



LOBÆK FØR OG EFTER SIMPEL HÆVNING AF VANDSTANDEN

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 701

2026



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

LOBÆK FØR OG EFTER SIMPEL HÆVNING AF VANDSTANDEN

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 701

2026

Carl Christian Hoffmann
Rasmus Jes Petersen
Ida-Emilie Fredberg Nilsson
Niels Bering Ovesen
Peter Mejlhede Andersen
Søren Erik Larsen
Ane Kjeldgaard

Aarhus Universitet, Institut for Ecoscience



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

Serietitel og nummer:	Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 701
Kategori:	Rådgivningsrapporter
Titel:	Løbæk før og efter simpel hævnning af vandstanden
Forfattere:	Carl Christian Hoffmann, Rasmus Jes Petersen, Ida-Emilie Fredberg Nilsson, Niels Bering Ovesen, Peter Mejlhede Andersen, Søren Erik Larsen og Ane Kjeldgaard
Institution:	Aarhus Universitet, Institut for Ecoscience
Udgiver:	Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL:	http://dce.au.dk
Udgivelsesår:	Februar 2026
Redaktion afsluttet:	Februar 2026
Faglig kommentering:	Hans Estrup Andersen
Kvalitetssikring, DCE:	Camilla Uldal
Ekstern kommentering:	Der er ingen kommentarer
Finansiel støtte:	Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø
Bedes citeret:	Hoffmann, C.C., Petersen, R.J., Nilsson, I-E. F., Ovesen, N.B., Andersen, P.M., Larsen, S.E. & Kjeldgaard, A. Løbæk før og efter simpel hævnning af vandstanden. 2026. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 44 s. - Videnskabelig rapport nr. 701
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Sammenfatning:	En undersøgelse af hvorledes transporten af kvælstof og fosfor ændrer sig før og efter blokering af grøfterne på en organogen lavbundsjord
Emneord:	Hævet vandstand, Kvælstof, Fosfor, Kulstof, Lavbundsjord
Foto forside:	Carl Christian Hoffmann
ISBN:	978-87-7648-033-2
ISSN (elektronisk):	2244-9981
Sideantal:	44

Indhold

Forord	5
Sammenfatning	6
Summary	8
1 Introduktion	10
1.1 Lokalitet	10
2 Materialer og metoder	12
2.1 Instrumentering og måleudstyr	12
2.2 Analyser	12
2.3 Hævning af vandstand	13
3 Resultater	15
3.1 Vandbalance	15
3.2 Næringsstoffer	16
3.3 Stoftransporter	30
4 Diskussion	40
5 Konklusion	43
6 Referenceliste	44

Forord

Denne videnskabelige rapport er udarbejdet under projektet "Monitering af kvælstoffjernelse og fosforretention i kulstofholdige lavbundsarealer" finansieret gennem de Nationale Forskningsprogrammer (NIFA). Projektet er finansieret af styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø, og udarbejdet af DCE, Århus Universitet, ved Institut for Ecoscience – Sektion for oplandsanalyse og miljøforvaltning.

Rapporten indgår i en serie af rapporter og omhandler projektområdet Lobæk (212 ha), der blev overvåget i perioden fra april 2021 til maj 2024.

Forskningsprojektets formål er at kvantificere effekten på transport af kvælstof (N) og fosfor (P) ved udtagning af lavbundsjord fra landbrugsdrift – i dette tilfælde ved simpel hævning af vandstanden i grøfterne i projektområdet.

Denne rapport fokuserer på næringsstoftransporterne ind og ud af projektområdet ved Lobæk før og efter hævning af vandstanden. Hævningen af vandstanden skete i slutningen af april 2022.

Tak til Naturstyrelsen Vadehavet for godt samarbejde gennem projektperioden.

Figur 0. De 5 projektområder, der indgår i monitoringsprogrammet. I denne rapport afrapporterer Lobæk.



Sammenfatning

Lavbundsarealet ved Lobæk (212 ha) indgår i projektet "Monitering af kvælstoffjernelse og fosforretention i kulstofholdige lavbundsarealer" under det nationale forskningsprogram NIFA. Formålet var at undersøge effekten af hævet vandstand på transport og retention af kvælstof (N), fosfor (P) og organisk kulstof (TOC) i kulstofholdige lavbundslande. Vandstanden i projektarealet ved Lobæk blev hævet i april-maj 2022 ved simpel blokering af grøfterne i projektområdet. Moniteringen omfattede perioden maj 2021 til april 2024 dvs. ét år før og to år efter hævnings af vandstanden.

Lobæk-området ligger på en sandet smeltevandsslette i Sydvestjylland og modtager vand fra fire vandløb (Annasmindevej, N20AA, Nørhede Bæk og Vestereng Bæk), som samles ved Midterstationen og med udløb via Søbækken. Det samlede opland er 1.533 ha. Den dominerende jordtype i oplandet er sandjord og arealanvendelsen hovedsagelig landbrug (65-87 %).

Der er målt vandføring i de fire ovennævnte tilløb, ved disses sammenløb (midterstationen) samt i udløbet. Der blev opstillet Q/h-stationer med tryksensorer og Doppler-instrumenter til beregning af vandføring, og der blev fortaget automatisk vandprøvetagning (ISCO-prøvetagere) hver 3. time, som blev puljet til daglige og ugentlige prøver. Analyser af vandprøverne omfattede TN, NO_3^- -N, NH_4^+ -N, organisk N, TP ufiltreret, TP filtreret, fosfat (SRP), partikulært P (PP), TOC og sulfat.

Der er udført statistiske analyser på de målte ind- og udstrømninger af de målte næringsstoffer, hvor der er anvendt månedsgennemsnit til at undersøge forskelle mellem indløb og udløb og forskelle årene imellem.

Den årlig vandføring varierede ganske betydeligt årene imellem. I året før hævnings af vandstanden i projektområdet (benævnt P1) var vandføringen i udløbet på 4.74 mio. m^3 , og i det første år efter hævnings af vandstanden (benævnt P2) var vandtransporten i udløbet faldet til 3.60 mio. m^3 , hvorefter den steg til 5.44 mio. m^3 i det andet år (benævnt P3) efter hævnings af vandstanden. Nedbøren varierede fra 1036 mm i P1, til 894 mm i P2 og 1199 mm i P3.

Nitrat udgjorde den dominerende kvælstoffraktion (74-85 % af de vandføringsvægtede TN-koncentrationer). Nitratkoncentrationerne faldt generelt fra indløb til udløb både før og efter hævnings af vandstanden i projektområdet, dvs. fra ca. 3,2 til 2,5 mg NO_3^- -N L^{-1} .

I året før hævnings af vandstanden lå ammoniumkoncentrationerne ved indløbet i området 0,036 - 0,060 dog med undtagelse af N20A med 0,102 mg NH_4^+ -N L^{-1} . Første år efter hævnings af vandstanden (P) lå indløbskoncentrationerne meget stabilt på 0,05 mg NH_4^+ -N L^{-1} , mens udløbskoncentrationen steg midlertidigt til 0,184 mg NH_4^+ -N L^{-1} for derefter at falde til 0,112 mg NH_4^+ -N L^{-1} i P3.

Organisk N koncentrationerne udgjorde omkring 13-14 % af kvælstoffractionen ved indløbet til projektområdet og udgjorde omkring 20 % af kvælstofkoncentrationerne ved udløbet.

Partikulært fosfor PP udgjorde ca. $\frac{2}{3}$ af TP. TP var højest i P2 (0,13 mg L⁻¹ ved udløb) og faldt i P3 til 0,096 mg TP L⁻¹. De opløste fraktioner fosfat og ikke reaktivt opløseligt fosfor (SRP og SNRP) steg svagt, men signifikant efter hævnings af vandstanden.

Der var stigning i TOC-koncentrationen fra indløb til udløb i alle år, men mest markant efter hævnings af vandstanden.

Der var tab af kvælstof fra projektområdet i alle årene. I året inden vandstandshævning (P1) tabes 3,8 kg TN ha⁻¹ år⁻¹, og i det første år efter vandstandshævning (P2) tabes 6,2 kg ha⁻¹ år⁻¹, som faldt til 3,1 kg ha⁻¹ år⁻¹ i det andet år (P3) efter vandstandshævning. Nitrat viste en beskeden retention i alle årene, højest i P3 med en retention på 6,3 kg NO₃-N ha⁻¹ år⁻¹ (9,4 %). Der var tab af ammonium og organisk N i alle årene på hhv. 1,12-2,72 kg NH₄-N ha⁻¹ år⁻¹ og 4,72-8,19 kg TON ha⁻¹ år⁻¹.

Før hævnings af vandstanden var der et lille tab af TP på 0,2 kg ha⁻¹ år⁻¹. Efter hævnings steg tabet til 1,0 kg ha⁻¹ år⁻¹ i P2 og i P3 var det på 0,78 kg ha⁻¹ år⁻¹. De opløste P-fraktioner stod for størstedelen af P-tabet.

Der var store tab af TOC i alle årene. Før hævnings af vandstanden var tabet 156 kg ha⁻¹ år⁻¹ (-76% ift. belastning), og i første år efter hævnings af vandstanden var tabet 134 kg ha⁻¹ år⁻¹ (-95%), mens det i andet år efter hævnings af vandstanden var på 213 kg ha⁻¹ år⁻¹ (-91%).

Effekten af vandstandshævning var kompleks og påvirket af variationer i nedbør og vandføring. Overordnet sås følgende effekter:

- Nitratretention øgedes i mindre grad efter hævnings af vandstanden, men samlet set steg N-tabet efter hævnings af vandstanden pga. større tab af ammonium og organisk N.
- Fosfortab øgedes markant fra 50,6 kg TP i P1 til henholdsvis 210,9 og 165,7 i P2 og P3. Tabet var især i form af opløst P, hvilket kan skyldes reduktiv opløsning af jernoxider
- TOC-tabet steg betydeligt efter hævnings af vandstanden, sandsynligvis pga. anaerobe forhold, der førte til større dekomposition og mindre mineralisering.

Summary

The lowland area at Lobæk (212 ha) is part of the project “*Monitoring of nitrogen removal and phosphorus retention in carbon-rich lowland areas*” under the national research program NIFA. The purpose was to investigate the effect of raised water levels on the transport and retention of nitrogen (N), phosphorus (P), and organic carbon (TOC) in carbon-rich lowland soils. The water level in the project area at Lobæk was raised in April–May 2022 by simply blocking the ditches in the project area. Monitoring covered the period from May 2021 to April 2024, i.e., one year before and two years after raising the water level.

The Lobæk area is located on a sandy meltwater plain in Southwest Jutland and receives water from four streams (Annasmindevej, N20AA, Nørhede Bæk, and Vestereng Bæk), which converge at the Mid-station and discharge via Søbækken. The total catchment area is 1,533 ha. The dominant soil type in the catchment is sandy soil, and land use is primarily agriculture (65–87%).

Discharge was measured at the four stream inlets to the project area, at their confluence (the mid-station), and at the outlet. Q/h stations with pressure sensors and Doppler instruments were installed to calculate flow, and automatic water sampling (ISCO samplers) was conducted every 3 hours and pooled into daily and weekly samples. Analyses of water samples included TN, NO_3^- -N, NH_4^+ -N, organic N, TP unfiltered, TP filtered, phosphate (SRP), particulate P (PP), TOC, and sulfate.

Statistical analyses were carried out on the measured inflow and outflow of nutrients, using monthly averages to examine differences between inflow and outflow as well as between years.

Annual discharge varied considerably between years. Before the water level was raised (P1), discharge at the outlet was 4.74 million m^3 . In the first year after raising the water level (P2), discharge dropped to 3.60 million m^3 , after which it increased to 5.44 million m^3 in the second year (P3). Precipitation varied from 1036 mm in P1, to 894 mm in P2, and 1199 mm in P3.

Nitrate constituted the dominant nitrogen fraction (74–85% of the flow-weighted TN concentrations). Nitrate concentrations generally declined from inflow to outflow both before and after raising the water level, i.e. from approx. 3.2 to 2.5 mg NO_3^- -N L^{-1} .

The year before raising the water level ammonium concentrations at the inflows ranged between 0.036 and 0.060 with exception of N20A with a mean of 0.112 mg NH_4^+ -N L^{-1} . In the first year after raising the water table (P2) inlet concentrations were stable around 0.05 mg NH_4^+ -N L^{-1} , while the outflow concentration temporarily increased to 0.184 mg NH_4^+ -N L^{-1} , after which it decreased to 0.112 mg NH_4^+ -N L^{-1} in P3.

Organic N concentrations made up around 13–14% of the nitrogen fraction at the inflow and around 20% at the outlet.

Particulate phosphorus (PP) constituted approx. two-thirds of TP. TP was highest in P2 (0.13 mg L^{-1} at the outlet) and decreased to 0.096 mg TP L^{-1} in P3. The dissolved fractions, phosphate and non-reactive dissolved

phosphorus (SRP and SNRP), increased slightly but significantly after the water level was raised.

There was an increase in TOC concentration from inflow to outflow in all years, most markedly after the water level increase.

There was a loss of nitrogen from the project area in all years. In the year before the water level increase (P1) 3.8 kg TN ha⁻¹ yr⁻¹ were lost, and in the first year after the increase (P2) losses rose to 6.2 kg ha⁻¹ yr⁻¹, decreasing again to 3.1 kg ha⁻¹ yr⁻¹ in the second year (P3). Nitrate showed modest retention in all years, highest in P3 at 6.3 kg NO₃⁻-N ha⁻¹ yr⁻¹ (9.4%). There were losses of ammonium and organic N in all years of 1.12–2.72 kg NH₄⁺-N ha⁻¹ yr⁻¹ and 4.72–8.19 kg TON ha⁻¹ yr⁻¹, respectively.

Before the water level increase, there was a small TP loss of 0.2 kg ha⁻¹ yr⁻¹. After raising the water level, losses rose to 1.0 kg ha⁻¹ yr⁻¹ in P2 and to 0.78 kg ha⁻¹ yr⁻¹ in P3. The dissolved P fractions accounted for the majority of P losses.

There were large losses of TOC in all years. Before the water level increase, losses were 156 kg ha⁻¹ yr⁻¹ (-76% relative to load), and in the first year after the increase, losses were 134 kg ha⁻¹ yr⁻¹ (-95%), while in the second year the loss increased to 213 kg ha⁻¹ yr⁻¹ (-91%).

The effects of raising the water level were complex and influenced by variations in precipitation and discharge. Overall, the following effects were observed:

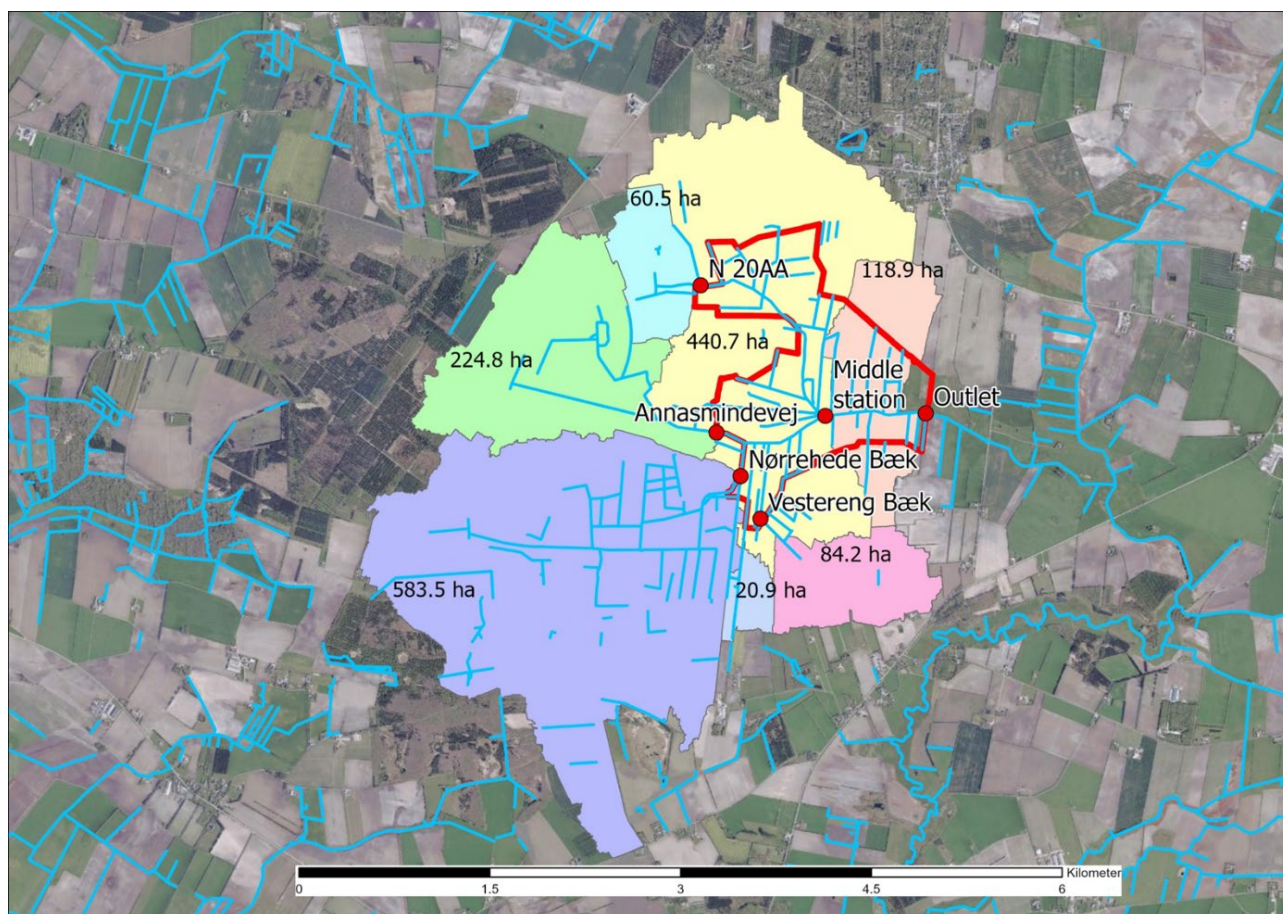
- Nitrate retention increased slightly after the water level rise, but total N losses increased due to greater losses of ammonium and organic N.
- Phosphorus losses increased markedly from 50.6 kg TP in P1 to 210.9 and 165.7 kg TP in P2 and P3, respectively. Losses were primarily in the form of dissolved P, likely due to reductive dissolution of iron oxides.
- TOC losses increased significantly after the water level rise, likely due to anaerobic conditions leading to greater decomposition and reduced mineralisation.

1 Introduktion

1.1 Lokalitet

Projektområdet Lobæk ved Øbjerg udgør 212 ha og består af stærk jern- og fosforholdig tørvejord. Området ligger på smeltevandssletten i det sydvestlige Jylland og er derfor præget af en sandet geologi. Projektområdet har indløb fra 4 små vandløb, der løber sammen omtrent midt i området, kaldet midterstationen, og herfra løber videre til udløbet som Søbækken.

