder	$k_1 = 72.427,5(*)$ $k_2 = 77.480,0(*)$	$\Delta = 7 \%$
18000077	$Z = 1,77$ $P = 0,077$	Change point: 1994-1995 (jump) To stigende linjestykker	$\alpha_1 = -20.597.000$ $\beta_1 = 13.107,9$ $\alpha_2 = -1.552.127(*)$ $\beta_2 = 846,7(*)$	$\Delta = 38 \%$
19000012	$Z = 0,95$ $P = 0,34$	Intet change point Konstant	$k = 37.999,4(*)$	$\Delta = 0 \%$
20000024	$Z = 1,09$ $P = 0,28$	Change point: 1997-1998 (jump) Konstant i begge perioder	$k_1 = 217.307,1(*)$ $k_2 = 237.998,2(*)$	$\Delta = 10 \%$

Udvikling i vandafstrømning i seks vandløb i hydrologiske år



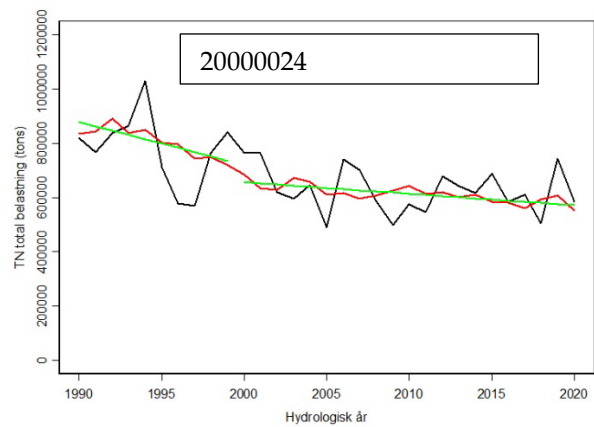
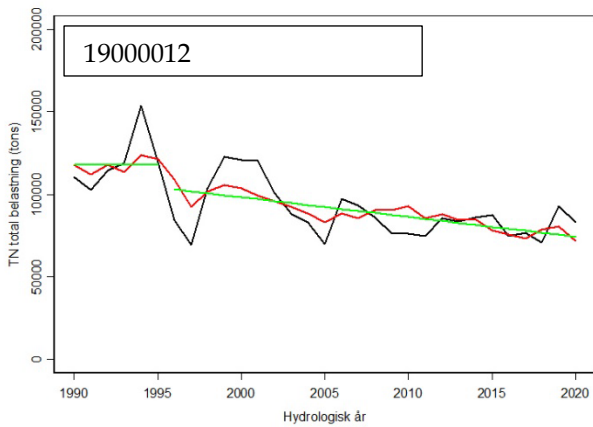
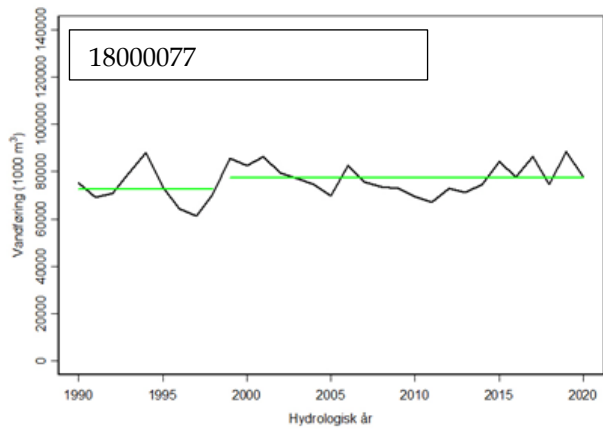
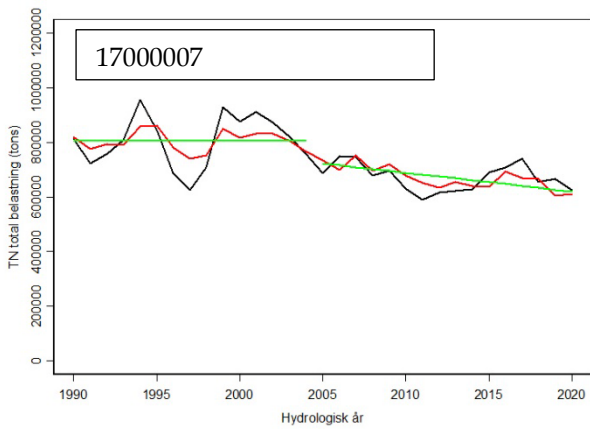
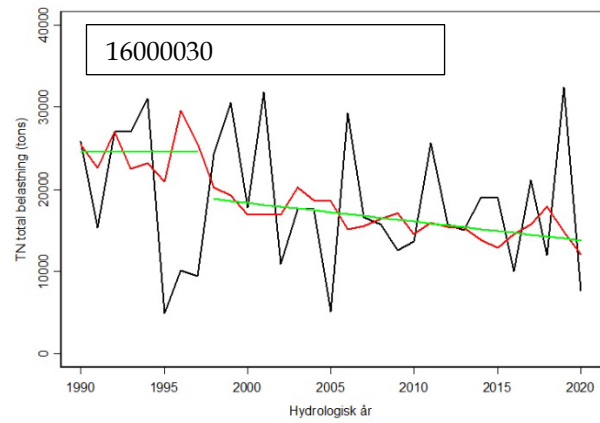
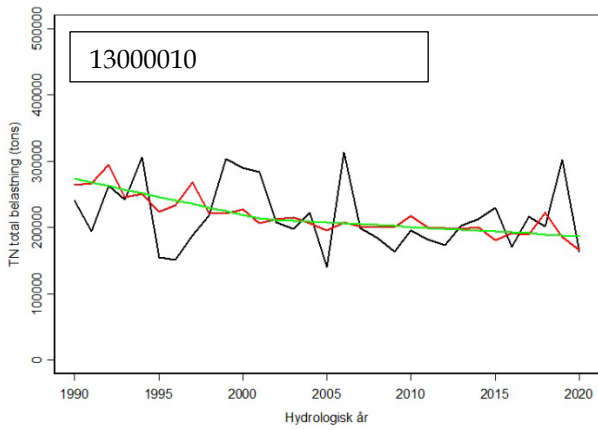
TN diffus, hydrologisk år.

