



OVERVÅGNING AF VÅDOMRÅDER 2015

NOVANA

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 293

2018



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

[Tom side]

OVERVÅGNING AF VÅDOMRÅDER 2015

NOVANA

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 293

2018

Carl Christian Hoffmann
Joachim Audet
Niels Bering Ovesen
Søren Erik Larsen
Ane Kjeldgaard

Aarhus Universitet, Institut for Bioscience



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

Serietitel og nummer:	Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 293
Titel:	Overvågning af vådområder 2015
Undertitel:	NOVANA
Forfattere:	Carl Christian Hoffmann, Joachim Audet, Niels Bering Ovesen, Søren Erik Larsen, Ane Kjeldgaard
Institution:	Aarhus Universitet, Institut for Bioscience
Udgiver:	Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL:	http://dce.au.dk
Udgivelsesår:	December 2018
Redaktion afsluttet:	Oktober 2018
Faglig kommentering:	Hans Estrup Andersen & Miljøstyrelsen
Kvalitetssikring, DCE:	Poul Nordemann Jensen
Finansiel støtte:	Miljø- og Fødevarerministeriet
Bedes citeret:	Hoffmann, C.C., Audet, J., Ovesen, N.B. Larsen, S.E. og Kjeldgaard, A. 2018. Overvågning af vådområder 2015. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 46 s. - Videnskabelig rapport nr. 293 http://dce2.au.dk/pub/SR293.pdf
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Sammenfatning:	Overvågningsprogrammet for vådområder er udført i 8 vådområder i 2015 med henblik på at dokumentere den miljømæssige effekt af genopretningen af vådområder. Kvælstoffjernelsen ligger i intervallet 24 – 308 kg TN ha ⁻¹ projektområde år ⁻¹ (5 – 42%). Der er både nettotab af fosfor og tilbageholdelse af fosfor i vådområderne. Tilbageholdelse af total fosfor varierer således fra -1.4 til + 10.3 kg TP ha ⁻¹ projektområde år ⁻¹ (-29 % - 18 %).
Emneord:	Ferske vådområder, kvælstoftilbageholdelse, fosfortilbageholdelse, overvågning, Vandbalance
Layout:	Grafisk Værksted, AU Silkeborg
Foto forside:	Torsted Sø. Foto: Carl Christian Hoffmann
ISBN:	978-87-7156-360-3
ISSN (elektronisk):	2244-9981
Sideantal:	46
Internetversion:	Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) som http://dce2.au.dk/pub/SR293.pdf
Supplerende oplysninger:	NOVANA er et program for en samlet og systematisk overvågning af både vandig og terrestrisk natur og miljø. NOVANA erstattede 1. januar 2004 det tidligere overvågningsprogram NOVA-2003, som alene omfattede vandmiljøet.

Indhold

Forord	5
Sammenfatning	6
Konklusion	6
1. Overvågningsprogrammet for vådområder	7
2. Projektområder	8
3. Resultater	11
3.1 Vilsted Sø	11
3.2 Lyngbygårds Å	14
3.3 Tim Enge	18
3.4 Aarslev Engsø	22
3.5 Sandskær	26
3.6 Grøngrøft	29
3.7 Geddebækken	33
3.8 Snaremosø Sø	37
4. Samlet vurdering	41
4.1 Vandbalancer	41
4.2 Kvælstof- og fosforkoncentrationer	41
4.3 Massebalancer for N og P	42
5. Referencer	45

[Tom side]

Forord

Overvågningen af vådområder er iværksat med det formål at levere viden om effekten af Grøn Vækst virkemidlet ”vådområder”, at levere data til effektopgørelser af indsatser med Land Distrikts Program medfinansiering til EU-Kommissionen, og for at levere vidensgrundlag for videreudvikling af vådområder som virkemiddel til reduktion af kvælstof- og fosforudledning fra de dyrkede arealer til vandmiljøet.

Denne rapport er udarbejdet af DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet (DCE) som et led i den landsdækkende rapportering af det Nationale program for Overvågning af VAndmiljøet og NATuren (NO-VANA). Rapporten er baseret på data indsamlet af Miljøstyrelsen.

Sammenfatning

I 2015 blev der foretaget overvågning af 8 genetablerede vådområder med henblik på at dokumentere de miljømæssige effekter af genopretningen af disse områder. De overvågede vådområder indbefatter 4 lavvandede søer: Vilsted Sø, Årslev Engsø, Tim Enge og Sandskær, 1 ådalsprojekt: Lyngbygaards Å samt 3 moseområder: Grøngrøft, Geddebækken og Snaremosen "Sø".

Måleprogrammet bestod i vandføringsmålinger i ind- og udløb fra vådområderne samt vandprøvetagning samme steder til analyse for nitrat-N, total kvælstof (TN), fosfat-P og total fosfor (TP). Der er beregnet månedlige vandtransporter for indløb og udløb samt opstillet stoftransporter for ind- og udløb. Endelig er der beregnet årlige vand- og stofbalancer for vådområderne.

Massebalanceresultaterne viser, at der fjernes 26 – 304 kg nitrat-N ha⁻¹ projektområde år⁻¹ og at der fjernes 24 – 308 kg TN ha⁻¹ projektområde år⁻¹ (et enkelt område, Tim Enge udeladt pga. meget stor usikkerhed med målingerne).

Der er både nettotab af fosfor og retention af fosfor i de overvågede vådområder. Retentionen af fosfat varierer fra -2.2 til +13.2 kg fosfat-P ha⁻¹ projektområde år⁻¹ (- betyder nettotab af fosfat). Retention af total fosfor varierer fra -1.4 til + 10.3 kg TP ha⁻¹ projektområde år⁻¹ (Tim Enge udeladt pga. usikkerhed).

Konklusion

Alle de overvågede områder fjerner kvælstof både målt som total kvælstof og nitrat, men med nogen variation.

Der er kun tilbageholdelse af fosfor i få af de overvågede vådområder. Der er med sikkerhed kun tilbageholdelse af total fosfor (TP) i to områder, mens der med sikkerhed er retention af fosfat i 4 områder.

1. Overvågningsprogrammet for vådområder

Overvågningsprogrammet for vådområder blev aftalt iværksat i 2014 og igangsat i 2015. Overvågningen har til formål at dokumentere de miljømæssige effekter af restaurering af vådområder og reetablering af lavvandende søer – med fokus på kvælstoffjernelse og tilbageholdelse af fosfor fra arealer i landbrugsdrift.

For kalenderåret 2015 blev der udpeget 10 områder til overvågning, hvoraf 8 afrapporteres i denne rapport, idet Hjulby Mose på Fyn blev udskudt til senere da måleudstyret var forsinket, mens Lindkær Mose måtte opgives fordi vandtransporten ind i vådområdet kun redegjorde for 20 – 25 % af afstrømningsmålingerne i udløbet.

Der er udarbejdet en teknisk anvisning "Overvågning af effekten af reetablerede vådområder" der beskriver hvorledes overvågningen skal foretages med hensyn til prøvetagning, måling af vandføring samt hvilke analysemetoder der skal anvendes (W01, Hoffmann et al., 2014). Da vådområder typisk er meget forskellige er der herudover for hvert område lavet en såkaldt manual, der beskriver hvorledes det specifikke vådområde skal overvåges. Alle områder er besigtigede inden minimanualen er udarbejdet.

Måleprogrammet omfatter månedlige vandprøvetagninger i 14 måneder, således at der kan opstilles en årlig stofbalance for det specifikke vådområde. Vandføring er målt ved opstilling af Q/H stationer i vandløb, indløb og udløb, ved måling af vandføring i dræn, og ved registrering af pumpet vandmængde i pumpede områder.

2. Projektområder

Vilsted Sø projektområde er på 930 ha heraf 451 ha sø og 479 ha våd og tør eng (tabel 1). Søen blev genetableret i 2006. Der er tre tilløb til Vilsted sø: Faldbæk, Herredsbæk/Bjørnsholm å, og Ranum Bæk. Der er udløb fra søen til Løgstør Bredning via Bjørnsholm Å, hvor der har været opstillet en vandløbsstation siden 2005 ved Vitskøl Kloster. Denne vandløbsstation lå tidligere på den strækning af Bjørnsholm å hvor nu søen befinder sig.

Lyngbygårds å fra 2007 er en retablering af ådalen på en ca. 4 km lang strækning i kombination med en gensnoing af vandløbet med samlet længde på 4820 m (1360 m forlængelse). Projektområdet er på 173 ha, men det har kun været praktisk muligt at overvåge 40 ha mellem Galten Bro og Sjelle Stangbro.

Tim Enge der blev etableret i 2007 omfatter 152 ha hvoraf 103 ha udgøres af en lavvandet sø. Største tilløb er fra Tim Å. Herudover er der tilløb fra Tim Enge pumpestation med to store pumper, samt tilløb fra Madum Å til pumpekanalen via et overfald ved store afstrømnings-hændelser. Der er tilløb fra Alrum hovedkanal via en pumpestation, tilløb fra Kimmelkær Landkanal og Kimmelkær Hovedkanal via en pumpestation. Udløbet fra projektområdet er til Tim Å ved Alrum bro, hvor vandet løber videre til Stadil Fjord.

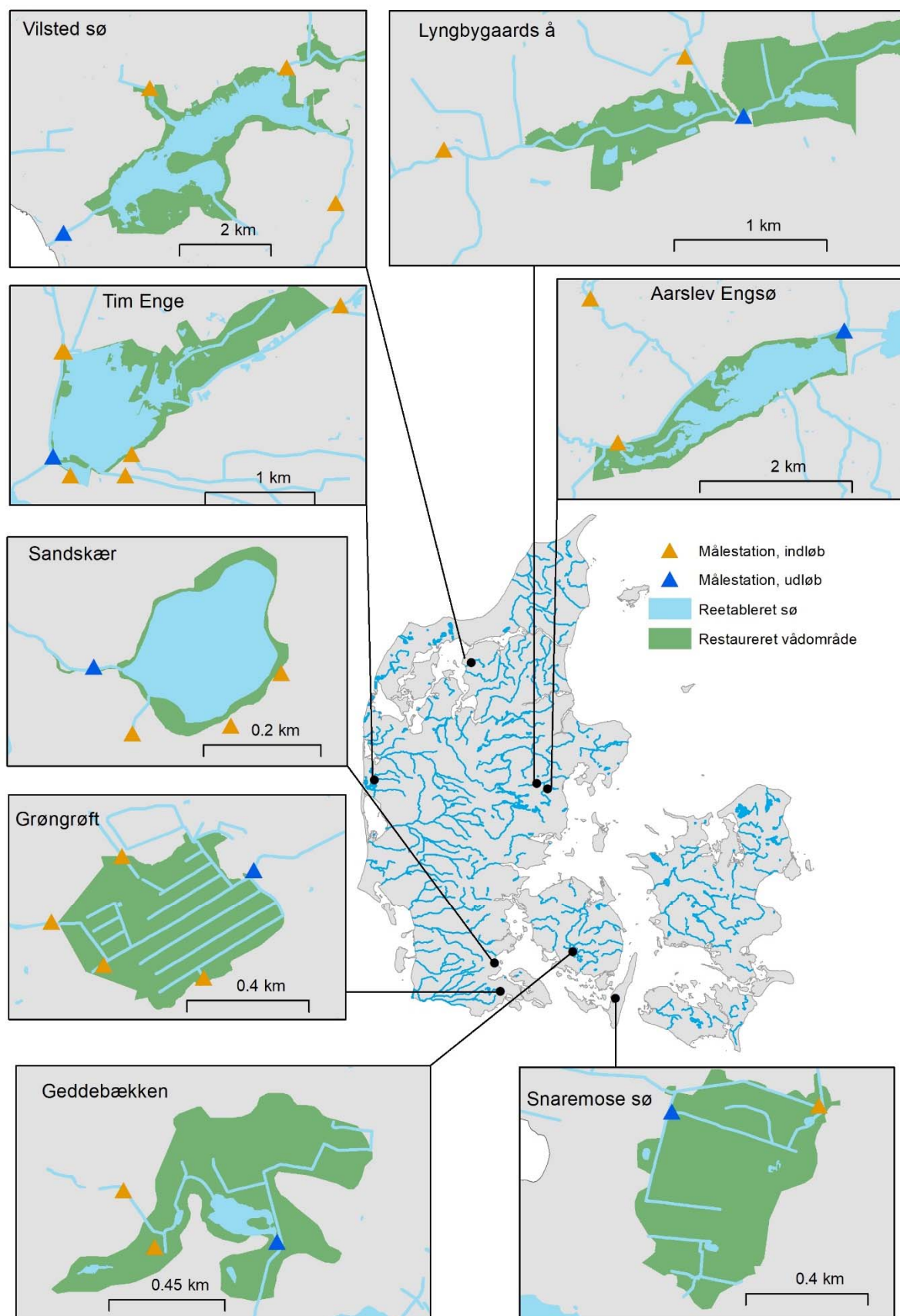
Årslev Engsø vådområde er efter de nyeste GIS beregninger (AU) på 215 ha heraf 117 ha sø og 98 ha våde enge. Søen blev etableret i 2003. Der er tilløb fra Århus Å og Lyngbygårds Å. Søen har et volumen på ca. 584290 m³. Afløb igen til Århus Å lige inden dennes indløb i Brabrand sø.

Sandskær på Løjt er en genetableret sø på 4,5 ha og et samlet projektområde på 5,8 ha retableret i 2011. En lille bæk løber til søen samt 5 dræn, hvoraf de fire anses for at være små lokale dræn og et større dræntilløb (Ø 15 cm). Søen har afløb via et nyåbnet vandløb som har udløb i Dybvig Bugt (en del af Genner Bugt).

Grøngrøft nordvest for Gråsten ved Grøngrøft slot er et genetableret moseområde på 25,4 ha, som blev genetableret i 2012. Moseområdet har tilløb af to vandløb Grøngrøft og Brændholm Bæk. Der er 5 dræntilløb, hvoraf 3 er mindre dræn, et Ø15 cm dræn og et Ø50 cm dræn. Flere af drænene giver en betydelig mængde vand. Afløbet sker via Brændholm Bæk/Fiskbæk ved Grøngrøftvej, hvor der også er en afværgegrøft ind mod vådområdet for at beskytte den nærliggende vej.

Geddebækken er et vådområde på 39 ha, der er anlagt i 2003. Projektområdet har tilløb fra et stort intensivt drevet landbrugsområde via Geddebækken. Der er tilløb fra en grøft lige hvor bækken slår et knæk inden den løber ind i en lille dam, som efterfølges af en lidt større sø/dam. Endvidere ligger der endnu et sø- moselignende område inden udløbet i Arreskov Sø via Geddebækken. Vådområdearealet er opgjort til 12 ha og søarealet til 2 - 3 ha vha. luftfotos og efterfølgende GIS beregning. Overvågningen af Geddebækken omfatter kun 20 ha, da en del af området, i den nordøstligste del har afløb til Geddebækken tæt ved udløbet og dette udløb modtager endvidere vand fra et pumpet landbrugsareal i omdrift.

Figur 1 viser placeringen af projektområderne samt målestationerne.



Figur 1. Projektområdernes placering. For de enkelte projektområder er målestationerne vist med en gul trekant for indløb og blå trekant for udløb. Søarealet er vist med blå farve og det resterende vådbundsareal med grøn farve.

Snaremosesø er modsat navnet et 33,5 ha stort moseområde på Langeland, som blev etableret i 2002. AU har ved hjælp af GIS genberegnet det overvågede areal til at være 31 ha. Der er kun et tilløb til vådområdet. Der er udløb til en grøft tæt på et sommerhus, Snaremoshus. Grøften løber ud til Henninge Nor.

I tabel 1 er angivet oplandsarealernes størrelse, projektområdets areal – herunder eventuelt søareal, jordtyper og arealanvendelse til projektområderne samt nedbør og middeltemperatur for kalenderåret 2015.