Det samlede opland er 1533 ha fordelt på 6 deloplande, hvoraf det største er deloplandet til Nørrehede Bæk (583,5 ha) efterfulgt af Midterstationen (440,7 ha) og Annasmindevej (224,8 ha). Mellem midterstationen og udløbet er et delopland på 118,9 ha med drænindløb til Søbækken. Herudover er der 2 mindre deloplande, Vestereng Bæk (84,2 ha) og N20AA (60,5 ha) samt et delopland (20,9 ha), som det ikke har været muligt præcist at bestemme om det hører til Vestereng Bæk eller Nørrehede Bæk – eller ingen af dem – men som under alle omstændigheder løber til midterstationen (Figur 1.1).



Figur 1.1. Deloplande til Lobæk-projektområdet.

Tabel 1.1. Arealopgørelser for de enkelte deloplande fordelt på natur, landbrug og bebyggelser samt jordtyper fordelt på sand, ler, tørv samt ukendt jordtype

Lokalitet	Type	Oplands- areal ha	Natur ha	Befæstet ha	Landbrug ha	Landbrug %	Jordtype fordeling			
							Sand %	Ler %	Tørv %	Ukendt %
Annasmindevej	delopland	224,8	63,0	14,5	147,3	65,5	78,2	6,8	6,5	8,5
N 20AA	delopland	60,5	2,2	5,4	52,9	87,4	76,5	4,0	7,7	11,8
Nørhede Bæk	delopland	583,5	126,3	42,3	414,8	65,5	50,8	38,5	1,0	9,8
Vestereng Bæk	delopland	84,2	0,8	2,6	80,8	73	53,7	42,3	0	4,1
Midterstation	delopland	440,7	27,3	36,9	373,1	84,6	58,6	9,6	18,9	13,0
Suppl. opland	delopland	20,9	2,0	0,6	18,3	87,4	3,2	86,9	2,8	7,1
Udløbet	delopland	118,9	7,2	7,4	104,3	87,2	48,1	27,8	23,4	10,6
Lobæk samlet	opland	1533,5	232,1	109,9	1191,6	77,7	57,3	23,4	8,9	10,3

Med undtagelse af det lille supplerende delopland med 86,9 % ler er de øvrige deloplande domineret af sandede jordtyper (Tabel 1.1). Arealanvendelsen i alle deloplande er hovedsagelig landbrug (65,5 – 87,4 %).

Den årlige middel lufttemperatur i monitoringsperioden, 1.5 2021 – 31.4 2024 var 9,8 °C.

På Figur 1.1 omkranser den røde streg projektområdet, men afslører samtidig, at deloplandet midterstation både er en del af projektområdet og del af et umålt opland, idet der ikke er nogen tilløb herfra. Det umålte opland er på 378,3 ha. Ligeledes er der et umålt delopland ved udløbet på 60,1 ha.

2 Materialer og metoder

2.1 Instrumentering og måleudstyr

Ved alle målestationer (Annasmindevej, N 20AA, Nørhede Bæk, Vestereng Bæk, Midterstation og Udløbet) blev der opstillet Q/h stationer til måling af vandstand og vandføring. Vandføring blev målt med vingeinstrument suppleret med akustisk Doppler ved Midterstation og udløbet (Teledyne RD Instruments Streampro, USA). Vandstanden blev logget med Arduino logger påmonteret en tryksensor (Arduino MKRWAN 1300 og BD Sensors DCL532). Ved alle stationer blev der foretaget automatisk vandprøvetagning med ISCO 3700 vandprøvetagere. Der blev taget en vandprøve hvert 3. time, som blev puljet til en daglig prøve i 1 L flasker. Disse blev herefter puljet til ugentlige prøver. Der blev desuden taget en punktprøve hver 3. uge.

2.2 Analyser

2.2.1 vandprøver

Ufiltrerede ISCO- og punktprøver fra overfladevand blev analyseret for suspenderet stof (DS/EN 872, 2005). Ufiltrerede ISCO-prøver og punktprøver blev analyseret for total organisk kulstof (TOC) og totalt kvælstof (TN) med en TOC-L analyser med et TNM-L modul (Shimadzu) jævnfør European Standard Methods DIN EN 1484 (2019) og DIN EN 12260 (2003). Total ufiltreret fosfor ($TP_{\text{ufiltreret}}$) blev målt på et Shimadzu UV1900 i spektrofotometer jævnfør Danish European Standard Method DS/EN 6878 (2004). ISCO prøver og punktprøver blev herefter også filtreret med et 0.45 μm membranfilter (ADVANTEC mixed cellulose ester filter, Frisinet), hvorefter alle prøver blev analyseret for TP (DS/EN 6878, 2004). Ammonium ($\text{NH}_4\text{-N}$) og fosfat ($\text{PO}_4\text{-P}$, også benævnt SRP (opløst reaktivt P)) blev analyseret på en SEAL Analytical AA500 Autoanalyser med en SEAL AS4 sampler. Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$), nitrit ($\text{NO}_2\text{-N}$), og sulfat (SO_4) blev bestemt ved ionchromatografi på ionchromatograf (Dionex ICS-1500, Dionex Corporation) med anion micromembran suppressor (AMMS III 4 mm) som basisk eluent under anvendelse af metode DS/EN ISO 10304-1 (1996). Prøverne til denne analyse blev filtreret en ekstra gang gennem et 0.22 μm nylon filter (Q-MAX GPF syringe filters, Frisenette).

Total organisk N (TON) er beregnet som differensen mellem total N og mineralsk N. $\text{TON} = \text{TN} - \text{NH}_4\text{-N} - \text{NO}_3\text{-N} - \text{NO}_2\text{-N}$. Partikulært bundet fosfor, PP, er beregnet som $TP_{\text{ufiltreret}} - TP_{\text{filtreret}}$.

2.2.2 Statistik

De oprindelige data udgøres af døgntransporter for en række forskellige næringsstoffer og fraktioner ved de 4 indløbsstationer og udløbsstationen. Der er estimeret en samlet døgntransport for indløbet til projektområdet (i.e. de 4 indløbsstationer) samt for den samlede døgntransport ved udløbet fra projektområdet.

Der er estimeret døgntransporter for en periode på i alt tre år; ét år før hævning (P1) af vandstanden og to år efter (P2 og P3).

Til brug i den statistiske analyse blev der først beregnet en forskel mellem døgntransporten i udløbet og den tilsvarende døgntransport i indløbet. Forskellen beregnes for samhørende døgn i den 3-årige periode. Derefter beregnes en gennemsnitlig forskel for hver kalendermåned i den 3-årige periode, således at man har 12 observationer pr. år. Det er disse data, der anvendes i den statistiske analyse, og månedsgennemsnit fjerner den serielle korrelation, der er til stede i data på døgnniveau.

Data for hvert af de to år efter hævnning af vandstanden blev sammenlignet med data fra før hævnning af vandstanden. Det blev undersøgt, om der var forskelle mellem ud- og indløbskoncentrationer både indenfor det samme måleår og mellem året før hævnning af vandstanden og et af årene efter hævnning af vandstanden, dvs. der blev testet om:

H_0 : Gennemsnitlig forskel før hævnning = Gennemsnit forskel 1. år efter hævnning

og tilsvarende om:

H_0 : Gennemsnitlig forskel før hævnning = Gennemsnit forskel 2. år efter hævnning.

Til de statistiske analyser anvendtes PROC MODEL i SAS®.

Forudsætningen for de statistiske analyser er en antagelse om, at de gennemsnitlige forskelle stammer fra normalfordelinger med forskellige middelværdier (én for et givet år) og ens varianser. Dvs. data har en middelværdi som er afhængig af observationsåret, men alle data har den samme varians over hele perioden. Lad de tre forskellige middelværdier være benævnt ved μ_i for $i=0,1,2$.

Alle 36 månedsværdier anvendes i en statistisk model, hvor middelværdien afhænger af året.

Analysen består i at teste følgende to statistiske hypoteser:

$H_0: \mu_0 = \mu_i, i=1,2$ mod

$H_1: \mu_0 \neq \mu_i, i=1,2$

Testen af H_0 foretages ved et likelihood ratio test. Idet i kan antage to forskellige værdier er der tale om to analyser.

Desuden undersøges der i den statistiske analyse om data udviser seriel korrelation. Til dette anvendes en Breusch-Godfrey test.

2.3 Hævning af vandstand

Vandstanden i projektområdet blev hævet ved simpel blokering af blokering af dræn og grøfter i projektområdet (Figur 2.1). Dette blev foretaget i perioden 26. april 2022 – 24. maj 2022.

Figur 2.1. Eksempel på blokering af grøft med det formål at hæve vandstanden i projektområdet.



3 Resultater

3.1 Vandbalance

De målte vandføringer ved indløbsstationerne, Annasmindevej, N 20AA, Nørhede Bæk og Vestereng Bæk benævnes samlet for **Ind**, og vandføringen ved deres sammenløb midterstationen benævnes **Midt**. Udløbet af vand fra projektområdet via Søbækken benævnes **Ud**. Vandføringerne er opgjort på årsbasis, P1, P2, og P3, hvor P1 er vandføringen året før hævnings af vandstanden i projektområdet (1.5.2021 – 30.4.2022), og P2, og P3 er vandføringen henholdsvis første og andet år efter hævnings af vandstanden (henholdsvis 1.5.2022 – 30.4.2023 og 1.5.2023 – 30.4.2024) (Tabel 3.1). Vandføringer er også beregnet som gennemsnitlige dagsværdier og som gennemsnit i $L s^{-1}$ (Figur 3.1 samt Tabel 3.2 og Tabel 3.3). Blokering af grøfterne medførte en vandstandsstigning på ca. 1 meter i projektområdet

Tabel 3.1. Årlig vandføring i m^3 pr. år i de 4 indløb, summeret vandføring ind i projektområdet (Ind sum), ved Midterstationen, og i Udløbet (Ud).

P	Annasminde	N20AA	Nørrehede	Vestereng $m^3 \text{ år}^{-1}$	Ind Sum	midterstation	Ud
1	883448	453095	780607	566361	2683512	4063701	4737863
2	682646	411884	555682	389768	2039980	3171863	3600406
3	999534	526274	991107	744011	3260925	5131653	5435686

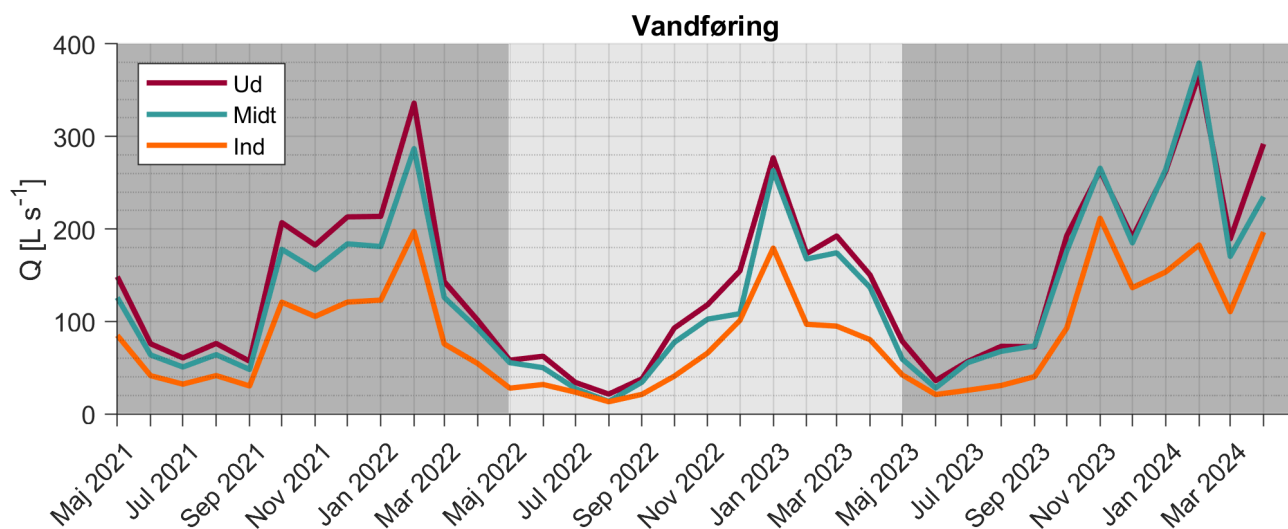
Tabel 3.2. Gennemsnitlig daglig vandføring i m^3 pr. dag i indløbene Ind, ved midterstationen, Midt, og i Udløbet, Ud.

	P1	P2 $m^3 \text{ dag}^{-1}$	P3
Ind	7352	5589	8910
Midt	11133	8690	14021
Ud	12980	9864	14852

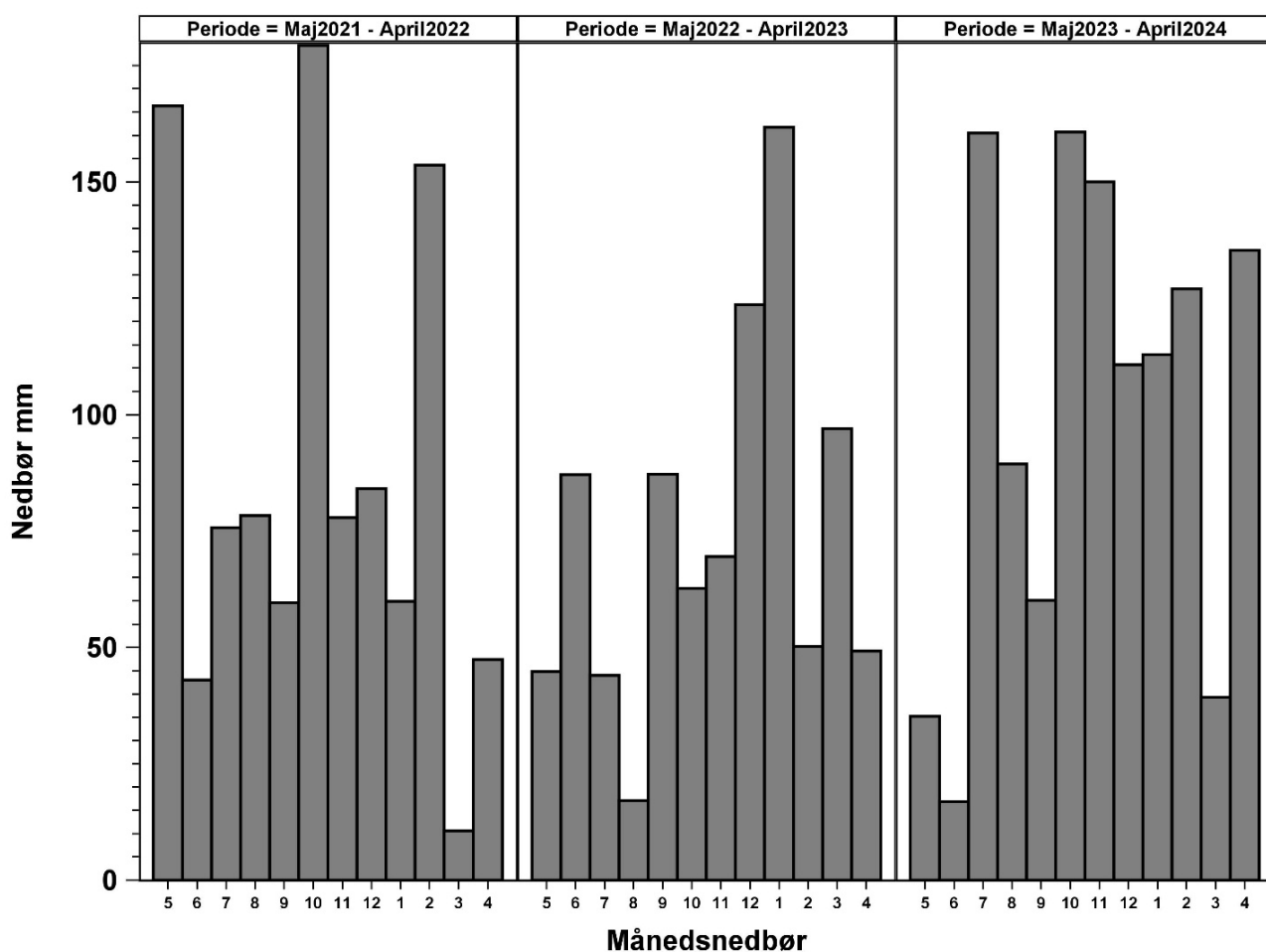
Tabel 3.3. Gennemsnitlig vandføring i liter per sekund i indløbene Ind, ved midterstationen, Midt, og i Udløbet, Ud.

	P1	P2 $L s^{-1}$	P3
Ind	85	65	103
Midt	129	101	162
Ud	150	114	172

Nedbøren i de tre måleår er vist på Figur 3.2. Den samlede nedbør i året før hævnings af vandstanden var på 1035,7 mm, i første år efter hævnings af vandstanden 894,1 mm og i andet år 1198,5 mm (korrigeret nedbør DMI).



Figur 3.1. Vandføringerne i indløbene (Ind), ved Midterstationen (Midt) og i Udløbet (Ud) fra projektområdet, via Søbækken. Enhed: L s⁻¹.



Figur 3.2. Korrigeret nedbør fra DMI for de tre måleår P1 (1.5.2021 – 30.4.2022) P2 (1.5.2022 – 30.4.2023) og P3 (1.5.2023 – 30.4.2024).

3.2 Næringsstoffer

De målte ammoniumkoncentrationer fra de fire indløb, midterstationen og udløbet er vist på Figur 3.3. Før hævnings af vandstanden på projektarealet lå koncentrationerne i indløbene som simpelt gennemsnit mellem 0,036 – 0,060 mg NH₄⁺-N L⁻¹ med undtagelse af N20AA med 0,102 mg NH₄⁺-N L⁻¹. Ved midterstationen

og i udløbet var gennemsnitskoncentrationerne henholdsvis 0,066 og 0,083 mg $\text{NH}_4^+\text{-N L}^{-1}$. I første periode efter hævnings af vandstanden (Figur 3.3) bemærkes specielt højere ammoniumkoncentrationer ved midterstationen og udløbet, men det skal bemærkes, at der ikke foreligger målinger for hele perioden. I anden periode efter hævnings af vandstanden lå indløbskoncentrationerne som simpelt gennemsnit i området 0,047 – 0,051 mg $\text{NH}_4^+\text{-N L}^{-1}$, og på henholdsvis 0,072 og 0,066 mg $\text{NH}_4^+\text{-N L}^{-1}$ ved midterstationen og ved udløbet.

Det skal bemærkes, at der ved alle transportberegningerne er anvendt vandføringsvægtede koncentrationer (se tabellerne 3.4-3.6).