Vandløb	Mann-Kendall-test	Trend model		Procentændring for perioden
		Change points	Parametre	
13000010	$Z = -5,47$ $P < 0,001$	Change point: 2001-2002 (kont.) To faldende linjestykker	$\alpha = 10.470.227(*)$ $\beta_1 = -5.131,5(*)$ $\beta_2 = -3.866,3(*)$ $\beta_1 + \beta_2 \neq 0(*)$	$\Delta = -31 \%$
16000030	$Z = -5,33$ $P < 0,001$	Change point: 1997-1998 (jump) Konstant i starten, derefter et fald	$k = 24.507,8(*)$ $\alpha = 473.342(*)$ $\beta = -227,5(*)$	$\Delta = -44 \%$
17000007	$Z = -4,93$ $P < 0,001$	Change point: 2003-2004 (jump) Konstant i starten, derefter et fald	$k = 761.849(*)$ $\alpha = 13.700.389(*)$ $\beta = -6.486,9(*)$	$\Delta = -22 \%$
18000077	$Z = -6,70$ $P < 0,001$	Change point: 1995-1996 (jump) Konstant i starten, derefter et fald	$k = 733.948(*)$ $\alpha = 18.935.408(*)$ $\beta = -9.135,4(*)$	$\Delta = -34 \%$
19000012	$Z = -5,85$ $P < 0,001$	Change point: 1995-1996 (jump) Konstant i starten, derefter et fald	$k = 103.564(*)$ $\alpha = 2.008.872(*)$ $\beta = -960,4(*)$	$\Delta = -33 \%$
20000024	$Z = -5,34$ $P < 0,001$	Change point: 1999-2000 (jump) To faldende linjestykker	$\alpha_1 = 22.208.555(*)$ $\beta_1 = -10.787,8(*)$ $\alpha_2 = 5.393.116(*)$ $\beta_2 = -2.410,9(*)$	$\Delta = -29 \%$

TN total, hydrologisk år.