Tabel 1. Projekttype, oplandsarealer til projektområderne, størrelse på projektområde herunder areal af overvåget del af projektområdet markeret med * samt i parentes eventuelt søareal i projektområdet, ratio mellem projektområdets og oplandets størrelse, år for etablering af projektet, procent landbrugsareal i oplandet til vådområdet, jordtype, årlig nedbør og årlig gennemsnitlig lufttemperatur.

Lokalitet	Type	Opland areal ha	Vådomr. areal ha (sø)	Ratio Opl:våd %	Etabl. år	Land- brug %	Jordtype			Ned- bør mm	Temp °C
Aarslev Engsø	Sø & våd eng	27134	215 (117)	0.8	2003	60	Sand 43	Ler 54	Tørv 3	897	8.9
Geddebækken	Småsøer mose, eng	229	39/20* (3)	8.7	2003	76	87	0	13	841	9.6
Grøngrøft	Mose	245	25.4	10.4	2012	83	0	82	18	1088	9.6
Lyngbygårds Å	Ådal våd eng	5721	173/40*	0.7	2007	62	60	37	3	914	8.8
Sandskær	Sø & våd eng	114	5.8 (4.5)	5.1	2011	48	92	5	3	986	9.4
Snaremosesø	Mose	565	31	5.5	2002	87	9	91	0	791	9.8
Tim Enge	Sø & våd eng	10059	152 (103)	1.5	2007	58	79	5	16	1024	9.4
Vildsted sø	Sø & rør- skov, våd & tøreg	9588	930 (451)	9.5	2006	71	83	0	17	945	8.7

* Overvåget areal

3. Resultater

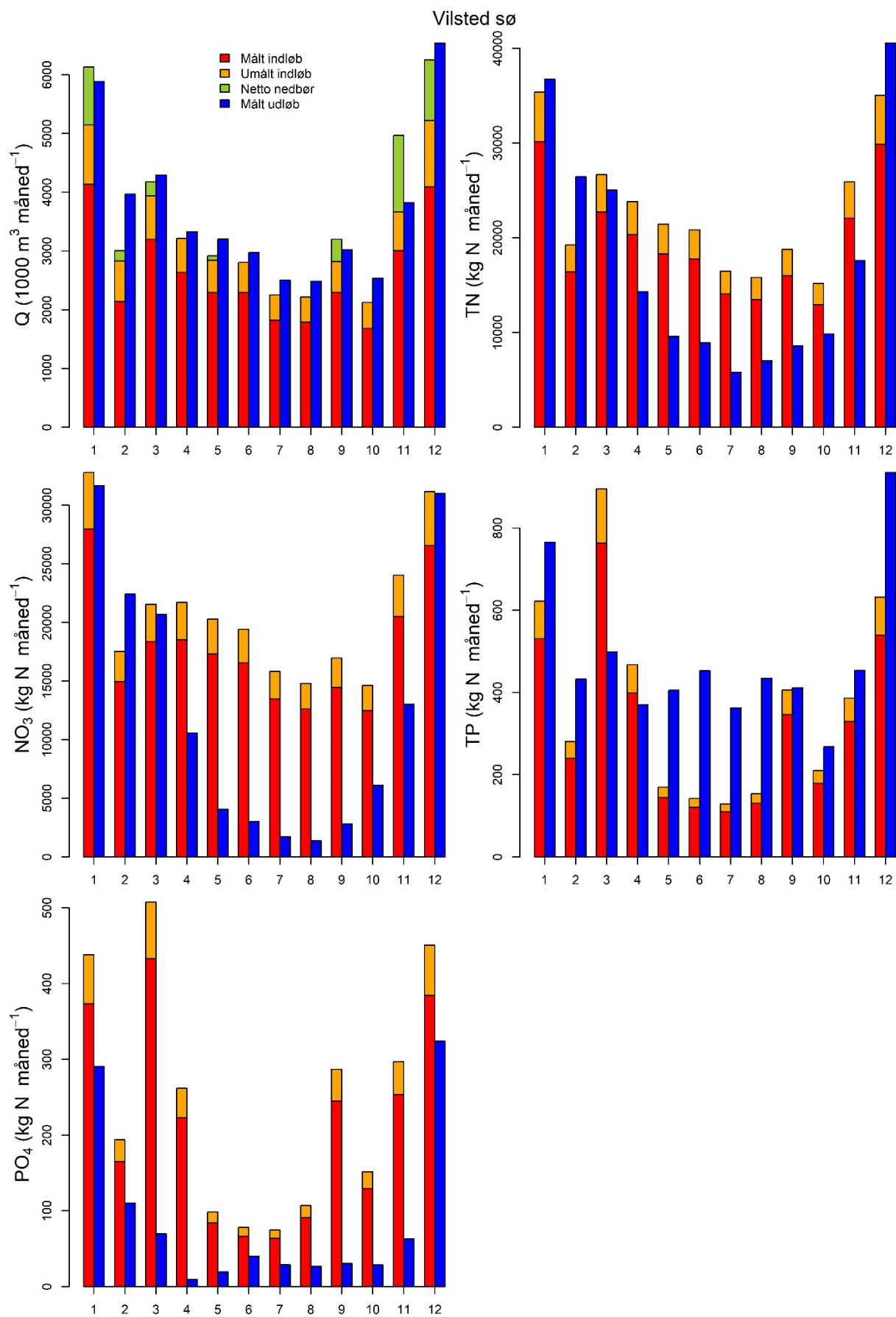
3.1 Vilsted Sø

Oplandet til Vilsted Sø er på 9588 ha (tabel 1) og heraf udgør det umålte opland 2570 ha (27%). Vandbalancen for Vilsted Sø (volumen $3781 \times 10^3 \text{ m}^3$) opgjort på månedsbasis er vist i figur 2 og tabel 2. Der er størst til- og afstrømning i vintermånederne og lavest i sommermånederne. I alle måneder er den målte afstrømning ved Vitskøl større end den målte tilstrømning fra Vilsted å, Faldbækken plus den beregnede tilstrømning fra Ranum Bæk og de umålte deloplande fra Bjørnshom Å og Faldbækken. Forskellen udgør 6,7 % og forskellen må i første række tilskrives indløbsstationen ved Bjørnsholm Å, der ligger et stykke fra selve indløbet grundet faldforholdene (stuvning i selve indløbet) som derved resulterer i et stort umålt opland. Ranum Bæk måtte beregnes via areal korrektion til Vilsted Å grundet periodevis lille vandføring, ringe fald og meget vegetation. Udløbsstationen i Bjørnsholm Å ved Vitskøl Kloster har derimod kontinuerlig hastighedsmåling og fast måleprofil med deraf følgende lav usikkerhed på beregningerne. Det samlede afløb fra søen i 2015 er på $44571 \times 10^3 \text{ m}^3$, hvilket giver en årlig gennemsnitlig opholdstid i søen på 0,0848 år (31 dage).

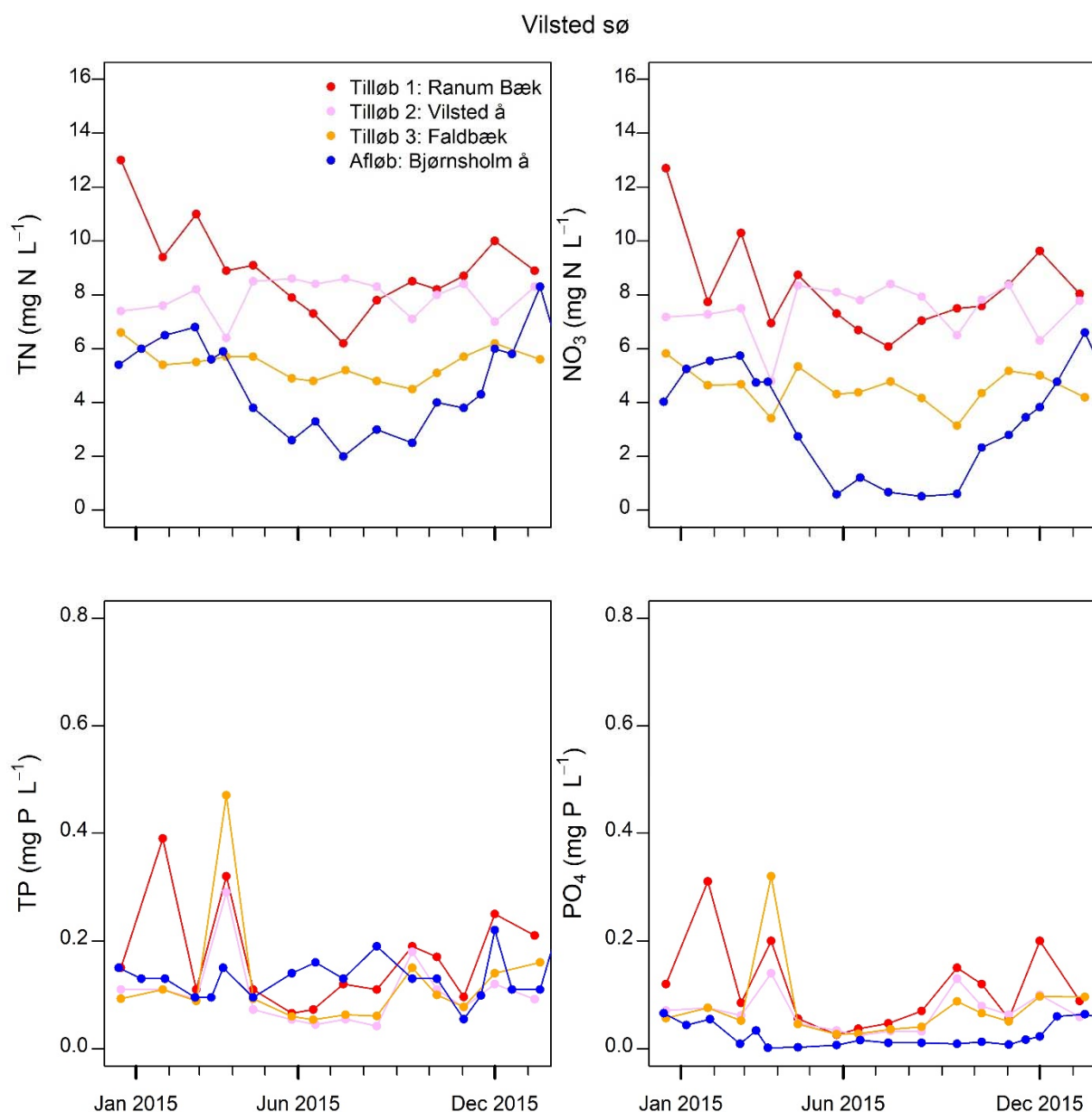
Tabel 2. Samlet vandbalance for Vilsted Sø opdelt på måneder visende samlet indløb fra Bjørnsholm Å, Faldbækken og Ranum bæk (arealberegnet fra Bjørnsholm Å) og udløbet til Løgstør Bredning via Bjørnsholm Å.

Vilsted sø		
Måned	Indløb 10^3 m^3	Udløb 10^3 m^3
Januar	6135	5886
Februar	3004	3967
Marts	4177	4294
April	2768	3331
Maj	2916	3203
Juni	2501	2975
Juli	2188	2502
August	2026	2486
September	3198	3023
Oktober	2114	2538
November	4969	3823
December	6255	6543
Total 2015	42252	44571

De målte næringsstofkoncentrationer i indløbene og udløbet er vist i figur 3. Total kvælstof og nitrat udviser ensartet mønster med de højeste koncentrationer i indløbene på nær februar, marts og december, og med meget lave nitratkoncentrationer i udløbet i sommerperioden. Målingerne af total fosfor er højere i udløbet end i indløbene i sommerperioden og generelt ligger udløbskoncentrationerne højt i forhold til indløbskoncentrationerne. Målingerne af fosfat viser derimod de laveste koncentrationer i udløbet gennem hele 2015, og sammenholdt med TP målingerne må det antages at fosfat optages af primærproducenterne i vækstsæsonen og til dels skylles ud som organisk fosfor (alger), hvilket også understøttes af at søen er blevet uklar.



Figur 2. Vilsted Sø. Månedlige vand- og stoftransporter for kalenderåret 2015.



Figur 3. Vilsted Sø. Målte næringsstofkoncentrationer i indløbene Ranum Bæk, Vilsted Å og Faldbækken samt i udløbet, Bjørnsholm Å.

Tilførslen af total kvælstof (TN) er størst i vinterhalvåret (figur 2). I januar, februar og december er transporten ud af søen større end den samlede tilførsel, mens der ses en markant tilbageholdelse af TN fra april til og med november. Transporten af nitrat ind og ud af søen har samme mønster som TN transporten.

Den samlede tilførsel af total fosfor (TP) er størst i januar, marts, april, september og november, december. Fra maj til august er tilførslen af TP på sit laveste med 150 – 180 kg TP måned. Transporten af fosfat adskiller sig markant fra TP. Tilførslen af fosfat er i alle måneder markant højere end transporten ud af søen og i sommerhalvåret er transporten ud meget lav.

Massebalancerne for søen i 2015 er vist i tabel 3. Der fjernes 102 tons nitrat-N og 64 tons TN, hvilket svarer til 110 kg nitrat-N ha⁻¹ projektområde år⁻¹ og 69

kg TN ha⁻¹ projektområde år⁻¹. Udregnet per ha søflade bliver det henholdsvis 227 kg nitrat-N ha⁻¹ år⁻¹ og 142 kg TN ha⁻¹ år⁻¹.

Der tilbageholdes 1905 kg fosfat-P og tabes 1295 kg TP i 2015. Opgjort for hele projektområdet på 930 ha svarer det til en tilbageholdelse af fosfat på 2 kg fosfat-P ha⁻¹ og et nettotab af TP på 1.4 kg TP ha⁻¹ år⁻¹. Opgjort for søarealet alene svarer det til 4.2 kg fosfat-P ha⁻¹ år⁻¹ og – 2.8 kg TP ha⁻¹ år⁻¹.

Tabel 3. Massebalancer for Vilsted Sø projektområde – 451 ha sø + 479 ha våd og tør eng. Den arealspecifikke tilbageholdelse er vist i kg ha⁻¹ år⁻¹ i fjerde kolonne

Vilsted sø massebalancer				
Parameter	Ind	Ud	Retention (930 ha)	
	kg år⁻¹	kg år⁻¹	kg ha⁻¹ år⁻¹	%
NO ₃ ⁻ -N	250633	148396	110	41%
TN	274353	210290	69	23%
PO ₄ ³⁻ -P	2944	1039	2,0	65%
TP	4493	5788	-1,4	-29%

3.2 Lyngbygårds Å

Vandløbsoplandet til den opstrøms målestation ved Galten Bro er på 5721 ha (tabel 1), og det umålte opland er på 781 ha (14 %). Vådområdearealet på strækningen mellem Galten Bro og Sjelle Stangbro er på 40 ha. Vandtransporten ved Galten Bro plus den beregnede tilførsel fra det umålte opland er på 22620 x 10³ m³ i 2015 (19785 + 2835 x 10³ m³) mens den målte summerede årlige vandtransport ved Sjelle Stangbro er lidt mindre, 21401 x 10³ m³ (- 5.4 %). Den beregnede indsivning fra det umålte opland (figur 4) kan være overestimeret eller den målte tilstrømning via Skørring Bæk kan være underestimeret ved høje afstrømninger da bækken løber gennem vådområdet og oversvømmer dette, hvorved der forekommer vandstuvning, som derved ikke måles i fuld udstrækning ved Sjelle Stangbro. Endelig er der måleusikkerhed på vandføringsmålingerne.

Tabel 4. Målt vandtransport ved Galten Bro, beregnet indsivning fra umålt opland samt målt vandtransport ved Sjelle Stangbro nedstrøms projektområdet.