Nitratkoncentrationerne gennem alle tre perioder er vist på Figur 3.4. Indløbet ved Annasmindevej havde både den højeste vandføring (Tabel 1.1) og de højeste nitratkoncentrationer gennem alle tre perioder, hvor det simple gennemsnit for P1 lå på 5,198 mg $\text{NO}_3^-\text{-N L}^{-1}$, for P2 på 5,485 mg $\text{NO}_3^-\text{-N L}^{-1}$ og for P3 på 4,880 mg $\text{NO}_3^-\text{-N L}^{-1}$. N20AA havde både den laveste vandføring og de laveste nitratkoncentrationer gennem alle tre perioder med simple gennemsnit for P1, P2 og P3 på henholdsvis 1,430 mg $\text{NO}_3^-\text{-N L}^{-1}$, 1,645 mg $\text{NO}_3^-\text{-N L}^{-1}$ og 0,982 mg $\text{NO}_3^-\text{-N L}^{-1}$. Indløbet til projektområdet fra det største delopland (583,5 ha), Nørrehede Bæk, havde kun den næsthøjeste vandføring (Tabel 3.1), og rimelig konstante nitratkoncentrationer omkring 2 mg $\text{NO}_3^-\text{-N L}^{-1}$ (Figur 3.4). For det sidste indløb, Vestereng Bæk, varierede nitratkoncentrationerne meget gennem alle tre måleperioder. De simple gennemsnit lå på henholdsvis 2,333 mg $\text{NO}_3^-\text{-N L}^{-1}$, 2,397 mg $\text{NO}_3^-\text{-N L}^{-1}$ og 1,757 mg $\text{NO}_3^-\text{-N L}^{-1}$ for P1, P2 og P3, men dækker altså over store variationer inden for hver periode. Ved midterstationen, hvor alle fire indløb løber sammen, lå de resulterende simple gennemsnit på 2,819 mg $\text{NO}_3^-\text{-N L}^{-1}$ for P1, på 2,754 mg $\text{NO}_3^-\text{-N L}^{-1}$ for P2 og på 2,130 mg $\text{NO}_3^-\text{-N L}^{-1}$ for P3. Ved udløbet fra projektområdet, Søbækken, var nitratkoncentrationerne meget lig midterstationen (Figur 3.4). Dog var de simple gennemsnit en smule lavere, idet de for P1, P2 og P3 lå på hhv. 2,466 mg $\text{NO}_3^-\text{-N L}^{-1}$, 2,586 mg $\text{NO}_3^-\text{-N L}^{-1}$ og 1,948 mg $\text{NO}_3^-\text{-N L}^{-1}$.

Tabel 3.4. Vandføringsvægtede kvælstofkoncentrationer i perioden 1.5.2021 – 30.4.2022 før hævnings af vandstanden (P1).

Periode 1	TN	$\text{NO}_3^-\text{-N}$	$\text{NH}_4^+\text{-N}$	TON
	mg N L ⁻¹			
Ind	3,887	3,269	0,081	0,537
Midt	3,530	2,746	0,112	0,672
Ud	3,244	2,493	0,115	0,636

Tabel 3.5. Vandføringsvægtede kvælstofkoncentrationer i perioden 1.5.2022 – 30.4.2023 efter hævnings af vandstanden (P2).

Periode 2	TN	$\text{NO}_3^-\text{-N}$	$\text{NH}_4^+\text{-N}$	TON
	mg N L ⁻¹			
Ind	3,872	3,259	0,065	0,549
Midt	3,789	2,752	0,187	0,850
Ud	3,432	2,498	0,211	0,723

Tabel 3.6. Vandføringsvægtede kvælstofkoncentrationer i perioden 1.5.2023 – 30.4.2024 efter hævnning af vandstanden (P3).

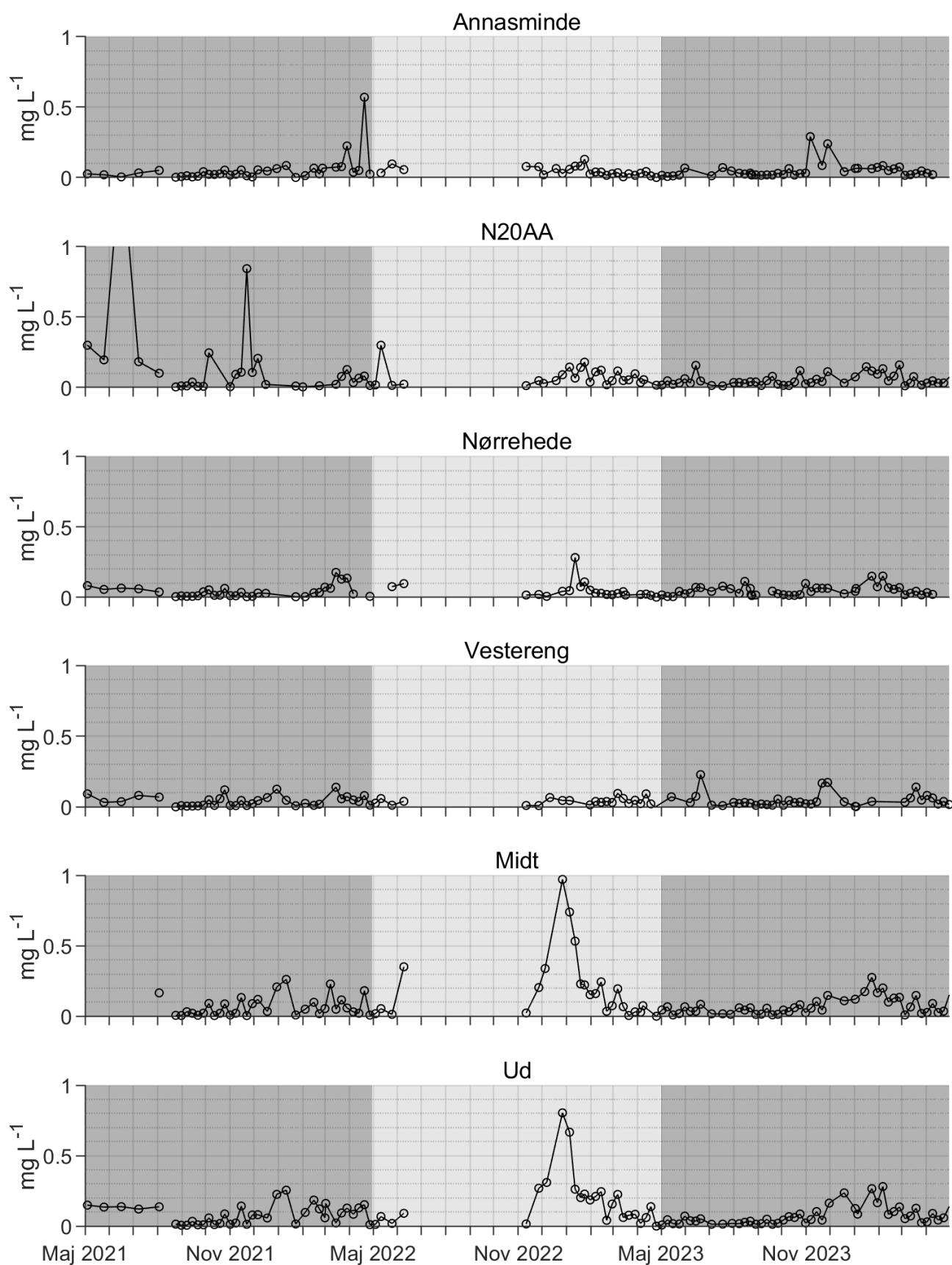
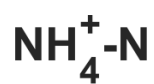
Periode 3	TN	NO ₃ ⁻ -N	NH ₄ ⁺ -N	TON
	mg N L ⁻¹			
Ind	3,693	3,144	0,076	0,473
Midt	3,298	2,482	0,110	0,706
Ud	3,215	2,387	0,112	0,716

TON koncentrationerne (TON = TN – NH₄-N – NO₃-N – NO₂-N) varierede generelt set i indløbene mellem 0 og 1 mg TON l⁻¹ gennem alle 3 måleperioder. Det samme gjorde sig gældende ved midterstationen og i udløbet, men her var TON koncentrationerne en lidt højere (Figur 3.5). Gennem alle 3 måleår steg TON koncentrationerne fra indløb til udløb (tabellerne 3.4 – 3.6) mest markant efter hævnning af vandstanden.

Målingerne af TN udviser nøjagtigt samme mønster som nitrat. Da nitrat er den dominerende ion i alle målinger, kan man ved sammenligning af Figur 3.4 og 3.6 se, at nitrat og TN varierer på samme måde for både indløb, midterstation og udløb. Nitrat udgør mellem 73 og 95 % af TN af de målte koncentrationer og mellem 74 og 85 % af de vandføringsvægtede TN-koncentrationer. De beregnede simple gennemsnit for TN for de tre måleperioder er vist i Tabel 3.7 (se også tabellerne 3.4-3.6 for vandføringsvægtede koncentrationer).

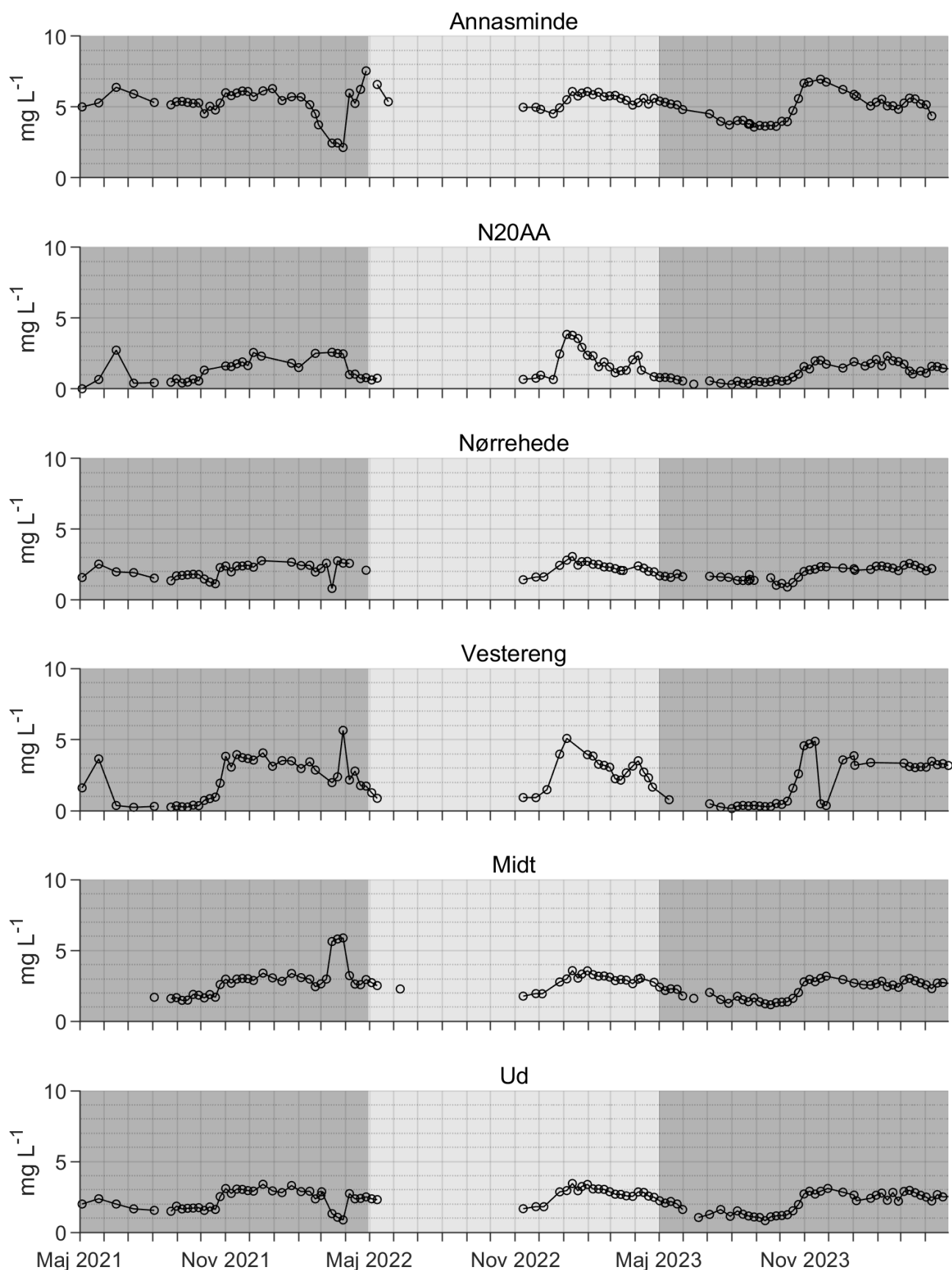
Tabel 3.7. Simple gennemsnit af målte TN-koncentrationer for indløbene, midterstationen og udløbet i de 3 måleperioder. Vist i relation til Figur 3.6.

P	Annasminde	N20AA	Nørrehede	Vestereng	Midterstation	Udløb
	mg TN L ⁻¹					
1	5,941	1,924	2,564	2,847	3,551	3,237
2	5,802	1,809	2,684	2,191	3,576	3,187
3	5,480	1,474	2,295	2,262	2,921	2,687

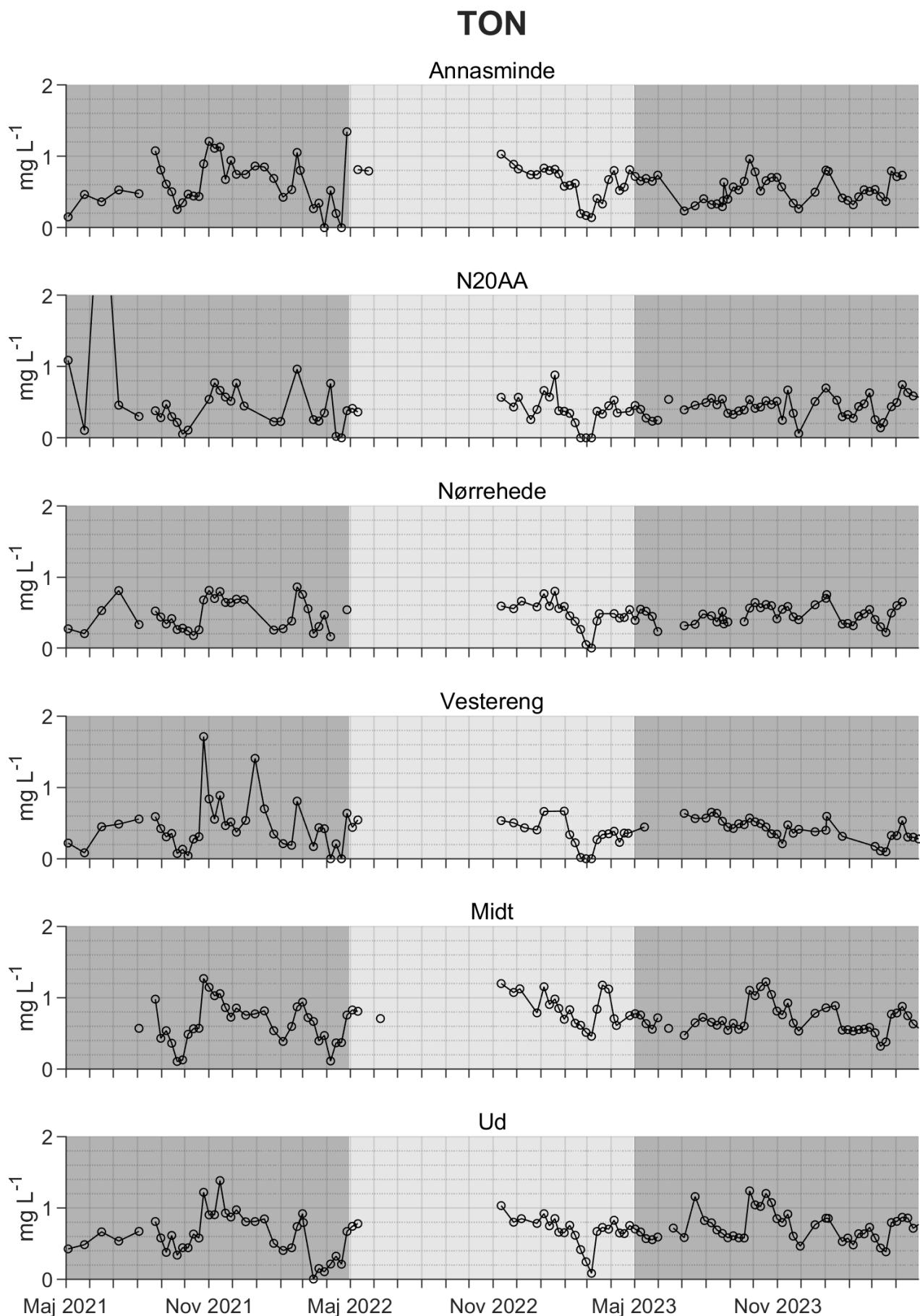


Figur 3.3. Målte koncentrationer af ammonium. Første mørkegrå sektion er perioden før hævnig af vandstanden, lysegrå første år efter og sidste mørkegrå 2. år efter hævnig af vandstanden.