Vandløb	Mann-Kendall test	Trend model		Procentændring for perioden
		Change points	Parametre	
13000010	$Z = -5,85$ $P < 0,001$	Change point: 2001-2002 (kont.) To faldende linjestykker	$\alpha = 11.168.123(*)$ $\beta_1 = -5.474,6(*)$ $\beta_2 = -4.087,7(*)$ $\beta_1 + \beta_2 \neq 0(*)$	$\Delta = -32 \%$
16000030	$Z = -5,34$ $P < 0,001$	Change point: 1997-1998 (jump) Konstant i starten, derefter et fald	$k = 24.603,0(*)$ $\alpha = 475.570(*)$ $\beta = -228,6(*)$	$\Delta = -44 \%$
17000007	$Z = -5,27$ $P < 0,001$	Change point: 2004-2005 (jump) Konstant i starten, derefter et fald	$k = 804.416(*)$ $\alpha = 14.445.165(*)$ $\beta = -6.844,3(*)$	$\Delta = -23 \%$
18000077	$Z = -6,76$ $P < 0,001$	Change point: 2003-2004 (jump) To faldende linjestykker	$\alpha_1 = 16.068.788(*)$ $\beta_1 = -7.683,9(*)$ $\alpha_2 = 16.413.442(*)$ $\beta_2 = -7.879,4(*)$	$\Delta = -36 \%$
19000012	$Z = -6,08$ $P < 0,001$	Change point: 1995-1996 (jump) Konstant i starten, derefter et fald	$k = 117.858(*)$ $\alpha = 2.482.271(*)$ $\beta = -1.192,0(*)$	$\Delta = -37 \%$
20000024	$Z = -6,29$ $P < 0,001$	Change point: 1999-2000 (jump) To faldende linjestykker	$\alpha_1 = 32.338.626(*)$ $\beta_1 = -15.809,7(*)$ $\alpha_2 = 9.089.733(*)$ $\beta_2 = -4.216,9(*)$	$\Delta = -35 \%$

Udvikling i total kvælstof transport i seks vandløb for hydrologiske år (sort linie: Målt transport; Rød linie: normaliseret transport; Grøn linie: statistiske trend).



TP diffus, hydrologisk år.

Vandløb	Mann-Kendall-test	Trend model		Procentændring for perioden
		Change points	Parametre	
13000010	$Z = 0,034$ $P = 0,97$	Intet change-point Konstant	$k = 4.697,6^{(*)}$	$\Delta = 0 \%$
16000030	$Z = -3,33$ $P < 0,001$	Change point: 1994-1995 (jump) Konstant i starten, derefter et fald	$k = 274,38^{(*)}$ $\alpha = 31.952,9^{(*)}$ $\beta = -15,75^{(*)}$	$\Delta = -52 \%$
17000007	$Z = -1,33$ $P = 0,18$	Change point: 1994-1995 (kont.) Stigende, derefter faldende	$\alpha = -1.988.502^{(*)}$ $\beta_1 = 1.002,6^{(*)}$ $\beta_2 = -1.078,4^{(*)}$ $\beta_1 + \beta_2 \neq 0^{(*)}$	$\Delta = 31 \%$
18000077	$Z = -2,18$ $P = 0,030$	Change point: 2000-2001 (jump) Stigende, derefter faldende	$\alpha_1 = -950.263^{(*)}$ $\beta_1 = 484,4^{(*)}$ $\alpha_2 = 403.670^{(*)}$ $\beta_2 = -193,3^{(*)}$	$\Delta = -3 \%$
19000012	$Z = 1,97$ $P = 0,049$	Change point: 1996-1997 (jump) Stigende linjes- tykke, efter change-point kon- stant	$\alpha = -510.457$ $\beta = 257,0$ $k = 3.202,0^{(*)}$	$\Delta = 65 \%$
20000024	$Z = 2,82$ $P = 0,0048$	Change point: 2003-2004 (jump) Stigende linjes- tykke, efter change point konstant	$\alpha = -555.619^{(*)}$ $\beta = 285,5^{(*)}$ $k = 16.977,5^{(*)}$	$\Delta = 35 \%$