Lyngbygårds å		
Måned	Galten bro + umålt opland 10³ m³	Sjelle Stangbro 10³ m³
Januar	4107	3976
Februar	1606	1910
Marts	1566	1602
April	860	823
Maj	1104	879
Juni	935	860
Juli	714	771
August	590	571
September	1574	1188
Oktober	698	728
November	3432	3348
December	5435	4743
Total 2015	22620	21401

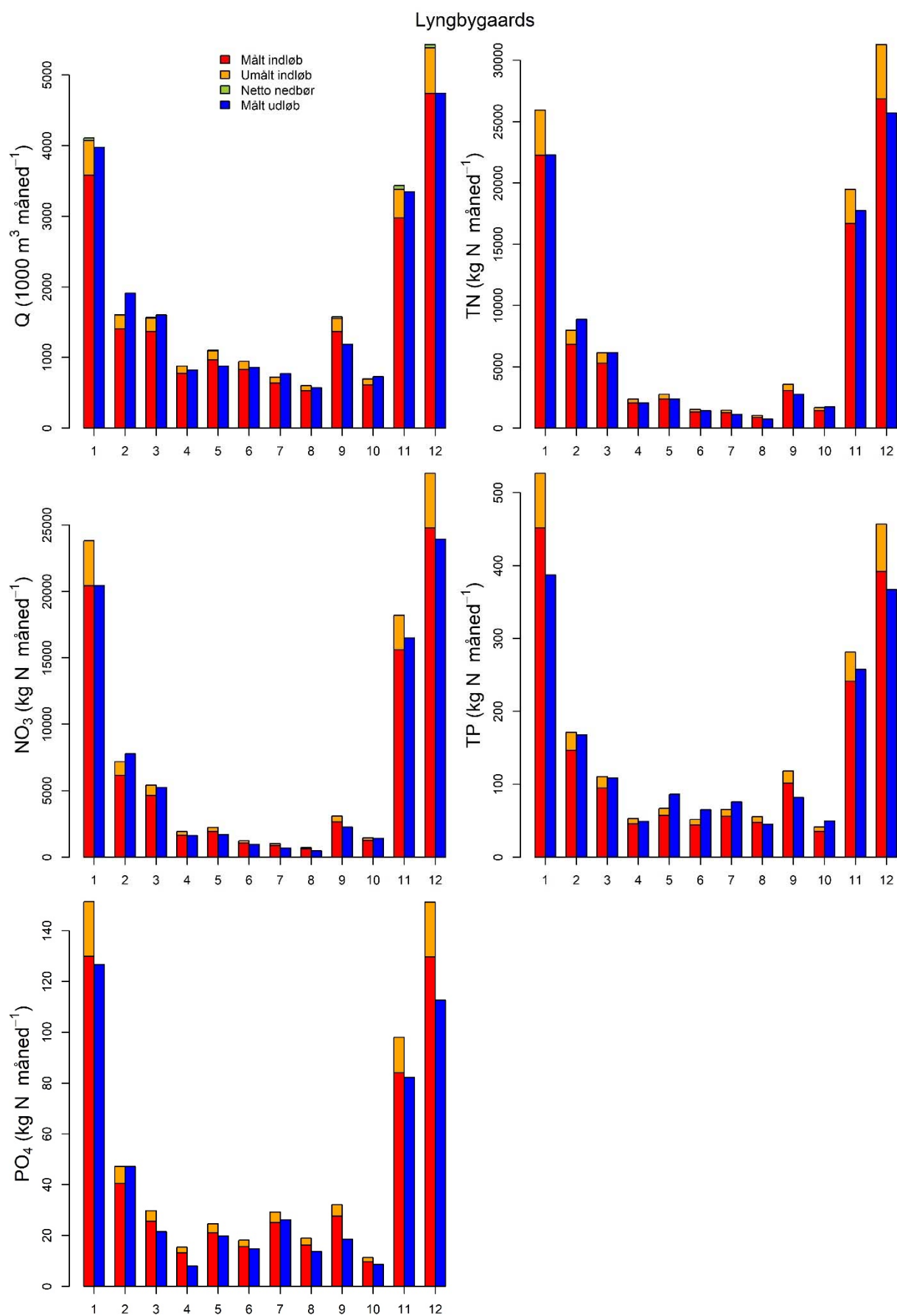
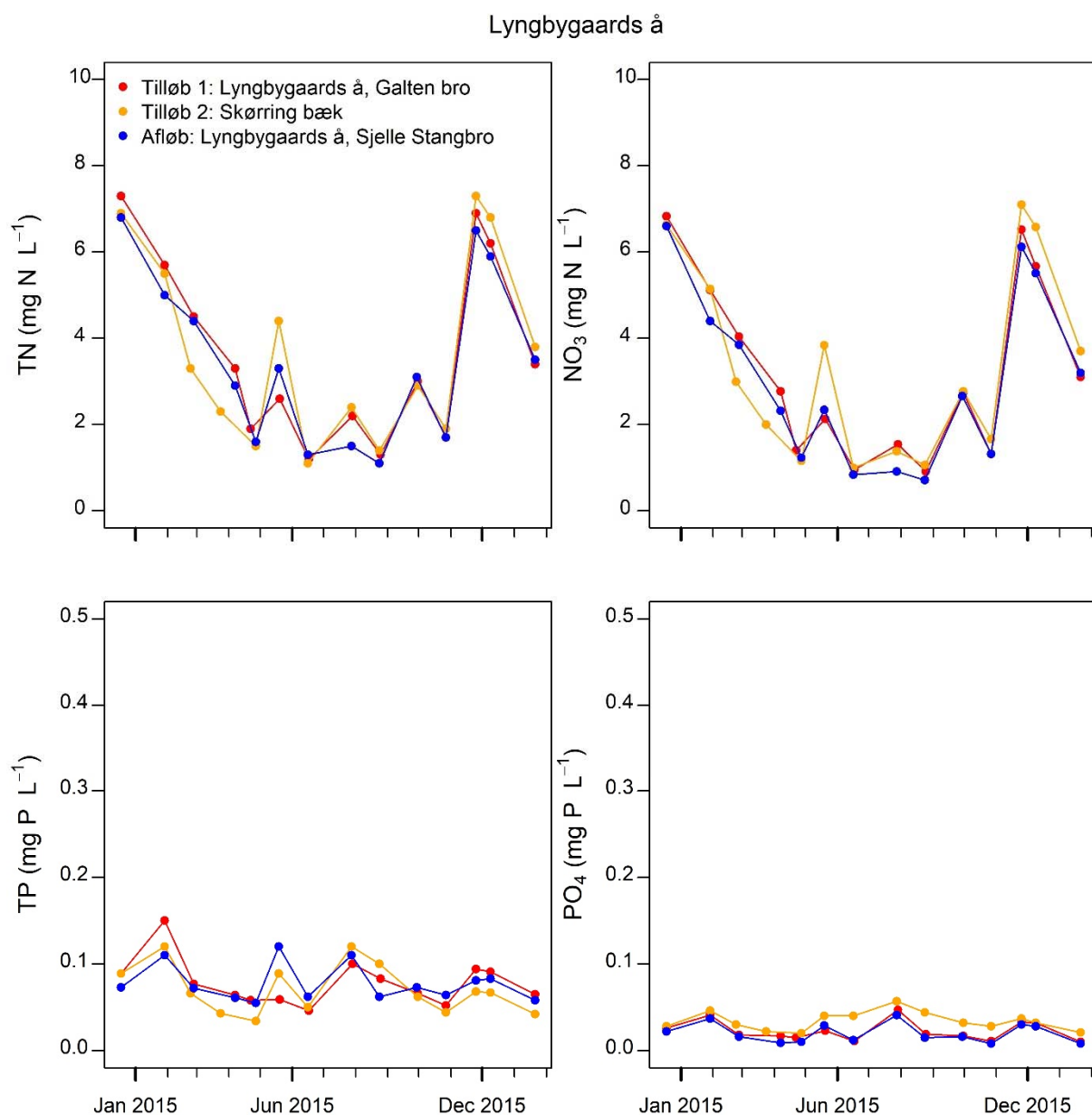


Figure 4. Lyngbygaards Å. Månedlige vand- og stoftransporter for kalenderåret 2015.

De målte næringsstofkoncentrationer ved Galten Bro, opstrøms, tilløbet Skørring bæk og nedstrøms Ved Sjelle Stangbro er vist i figur 5. TN koncentrationerne ligger tæt på hinanden, idet forskellen mellem Galten Bro og Sjelle Stangbro varierer fra 0.7 til -0.7 mg N mg l⁻¹. I 10 ud af 14 tilfælde er TN koncentrationen lavest nedstrøms ved Sjelle Stangbro. En parret t-test af observationerne viste, at der er signifikant forskel på målingerne på 10 % signifikansniveau. Nitratkoncentrationerne ligger ligeledes tæt (figur 5), og i 12 ud af 14 måneder er de højest ved Galten Bro sammenlignet med den nedstrøms liggende Sjelle Stangbro. Nitratkoncentrationerne i tilløbet fra Skørring Bæk ligger i 2 tilfælde lavere end ved Sjelle Stangbro og i de resterende 12 tilfælde højere end ved Sjelle Stangbro. I 9 tilfælde er nitratkoncentrationerne i Skørring Bæk også højere end ved Galten Bro. En parret t-test af nitrat observationerne mellem Galten Bro og Sjelle Stangbro viste, at de er signifikant forskellige på 5 % signifikansniveau.



Figur 5. Målte næringsstofkoncentrationer opstrøms vådområdet ved Galten Bro og Skørring Bæk samt nedstrøms vådområdet ved Sjelle Stangbro.

For alle tre målestationer ligger total fosforkoncentrationerne (TP) meget tæt på hinanden. Gennemsnitskoncentrationer ved Galten Bro, Skørring Bæk og Sjelle Stangbro ligger på henholdsvis 0.078, 0.071 og 0.77 mg TP l⁻¹. En parret t-test af TP koncentrationerne kunne ikke påvise signifikant forskel mellem hverken Galten Bro og Sjelle Stangbro eller mellem Skørring Bæk og Sjelle Stangbro. De målte fosfatkoncentrationer fra de tre stationer ligger ligeledes meget tæt, lavest ved den nedstrøms liggende Sjelle Stangbro med en årlig middel på 0,020 mg PO₄³⁻-P l⁻¹, herefter Galten Bro med 0.023 mg PO₄³⁻-P l⁻¹ og højest ved Skørring Bæk 0.034 mg PO₄³⁻-P l⁻¹. Den parrede t-test af observationerne mellem Galten Bro og Sjelle Stangbro samt mellem Skørring Bæk og Sjelle Stangbro viste for begge analyser, at der er signifikant forskel mellem målingerne på 5% signifikansniveau.

Den summerede transport af total kvælstof (TN), der føres til/gennem det ripariske vådområde og den gensnoede del af Lyngbygaards Å er vist i figur 4 for kalenderåret 2015. Det er især i januar og november, december de store transporter foregår med mellem 18 og 30 tons N per måned. I februar og marts ligger transporterne på 6 – 8 tons TN, mens april til og med oktober er meget lave med N transporter på ca 1 ton eller derunder per måned. De beregnede nitrattransporter (figur 4) udviser nøjagtig samme mønster som TN transporterne. Nitrat udgør 90 % af den samlede mængde kvælstof der transporteres.

Transporten af total fosfor (TP) der føres til og gennem det ripariske vådområde og den gensnoede del af Lyngbygaards Å i kalenderåret 2015 fremgår af figur 4. De største transporter foregår i januar, november og december med månedlige TP transporter på 250 – 500 kg TP måned⁻¹. Afstrømningen fra den nedstrøms liggende Sjelle Stangbro er lidt mindre end for de to stationer der fører TP til området. I maj, juni, juli og oktober hvor transporterne ligger under 100 kg TP per måned er der tab af TP fra projektområdet, da TP transporten er størst ved Sjelle Stangbro. Transporten af fosfat gennem projektområdet har overordnet set samme mønster som TP transporten, men den er tre gange mindre. Det skal endvidere bemærkes, at fosfattransporten er mindst ved Sjelle Stangbro gennem hele kalenderåret.

De årlige stoftransporter er summeret i tabel 5. Der tilbageholdes / fjernes ca 12 tons TN og 12 tons nitrat-N i 2015, svarende til fjernelse af nitrat på 304 kg nitrat-N ha⁻¹ år⁻¹ og 308 kg TN ha⁻¹ år⁻¹. Der er en TP retention på 227 kg og en fosfat-P retention på 127 kg, hvilket svarer til en tilbageholdelse på henholdsvis 6.4 kg TP ha⁻¹ år⁻¹ og 3.2 kg fosfat ha⁻¹ år⁻¹. Det skal dog bemærkes at der ikke kunne påvises forskel mellem målte TP koncentrationer på de tre målestationer, som nævnt ovenfor.

Tabel 5. Massebalance for Lyngbygaards Å projektområde, 40 ha, beregnet ud fra transportmålinger opstrøms ved Galten Bro, tilløbet Skørring Bæk og nedstrøms ved Sjelle Stangbro.

Lyngbygaards å				
Parameter	Ind	Ud	Retention	
	kg år ⁻¹	kg år ⁻¹	kg ha ⁻¹ år ⁻¹	%
NO ₃ ⁻ -N	95163	83001	304	13%
TN	105250	92917	308	12%
PO ₄ ³⁻ -P	627	500	3.2	20%
TP	1998	1741	6.4	13%

3.3 Tim Enge

Projektområdet Tim Enge med 103 ha lavvandet sø og 49 ha våde enge har et opland på 10059 ha (tabel 1) og heraf udgør det umålte opland 461 ha (5%). De månedlige vandtransporter summeret for de 5 indløb og den beregnede indsivning fra det umålte opland er vist i tabel 6 og figur 6 sammen med de månedlige vandtransporter i udløbet. Der er stor forskel mellem indløb og udløb når det gælder de månedlige transport (12 – 45 % med udgangspunkt i indløbsmængderne og 11 – 54 % i forhold til den målte udløbs-mængde). Der er 3 indløb hvor vandet pumpes ind i Tim Enge (Alrum Hovedkanal, Kimmelkær Hovedkanal og Sdr. Kast Hovedkanal) og det giver usikkerhed at omsætte pumpernes aflæste elforbrug til vandmængde på grund af pumpernes alder (op til 50 år gamle pumper) og usikkerhed omkring pumpekarakteristika og pumpeeffekt. Vandtransporten i Kimmelkær Landkanal er beregnet via QQ-beregninger til referencestationen i Hover Å. Det har endvidere vist sig, at udløbet fra Tim enge er stuvningspåvirket og at vandet både løber ind og ud af udløbet afhængig af vind- og vandstandsforhold. Den opstillede Q/h relation for udløbet er derfor ikke retvisende i stuvningssituationer og når vandet løber den modsatte vej, hvilket betyder at udløbsberegningerne er behæftet med nogen usikkerhed.

Tabel 6. Månedlige vandtransporter summeret for de 5 indløb og det umålte opland til projektområdet samt for udløbet.

Tim Enge		
Måned	Indløb 10³ m³	Udløb 10³ m³
Januar	10631	9264
Februar	5906	3844
Marts	6654	5860
April	5082	6218
Maj	4346	5415
Juni	4616	6302
Juli	3661	5296
August	3539	4311
September	6562	7356
Oktober	4083	5178
November	10122	8087
December	11962	15779
Total 2015	77164	82910

Målinger af nitrat koncentrationer i ind- og udløb er vist i figur 7. Indløbet Tim Å, Sønderby, hvorfra 76 – 88 % af vandtransporten ind i Tim Enge kommer (80 % af den årlige tilstrømning opgjort som mængder) har nitrat koncentrationer der ligger tæt på udløbskoncentrationerne. En parret t-test af observationerne fra de to stationer kunne ikke påvise signifikant forskel på nitratmålingerne fra de to stationer. For de øvrige målestationer – indløb - gælder at Alrum Hovedkanal konsekvent har lavere nitratkoncentrationer end udløbet (5% signifikansniveau), Kimmelkær Hovedkanal og Kimmelkær Landkanal har på nær et par undtagelser højere nitratkoncentrationer og parret t-test giver signifikant forskel på 5% signifikansniveau, mens Sdr. Kast Hovedkanal har forskellig nitratkoncentration i forhold til udløbet på 10 % signifikansniveau.