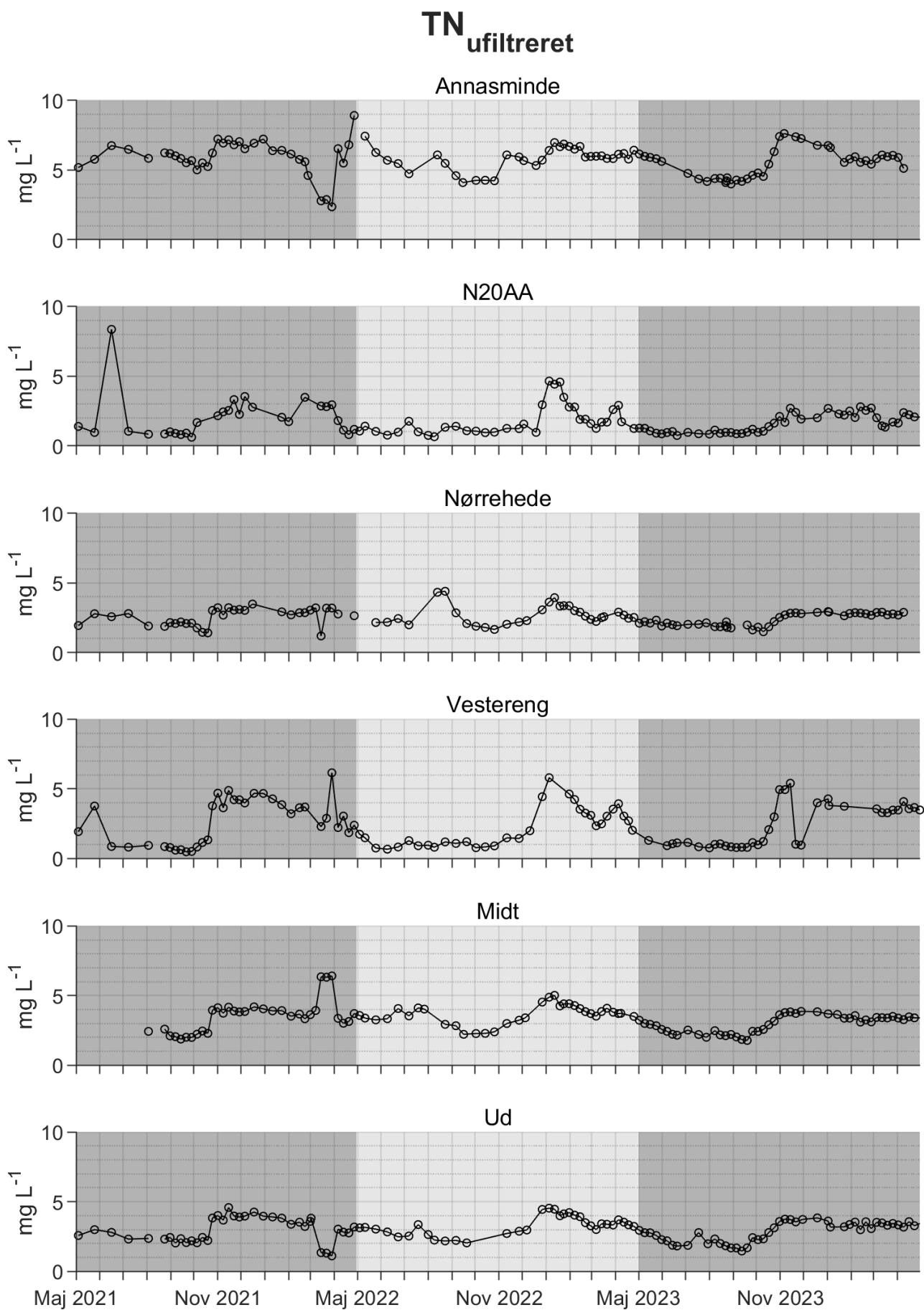
$\text{NO}_3^- \text{-N}$



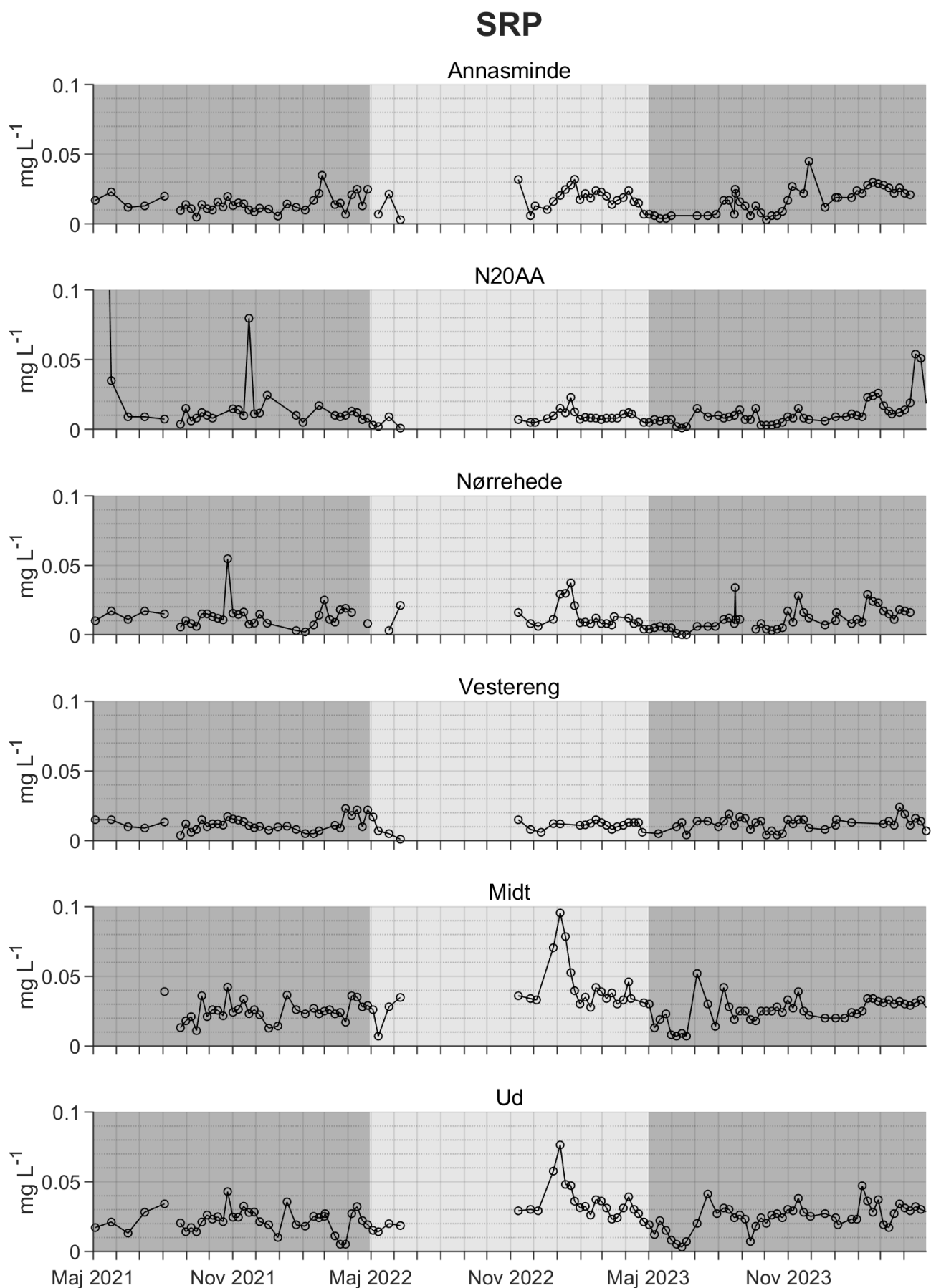
Figur 3.4. Målte koncentrationer af nitrat. Første mørkegrå sektion er perioden før hævnning af vandstanden, lysegrå første år efter og sidste mørkegrå 2. år efter hævnning af vandstanden.



Figur 3.5. Beregnede koncentrationer af organisk kvælstof ($\text{TON} = \text{TN} - \text{NH}_4\text{-N} - \text{NO}_3\text{-N} - \text{NO}_2\text{-N}$). Første mørkegrå sektion er perioden før hævnning af vandstanden, lysegrå første år efter og sidste mørkegrå 2. år efter hævnning af vandstanden.



Figur 3.6. Målte koncentrationer af TN. Første mørkegrå sektion er perioden før hævnning af vandstanden, lysegrå første år efter og sidste mørkegrå 2. år efter hævnning af vandstanden.



Figur 3.7. Målte koncentrationer af SRP ($\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$). Første mørkegrå sektion er perioden før hævnning af vandstanden, lysegrå første år efter og sidste mørkegrå 2. år efter hævnning af vandstanden.

De målte fosfatkoncentrationer (også kaldet SRP soluble reactive P) ligger generelt set som simpelt gennemsnit under 0,018 mg $\text{PO}_4^{3-}\text{-P L}^{-1}$ for alle indløbene i alle tre perioder. Dog er der enkelte toppe, der falder sammen med højere vandføring (Figur 3.7), og de vandføringsvægtede fosfatkoncentrationer ligger på samme niveau (Tabel 3.8 – 3.10). Ved midterstationen og i udløbet er de simple gennemsnit i fosfatkoncentrationerne før hævnings af vandstanden en anelse højere med henholdsvis 0,025 og 0,024 mg $\text{PO}_4^{3-}\text{-P L}^{-1}$. Efter hævnings af vandstanden ses specielt i det første år en markant top i januar 2023, der falder sammen med en top i vandføringen på samme tid (Figur 3.1 og Figur 3.7). I det andet år efter hævnings af vandstanden er fosfatkoncentrationerne ved midterstationen og i udløbet tilbage på samme niveau som før hævnings, hvilket også fremgår af de vandføringsvægtede koncentrationer (Tabel 3.8-Tabel 3.10).

Fosfatkoncentrationerne udgør $\frac{2}{3}$ af filtreret totalfosfor ($\text{TP}_{\text{filtreret}}$, se Figur 3.8), mens opløst ikke reaktivt fosfor (SNRP) udgør ca. $\frac{1}{3}$ af den opløste P fraktion (SNRP kun vist som gennemsnit i tabellerne Tabel 3.8-Tabel 3.10).

Den dominerende fosforfraktion både i indløb, ved midterstationen og i udløbet udgøres af partikulært fosfor (PP), som udgør ca. $\frac{2}{3}$ af TP, hvilket gælder for alle tre perioder. Overordnet set ligger PP koncentrationerne stabilt gennem alle tre måleår, når man ser bort fra enkelte tydelige toppe, der hænger sammen med høje vandføringer (se Figur 3.1). I de stabile perioder svinger således målestationerne Annasmindevej omkring 0,060 mg PP L^{-1} , N20AA omkring 0,048 mg PP L^{-1} , Nørrehede Bæk omkring 0,034 mg PP L^{-1} , Vestereng Bæk omkring 0,099 mg PP L^{-1} , midterstationen omkring 0,077 mg PP L^{-1} og udløbet omkring 0,060 mg PP L^{-1} (Figur 3.9). De vandføringsvægtede PP-koncentrationer er vist i tabellerne Tabel 3.8-Tabel 3.10. Generelt ses højere PP-koncentrationer ved høje vandføringer (Figur 3.9 og Figur 3.1).

Tabel 3.8. Vandføringsvægtede fosforkoncentrationer i perioden 1.5.2021 – 30.4.2022 før hævnings af vandstanden (P1).

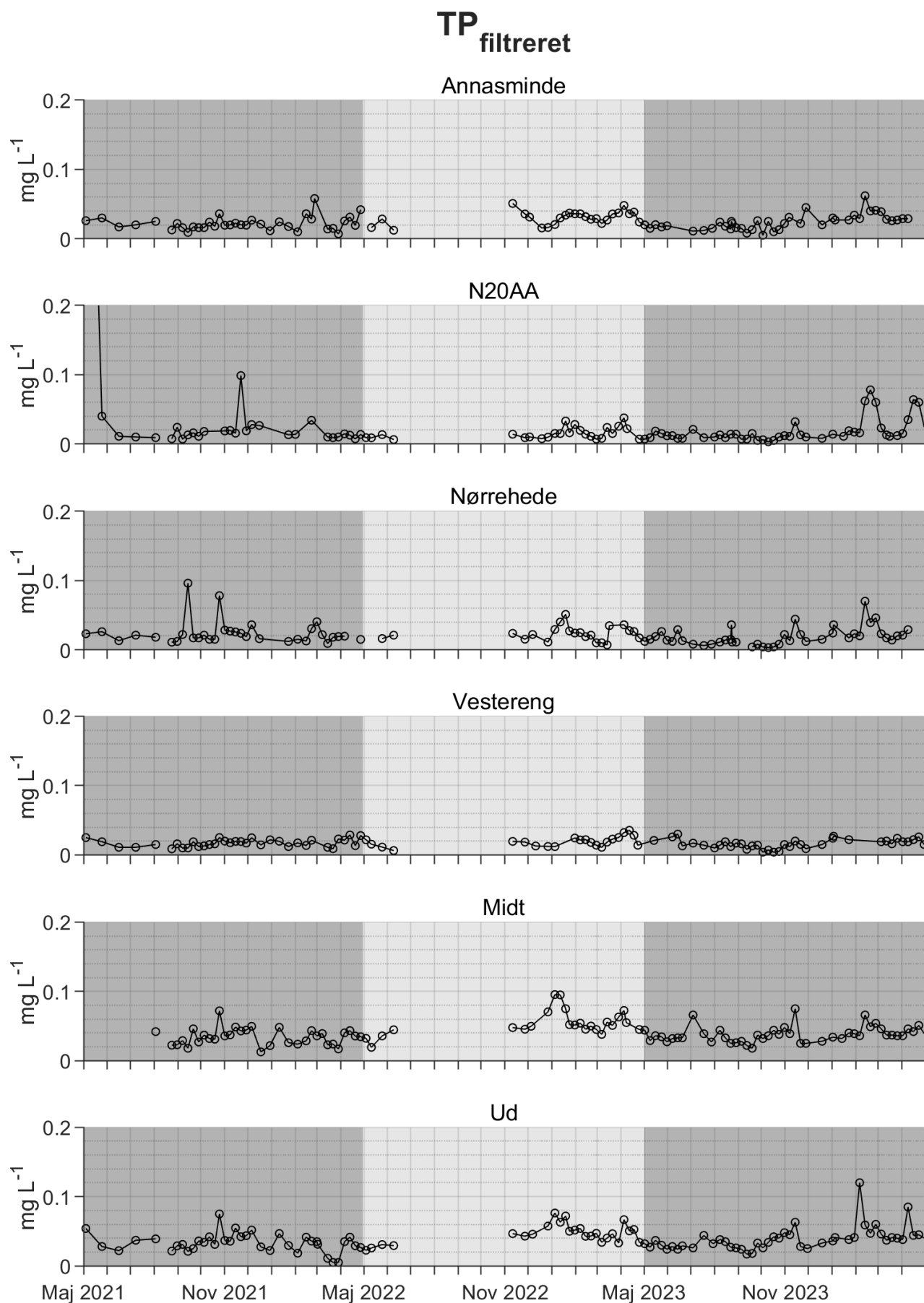
Periode 1	$\text{TP}_{\text{ufiltreret}}$	$\text{TP}_{\text{filtreret}}$	SRP	PP	SNRP
	mg P L^{-1}				
Indløb	0,108	0,027	0,019	0,081	0,009
Midterstation	0,096	0,037	0,029	0,058	0,008
Udløb	0,078	0,036	0,024	0,042	0,012

Tabel 3.9. Vandføringsvægtede fosforkoncentrationer i perioden 1.5.2022 – 30.4.2023 efter hævnings af vandstanden (P2).

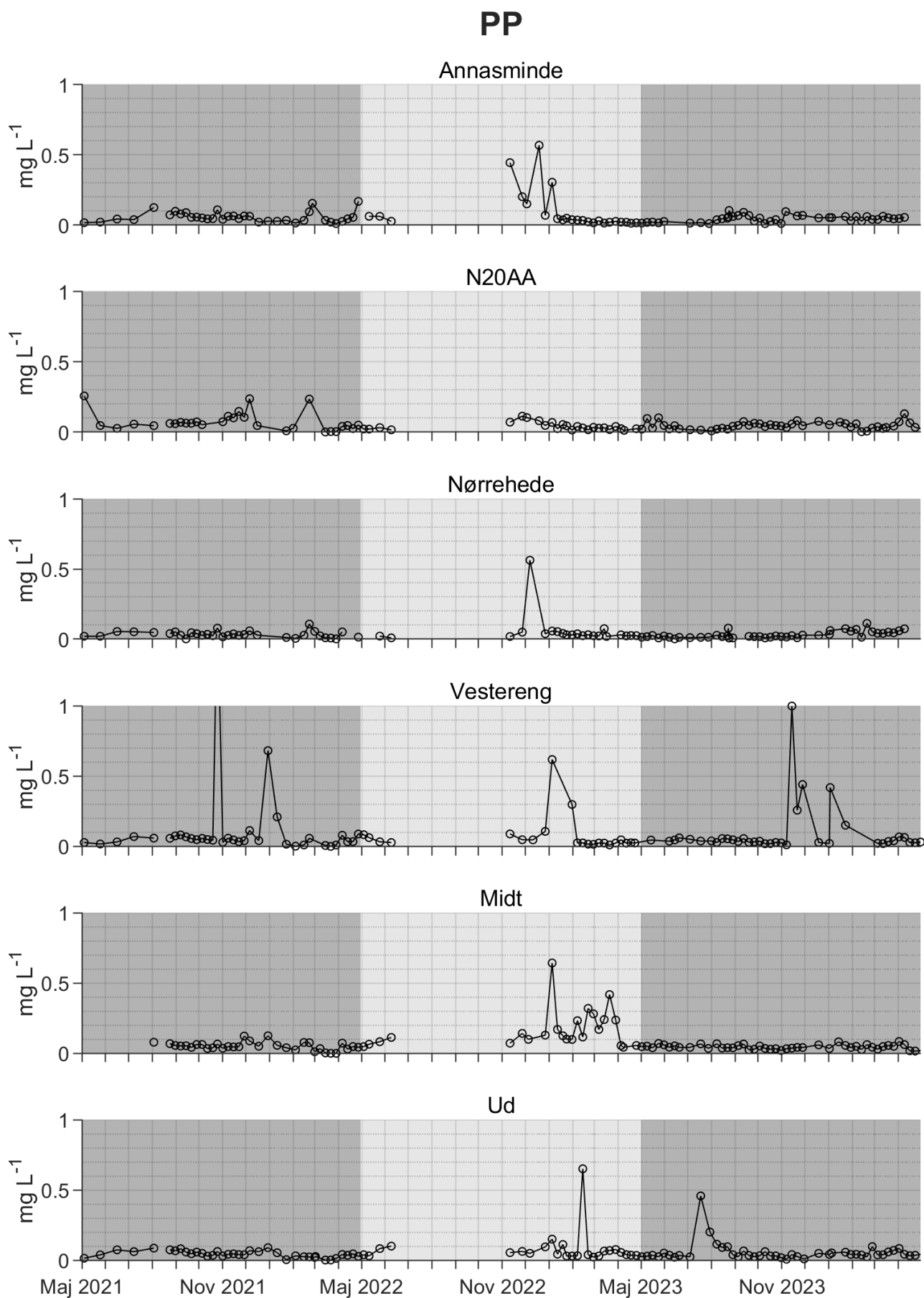
Periode 2	$\text{TP}_{\text{ufiltreret}}$	$\text{TP}_{\text{filtreret}}$	SRP	PP	SNRP
	mg P L^{-1}				
Indløb	0,120	0,024	0,015	0,097	0,009
Midterstation	0,225	0,056	0,042	0,169	0,014
Udløb	0,132	0,048	0,035	0,084	0,014

Tabel 3.10. Vandføringsvægtede fosforkoncentrationer i perioden 1.5.2023 – 30.4.2024 efter hævnings af vandstanden (P3).