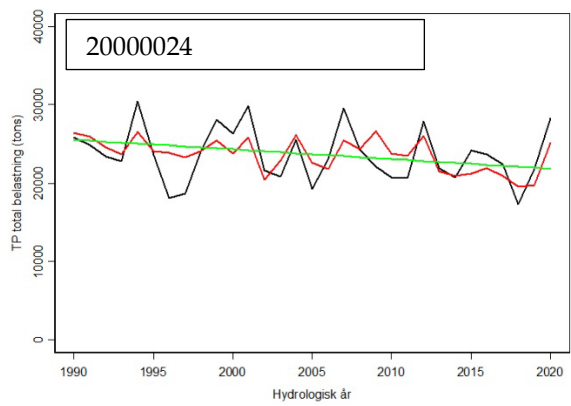
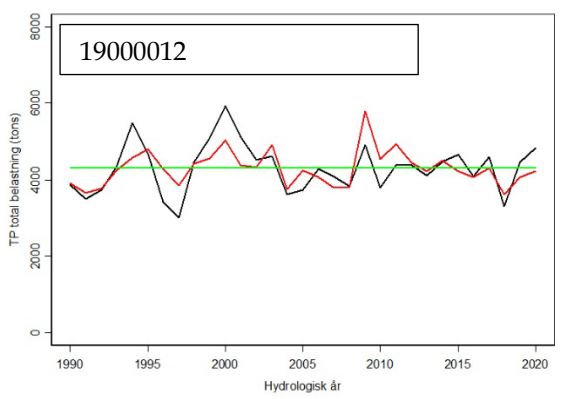
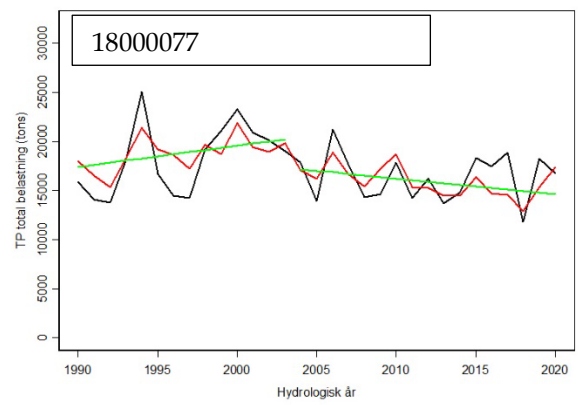
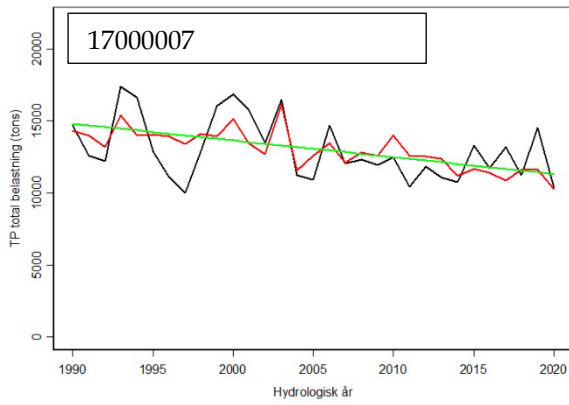
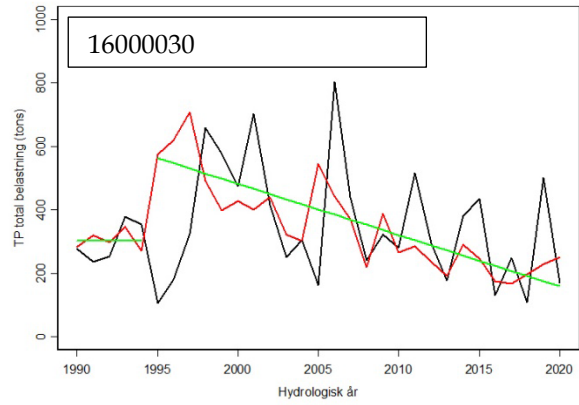
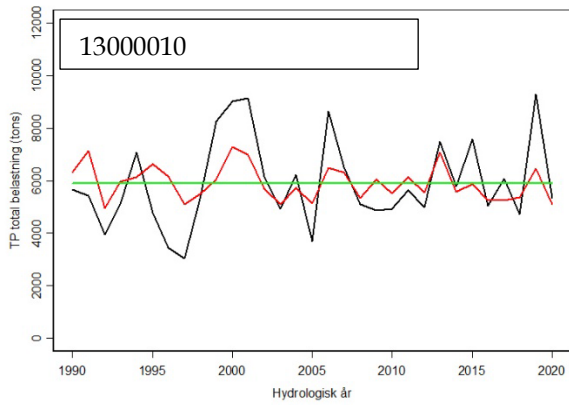
For 16000030 er de fem første år meget lave. De tre første år for 17000007 er meget lave. Det samme for 18000077. Også lave værdier i starten for 19000012. For 20000024 ser de sidste otte år mærkelige ud.