De målte TN koncentrationer i hovedindløbet, Tim Å, Sønderby, er ikke statistisk forskellig fra de målte udløbskoncentrationer. Det skal her bemærkes at den meget høje TN koncentration målt i udløbet i juli 2015 dækker en periode på 3 dage hvor der var resuspension grundet meget vindblæste forhold. For de øvrige målestationer gælder, at de målte TN koncentrationer er forskellig fra udløbskoncentrationerne ved anvendelse af parrede t-test på 5% signifikansniveau.

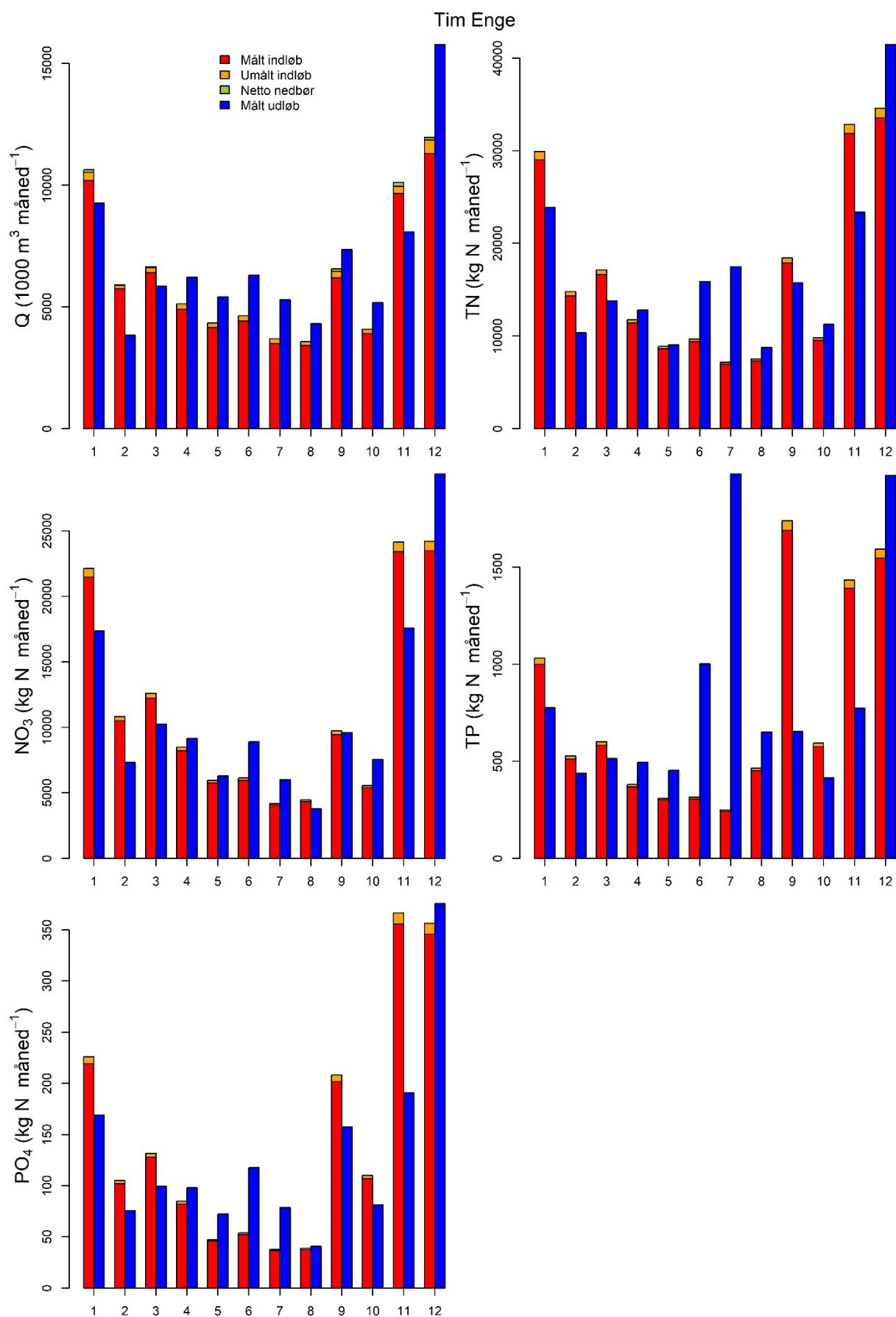
Fosfatkoncentrationerne ligger generelt lavt (figur 7) på nær Alrum Hovedkanal, der med et årligt gennemsnit på $0.083 \text{ mg PO}_4^{3-} \cdot \text{P l}^{-1}$ ligger noget over de øvrige målestationer. Hovedtilløbet Tim, Å, Sønderby, ligger lavest med en middelkoncentration på $0.014 \text{ mg PO}_4^{3-} \cdot \text{P l}^{-1}$ efterfulgt af udløbet med $0.018 \text{ mg PO}_4^{3-} \cdot \text{P l}^{-1}$. Der er signifikant forskel på 5 % niveau mellem udløbet fra Tim Enge og tilløbene ved parvis test.

Tilløbet Alrum Hovedkanal har også de højeste total fosfor (TP) koncentrationer (figur 7) med et årligt gennemsnit på $0.270 \text{ mg TP l}^{-1}$ efterfulgt af Sdr. Kast Hovedkanal med 0.187 og Kimmelkær Hovedkanal med $0.126 \text{ mg TP l}^{-1}$. Lavest ligger Kimmelkær Landkanal med et årlig gennemsnit på $0.087 \text{ mg TP l}^{-1}$ mens hovedtilløbet Tim Å, Sønderby ligger på 0.101 og udløbet på $0.116 \text{ mg TP l}^{-1}$. Udløbet har en markant top i juli 2015, der skyldes kraftig blæst, der forårsagede resuspension i søen, men som dog kun varede i tre dage. Der er signifikant forskel på 5% niveau mellem TP koncentrationerne i Alrum Hovedkanal og udløbet (parret t-test), mens der er ikke er signifikant forskel mellem udløbet og de øvrige tilløb ved statistisk analyse ved hjælp af parret t-test.

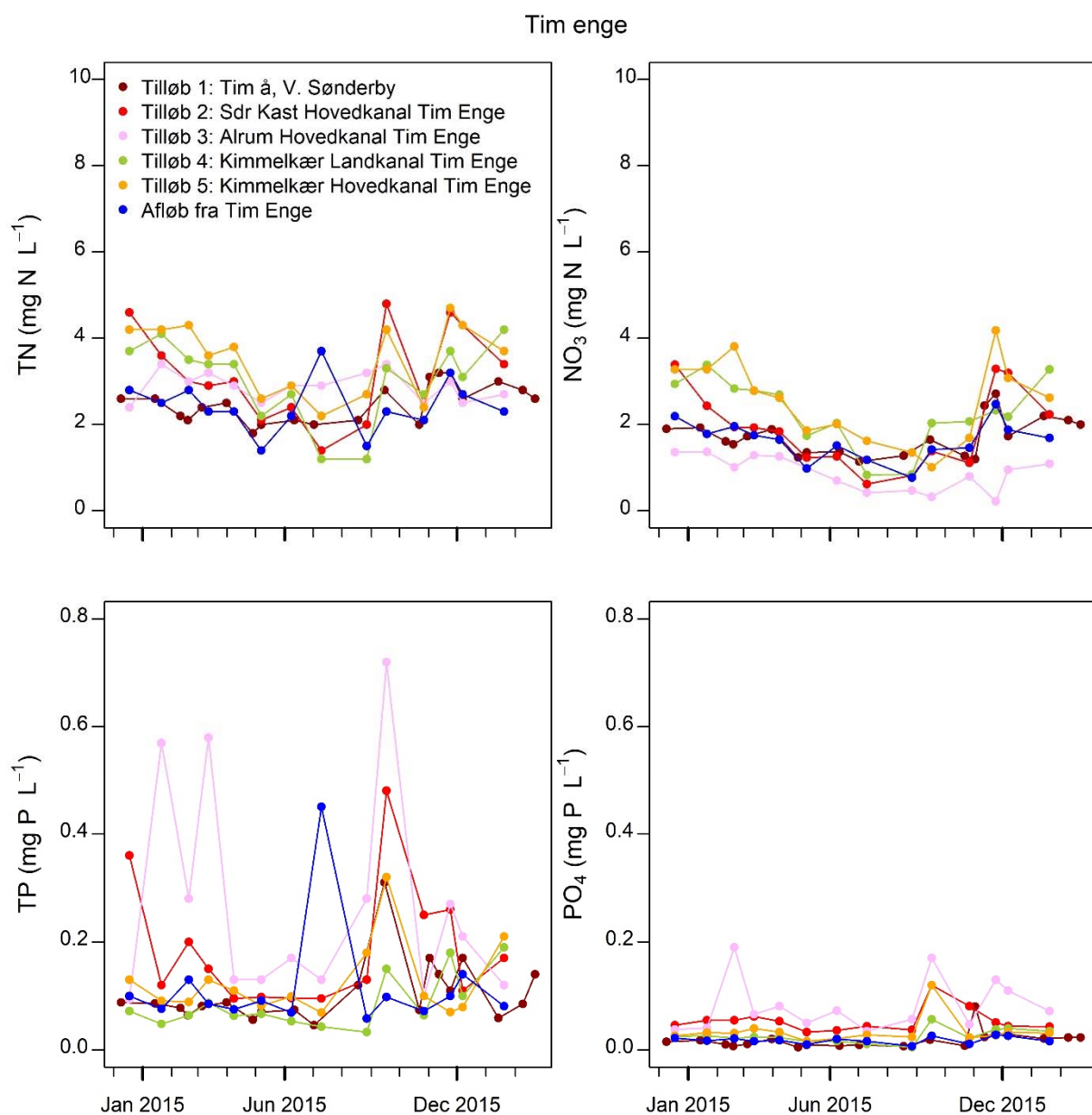
Massebalancerne for Tim Enge projektområde, tabel 7A, viser at der fjernes godt 5 tons nitrat-N årligt svarende til $34 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$. Der er et tab på 1,3 tons TN, men dette bør ses i lyset af den markante TN koncentration der blev målt i juli 2015 (figur 7), som trækker i negativ retning. Noget lignede gør sig gældende for fosfat og TP. Her ses en tilbageholdelse af fosfat på godt 200 kg fosfat-P år^{-1} , svarende til $1.4 \text{ kg PO}_4^{3-} \cdot \text{P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$, mens der er et tab af TP der må tilskrives den høje TP koncentration målt i juli 2015.

Der er lavet en alternativ balance for Tim Enge hvor der er taget højde for, at resuspensionen kun varede 3 dage (tabel 7B). Hvis det antages, at denne balance er mere retvisende, fås en tilbageholdelse af TN på $67 \text{ kg TN ha}^{-1} \text{ projektområde år}^{-1}$ og en tilbageholdelse af TP på $13 \text{ kg TP ha}^{-1} \text{ projektområde år}^{-1}$.

De opstillede massebalancer må dog tages med et vist forbehold da det som nævnt ovenfor har været vanskeligt at opstille en pålidelig vandbalance. Da Tim Enge endvidere ligger i et åbent vindblæst område kan resuspension også spille en afgørende rolle.



Figur 6. Vand- og stoftransporter ind og ud af Tim enge.



Figur 7. Målte næringsstofkoncentrationer i indløbene Tim Å, Sdr. Kast Hovedkanal, Alrum Hovedkanal, Kimmelkær Landkanal, Kimmelkær Hovedkanal samt i udløbet fra Tim Enge.

Tabel 7A. Massebalancer for Tim Enge projektområde – 103 ha sø + 49 ha våd og tør eng.

Tim Enge (152 ha)				
Parameter	Ind kg år ⁻¹	Ud kg år ⁻¹	Retention	
			kg ha ⁻¹ år ⁻¹	%
NO ₃ ⁻ -N	138371	133141	34	4%
TN	202516	203787	-8	-1%
PO ₄ ³⁻ -P	1765	1557	1,4	12%
TP	9238	10124	-5,8	-10%

Tabel 7B. Alternativ massebalancer for Tim Enge projektområde – 103 ha sø + 49 ha våd og tør eng. Denne balance tager højde for, at de høje TN og TP koncentrationer målt i juli måned kan tilskrives resuspension og kun har en varighed på 3 dage.

Tim Enge				
Parameter	Ind	Ud	Retention	
	kg år⁻¹	kg år⁻¹	kg ha⁻¹ år⁻¹	%
NO ₃ ⁻ -N	138371	133141	34	4%
TN	202516	192387	67	5%
PO ₄ ³⁻ -P	1765	1557	1	12%
TP	9238	7269	13	21%

3.4 Aarslev Engsø

Oplandet til Aarslev Engsø er på 27134 ha (tabel 1), hvoraf 7 %, 1817 ha, er umålt. I det umålte opland indgår den lille Madses Bæk. Vandbalancen viser et samlet indløb fra Århus Å og Lyngbygaards Å på 102446 x 10³ m³ mens udløbet til Brabrand Sø via Århus Å er 1.5 % mindre, 100917 x 10³ m³ (tabel 8 og figur 8). Tilførslen af vand er næsten ligeligt fordelt mellem Århus Å og Lyngbygaards Å med henholdsvis 47 mill m³ og 49 mill. m³ mens de sidste 6 mill. m³ kommer fra det umålte opland. Vandtilførslen varierer meget over året. Den er mindst i sommermånederne juni, juli og august (2.5 – 3.6 mill. m³) og størst i januar, november og december (11.9 – 21.4 mill. m³). Da Aarslev Engsø er meget lavvandet bliver opholdstiden meget kort, kun 2.1 dag som årligt gennemsnit og med en månedlig variation mellem 0.8 og 7.3 dage.

Tabel 8. Månedlig vandtilførsel fra Århus Å og Lyngbygaards Å samt månedlig udløb til Århus Å (indløb til Brabrand Sø).

Aarslev Engsø		
Måned	Indløb 10³ m³	Udløb 10³ m³
Januar	18085	17833
Februar	8548	9228
Marts	8520	8643
April	4545	4660
Maj	4592	4626
Juni	3630	3698
Juli	3078	3009
August	2493	2562
September	8054	7899
Oktober	5329	5416
November	13141	11939
December	22431	21404
Total 2015	102446	100917

Nitratkoncentrationerne i indløbet fra Lyngbygaards Å går fra ca. 5.5 mg NO₃⁻-N l⁻¹ i vintermånederne og ned til ca. 1.2 mg NO₃⁻-N l⁻¹ i sommermånederne (figur 9). Indløbskoncentrationerne i Århus Å følger samme mønster men vinterkoncentrationerne bliver knapt så høje 2.5 – 3.5 mg NO₃⁻-N l⁻¹. Udløbskoncentrationerne falder jævnt fra ca. 4 mg NO₃⁻-N l⁻¹ i december 2014 til næsten

nul i juli for derefter at stige jævnt igen. Nitratkoncentrationerne i indløbsvandet fra Lyngbygaards Å er i alle tilfælde noget højere – med en gennemsnitskoncentration på 3.09 mg NO₃⁻-N l⁻¹ – end udløbskoncentrationerne med en gennemsnitskoncentration på 1.87 mg NO₃⁻-N l⁻¹, mens Århus Å med en gennemsnitskoncentration på 2.2 mg NO₃⁻-N l⁻¹ periodevis har lidt lavere koncentrationer end udløbet (december 2014 – marts 2015 og december 2015 – januar 2016).

De målte TN koncentrationer udviser samme mønster som nitrat, blot er koncentrationerne generelt en smule højere og udløbskoncentrationerne i sommerperioden bliver som det laveste kun ca. 1.4 mg TN l⁻¹. Den gennemsnitlige årlige indløbskoncentration i indløbet fra Århus Å er på 2.81 mg TN l⁻¹ og 3.74 mg TN l⁻¹ for Lyngbygaards Å og for udløbet 2.64 mg TN l⁻¹.