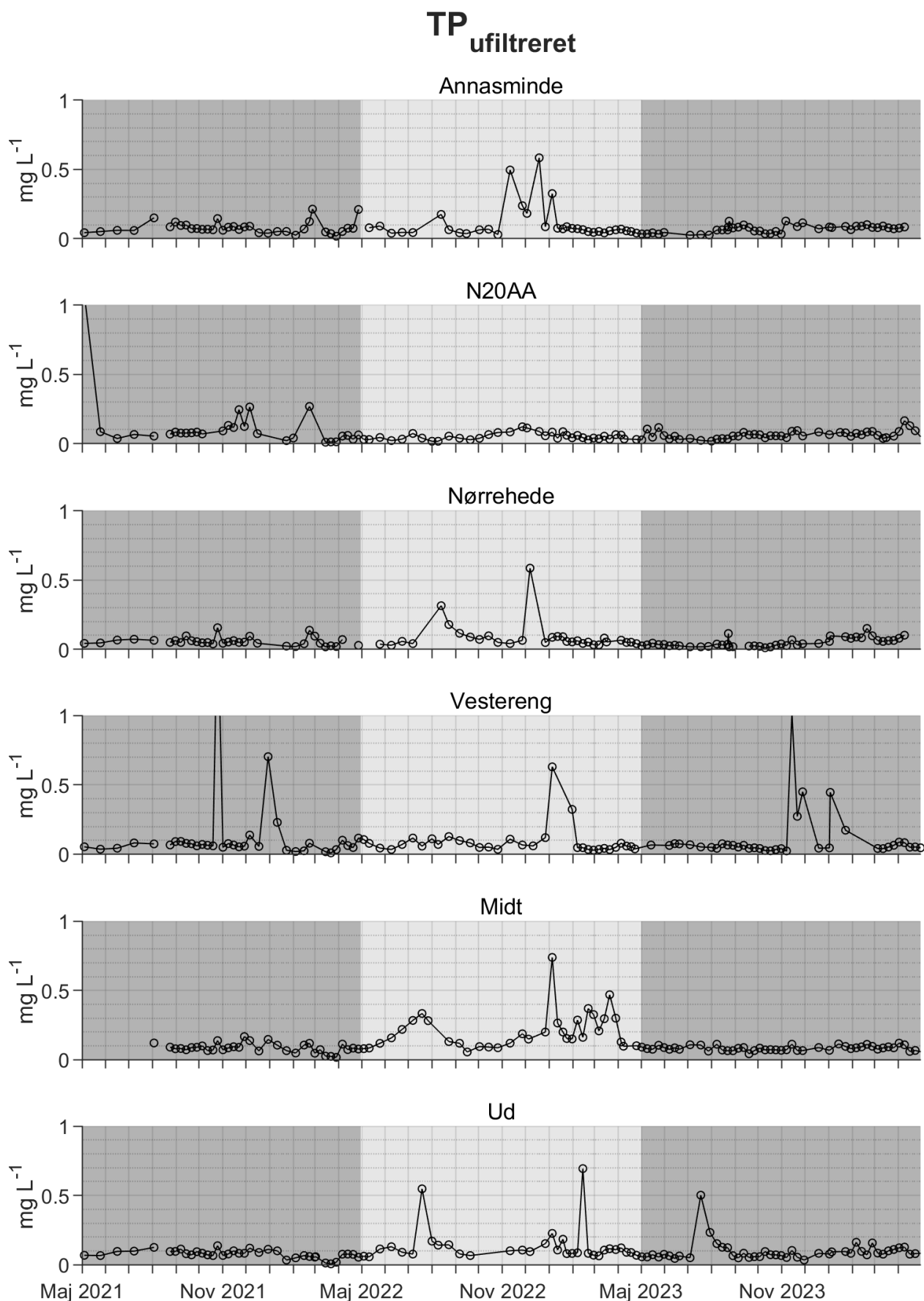
Periode 3	$\text{TP}_{\text{ufiltreret}}$	$\text{TP}_{\text{filtreret}}$	SRP	PP	SNRP
	mg P L^{-1}				
Indløb	0,096	0,026	0,018	0,070	0,008
Midterstation	0,085	0,041	0,028	0,044	0,013
Udløb	0,096	0,045	0,030	0,049	0,015



Figur 3.8. Målte koncentrationer af filtreret TP (TP_{filtreret}). Første mørkegrå sektion er perioden før hævnning af vandstanden, lysegrå første år efter og sidste mørkegrå 2. år efter hævnning af vandstanden. I perioden maj 2021 til oktober 2021 er det kun punktprøver, og derefter puljede prøver taget hver 3. time



Figur 3.9. Partikulære P koncentrationer (PP) beregnet som $TP_{\text{filtreret}} - TP_{\text{filtreret}}$. Første mørkegrå sektion er perioden før hævn-
ning af vandstanden, lysegrå første år efter og sidste mørkegrå 2. år efter hævnning af vandstanden. I perioden maj 2021 til okto-
ber 2021 er det kun punktprøver, og derefter puljede prøver taget hver 3. time.



Figur 3.10. Målte koncentrationer af ufiltreret TP (TP_{ufiltreret}). Første mørkegrå sektion er perioden før hævnning af vandstanden, lysegrå første år efter og sidste mørkegrå 2. år efter hævnning af vandstanden. I perioden maj 2021 til oktober 2021 er det kun punktprøver, og derefter puljede prøver taget hver 3. time. TP_{ufiltreret} for Vestereng er på 1,8 mg TP i oktober 2021 (uafsluttet top).

De målte TP-koncentrationer ($TP_{\text{ufiltreret}}$) afspejler mønstret der ses for PP, der som nævnt udgør den største fraktion af $TP_{\text{ufiltreret}}$. I det første år efter vandstandshævningen er TP koncentrationerne lidt højere (Figur 3.10), men falder igen i det andet år efter vandstandshævningen. Dette fremgår både af de simple gennemsnit (Tabel 3.11 med undtagelse af N20AA og Vestereng Bæk) og af de vandføringsvægtede TP-koncentrationer, der endda er lavere end i året før vandstandshævning (Tabel 3.8-Tabel 3.10).

Tabel 3.11. Simple gennemsnit af ufiltrerede TP-koncentrationer for indløbene, midterstationen og udløbet i de tre måleperioder. Vist i relation til Figur 3.10.

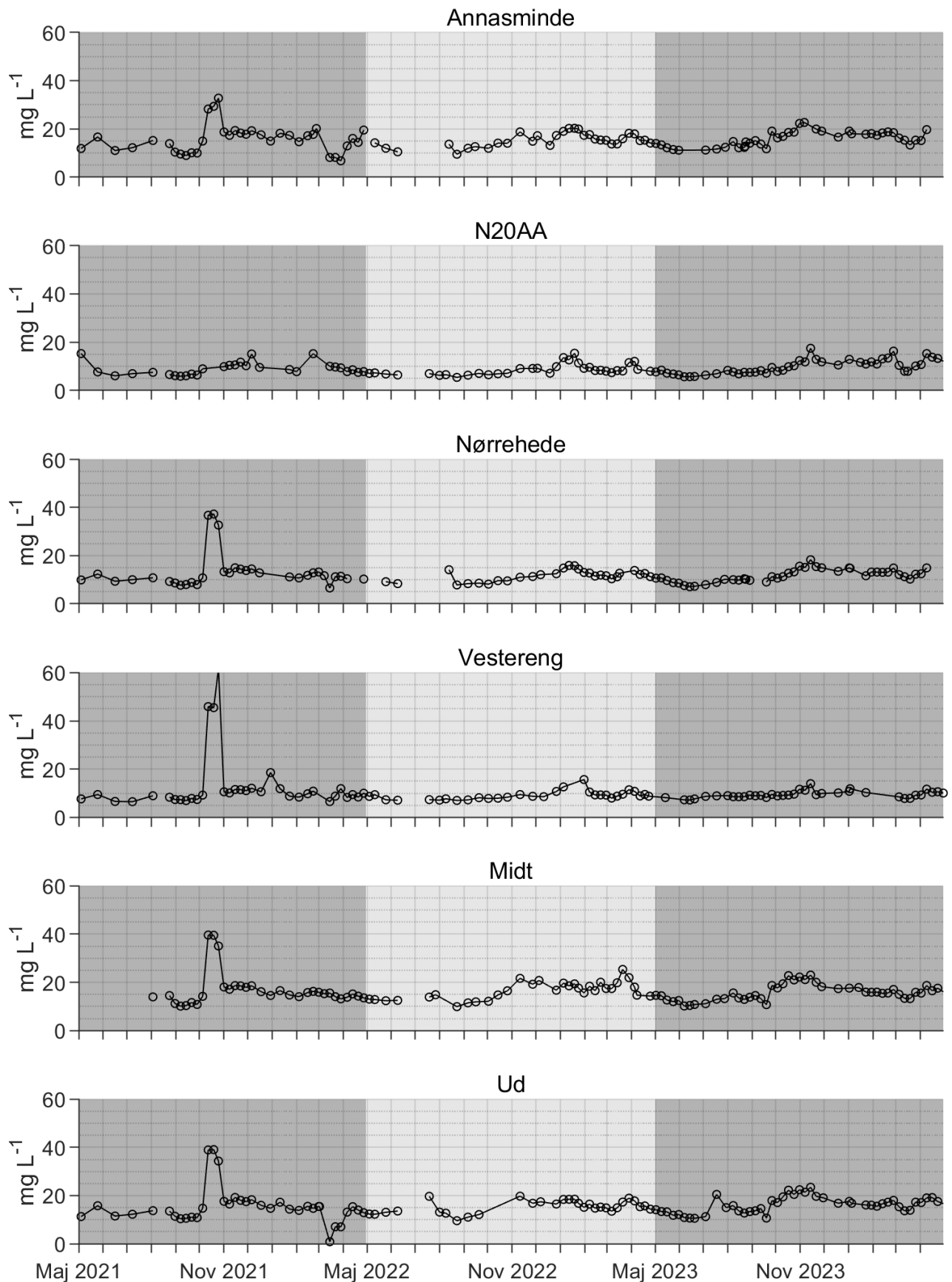
P	Annasminde	N20AA	Nørrehede	Vestereng	Midterstation	Udløb
mg TP L ⁻¹						
1	0,080	0,080	0,055	0,147	0,084	0,080
2	0,107	0,054	0,086	0,090	0,205	0,131
3	0,066	0,060	0,043	0,106	0,081	0,096

Ser man bort fra oktober måned 2021, hvor der samtidig sker en markant stigning i både vandføring og TOC-koncentrationer (Figur 3.1 og Figur 3.11) så er de målte TOC-koncentrationer stabile gennem alle tre perioder, omend TOC-koncentrationen stiger fra indløb til udløb. Dette fremgår også af de vandføringsvægtede TOC-koncentrationer, hvor TOC-koncentrationen i alle tre perioder stiger fra indløb til midterstation med 3–5 mg L⁻¹ for så at falde med ca. 1 mg L⁻¹ fra midterstation til udløbet i P1 og P2, men forbliver på samme niveau i P3 (Tabel 3.12).

Tabel 3.12. Vandføringsvægtede TOC-koncentrationer i indløb, midterstation og udløb.

	Periode 1	Periode 2	Periode 3
	mg TOC L ⁻¹		
Indløb	14,2	12,7	13,6
Midterstation	17,1	17,6	17,1
Udløb	16,2	16,5	17,4

TOC



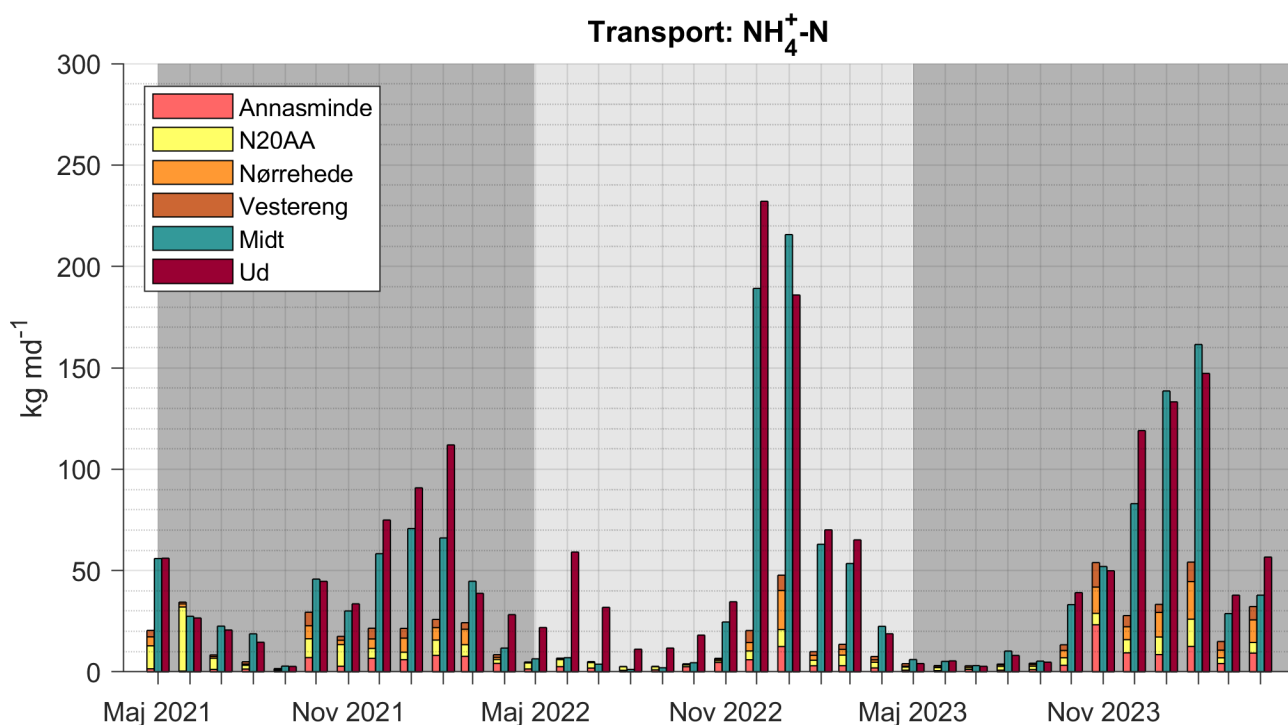
Figur 3.11. Målte koncentrationer af total organisk kulstof (TOC). Første mørkegrå sektion er perioden før hævnning af vandstanden, lysegrå første år efter og sidste mørkegrå 2. år efter hævnning af vandstanden. I perioden maj 2021 til oktober 2021 er det kun punktprøver, og derefter puljede prøver taget hver 3. time.

3.3 Stoftransporter

Stoftransporterne ind i projektområdet via vandløbene (Annasmindevej, N 20AA, Nørhede Bæk og Vestereng Bæk) samt ved midterstationen og udløbet er vist på en række figurer nedenfor. Imidlertid har der også været bidrag fra det umålte delopland (378 ha), som ikke havde overfladetilløb. Det fremgår af oversigtskortet (Figur 1.1), at alle fire indløb ligger omkring det umålte delopland. Ved beregning af tilførslen fra det umålte delopland er der derfor anvendt data fra alle fire deloplande (Annasmindevej, N20AA, Nørhede Bæk og Vestereng Bæk) dækkende tilsammen 973 ha. Tilførslen til projektområdet er opgjort særskilt for hvert tilløb inden de er lagt sammen til en samlet tilførsel (Ind). Beregningen for det umålte opland er foretaget ved at dividere den samlede målte tilførsel fra det målte opland med dettes oplandsareal, og derefter gange tallet med oplandsarealet for det umålte opland. For kvælstof er der nedenfor vist en række tabeller, hvor dels tilførslen for de fire målte tilløb er opgjort tillige med bidraget fra det umålte delopland, den summerede tilførsel (målt + umålt) sammen med stoftransporterne ved midterstationen og udløbet (Tabel 3.13-Tabel 3.15).

For fosfor er der gjort det samme, men da der er tale om grundvandsindsivning fra det umålte opland, er det antaget, at der ikke er tilførsel af PP fra det umålte opland, og denne post er derfor sat til nul (Tabel 3.17-Tabel 3.19).

De månedlige stoftransporter af ammonium gennem de tre monitoringsperioder er vist for de fire tilløb (Annasmindevej, N20AA, Nørhede Bæk, Vestereng Bæk), midterstationen og udløbet på Figur 3.12. Der er en markant stigning i ammoniumtransporten fra indløbene frem til midterstationen og udløbet. For alle tre perioder gælder, at de største ammoniumtransporter sker fra oktober til marts. De årlige opgjorte transporter fremgår af Tabel 3.13-Tabel 3.15, og tabet af ammonium fra projektområdet er vist i Tabel 3.16. Der tabes 1,1 kg $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ha^{-1} år^{-1} fra projektområdet (212 ha) før hævning af vandstanden, mens der tabes 2,7 kg $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ha^{-1} år^{-1} i det første år efter hævning af vandstanden (P2). I det andet år (P3) efter vandstandshævningen ses et fald i tabet til 1,2 kg $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ha^{-1} år^{-1} .



Figur 3.12. Månedlige stoftransporter af ammonium gennem de 3 monitoringsperioder. Der er vist 3 søjler for hver måned: 1. søjle viser tilførslen fra hvert tilløb med hver sin farve (se signaturforklaringen øverst til venstre) 2. søjle viser transporten ved midterstationen (turkis) og 3. søjle viser transporten ved udløbet (mørkebrun). Bemærk at bidraget fra det umålte delopland ikke fremgår af figuren.

Transporten af nitrat ind i projektområdet via de fire tilløb (Figur 3.13) viser overordnet set, at de største transporter ligeledes foregår fra omkring oktober og frem til marts. Dog ses der i P3 en høj nitrattransport helt frem til udgangen af maj. Desuden bemærkes, at nitrattilførslen via Annasmindevej (lys rød farve i søjle 1 på Figur 3.13) i de fleste måneder udgør halvdelen eller mere af den samlede transport ind i projektområdet. Nitrat udgør 84 - 85 % af den samlede kvælstoftilførsel og 74 - 77 % af den samlede mængde kvælstof, der forlader projektområdet via Søbækken. De årlige nitrattransporter fremgår af tabellerne 3.13-3.15 og modsat ammonium ses en beskedent tilbageholdelse af nitrat i projektområdet (Tabel 3.16) gående fra 1,4 $\text{kg NO}_3^- \text{-N ha}^{-1}$ (3.1 %) i første år efter vandstandshævning til 6,3 $\text{kg NO}_3^- \text{-N ha}^{-1}$ (9.4 %) i andet år efter vandstandshævning.

Transporten af organisk kvælstof (TON) beregnet som $\text{TON} = \text{TN} - (\text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N})$ er afbildet på Figur 3.14. Der ses en markant stigning i transporten af TON ved midterstationen og udløbet startende i oktober i alle tre perioder, dog mest markant i året før hævnings af vandstanden og i andet år efter hævnings af vandstanden. Organisk kvælstof udgør 13-14 % af den mængde kvælstof, der tilføres projektområdet, og ved udløbet fra projektområdet udgør organisk kvælstof 20 - 22 % af den samlede mængde kvælstof, der forlader projektområdet. De årlige transporter af TON kan ses i tabellerne Tabel 3.13- Tabel 3.15. Tabet af organisk kvælstof før hævnings af vandstanden ligger på 4,7 $\text{kg TON ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$, i første år efter hævnings på 4,9 kg og i andet år efter hævnings på 8,2 $\text{kg TON ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ (Tabel 3.16).

Transporterne af total ufiltreret kvælstof (TN), som er vist månedsvis på Figur 3.15, udviser samme mønster og variation som for nitrattransporterne. De højeste TN transporter foregår i perioden oktober til marts/april, og igen ses Annasmindevej at bidrage med halvdelen eller mere af den målte TN-tilførsel til projektområdet (første søjle vist med rød farve på Figur 3.15). De samlede

årlige balancer for TN viser tab af TN fra projektområdet, forårsaget af tab af både ammonium og organisk kvælstof til dels modsvaret af en beskedent tilbageholdelse af nitrat (Tabel 3.16). TN tabet ligger på 3,8 kg TN ha⁻¹ år⁻¹ året inden hævning af vandstanden, derefter stiger det til 6,2 kg TN ha⁻¹ år⁻¹ i første år efter hævning af vandstanden, for derefter at falde til 3,1 kg TN ha⁻¹ år⁻¹ i andet år efter hævning af vandstanden.