TP total, hydrologisk år.

Vandløb	Mann-Kendall-test	Trend model		Procentændring for perioden
		Change points	Parametre	
13000010	$Z = -1,22$ $P = 0,22$	Intet change point Konstant	$k = 5.908,6(*)$	$\Delta = 0 \%$
16000030	$Z = -3,43$ $P < 0,001$	Change point: 1994-1995 (jump) Konstant i starten, derefter et fald	$k = 303,7(*)$ $\alpha = 32.782,2(*)$ $\beta = -16,15(*)$	$\Delta = -50 \%$
17000007	$Z = -4,96$ $P < 0,001$	Intet change point Ret linje	$\alpha = 246.049(*)$ $\beta = -116,2(*)$	$\Delta = -24 \%$
18000077	$Z = -3,26$ $P = 0,0011$	Change point: 2003-2004 (jump) Stigende, derefter faldende	$\alpha_1 = -414.630$ $\beta_1 = 217,1$ $\alpha_2 = 333.004(*)$ $\beta_2 = -157,6(*)$	$\Delta = -16 \%$
19000012	$Z = -0,204$ $P = 0,84$	Intet change point Konstant	$k = 4.301,4(*)$	$\Delta = 0 \%$
20000024	$Z = -3,06$ $P = 0,022$	Intet change point Ret linje	$\alpha = 270.917(*)$ $\beta = -123,3(*)$	$\Delta = -15 \%$

For 16000030 er de fem første år meget lave. Også tre lave værdier i starten for 19000012. For 20000024 ser de sidste otte år mærkelige ud.

Udvikling i total fosfor transport i seks vandløb for hydrologiske år (sort linie: Målt transport; Rød linie: normaliseret transport; Grøn linie: statistiske trend).



OPGØRELSE AF KILDER, UDVIKLING OG TIDSFORSINKELSER I NÆRINGSSTOF- BELASTNING TIL KYSTVANDENE HJARBÆK FJORD OG SKIVE FJORD, LOVNS BREDNING, RISGÅRDE BREDNING OG BJØRNSHOLM BUGT

I rapporten er næringsstofbelastningen og – kilder til de to kystvandsområder 157 (Skive Fjord, Lovns Bredning, Risgårde Bredning og Bjørnsholm Bugt) og 158 (Hjarbæk fjord) opgjort for perioden 2015/15-2018/19, som anvendes som statusbelastning i kystvandsarbejdet. Desuden er udviklingstendenser i afstrømning og næringsstofbelastningen testet statistisk for perioden 1990/91-2020/21 og der er gennemført en analyse af tidsforsinkelser i kvælstof mellem opland og kystvand for udvalgte vandløbsoplande med længere måletidsserier af målte afstrømninger og kvælstofkoncentrationer.