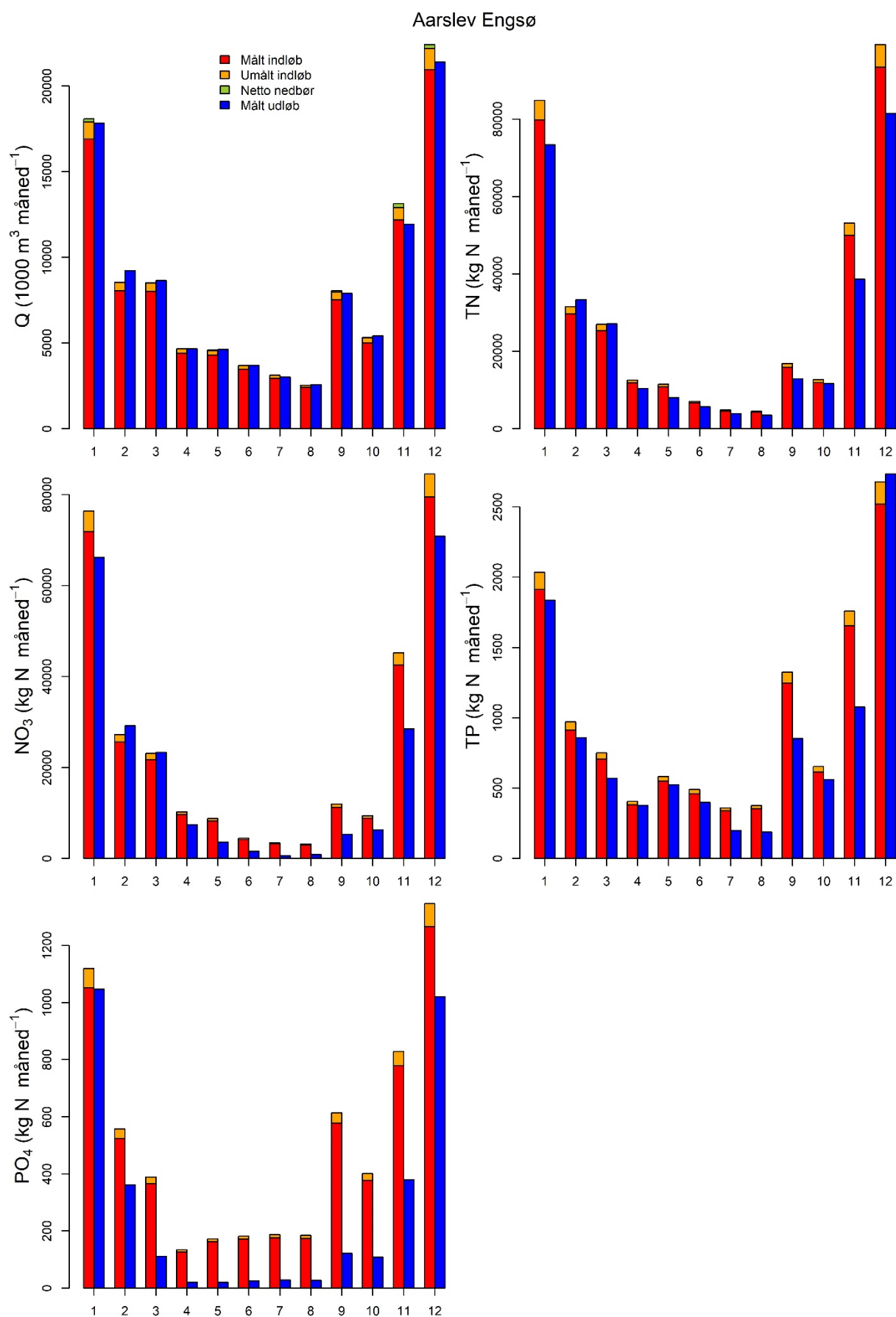
Fosfatkoncentrationerne i tilløbet fra Århus Å er i hele måleperioden tydeligt højere end udløbskoncentrationerne (figur 9), mens indløbskoncentrationerne fra Lyngbygaards Å er lidt mindre i de første måneder – december 2014 til marts 2015 – hvorefter de ligger højere end udløbskoncentrationerne (figur 9). De årlige gennemsnitskoncentrationer i de to indløb Århus Å og Lyngbygaards Å ligger på henholdsvis 0.084 og 0.031 mg fosfat-P l⁻¹, mens gennemsnittet i udløbet ligger på 0.024 mg fosfat-P l⁻¹.

De målte indløbskoncentrationer af TP fra Århus Å er generelt høje med et gennemsnit på 0.136 mg TP l⁻¹. Indløbskoncentrationerne af TP fra Lyngbygaards Å varierer betydeligt fra at være de laveste i december 2014, januar 2015, oktober 2015 og november 2015 til at være de højeste i juni 2015 og september 2015 (figur 9). Gennemsnitskoncentrationen er på 0.091 mg TP l⁻¹, mens udløbskoncentrationen til sammenligning er på 0.098 mg TP l⁻¹.

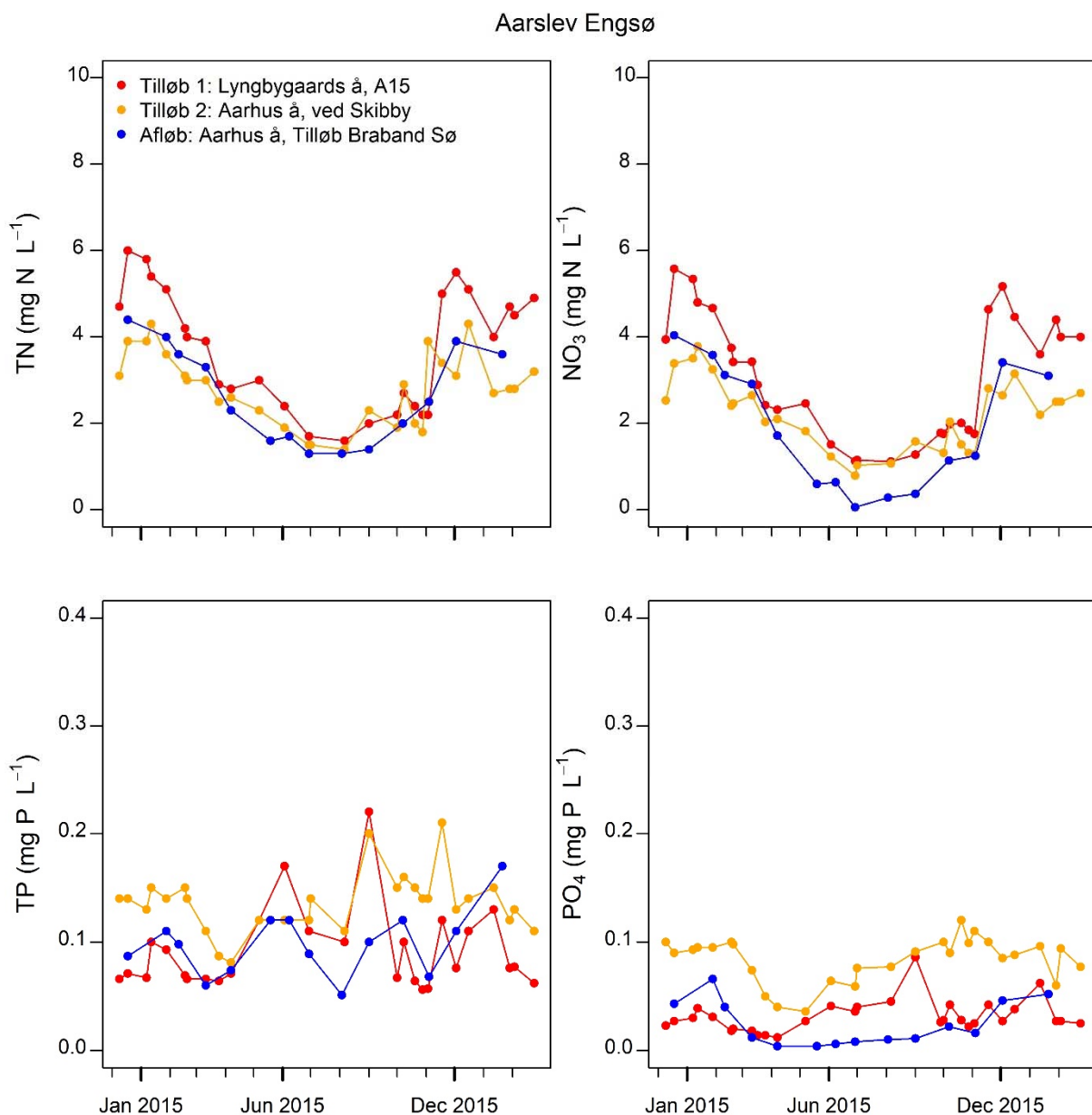
Den månedlige transport af kvælstof ind og ud af Årslev Engsø fremgår af figur 8. De største transporter foregår i vinterhalvåret, mest markant i januar og november – december. Der er ingen tilbageholdelse af hverken TN eller nitrat i februar og marts, mens der tilbageholdes kvælstof i de øvrige måneder. For nitrat ses en tydelig tilbageholdelse fra april 2015 og resten af året, hvor TN tilbageholdelsen fra april til og med oktober er mindre. De årlige kvælstofbalancer fremgår af tabel 9, og viser at nitratfjernelsen er på 299 kg N ha⁻¹ projektområde år⁻¹, og den totale kvælstoffjernelse er på 261 kg N ha⁻¹ projektområde år⁻¹. Den mindre TN tilbageholdelse indikerer, at nitrat optages af primærproducenter (f.eks. alger) i vækstsæsonen, og at en del organisk N tabes ud af søen.

Tabel 9. Massebalancer for Årslev Engsø projektområde – 117 ha sø + 98 ha våd eng.

Aarslev Engsø (215 ha)				
Parameter	Ind	Ud	Retention	
	kg år⁻¹	kg år⁻¹	kg ha⁻¹ år⁻¹	%
NO ₃ ⁻ -N	307667	243384	299	21%
TN	365787	309690	261	15%
PO ₄ ³⁻ -P	6115	3267	13.2	47%
TP	12380	10170	10.3	18%



Figur 8. Aarslev Engsø. Månedlige vand- og stoftransporter for kalenderåret 2015.



Figur 9. Målte koncentrationer af TN, Nitrat, TP og fosfat fra tilløbene Lyngbygaards Å og Århus Å samt i udløbet, som er Århus Å lige inden dennes indløb i Brabrand Sø.

Transporten af fosfor ind og ud af Årslev Engsø viser samme mønster som beskrevet ovenfor for kvælstof. Der tilbageholdes TP i alle måneder på nær december 2015 hvor der er et lille tab. Fosfat tilbageholdes i alle måneder og i sommerhalvåret er tabet af fosfat meget lille. Den samlede fosfatbalance viser også en markant tilbageholdelse på ca. 2.8 tons fosfat-P svarende til 13.2 kg P ha⁻¹ projektområde år⁻¹ svarende til 47 % af belastningen. Tilbageholdelsen af TP er mindre, kun 2.2 tons TP, svarende til 10.3 kg TP ha⁻¹ projektområde år⁻¹ hvilket er 18% af belastningen. Den mindre TP tilbageholdelse indikerer, at der optages fosfat af primærproducenterne i vækstsæsonen og at der tabes organisk P fra søen.

3.5 Sandskær

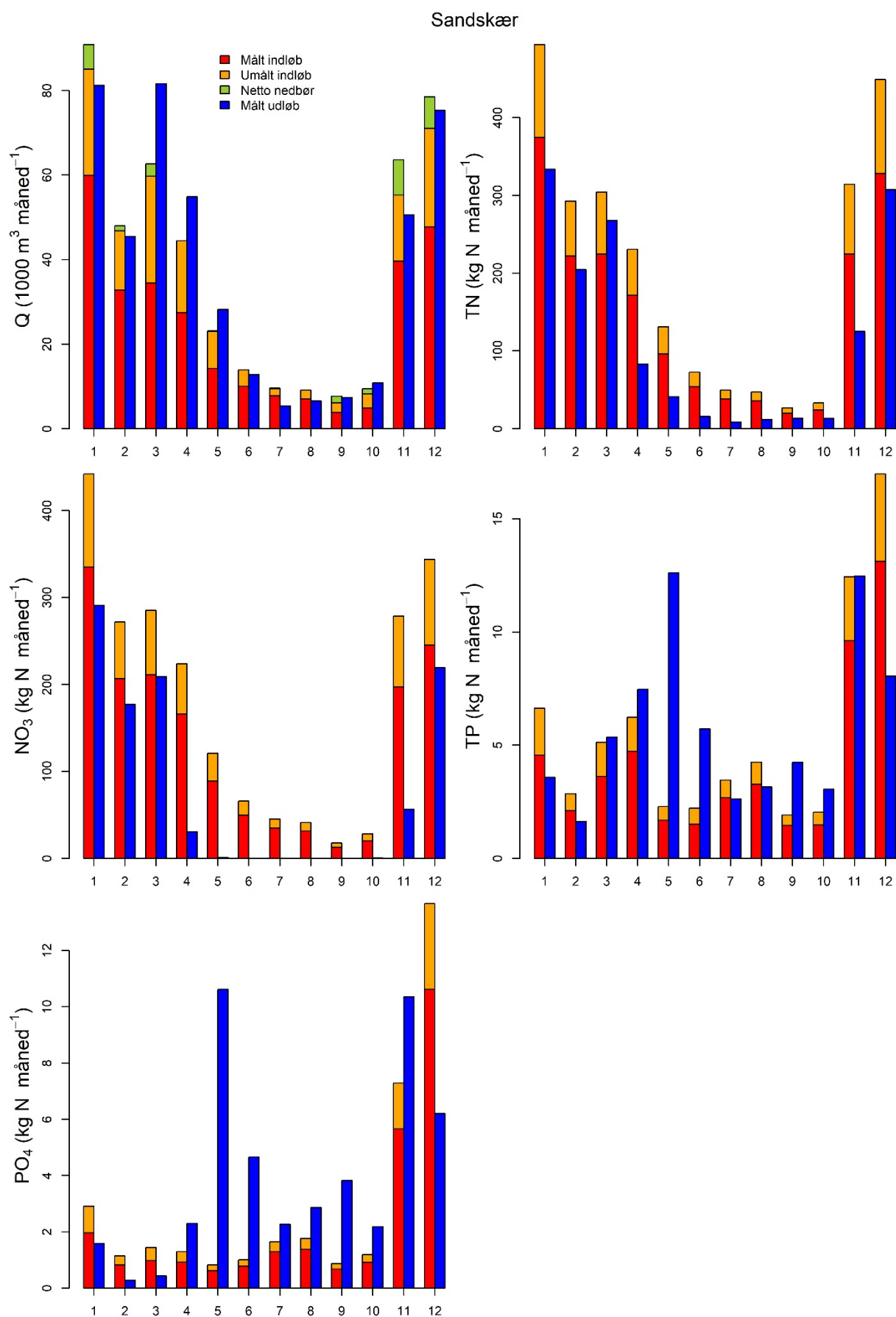
Oplandet til Sandskær er på 114 ha (tabel 1), og det umålte opland på 27 ha udgør 24 % heraf. Projektområdet udgøres hovedsageligt af en sø på 4,5 ha med et volumen på $53 \times 10^3 \text{ m}^3$. De månedlige vandtransporter er vist i tabel 10 og figur 10. Der er markant højere vandtransport i januar til april og igen i november – december, mens der er op til 10 gange mindre indløb af vand i månederne juni til og med oktober. I månederne marts, april og maj er der større udløb end indløb og det kan skyldes tilførsel af vand fra de fire lokale dræn, der kan have givet mere vand end beregnet via areal korrektion til de målte tilløb (i.e. lille bæk samt stort dræn). Vandets opholdstid i søen kan regnes til 0.115 år (42 dage).

Tabel 10. Månedlig vandtilførsel fra mindre bæk og 15 cm drænrør samt månedlig udløb til nyåbnet bæk der går til Dybvig Bugt.