Tabel 3.13. Den årlige kvælstoftransport målt ved indløb, midterstation og udløb i perioden 1.5.2021 – 30.4.2022 før hævning af vandstanden (P1).

Periode 1	TN	NO ₃ ⁻ -N	NH ₄ ⁺ -N	TON
	kg N år ⁻¹			
Ind (målt)	10432	8773	219	1441
Ind (umålt)	4142	3483	87	572
Ind (målt+umålt)	14574	12255	305	2013
Midterstation	14345	11160	455	2730
Ud	15370	11814	544	3013

Tabel 3.14. Den årlige kvælstoftransport målt ved indløb, midterstation og udløb i perioden 1.5.2022 – 30.4.2023 første år efter hævning af vandstanden (P2).

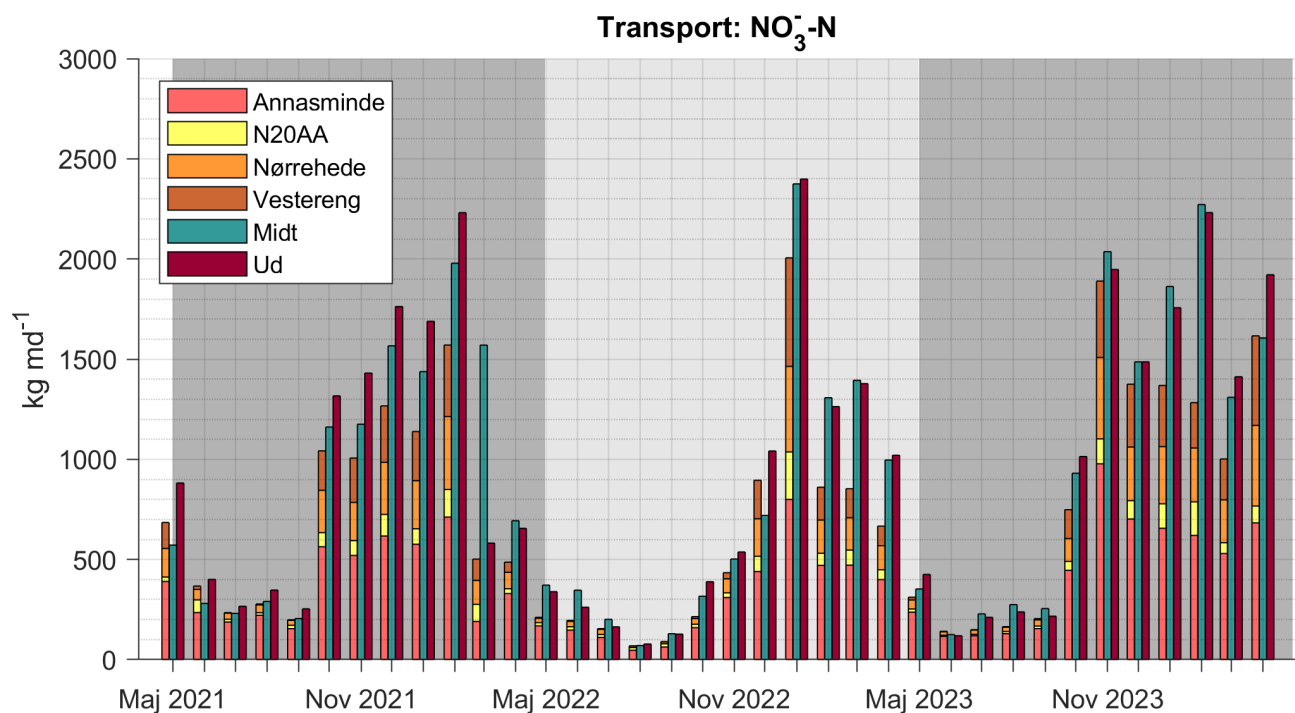
Periode 2	TN	NO ₃ ⁻ -N	NH ₄ ⁺ -N	TON
	kg N år ⁻¹			
Ind (målt)	7899	6648	132	1119
Ind (umålt)	3136	2639	53	444
Ind (målt+umålt)	11035	9287	185	1563
Midterstation	12017	8729	593	2695
Ud	12358	8995	761	2603

Tabel 3.15. Den årlige kvælstoftransport målt ved indløb, midterstation og udløb i perioden 1.5.2023 – 30.4.2024 andet år efter hævning af vandstanden (P3).

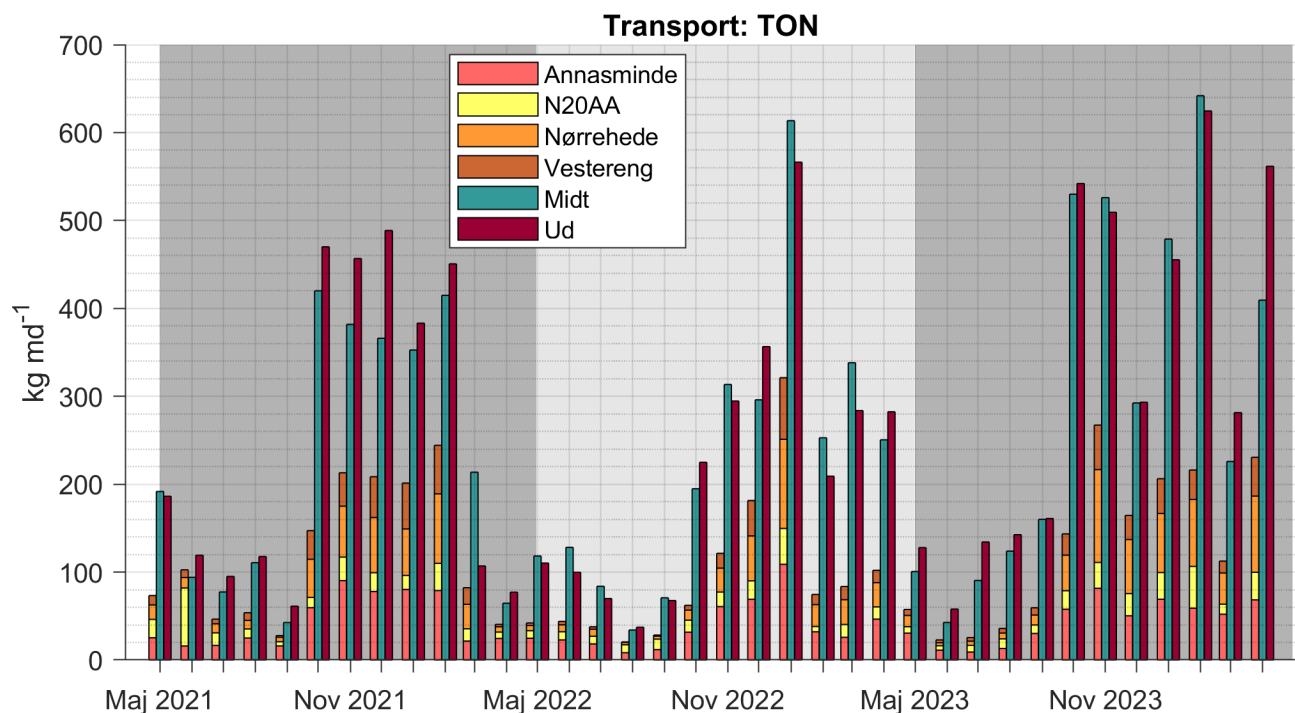
Periode 3	TN	NO ₃ ⁻ -N	NH ₄ ⁺ -N	TON
	kg N år ⁻¹			
Ind (målt)	12043	10252	248	1542
Ind (umålt)	4781	4070	99	612
Ind (målt+umålt)	16824	14323	347	2154
Midterstation	16924	12737	565	3622
Ud	17477	12978	608	3891

Tabel 3.16. Beregnet retention af kvælstofspecier i de tre monitoringsperioder (P1-P3). Negative værdier angiver et tab.

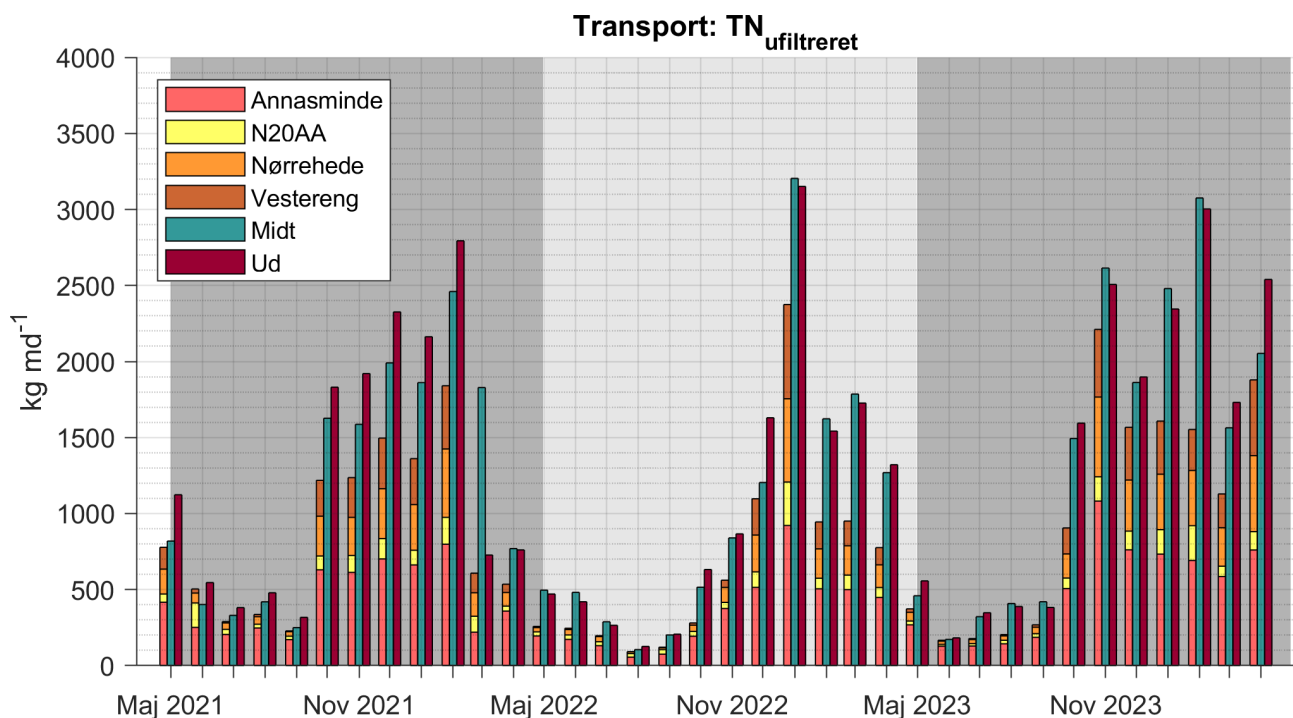
	TN	NO ₃ ⁻ -N	NH ₄ ⁺ -N	TON
	kg N år ⁻¹			
Ind - Ud (P1)	-796	442	-238	-1000
Ind - Ud (P2)	-1323	292	-576	-1039
Ind - Ud (P3)	-653	1345	-261	-1737



Figur 3.13. Månedlige stoftransporter af nitrat gennem de 3 monitoringsperioder. Der er vist 3 søjler for hver måned: 1. søjle viser tilførslen fra hvert tilløb med hver sin farve (se signaturforklaringen øverst til venstre) 2. søjle viser transporten ved midterstationen (turkis) og 3. søjle viser transporten ved udløbet (mørkebrun). Bemærk at bidraget fra det umålte delopland ikke fremgår af figuren.

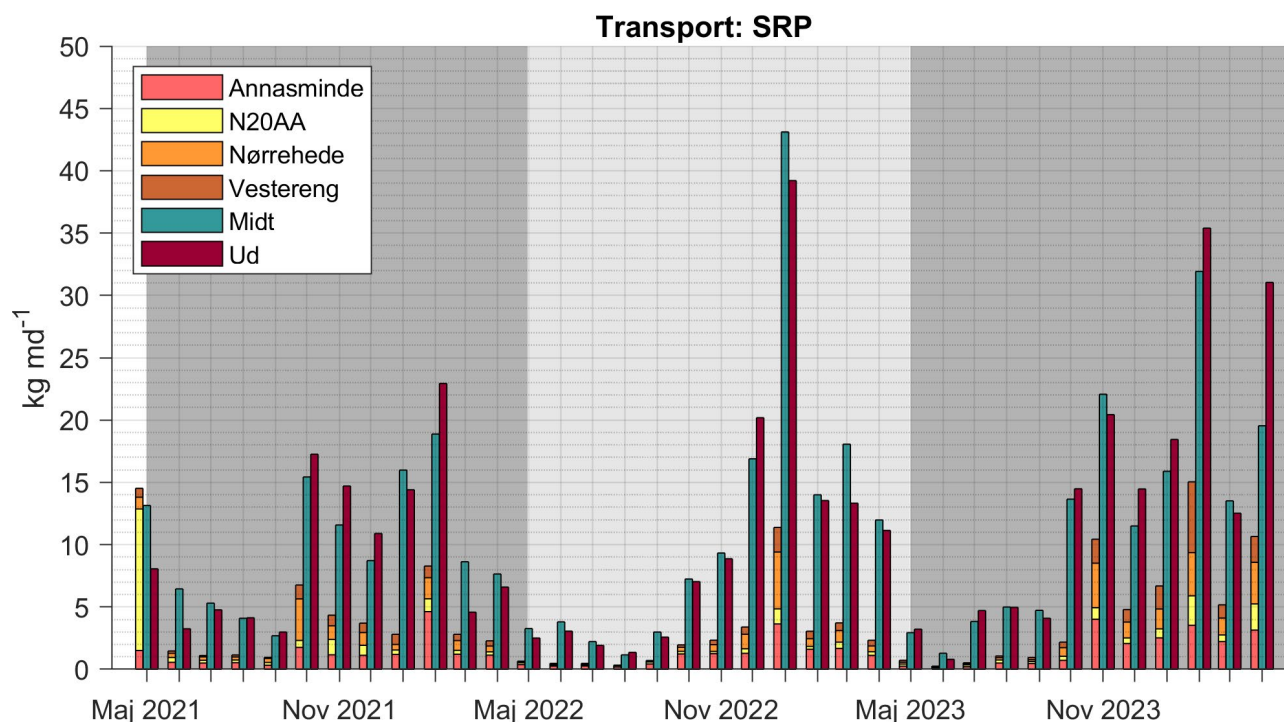


Figur 3.14. Månedlige stoftransporter af organisk kvælstof (TON) gennem de 3 monitoringsperioder. Der er vist 3 søjler for hver måned: 1. søjle viser tilførslen fra hvert tilløb med hver sin farve (se signaturforklaring øverst) 2. søjle viser transporten ved midterstationen (turkis) og 3. søjle viser transporten ved udløbet (mørkebrun). Bemærk at bidraget fra det umålte delopland ikke fremgår af figuren.



Figur 3.15. Månedlige stoftransporter af total kvælstof (TN_{ufiltreret}) gennem de 3 monitoringsperioder. Der er vist 3 søjler for hver måned: 1. søjle viser tilførslen fra hvert tilløb med hver sin farve (se signaturforklaringen øverst til venstre) 2. søjle viser transporten ved midterstationen (turkis) og 3. søjle viser transporten ved udløbet (mørkebrun). Bemærk at bidraget fra det umålte delopland ikke fremgår af figuren.

Transporten af SRP ind i projektområder via de fire tilløb (Annasmindevej, N 20AA, Nørhede Bæk og Vestereng Bæk) er vist på Figur 3.16 sammen med transporten ved midterstationen og ved udløbet. Overordnet ses de højeste SRP-transporter ved midterstationen og udløbet, og her ses også, at transporterne gennem alle tre monitoringsår er højest fra oktober og frem til marts – april. De årlige transportopgørelser for de tre perioder er vist i tabellerne 3.17 – 3.19. Året før hævnings af vandstanden har det laveste tab af SRP, da der kun tabes 44,5 kg (Tabel 3.20). I årene efter vandstandshævning fordobles tabet af SRP til henholdsvis 81,7 og 82,9 kg svarende til 190 % og 101% af de tilførte fosfatmængder (tabellerne 3.17-3.19). I første og tredje periode (P1 og P3) udgør SRP-transporten 67–69 % af de opløste indløbs- og udløbstransporter (i.e. SRP + SNRP), men i anden periode (P2) er 63 % af den opløste fraktion i indløbet fosfat, mens den i udløbet udgør 71 %.



Figur 3.16. Månedlige stoftransporter af fosfat (også benævnt soluble reactive phosphorus SRP) gennem de 3 monitoringsperioder (mørkegrå, lysegrå, mørkegrå). Der er vist 3 søjler for hver måned: 1. søjle viser tilførslen fra hvert tilløb med hver sin farve (se signaturforklaring øverst til venstre) 2. søjle viser transporten ved Midterstationen (turkis) og 3. søjle viser transporten ved udløbet (mørkebrun). Bemærk at bidraget fra det umålte delopland ikke fremgår af figuren.

Ikke reaktivt fosfor (SNRP) (Tabel 3.17-Tabel 3.19) udgør kun en mindre del af transporten i den opløste fosforfraktion, nemlig omkring 31 % i periode 1 og 3, og i periode 2 er 37 % af den opløste mængde i indløbet SNRP, mens den falder til 29 % af den opløste mængde i udløbet. Tabet af SNRP fra projektområdet er 24–25 kg P i de to første år (P1 og P2) og stiger til 44,5 kg i tredje år (P3 i Tabel 3.20). Procentuelt stigende fra -73 % i det første år til -100 % i andet år og til -122 % i tredje år.

Transporten af total opløst fosfor ($TP_{filtreret}$) dvs. summen af SRP og SNRP er vist på Figur 3.18. Tabet er stigende gennem monitoringsperioderne – 0,3, - 0,5, - 0,6 kg $TP_{filtreret}$ ha^{-1} $år^{-1}$ - hvilket er en konsekvens af, at tabet af både SRP og SNRP også stiger gennem monitoringsperioderne (Tabel 3.20).

Tabel 3.17. Årlig tilførsel af fosforspecier via tilløbene og det umålte opland samt transporten ved midterstationen og ved udløbet fra 1.5.2021 – 30.4.2022 før hævnings af vandstanden (P1).

Periode 1	$TP_{ufiltreret}$	$TP_{filtreret}$	SRP	PP	SNRP
	kg P $år^{-1}$				
Ind (målt)	290,3	73,4	50,2	216,9	23,2
Ind (umålt)	-	29,1	19,9	-	9,2
Ind (målt+umålt)	319,1	102,5	70,1	216,9	32,4
Midterstation	388,5	152,0	118,5	236,5	33,4
Ud	370,0	170,6	114,6	199,3	56,1

Tabel 3.18. Årlig tilførsel af fosforspecier via tilløbene og det umålte opland samt transporten ved midterstationen og ved udløbet fra 1.5.2022 – 30.4.2023 første år efter hævn-
ning af vandstanden (P2).