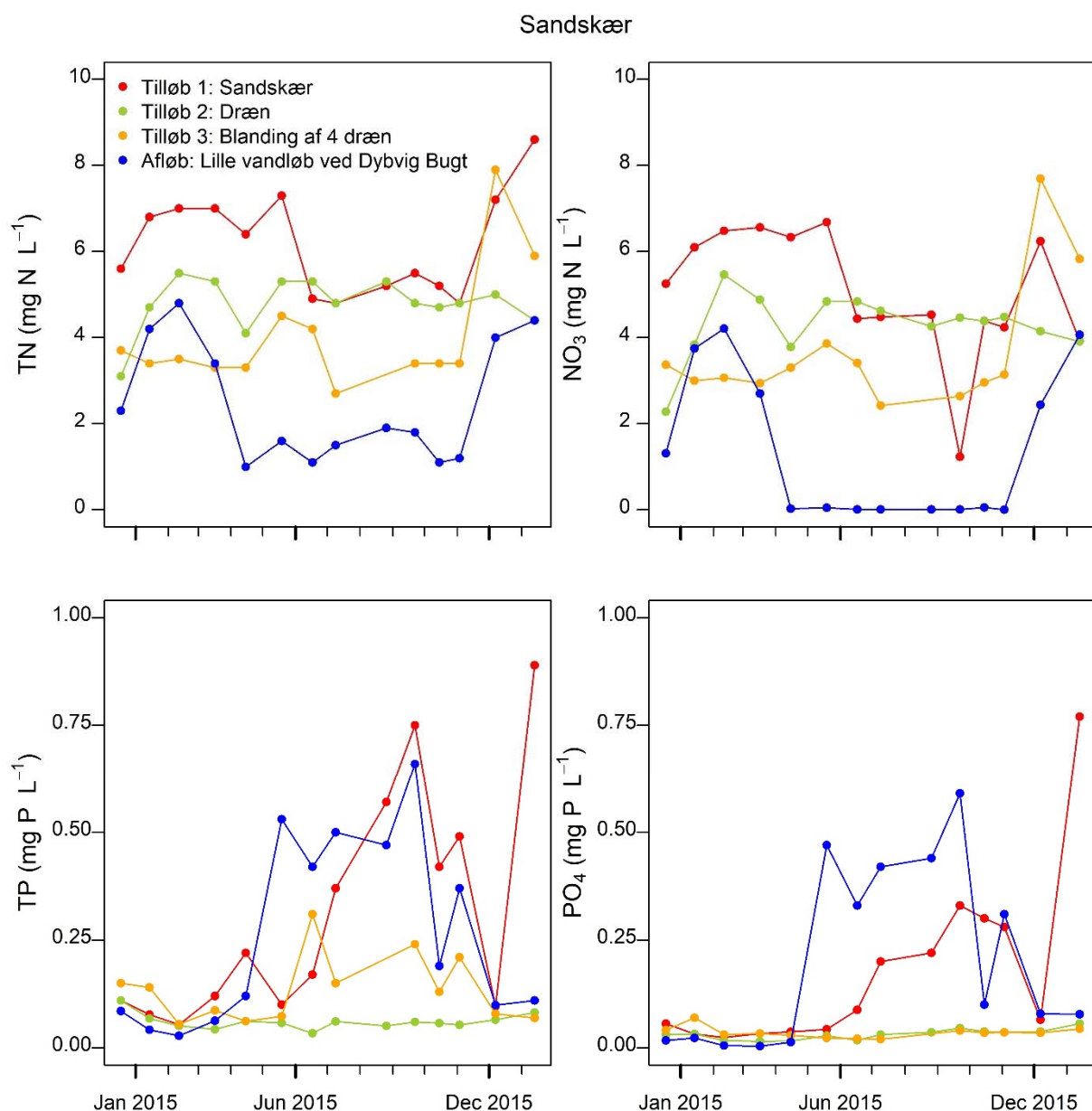
Sandskær (5.8 ha)		
Måned	Indløb 10^3 m^3	Udløb 10^3 m^3
Januar	91	81
Februar	48	46
Marts	63	82
April	42	55
Maj	23	28
Juni	11	13
Juli	10	5
August	8	7
September	8	7
Oktober	9	11
November	64	51
December	79	75
Total 2015	454	460

De målte nitrat koncentrationer (figur 11) i indløbet fra bækken og det store dræn ligger højere end i udløbet fra Sandskær, mens den puljede prøve fra de 4 små dræn har lidt lavere nitratkoncentration i januar og februar. Fra april til november er nitratkoncentrationen i udløbet meget nær nul. Målingerne af total kvælstof viser præcis samme mønster som for nitrat blot ligger koncentrationerne ca. 1 mg højere.

De to dræntilløb - Ø 15 cm dræn og puljet prøve fra 4 små dræn - viser gennem hele måleperioden konstant lave fosfatkoncentrationer, der varierer omkring middelværdierne på henholdsvis omkring 0.031 og 0.035 mg fosfat-P l^{-1} . Tilløbet fra bækken ligger på samme niveau indtil juni 2015 hvorefter koncentrationen stiger markant og først falder i december 2015 efterfulgt af endnu en markant stigning i januar 2016. Udløbskoncentrationerne fra Sandskær ligger også på et meget lavt niveau frem til maj 2015, hvorefter der sker en markant stigning i fosfatkoncentrationen til 0.3 – 0.6 mg fosfat-P l^{-1} frem til oktober 2015, hvor der sker et fald til 0.1 mg fosfat-P l^{-1} . Total fosfor koncentrationerne (TP) i det store dræntilløb ligger meget stabilt gennem hele måleperioden med et gennemsnit på 0.061 mg TP l^{-1} (figur 11). TP koncentrationerne i både tilløbet fra bækken, fra den puljede drænprøve og i afløbet stiger i april og forbliver høje frem til december 2015.



Figur 10. Sandskær. Månedlige vand- og stoftransporter for kalenderåret 2015.



Figur 11. Målte kvælstof og fosfor koncentrationer i tilløbet fra en lille unavngiven bæk nord vest for Hestehave, fra et stort Ø15 cm dræn, fra en puljet prøve stammende fra 4 små dræn samt fra udløbet, som er et nyetableret vandløb der løber til Dybvig Bugt.

Transporten af total kvælstof (TN) ind og ud af Sandskær er størst i januar, februar, marts samt november og december (figur 10). Der tilbageholdes TN gennem hele året. Ud af en belastning på 2,4 tons TN tilbageholdes 1,4 tons TN (42%) svarende til 176 kg TN ha⁻¹ projektområde år⁻¹ (tabel 11). Transporten af nitrat udviser samme mønster som TN transporten, men fra maj til og med oktober er der ingen transport af nitrat ud af søen (figur 10). Af den årlige tilførsel af nitrat på 2,2 tons nitrat-N tilbageholdes 1 tons N (54%) svarende til 203 kg N ha⁻¹ projektområde år⁻¹.

Tilførslen af total fosfor (TP) til Sandskær er størst i november og december med 13 og 17 kg TP, mens de øvrige måneder varierer fra 1 – 7 kg TP måned⁻¹. Der er tab af TP i månederne marts, april, maj, juni, september og oktober, mens der tilbageholdes TP i de øvrige måneder (figur 10). Samlet er der et mindre tab på 4 kg TP år⁻¹ (5%) hvilket svarer til et tab på 0.6 kg TP ha⁻¹ projektområde år⁻¹. Fosfatbalancen viser, at der er tab af fosfat fra april til og med november, mens der i de øvrige måneder tilbageholdes fosfat (figur 10). Samlet tabes 13 kg fosfat-P (36%) eller 2.2 kg fosfat ha⁻¹ projektområde år⁻¹. Tabet af fosfat falder præcis sammen med de måneder, hvor der er total nitrutfjernelse (maj – oktober) eller meget høj nitrutfjernelse (april og november), og formentlig frigives fosfat fra bundsedimentet i denne periode, da den totale nitrutfjernelse indikerer, at der må være opstået anaerobe forhold, som kan føre til frigivelse af fosfat.

Tabel 11. Massebalancer for Sandskær.

Sandskær (5,8 ha)				
Parameter	Ind	Ud	Retention	
	kg år⁻¹	kg år⁻¹	kg ha⁻¹ år⁻¹	%
NO ₃ ⁻ -N	2163	985	203	54%
TN	2446	1424	176	42%
PO ₄ ³⁻ -P	35	48	-2,2	-36%
TP	66	70	-0,6	-5%

3.6 Grøngrøft

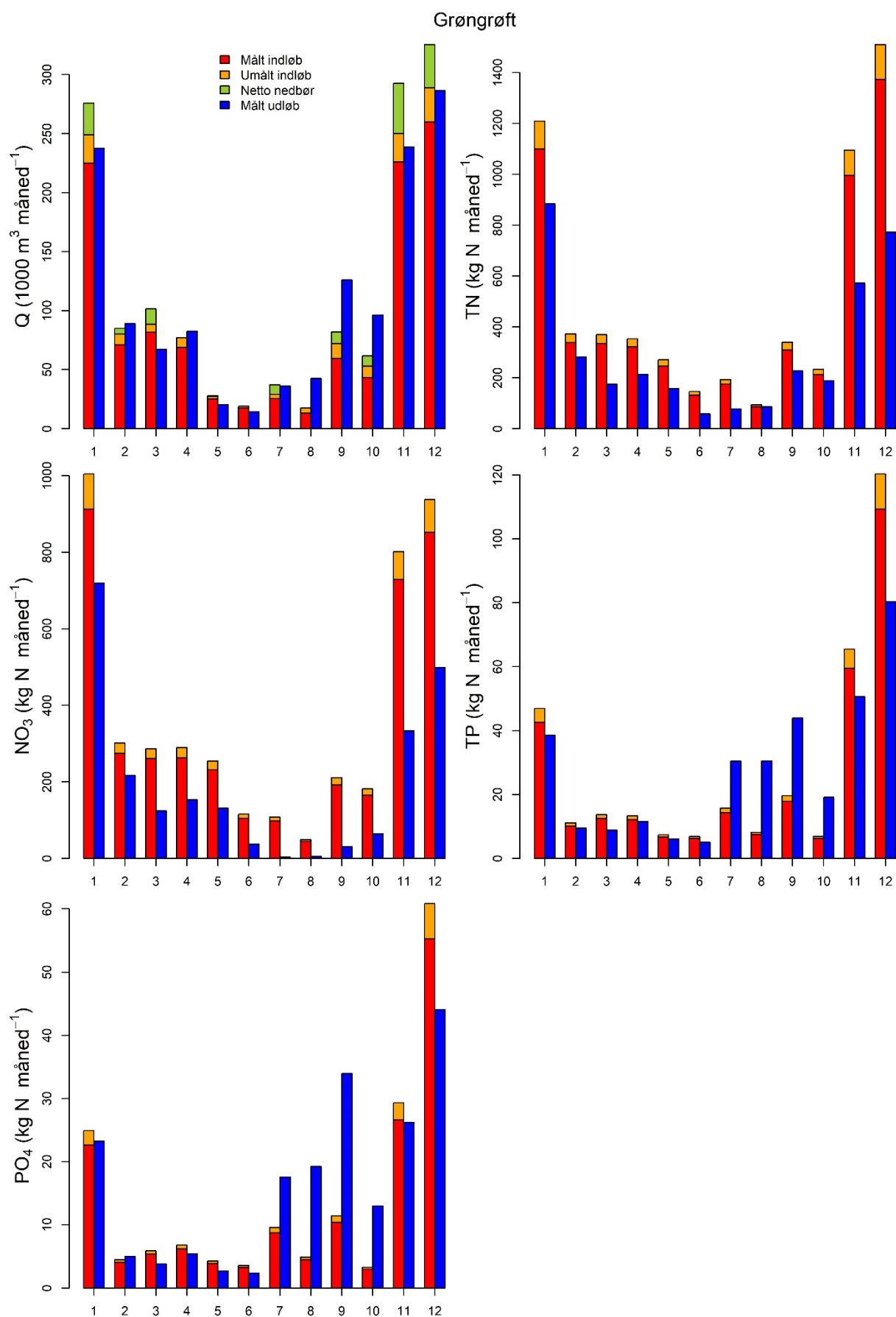
Oplandet til Grøngrøft er på 245 ha (tabel 1) og heraf er 50 ha umålt (20%). På tilløbssiden er der målt vandføring i de to vandløb Grøngrøft og Brændholm Bæk samt i de to største dræn. Der er endvidere målt vandføring i afløbet Fiskbæk. De månedlige vandtransporter fremgår af tabel 12 og figur 12. De største vandtransporter sker i januar, november og december med indløb i størrelsesorden 0.3 mill. m³, men hvor afløbet i Fiskbæk ligger 12 – 18 % under indløbsmængderne. Også i marts og maj ligger udløbsmængderne væsentlig under tilløbsmængderne med henholdsvis 34 og 27 %. I de øvrige måneder ligger udløbsmængderne i flere tilfælde noget over indløbsmængderne. Det gælder især april, juni, august, september og oktober. Afvigelserne mellem indløb og udløb må tilskrives flere faktorer, dels er der ikke målt vandføring i de tre mindre drænsystemer, dels er der på den ene side af Grøngrøft en afværgegrøft til beskyttelse af en vej, hvor der kan være sivet vand ud til. Der kan være indsivning af grundvand som ikke er målt, og endelig kan magasinændringer spille en rolle.

Tabel 12. Månedlige vandtransporter ind i moseområdet Grøngrøft fra to vandløb og to dræn samt udløbet Fiskbæk.

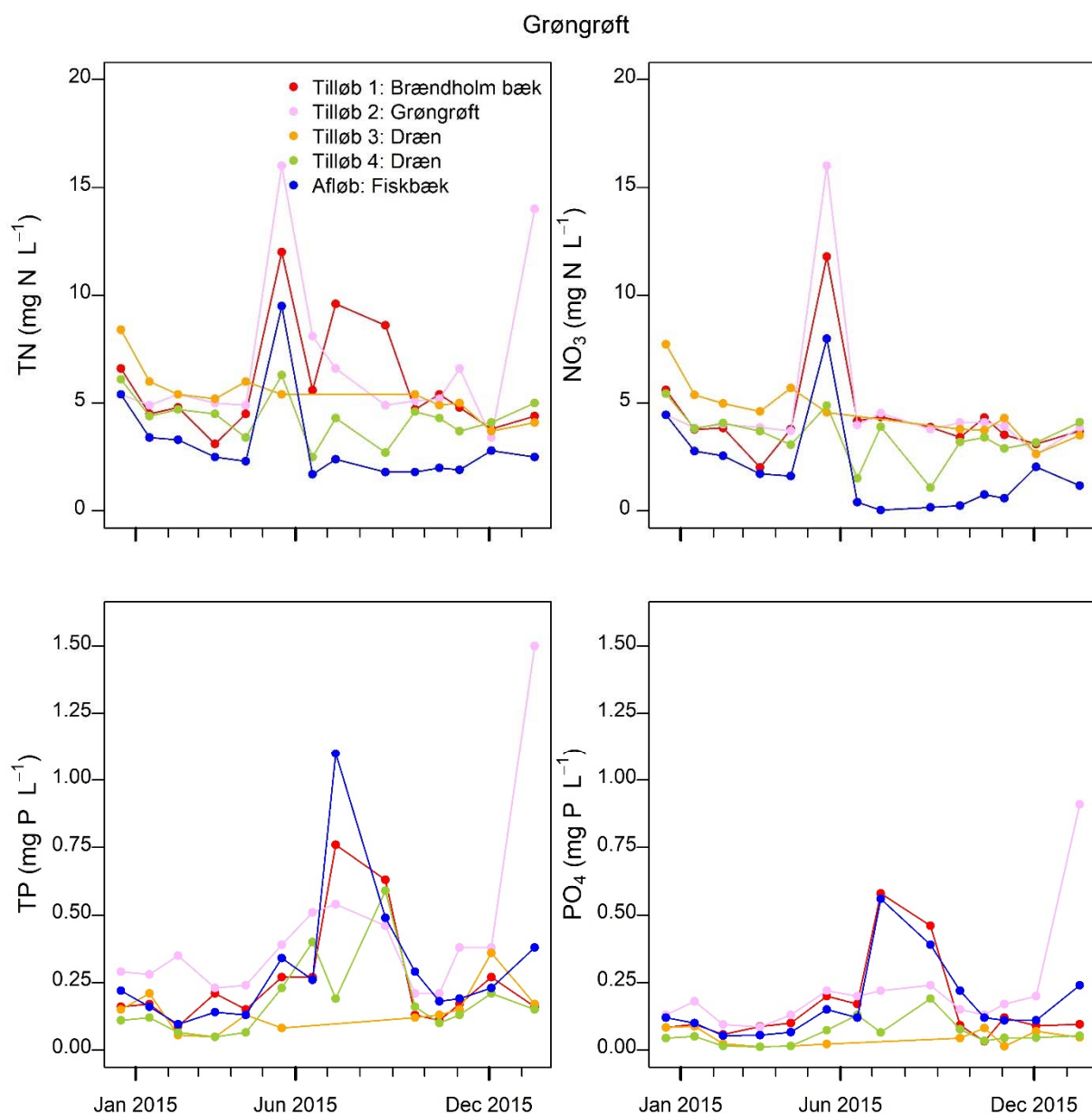
Grøngrøft		
Måned	Indløb 10³ m³	Udløb 10³ m³
Januar	276	238
Februar	85	89
Marts	101	67
April	65	82
Maj	28	20
Juni	6	14
Juli	37	36
August	11	42
September	82	126
Oktober	62	96
November	293	238
December	326	287
Total 2015	1372	1337

Nitratkoncentrationerne i alle tilløbene til Grøngrøft udviser generelt set samme mønster og svinger omkring middelværdierne på 4.38, 4.77, 4.63 og 3.45 mg nitrat-N l⁻¹ for henholdsvis Brændholm Bæk, Grønbæk, Ø15 cm drænet og Ø50 cm drænet (figur 13). Alle indløb på nær Ø15 cm drænet har en markant stor top i maj 2015: Udløbskoncentrationerne ligger alle lavere end indløbskoncentrationerne på nær maj 2015. Den gennemsnitlige årlige udløbskoncentration ligger på 1.90 mg nitrat-N l⁻¹. I perioden juni til og med september ligger nitratkoncentrationerne tæt på nul. TN koncentrationerne viser samme mønster som for nitrat, men ligger lidt højere. Gennemsnits-koncentrationen for Brændholm bæk og Grøngrøft er henholdsvis 5.89 og 6.892 mg TN l⁻¹, mens Ø15 cm drænet og Ø50 cm drænet ligger på henholdsvis 5.41 og 4.33 mg TN l⁻¹. Udløbskoncentrationerne i Fiskbæk ligger lavere end indløbskoncentrationerne på nær maj 2015 hvor de to dræn ligger lavest (figur 13).

Fosfatkoncentrationerne i de to dræn ligger lavest og varierer mindst over året (figur 13). Gennemsnitskoncentrationen i Ø15 cm drænet er 0.045 mg fosfat-P l⁻¹ og 0.061 i Ø50 cm drænet. Fosfatkoncentrationen i de to vandløb ligger noget højere – højest i Grøngrøft med et gennemsnit på 0.219 mg fosfat-P l⁻¹ mens Brændholm Bæk ligger på 0.162 mg fosfat-P l⁻¹. I udløbet fra Grøngrøft, Fiskbæk Bæk, er fosfatkoncentrationerne blandt de højeste - gennemsnit 0.172 mg fosfat-P l⁻¹ – og overgår kun i sidste halvdel af 2015 periodevis af indløbskoncentrationen i Brændholm Bæk. Total fosfor koncentrationerne (TP) udviser samme mønster som fosfat men ligger ca. 2 – 3 gange højere (udløb Fiskbæk, Brændholm Bæk, Grøngrøft ca. 2 gange højere, drænene ca. 3 gange højere). Grøngrøft ligger højest med en gennemsnitlig TP koncentration på 0.426 mg TP l⁻¹ efterfulgt af Fiskbæk med 0.300 mg TP l⁻¹ og Brændholm Bæk med 0.253 mg TP l⁻¹. De to dræn ligger lavest, med mindre variation og gennemsnitskoncentrationer på henholdsvis 0.146 og 0.183 mg TP l⁻¹ for Ø15 cm drænet og Ø50 cm drænet.



Figur 12. Grøngrøft. Månedlige vand- og stoftransporter for kalenderåret 2015.



Figur 13. Grøngrøft. Målte koncentrationer af TN, Nitrat, TP og fosfat fra tilløbene Brændholm Bæk, Grøngrøft, to dræntilløb Ø15 cm og Ø50 cm, samt udløbet, Fiskbæk.

Transporten af total kvælstof (TN) ind og ud af Grøngrøft er højest i januar, november og december og noget lavere i de øvrige måneder. Der er tilbageholdelse af TN i alle måneder (figur 12) og ud af den samlede belastning på 6.2 tons tilbageholdes 2.5 tons TN (40 %) svarende til 98 kg TN ha⁻¹ projektområde år⁻¹ (tabel 13). Nitrattransporten ind og ud af Grøngrøft er højest i januar, november og december, men det er også de største mængder nitrat der fjernes i disse måneder. Den samlede nitratbelastning er på 4.5 tons Nitrat-N og heraf fjernes 2.2 tons nitrat-N (49 %), hvilket svarer til 88 kg nitrat-N ha⁻¹ projektområde år⁻¹ (tabel 13).

Transporten af total fosfor ind i Grøngrøft er jævnt fordelt over året bortset fra januar, november og december, med tilførsler i størrelsesordenen 45 – 120 kg TP måned⁻¹, hvor der i de øvrige måneder kun tilføres 5 – 15 kg TP måned⁻¹. Der er markant tab af TP i juli, august, september og oktober, mens der er en mindre tilbageholdelse i årets første 6 måneder. Den samlede TP belastning

er på 335 kg TP år⁻¹ og et tilsvarende tab via Fiskbæk på 334 kg TP år⁻¹ (tabel 13). Fosfattransporten viser samme mønster som total fosfor, men tabet af fosfat i juli, august september og oktober er relativt set større og dette kombineret med mindre fosfattilbageholdelse i november og december betyder at den årlige balance giver et tab på 27 kg fosfat-P år⁻¹ (16 %) svarende til et tab på 1.1 kg fosfat-P ha⁻¹ projektområde år⁻¹ (tabel 13).

Tabel 13. Massebalancer for Grøngrøft.

Grøngrøft (25,4 ha)				
Parameter	Ind	Ud	Retention	
	kg år⁻¹	kg år⁻¹	kg ha⁻¹ år⁻¹	%
NO ₃ ⁻ -N	4538	2315	88	49%
TN	6189	3695	98	40%
PO ₄ ³⁻ -P	169	196	-1,1	-16%
TP	335	334	0,0	0%

3.7 Geddebækken

Oplandet til Geddebækken er 229 ha (tabel 1), hvoraf 44 ha (19%) er umålt. Den månedlige vandtransport til Geddebækken (tabel 14 og figur 14) viser, at de højeste tilførsler foregår i månederne januar, februar, marts, november og december med 82 – 127 x 10³ m³ måned⁻¹, mens juni – oktober ligger lavt med tilførsler på kun 11 – 26 x 10³ m³ måned⁻¹. Langt hovedparten af den målte tilførsel på 562 x 10³ m³ år⁻¹ kommer via Geddebækken, idet grøften kun bidrager med knap 7 x 10³ m³ år⁻¹ (1 %). Den store forskel mellem indløb og udløb i januar, november og december indikerer at der kan have været en del grundvandsindsivning i disse måneder, da udløbsmængderne er noget større.

Tabel 14. Månedlig vandtilførsel fra Geddebækken og en lille grøft samt månedlig udløb til Arreskov Sø.

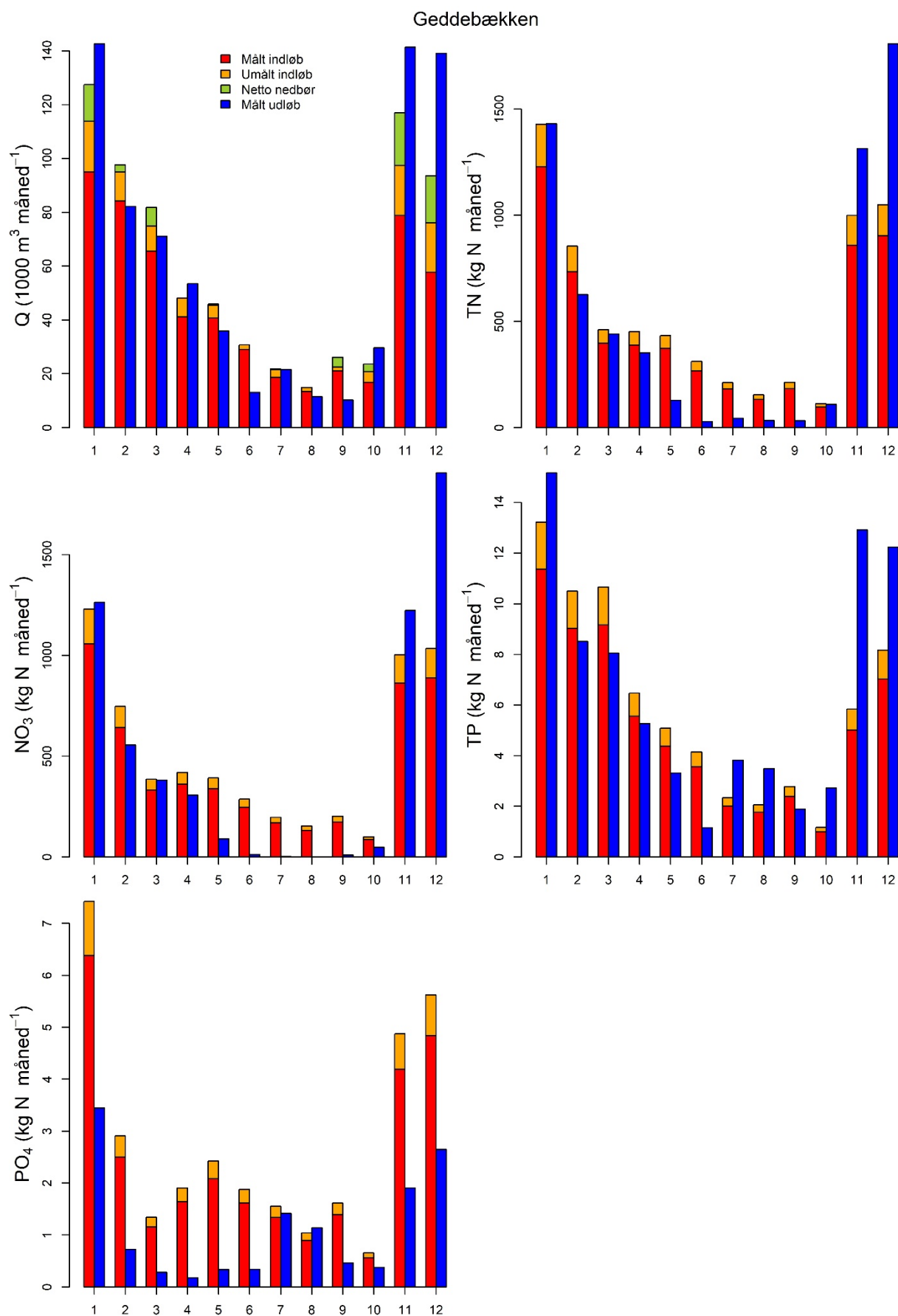
Geddebækken		
Måned	Indløb 10³ m³	Udløb 10³ m³
Januar	127	143
Februar	98	82
Marts	82	71
April	42	53
Maj	46	36
Juni	24	13
Juli	22	22
August	11	11
September	26	10
Oktober	24	30
November	117	141
December	94	139
Total 2015	712	752

Nitratkoncentrationerne i det store tilløb til Geddebækken (figur 15) ligger på nær marts og november højere end udløbskoncentrationerne. Fra april til og med oktober ligger nitratkoncentrationerne i indløbet stabilt omkring 8 – 9 mg nitrat-N l⁻¹, hvor udløbskoncentrationerne når tæt på nul i de tre sommermåneder. Total kvælstofkoncentrationerne (TN) ligner til forveksling de målte nitratkoncentrationer, blot ligger de ca. 1 mg N l⁻¹ højere (figur 15).

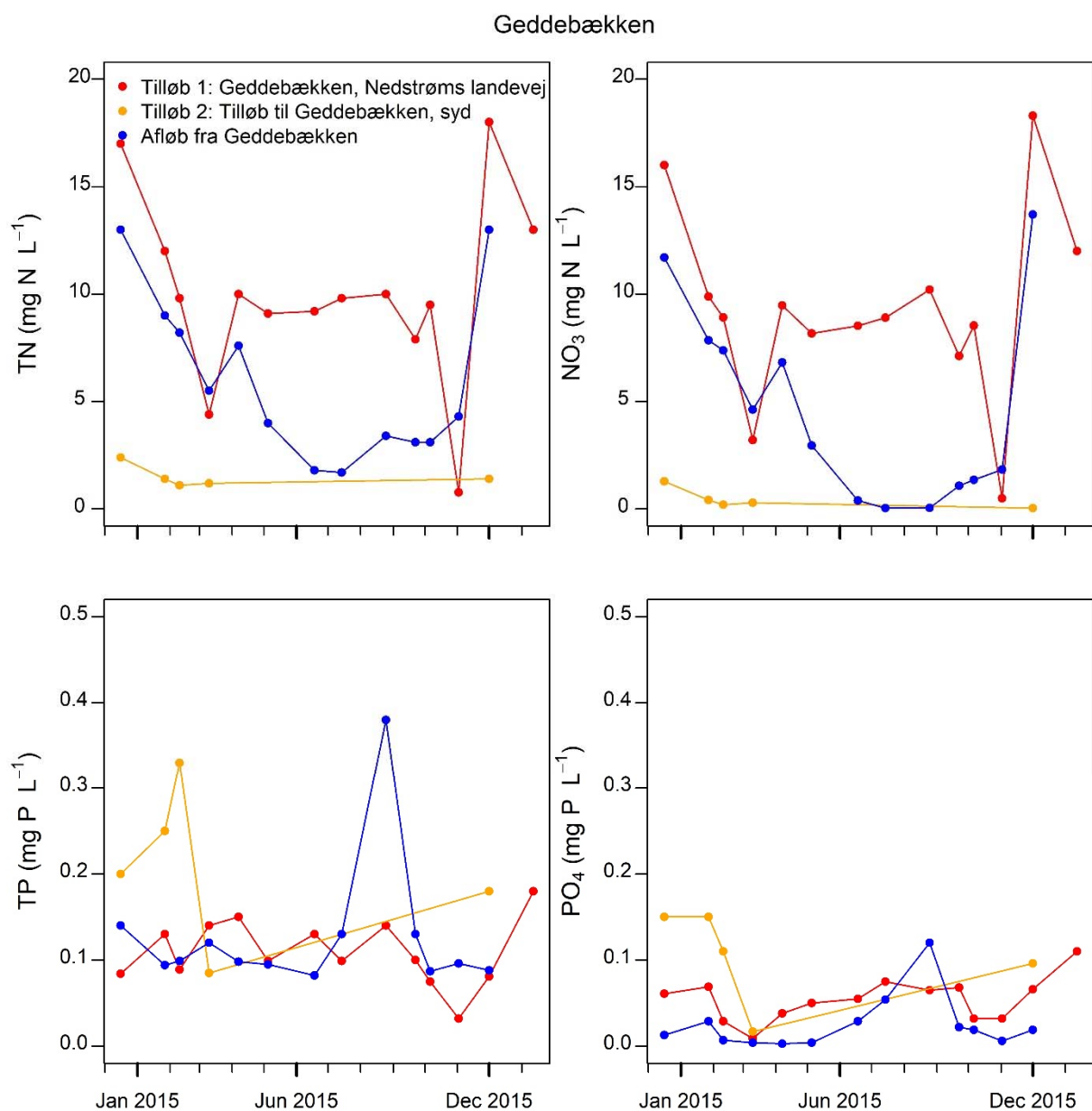
Fosfatkoncentrationerne i udløbet fra Geddebækken ligger på nær en enkelt måling i august 2015 lavere end indløbskoncentrationerne (figur 15). Den årlige gennemsnitskoncentration i udløbet er 0.024 mg fosfat-P l⁻¹, og 0.055 mg fosfat-P l⁻¹ i det store indløb. Ser man bort fra det lille grøfttilløb – der er uden betydning pga. meget lille vandføring – varierer både indløbs- og udløbskoncentrationerne for total fosfor omkring 0.1 mg TP l⁻¹ når man ser bort fra en enkelt udløbstop på 0.380 mg TP l⁻¹ i august 2015. Denne top falder sammen med fosfattoppen og de meget lave nitratkoncentrationer, hvilket tyder på, at der kan have været iltfrie forhold i den lille sø beliggende nederst i projektområdet lige før udløbet, hvilket kan have medført frigivelse af fosfat fra bundsedimentet. Samtidig er der sket udvaskning af organisk fosfor og formentlig organisk kvælstof, da TN koncentrationen er relativ høj, i.e. 3.4 mg TN l⁻¹, og nitratkoncentrationen meget lav, i.e. 0.04 mg nitrat-N l⁻¹.