Periode 2	TP _{ufiltreret}	TP _{filtreret}	SRP	PP	SNRP
	kg P år ⁻¹				
Ind (målt)	245,5	48,7	30,8	196,9	17,9
Ind (umålt)		19,3	12,2		7,1
Ind (målt+umålt)	264,8	68,0	43,0	196,9	25,0
Midterstation	714,8	178,8	134,1	536,0	44,7
Ud	475,7	174,6	124,7	301,1	49,9

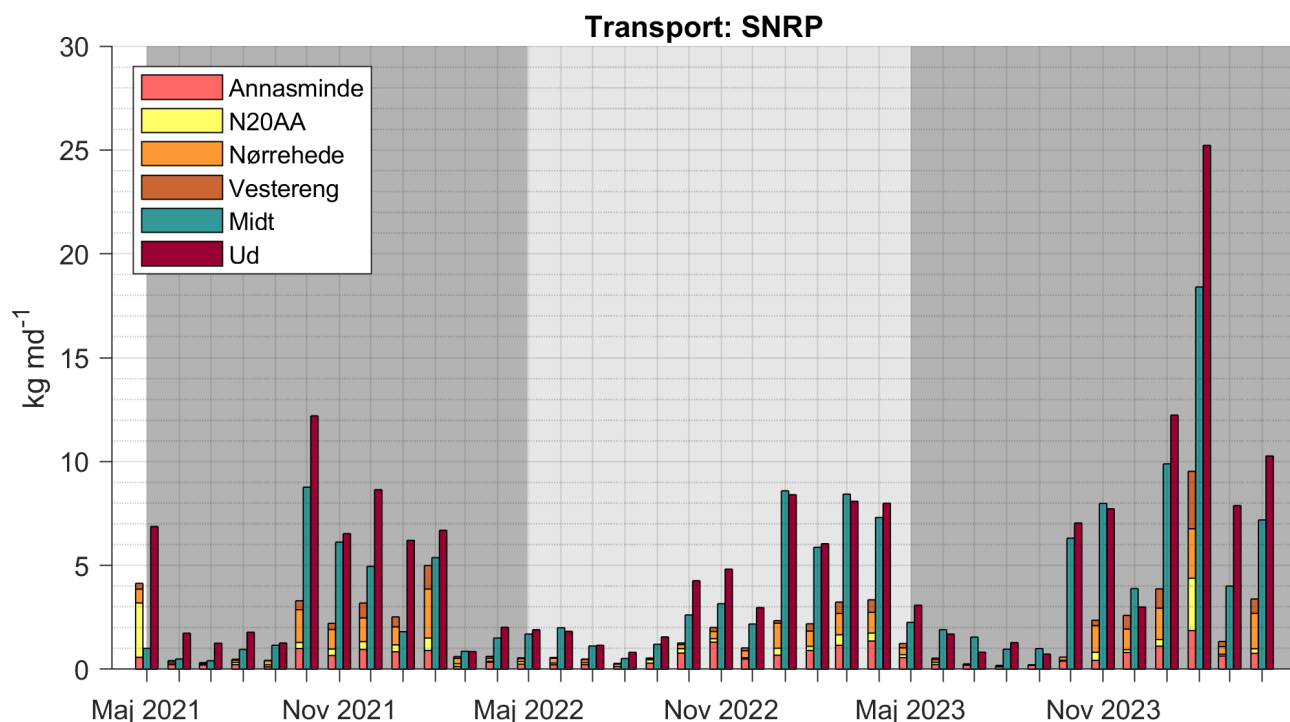
Tabel 3.19. Årlig tilførsel af fosforspecier via tilløbene og det umålte opland samt transporten ved midterstationen og ved udløbet fra 1.5.2023 – 30.4.2024 andet år efter hævn-
ning af vandstanden (P3).

Periode 3	TP _{ufiltreret}	TP _{filtreret}	SRP	PP	SNRP
	kg P år ⁻¹				
Ind (målt)	312,7	84,6	58,5	228,2	26,1
Ind (umålt)		33,6	23,2		10,4
Ind (målt+umålt)	346,3	118,2	81,7	228,2	36,5
Midterstation	438,6	211,2	145,9	227,4	65,4
Ud	512,0	245,6	164,6	266,4	81,0

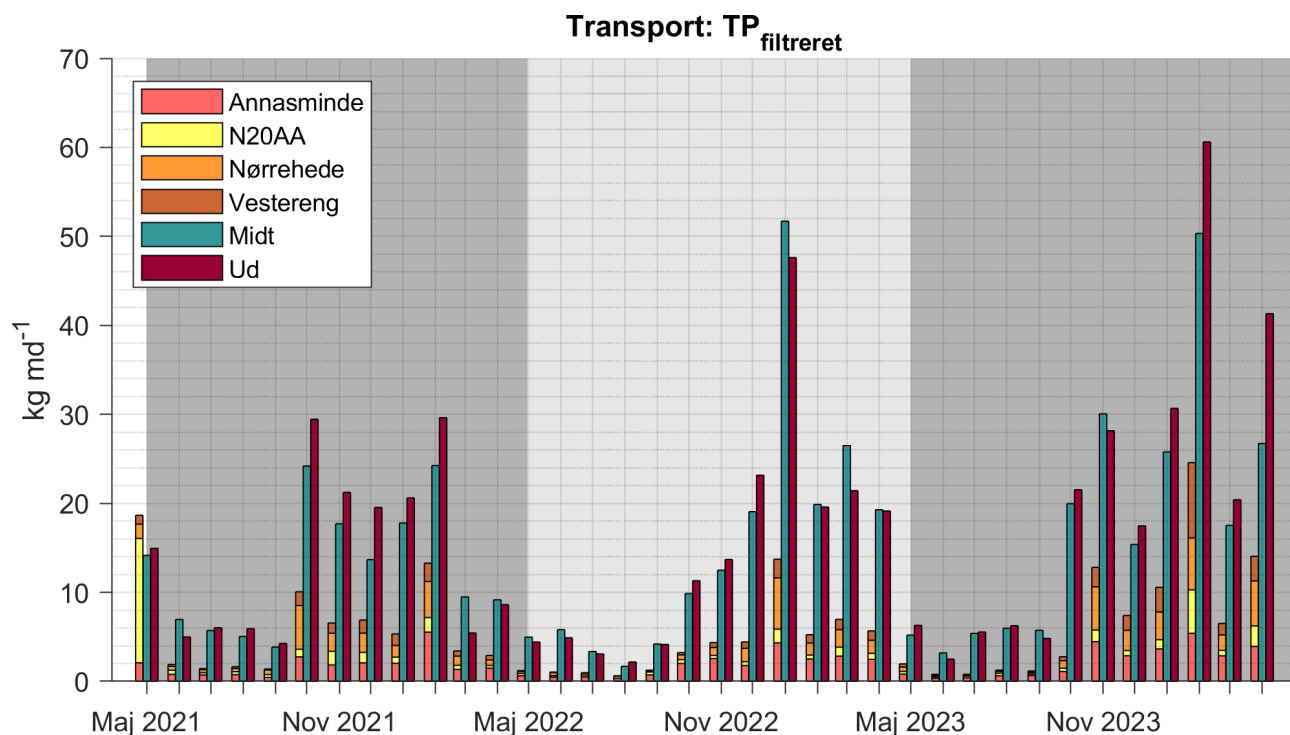
Tabel 3.20. Beregnet retention af fosforspecier i de tre monitoringsperioder. Negative værdier angiver et tab.

	TP _{ufiltreret}	TP _{filtreret}	SRP	PP	SNRP
	kg P år ⁻¹				
Ind - Ud (P1)	-50,6	-68,1	-44,5	17,6	-23,7
Ind - Ud (P2)	-210,9	-106,6	-81,7	-104,2	-24,9
Ind - Ud (P3)	-165,7	-127,4	-82,9	-38,2	-44,5

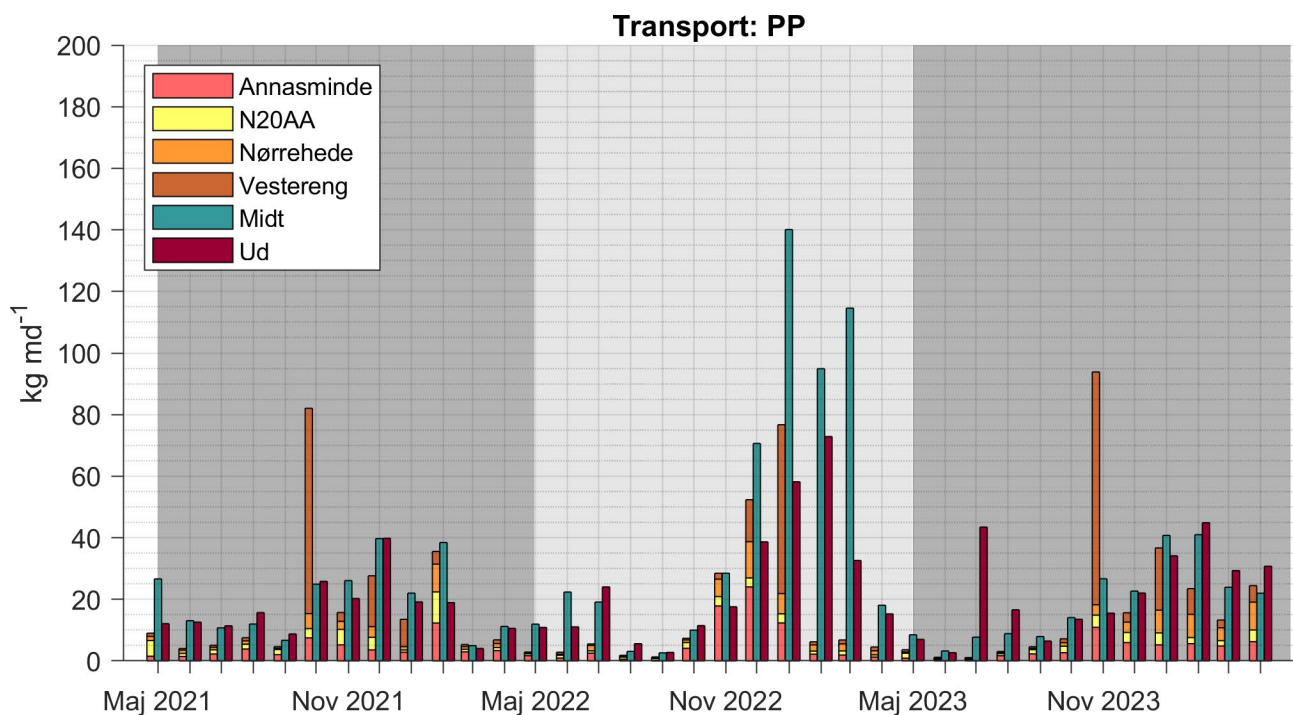
Transporten af partikulært fosfor ind i projektområdet udgør mellem 73 og 80 % af den totale fosfor transport (tabellerne Tabel 3.17-Tabel 3.19), og i perioden inden vandstandshævning tilbageholdes en mindre mængde PP; 17,6 kg PP eller 8% af indløbsmængden (Tabel 3.20). Efter hævnning af vandstanden i projektområdet tabes der partikulært fosfor, mest markant i første år efter hævet vandstand, 104,2 kg PP (Tabel 3.20) svarende til 0,5 kg PP ha⁻¹ år⁻¹. Selvom PP også er den dominerende fosforfraktion ved udløbet fra projektområdet (52–63 % af TP) er det den opløste fraktion der har det største tab (Tabel 3.20). I øvrigt skal det bemærkes, at Vestereng Bæk med et relativt beskedent opland (84,2 ha) i måneder med høj vandføring har en bemærkelsesværdig høj transport af PP ind i projektområdet (Figur 3.1 og Figur 3.19).



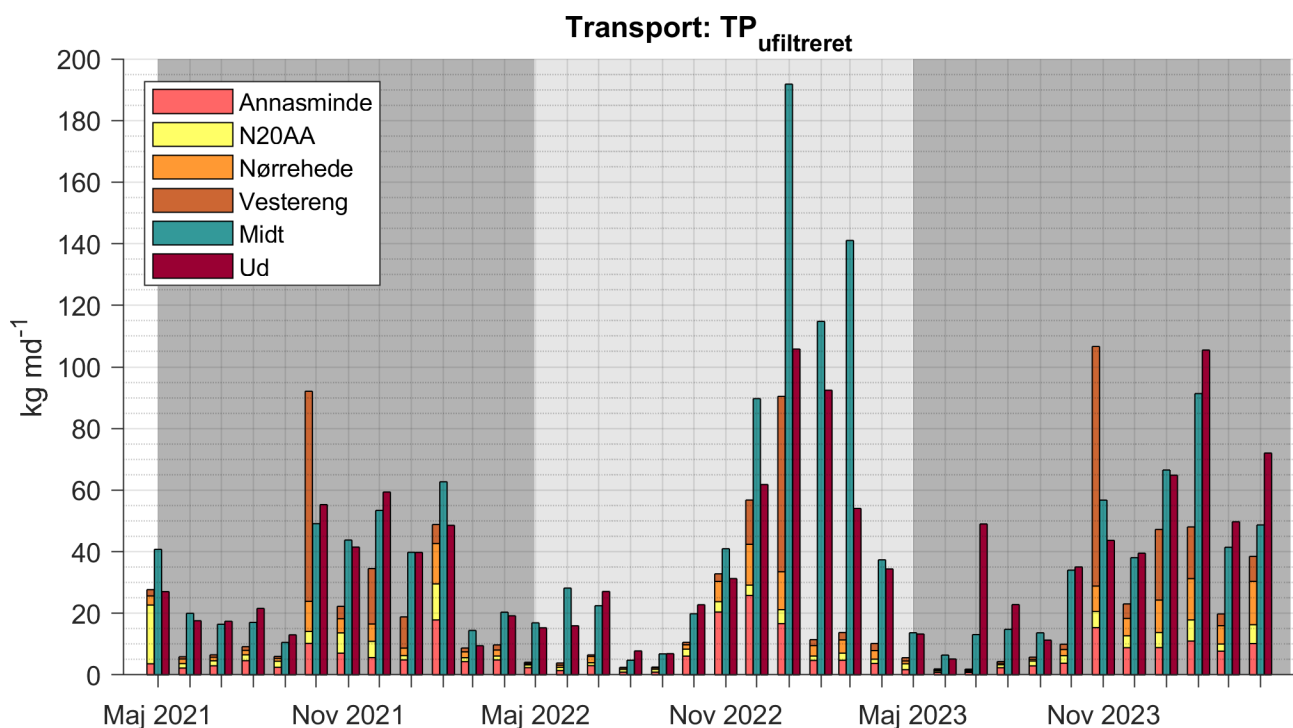
Figur 3.17. Månedlige stoftransporter af opløst ikke reaktivt fosfor (SNRP) gennem de 3 monitoringsperioder (mørkegrå, lysegrå, mørkegrå). Der er vist 3 søjler for hver måned: 1. søjle viser tilførslen fra hvert tilløb med hver sin farve (se signaturforklaring øverst til venstre) 2. søjle viser transporten ved midterstationen (turkis) og 3. søjle viser transporten ved udløbet (mørkebrun). Bemærk at bidraget fra det umålte delopland ikke fremgår af figuren.



Figur 3.18. Månedlige stoftransporter af total opløst fosfor (TP_{filtreret}) gennem de 3 monitoringsperioder (mørkegrå, lysegrå, mørkegrå). Der er vist 3 søjler for hver måned: 1. søjle viser tilførslen fra hvert tilløb med hver sin farve (se signaturforklaring øverst til venstre) 2. søjle viser transporten ved midterstationen (turkis) og 3. søjle viser transporten ved udløbet (mørkebrun). Bemærk at bidraget fra det umålte delopland ikke fremgår af figuren.



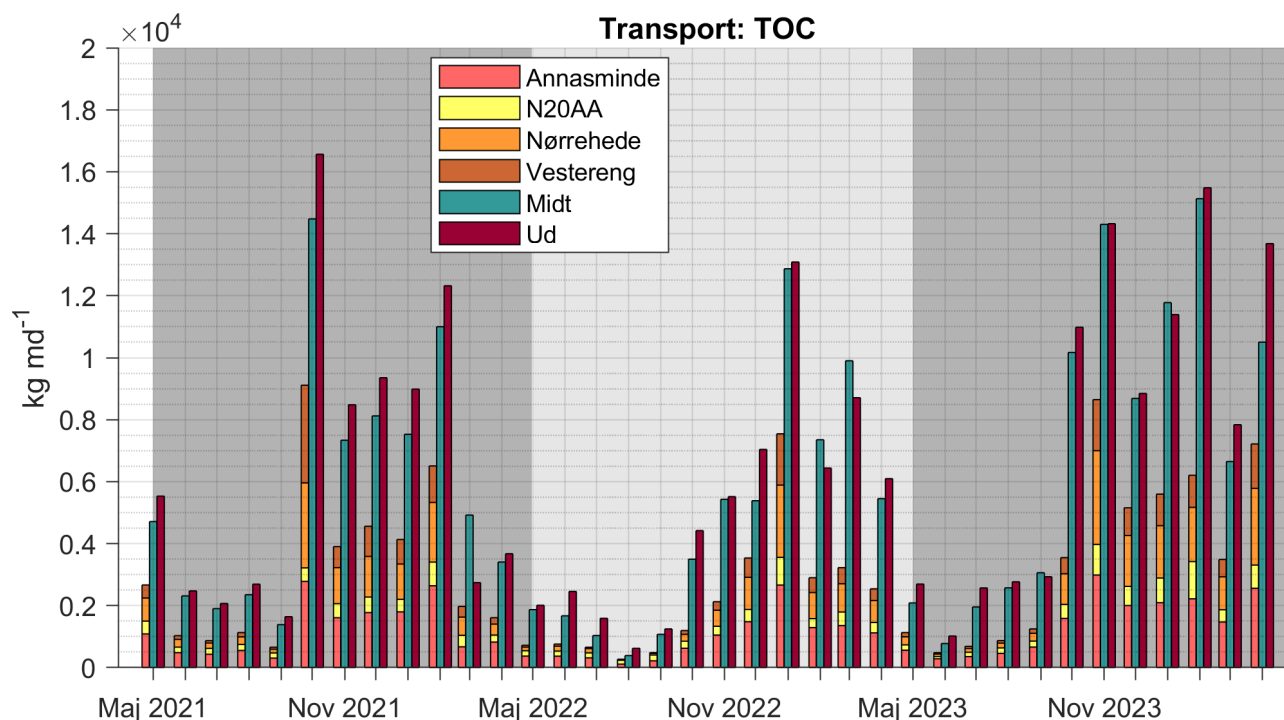
Figur 3.19. Månedlige stoftransporter af partikulært fosfor (PP) gennem de 3 monitoringsperioder (mørkegrå, lysegrå, mørkegrå). Der er vist 3 søjler for hver måned: 1. søjle viser tilførslen fra hvert tilløb med hver sin farve (se signaturforklaring øverst til venstre) 2. søjle viser transporten ved midterstationen (turkis) og 3. søjle viser transporten ved udløbet (mørkebrun). Bemærk at bidraget fra det umålte delopland ikke fremgår af figuren.



Figur 3.20. Månedlige stoftransporter af total ufiltreret fosfor (TP_{ufiltreret}) gennem de 3 monitoringsperioder (mørk grå, lys grå, mørk grå). Der er vist 3 søjler for hver måned: 1. søjle viser tilførslen fra hvert tilløb med hver sin farve (se signaturforklaring øverst til venstre) 2. søjle viser transporten ved midterstationen (turkis) og 3. søjle viser transporten ved udløbet (mørkebrun). Bemærk at bidraget fra det umålte delopland ikke fremgår af figuren.

I året inden vandstandshævning er tabet af total fosfor (TP) relativt beskedent på 50,6 kg TP svarende til 0,2 kg ha⁻¹ år⁻¹ (16%). I det første år efter vandstandshævning ses en markant stigning i fosfortabet på 210,9 kg TP (-80% eller 1 kg TP ha⁻¹ år⁻¹), som er fordelt ligeligt mellem den opløste P-fraction og den

partikulære P-fraktion (Tabel 3.20). I det andet år efter vandstandshævningen falder TP tabet en smule til 165,7 kg år⁻¹ (-48% eller 0,78 kg P ha⁻¹ år⁻¹) primært fordi tabet af PP falder med 66 kg år⁻¹, mens tabet af den opløste fosforfraktion (TP_{filtreret}) stiger med godt 20 kg til 127,4 kg år⁻¹ (Tabel 3.20).



Figur 3.21. Månedlige stoftransporter af total organisk kulstof (TOC) gennem de 3 monitoringsperioder (mørkegrå, lysegrå, mørkegrå). Der er vist 3 søjler for hver måned: 1. søjle viser tilførslen fra hvert tilløb med hver sin farve (se signaturforklaring øverst) 2. søjle viser transporten ved Midterstationen (turkis) og 3. søjle viser transporten ved udløbet (mørkebrun). Bemærk at bidraget fra det umålte delopland ikke fremgår af figuren.

De månedlige transport af TOC gennem de tre monitoringsår er vist på Figur 3.21. Generelt ses lave transport når vandføringen er lille, men for alle år ses en stigning i TOC transporten fra oktober og frem til næste forår. Der er store tab af TOC i alle årene svarende til 156 kg ha⁻¹ år⁻¹ det første år (-76%), 134 kg TOC ha⁻¹ år⁻¹ i det andet år (-95%) og 213 kg TOC ha⁻¹ år⁻¹ i det tredje år (-91%) (Tabel 3.21).

Tabel 3.21. Tilførsel af TOC fra de fire tilløb, det umålte opland samt transporten af TOC ved midterstationen og ved udløbet. Nederst tabet af TOC fra projektområdet

	Periode 1	Periode 2	Periode 3
	kg TOC år ⁻¹		
Ind (målt)	38144	25957	44274
Ind (umålt)	5378	4814	5137
Ind (målt+umålt)	43522	30771	49411
Midterstation	69455	55921	87667
Ud	76529	59240	94527
Ind (målt+umålt) - ud	-33007	-28469	-45116

4 Diskussion

Det er svært at se entydige tendenser når man sammenligner koncentrationer og stoftransporter før og efter hævnning af vandstanden i projektområdet. Det kan blandt andet hænge sammen med forskellige nedbørsforhold årene imellem og de heraf afledte vandføringer (Figur 3.1 og 3.2).

Da de forskellige vandføringer årene imellem giver forskellige stoftransporter, kan det i stedet undersøges, om årsagen kan tilskrives forskelle i stofkoncentrationer både mellem indløb og udløb i det samme år og mellem året før hævnning af vandstanden og de to år efter hævnning af vandstanden.

I alle nedenstående tests er det undersøgt om data udviser seriel korrelation vha. Breusch-Godfrey test, men i ingen af testene var dette tilfældet.

I året før hævnning af vandstanden (P1) var der ikke forskel mellem ammoniumkoncentrationen i indløb og udløb, med et estimat for differencen på 0,012 mg $\text{NH}_4^+\text{-N l}^{-1}$ ($P=0,6836$). Det første år (P2) efter hævnning af vandstanden var forskellen steget til 0,143 $\text{mg NH}_4^+\text{-N l}^{-1}$. ($P<0,001$). I andet år (P3) efter hævnning af vandstanden var estimatet på 0,02 mg $\text{NH}_4^+\text{-N l}^{-1}$ ($P=0,5545$). Sammenligning af P1 og P2 gav statistisk signifikans for forskellen i ammoniumkoncentration mellem de to estimater ($P=0,0005$), mens der ikke var forskel mellem P1 og P3 ($P=0,7530$).

For nitrat var der signifikant forskel mellem vandføringsvægtede koncentrationer i udløb og indløb i alle tre monitoringsår med estimater for differencen på henholdsvis -0,856, -0,632 og -0,789 mg $\text{NO}_3^-\text{-N l}^{-1}$ for P1, P2 og P3 ($P<0,0001$; negative tal indikerer at udløbskoncentrationer er lavere end indløbskoncentrationer). Der var desuden signifikant forskel mellem P1 og P2 ($P=0,0127$), men ingen forskel mellem periode 1 og 3 ($P=0,4354$).

For organisk kvælstof var estimatet for differencen mellem ind- og udløb i P1 0,051 mg TON l^{-1} ($P=0,0775$), mens det for P2 var 0,182 mg TON l^{-1} ($P=0,0116$), altså en signifikant stigning. I P3 var differencen mellem ind- og udløb 0,250 mg TON l^{-1} ($P<0,0001$). Sammenligning af perioderne P1: P2 og P1: P3 viste begge signifikante forskelle perioderne ($P=0,0174$ og $P=0,0006$).

Estimatet for differencen mellem ind- og udløb for total kvælstof (TN) i P1 var på -0,793 mg TN l^{-1} ($P<0,0001$) altså en signifikant stigning i TN mellem indløb og udløb. I P2 var stigningen i TN ved udløbet ikke signifikant på -0,307 mg TN l^{-1} ($P=0,0506$). I andet år efter hævnning af vandstanden var der igen signifikant forskel på indløb og udløb med et estimat for differencen på -0,516 mg TN l^{-1} ($P<0,0001$). Perioderne imellem viste også signifikante forskelle i differencerne, idet P1 var forskellig fra både P2 ($P=0,0004$) og P3 ($P=0,0337$).

I det første år efter hævnning af vandstanden (P2), må det antages at iltforholdene langsomt blev forringede i trit med at vandstanden steg. Dermed hæmmedes nitrifikation af ammonium i projektområdet samtidig med, at der stadig er foregået en vis mineralisering. I andet år efter hævnning af vandstanden (P3) faldt ammoniumkoncentrationen ved udløbet til omtrent det halve i forhold til P2, og der var ikke længere signifikant forskel i forhold til på P1. Forklaringen kan formentlig tilskrives forskydning i fordelingen af dekompositionsprocesser, hvor mineraliseringsraten af organisk stof er reduceret,

mens den delvise nedbrydning (ufuldstændig nedbrydning af organisk stof til simple N-holdige forbindelser) er fortsat. Dette understøttes af de signifikante forskelle i differencerne mellem ind- og udløbskoncentrationerne af ammonium mellem både P1:P2 og P1:P3, samt de vedblivende høje koncentrationer af TON ved udløbet (Tabel 3.4-09).

I den tekniske forundersøgelse (Orbicon, 2018) af projektområdet blev der estimeret en total kvælstoffjernelse på 15.727 kg N år⁻¹ for et projektområde på 238,7 ha svarende til en arealspecifik fjernelse på 65,9 kg N ha⁻¹ år⁻¹. De målte tal for kvælstoftilbageholdelse i nærværende undersøgelse (Tabel 3.16) viser, at der både før og efter vådlægning var et tab af TN på mellem 653 og 1.323 kg år⁻¹ for det 212 ha store projektområde, svarende til 0,30-0,63 kg ha⁻¹ år⁻¹. Dog var der i alle årene en lille tilbageholdelse af nitrat, der var størst i andet år efter vådlægning med en kvælstoffjernelse på 1.345 kg NO₃-N svarende til en arealspecifik nitrattjernelse på 6,3 kg NO₃-N ha⁻¹ år⁻¹ og en fjernelseseffektivitet på 9,4 %. Det skal tilføjes, at WSP i sin slutrapport for Lobæk Lavbundsprojekt skriver at kvælstoftilbageholdelsen er på 13714 kg N år⁻¹ svarende til 64,7 kg N ha⁻¹ år⁻¹ (projektareal 212 ha)

En medvirkende årsag til, at man alene ser en meget begrænset fjernelse af nitrat, kunne være, at vandet stadig trækker direkte ud mod de blokerede grøfter, hvilket betyder at grøfteblokeringen kun delvist genskaber projektområdets hydrologiske funktion (Holden et al., 2011)

For de opløste fosforfraktioner (SNRP, SRP og TP_{filtreret}) ses ganske små stigninger i koncentrationerne ved udløbet i forhold til indløbene i perioden før hævning af vandstanden med et estimat for differencen mellem ind- og udløb for SNRP på 0,003 mg L⁻¹ (P=0,0001), for SRP på 0,004 mg L⁻¹ (P=0,0952), og for TP_{filtreret} på 0,007 mg L⁻¹ (P=0,0064).

I periode 2 lige efter hævning af vandstanden ses igen små stigninger i de opløste P fraktioner mellem ind- og udløb, som alle er signifikante. Estimater for differencen for SNRP er på 0,005 mg L⁻¹ (P=0,0433), for SRP 0,016 mg L⁻¹ (P=0,0136) og for TP_{filtreret} på 0,021 mg L⁻¹ (P=0,0067).

Også i periode 3 ses stigninger ved udløbet i forhold til indløbene af de opløste P-fraktioner. Estimater for SNRP viser en stigning ved udløbet i forhold til indløbet på 0,005 mg L⁻¹ (P<0,0001). For SRP ses en ikke-signifikant difference på 0,012 mg L⁻¹, mens estimater for TP_{filtreret} viser en stigning på 0,018 mg L⁻¹ (P=0,0441).

Sammenligning af perioderne viser ikke forskel i differencerne for SNRP mellem periode 1 og 2 (P=0,1121) men signifikant forskel mellem periode 1 og 3 (P=0,0392). For SRP var der forskel i differencerne mellem ind- og udløb mellem periode 1 og 2 (P=0,0132), men ikke mellem periode 1 og periode 3 (P=0,0784). Differencen mellem TP_{filtreret} i ind- og udløb viste en signifikant forskel mellem både P1:P2 og P1:P3 (P=0,0095 og P=0,0397).

Koncentrationerne af partikulært fosfor (PP) ændrer sig ikke signifikant mellem indløb og udløb i de tre monitoringsår. Godt nok ses et mindre fald ved udløbet i forhold til indløbene på 0,014 mg L⁻¹ i P1 og små stigninger mellem ind- og udløb på henholdsvis 0,015 og 0,013 mg L⁻¹ i P2 og P3. Der var heller ikke signifikante forskelle i differencerne måleårene imellem, hverken mellem P1 og P2 og mellem P1 og P3 (P=0,3470 og P=0,3744).

Analysen af total ufiltreret fosfor ($TP_{\text{ufiltreret}}$) ligner til forveksling PP, som udgør størstedelen af $TP_{\text{ufiltreret}}$. Der er en meget lille nedgang i $TP_{\text{ufiltreret}}$ på 0,007 mg L⁻¹ fra indløb til udløb i P1, og små stigninger ved udløbet i forhold til indløbene på henholdsvis 0,036 og 0,031 mg L⁻¹ i P2 og P3, men ingen er signifikante ($P=0,8814$, $P=0,0670$ og $P=0,0881$). Differencerne mellem ind- og udløb var heller ikke signifikante perioderne imellem, P1:P2 ($P=0,1658$) og P1:P3 ($P=0,2165$).

Overordnet set har hævnningen af vandstanden i projektområdet medført små, men signifikante stigninger i koncentrationen af de opløste P-fraktioner ved udløbet, som må stamme fra projektområdet. Hævning af vandstanden har også givet et større vandfyldt volumen, hvorfra der kan afstrømme opløste P-fraktioner.

I den tekniske forundersøgelse af projektområdet (Orbicon, 2018) blev P tabet ved vådlægning beregnet til 1.793 kg P svarende til et tab på 7,5 kg P ha⁻¹ år⁻¹. Denne beregning anvendte dog en formel, hvor man beregner "worst case" scenariet. Ved anvendelse af den nuværende P-risiko-beregning bliver tabet 290 kg P år eller 1,4 kg P ha⁻¹ år⁻¹. Det målte P-tab blev i denne rapport beregnet til henholdsvis 1,0 og 0,8 kg P ha⁻¹ år⁻¹ i det første og andet år efter vådlægningen. Det skal tilføjes, at WSP i sin slutrapport for Lobæk Lavbundsprojekt skriver at fosfortilbageholdelsen er på - 231,7 Kg P år⁻¹, men her er der tilsyneladende indregnet fosfordeposition i forbindelse med antagelse af oversvømmelser, hvilket ikke er tilfældet. Det har ikke været muligt at finde resultater i litteraturen, hvor der alene er foretaget blokering af grøfter til hævnning af vandstanden.

Gennem alle tre monitoringsår ses signifikante stigninger i TOC-koncentrationerne ved udløbet i forhold til indløbene. I året før vandstandshævnningen er differencen mellem ind- og udløb på 2,34 mg TOC L⁻¹, mens det i første år efter vandstandshævnningen er på 4,34 mg TOC L⁻¹, og i det andet år på 3,95 mg TOC L⁻¹ ($P<0,0001$ for alle tre år). Differencerne mellem ind- og udløb var også signifikant forskellige perioderne imellem, P1:P2 ($P=0,0041$) og P1:P3 ($P=0,0183$). Det øgede tab af TOC efter hævnning af vandstanden kan dels være på grund af et større vandmættet volumen i projektområdet, dels på grund af ændret mineralisering. Før hævnning af vandstanden har der været en umættet aerob zone med mulighed for mineralisering af organisk stof hele vejen til CO₂, men efter hævnning af vandstanden må det antages, at delvis dekomposition (dvs. nedbrydning af TOC til simple organiske stoffer) har spillet en større rolle grundet ringere iltforhold og derved har medvirket til øget tab af TOC. Den største øgning af det vandbårne tab af TOC i forhold til P1, sås i P3, hvor tabet var øget med 57 kg TOC ha⁻¹ år⁻¹. Til sammenligning blev det estimeret i den tekniske forundersøgelse, at vådlægningen reducerer det atmosfæriske bidrag med 4.280 kg C ha⁻¹ år (15.678 kg CO₂-ækv. ha⁻¹ år⁻¹).

Undersøgelser af blokering af grøfter i organiske lavbundsorde har indtil nu fokuseret på, om der har været ændringer i TOC-koncentrationerne, og om der har været større eller mindre tab af TOC fra området, hvor vandstanden er hævet ved at blokere grøfterne. Flere undersøgelser finder ikke ændringer i DOC-koncentrationer efter blokering af dræn (Grand-Clemant et al, 2025; Turner et al, 2013). Turner et al, 2013 fandt mindre tab af DOC fra det blokerede område, men det skyldtes udelukkende, at vandtransporten ud af området blev mindre, altså at vandet fandt andre transportveje. Armstrong et al, 2010 fandt øget tab af DOC efter blokering med 273,3 kg ha⁻¹ år⁻¹ mod 176,1 kg ha⁻¹ år⁻¹ før blokering, men her var vandtransporten efter blokering betydeligt større på grund af øget oplandsareal.

5 Konklusion

Resultatet af denne undersøgelse viste, at hævnning af vandstanden på organogene lavbundsjord ved simpel blokering af grøfterne har en meget begrænset indvirkning på fjernelse af kvælstof. Der kunne konstateres minimal fjernelse af nitrat med lav effektivitet på 9,4 % efter hævnning af vandstanden, mens der stadig var tab af TN.

Simpel hævnning af vandstanden viste, at der var øget tab af fosfor efter blokering af grøfterne. Det målte fosfortab ($0,8\text{--}1,0\text{ kg ha}^{-1}\text{ år}^{-1}$) var en anelse lavere end hvad den aktuelle fosforrisikoanalyse viste ($1,4\text{ kg ha}^{-1}\text{ år}^{-1}$). Det vurderes, at P tabet vil gå ned år for år, måske hurtigere end forventet, da der tages høslæt på en del af arealet

Der var tab af TOC både før og efter blokering af grøfterne, hvor det procentuelle tab var lidt højere efter hævnning af vandstanden

Simpel hævnning af vandstanden ved blokering af dræn og grøfter genskaber ikke den naturlige hydrologi. Vandet trækker stadig ud mod grøfterne også efter blokering, hvilket hindrer diffus strømning i projektområdet. Der er erfaring for at blokerede dræn delvis kan fungere ved at drænvandet finder vej uden om blokaden. Dette vurderes at være en af årsagerne til, at kvælstoffjernelsen er meget lille. På sigt vurderes det, at der ikke vil være tab af TN, da projektområdet ikke længere gødes.

Ved fremtidige projekter, hvor man kun blokerer grøfterne kunne det overvejes at beplante grøfterne (Cui et al., 2020).

6 Referenceliste

Armstrong, A., Holden, J., Kay, P., Francis, B., Foulger, M., Gledhill, S., McDonald, A.T., Walker, A. (2010) The impact of peatland drain-blocking on dissolved organic carbon loss and discolouration of water; results from a national survey. *Journal of Hydrology*, 381(1-2), 112-120.

<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.11.031>.

Cui, N., Zhang, X., Cai, M., Zhou, L., Chen, G., Zou, G. (2020). Roles of vegetation in nutrient removal and structuring microbial communities in different types of agricultural drainage ditches for treating farmland runoff. *Ecol. Eng.*, 155. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2020.105941>.

Grand-Clement, E., Luscombe, D. J., Benaud, P., Ashe, J., Gatis, N., Angus, M., Smith, D., & Brazier, R. E. (2025). Assessing the Effects of Ditch Blocking on Dissolved Organic Carbon and Rainfall-Runoff Regimes: Results From a Climatically Marginal Shallow Peatland. *Mires and Peat*, 32, 32.

<https://doi.org/10.19189/001c.151296>

Holden, J., Wallage, Z.E., Lane, S.N., & McDonald, A.T. (2011). Water table dynamics in undisturbed, drained and restored blanket peat. *Journal of Hydrology*, 402, 103-114.

Orbicon. 2018. Lavbundsprojekt Lobæk ved Øbjerg. Teknisk Forundersøgelse til Naturstyrelsen Vadehavet

Turner, E.K., Worrall, F., Burt, T.P. (2013) The effect of drain blocking on the dissolved organic carbon (DOC) budget of an upland peat catchment in the UK. *Journal of Hydrology*, 479, 169-179.

<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.11.059>

WSP. Slutrapport for Lobæk Lavbundsprojekt (uden årstal)

LOBÆK FØR OG EFTER SIMPEL HÆVNING AF VANDSTANDEN

En undersøgelse af hvorledes transporten af kvælstof og fosfor ændrer sig før og efter blokering af grøfterne på en organogen lavbundsjord