Transporten af total kvælstof (TN) ind og ud af projektområdet Geddebækken er størst i januar, november og december, hvor der også er et nettotab af TN, men hvor vandtransporten ud af projektområdet er noget større end tilførslen (figur 14). I månederne maj, juni, juli, august, september er der meget lille tab af TN. Ud af den samlede tilførsel på 6.7 tons TN år⁻¹ tilbageholdes 0.3 ton TN år⁻¹, svarende til 24 kg TN ha⁻¹ år⁻¹ (tabel 15). Nitrattransporten viser samme mønster som TN transporten. Dog er nitrattabet i maj – september tæt på nul. For året 2015 tilføres 6.1 tons nitrat-N og der tilbageholdes 0.35 tons nitrat-N (tabel 15).

Transporten af total fosfor (TP) er højest i januar, februar marts, november og december. I januar, november og december er der nettotab af TP (figur 14), hvilket også er de måneder hvor vandtransporten ud af projektområdet er noget større end transporten ind. Der er ligeledes tab af TP i juli, august og oktober. Den årlige balance viser, at der tilføres 72 kg TP og tabes 79 kg TP, dvs. et nettotab på 7 kg (8%) svarende til et tab på 0.5 kg P ha⁻¹ projektområde år⁻¹. Fosfat transporten viser for alle måneder på nær august, at der tilføres noget mere fosfat end der tabes, og ud af den samlede årlige tilførsel på 33 kg fosfat-P tilbageholdes 20 kg fosfat-P år (60%) hvilket svarer til en retention på 1.5 kg fosfat-P ha⁻¹ projektområde år⁻¹ (tabel 15).



Figur 14. Geddebækken. Månedlige vand- og stoftransporter for kalenderåret 2015.



Figur 15. Geddebækken. Målte koncentrationer af TN, Nitrat, TP og fosfat fra det store tilløb Geddebækken og en lille grøft, samt fra udløbet til Arreskov Sø.

Tabel 15. Massebalance for Geddebækken projektområde. Det skal bemærkes, at kun 20 ha indgår i monitoringen.

Geddebækken (20 ha)

Parameter	Ind	Ud	Retention	
	kg år ⁻¹	kg år ⁻¹	kg ha ⁻¹ år ⁻¹	%
NO ₃ ⁻ -N	6147	5793	26	6%
TN	6680	6352	24	5%
PO ₄ ³⁻ -P	33	13	1,5	60%
TP	72	79	-0,5	-8%

3.8 Snaremosø Sø

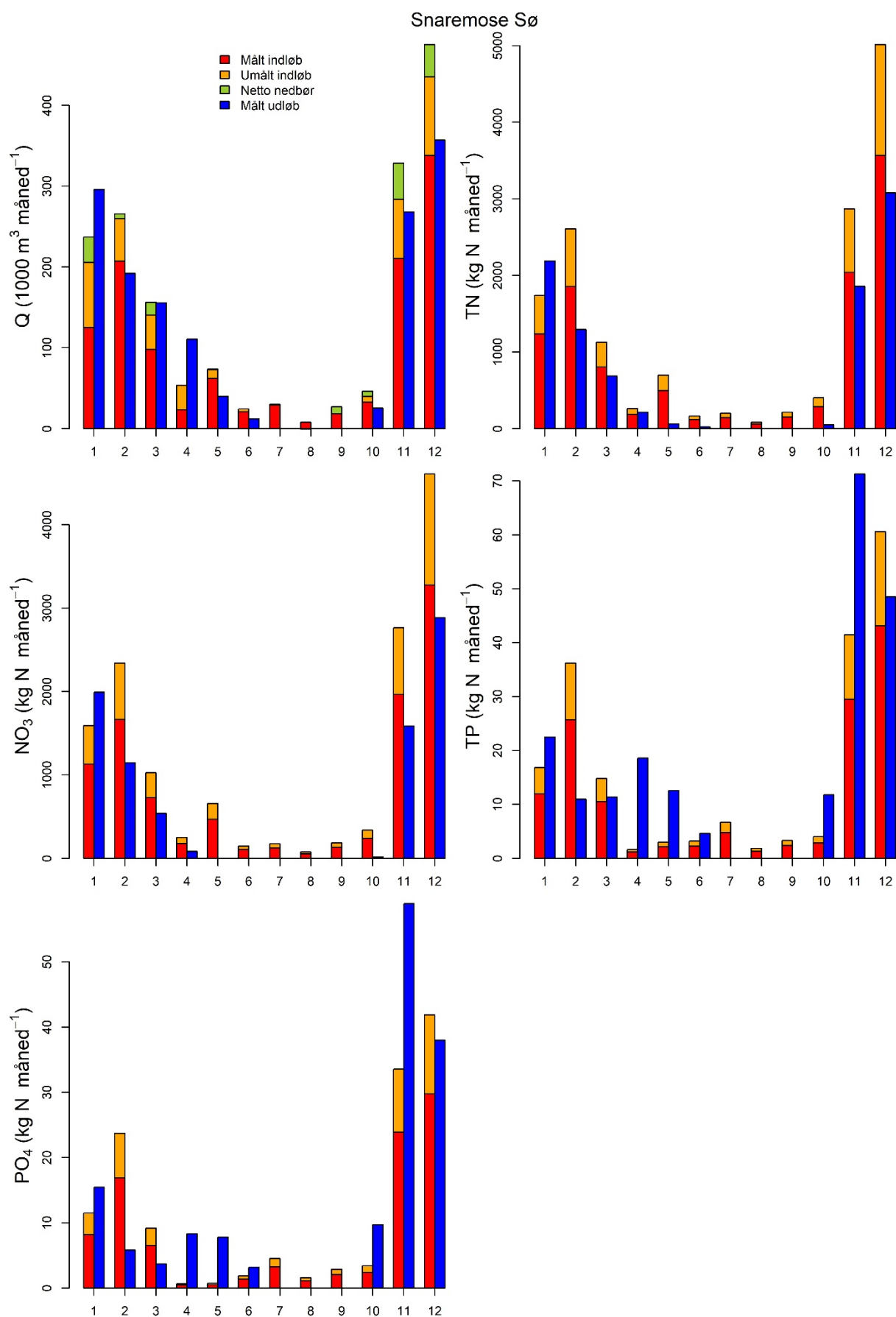
Oplandet til Snaremosø Sø er på 565 ha (tabel 1), hvoraf det umålte opland udgør 185 ha (33 %). Det overvågede areal er beregnet via GIS til at være på 31 ha. Vandbalancen for projektområdet (tabel 16 og figur 16) viser, at der løber mere vand, 13.7 % på årsbasis, ind i projektområdet end ud til Henninge Nor med undtagelse af januar 2015 og april 2015. I månederne juli, august og september er der intet udløb fra projektområdet trods indløb i juli og september, hvilket tyder på at der må være nedsivning af vand til grundvandsmagasinet og efterfølgende diffus udsivning af vand mod Henninge Nor.

Tabel 16. Månedlig vandtilførsel fra Geddebækken og en lille grøft samt månedlig udløb til Arreskov Sø.

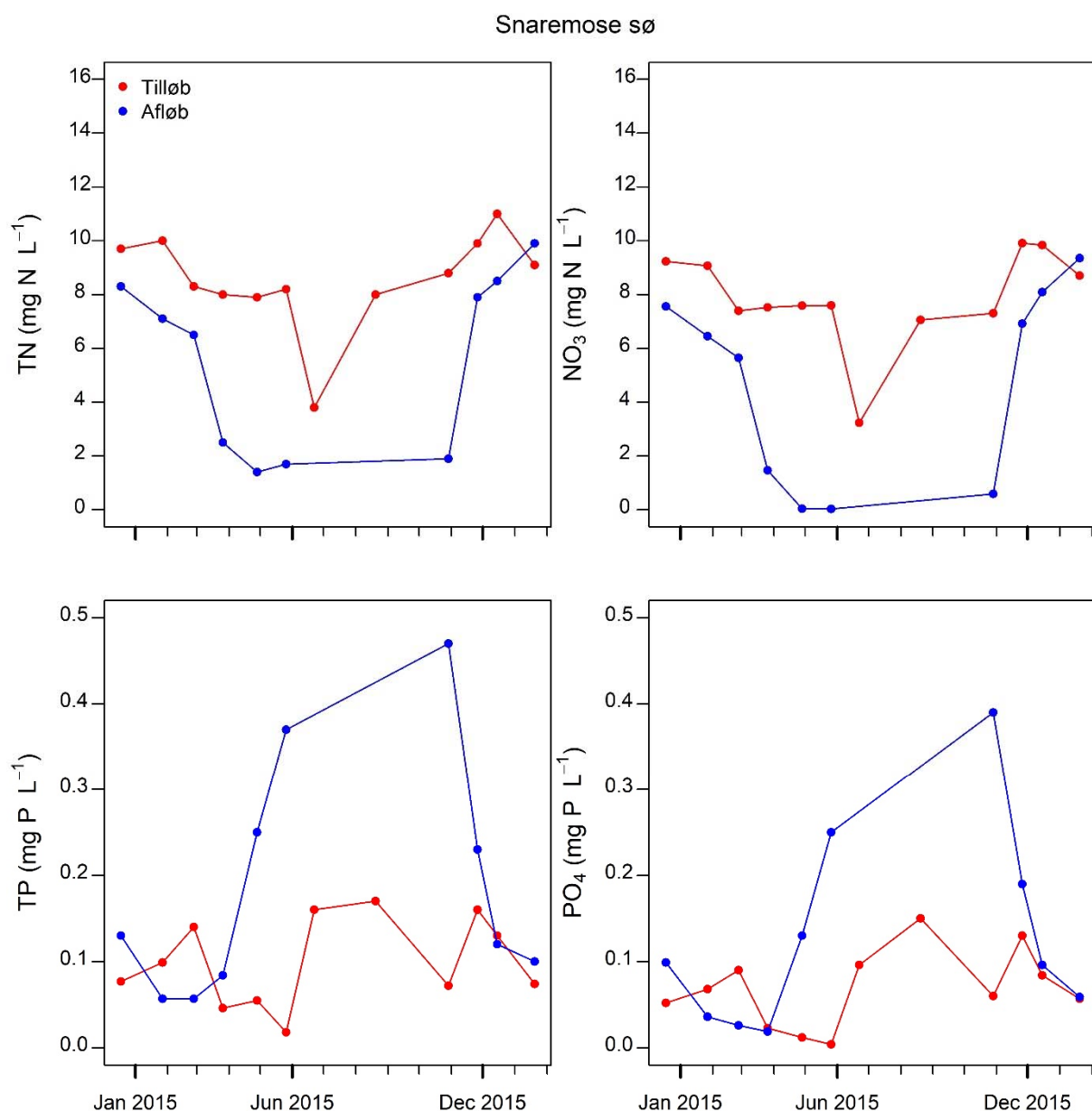
Snaremosø Sø		
Måned	Indløb 10³ m³	Udløb 10³ m³
Januar	237	296
Februar	266	192
Marts	156	156
April	40	111
Maj	74	40
Juni	9	12
Juli	30	0
August	0	0
September	27	0
Oktober	46	25
November	329	268
December	475	357
Total 2015	1688	1457

Der er markant forskel mellem nitratkoncentrationerne i indløb og udløb (figur 17). Fra marts til oktober er nitratkoncentrationen i udløbet under 1.5 mg nitrat-N l⁻¹, og i samme periode ligger indløbskoncentrationen omkring 7.5 mg nitrat-N l⁻¹ på nær en enkelt undtagelse i juni 2015 på 3.2 mg nitrat-N l⁻¹. De målte TN koncentrationer udviser samme mønster som nitrat, blot er TN koncentrationerne ca. 1 mg TN l⁻¹ højere (figur 17).

Fosfatkoncentrationerne i indløb og udløb varierer meget i løbet af året. Fra april til november ligger udløbskoncentrationerne (0.130 – 0.390 mg fosfat-P l⁻¹) noget over indløbskoncentrationerne (0.012 – 0.150 mg fosfat-P l⁻¹). TP koncentrationerne viser samme mønster som fosfat. Fra marts til november ligger TP koncentrationerne i udløbet noget højere (0.084 – 0.470 mg TP l⁻¹) end i indløbet (0.046 – 0.170 mg TP l⁻¹).



Figur 16. Snaremosø. Målte koncentrationer af TN, Nitrat, TP og fosfat fra tilløbet og fra udløbet til Henninge Nor.



Figur 17. Snaremosø. Målte koncentrationer af TN, Nitrat, TP og fosfat fra tilløbet og fra udløbet til Henninge Nor.

Kvælstoftransporterne ind og ud af Snaremosø er højest i januar, februar, november og december (figur 16). Det skal bemærkes, at i februar, november og december er der noget større vandtransport ind i projektområdet end ud af projektområdet, og det gør de beregnede kvælstoftransporter usikre. Selvom de målte koncentrationer indikerer, at der tilbageholdes kvælstof, kan både nitrat og TN tilbageholdelsen være overestimeret, da der ikke kan redegøres for, hvad der bliver af det manglende vand. Hvis vandet siver diffust ud mod Henninge Nor kan det antages, at nitrat denitrificeres og dermed vil årsbalancerne for kvælstof (tabel 17) være rimelige. Hvis derimod de beregnede vandtransporter i udløbet er underestimerede pga. vanskeligheder med vandføringsmålingerne vil den beregnede kvælstoftransport ud af projektområdet være for lille, og kvælstoftilbageholdelsen mindre. Årsbalancerne for totalkvælstof (TN) viser, at der tilføres 15,4 tons TN og tabes 9,4 tons TN (tabel 17), hvilket giver en tilbageholdelse på 6 tons TN år⁻¹ (39 %) svarende til 191 kg

TN $\text{ha}^{-1} \text{år}^{-1}$. For nitrat er billedet det samme. Der tilføres 14.2 tons nitrat-N og tabes 8.2 tons, og dermed tilbageholdes 6 tons nitrat-N (42 %) svarende til 190 kg nitrat-N $\text{ha}^{-1} \text{år}^{-1}$.

Årsbalancen for totalfosfor (TP) viser en tilførsel på 193 kg TP og en fraførsel på 212 kg TP, og dermed et nettotab på 19 kg TP år^{-1} (10 %) svarende til et tab på 0.6 kg TP $\text{ha}^{-1} \text{år}^{-1}$. Tilsvarende viser fosfatbalancen (tabel 17), at der er et nettotab på 16 kg fosfat-P i 2015 (11 %). Som nævnt ovenfor i forbindelse med kvælstoftransporterne kan fosfortransporterne ud af projektområdet være underestimeret da vandtransporterne ud af projektområdet i februar, november og december er noget mindre end indløbsmængderne (tabel 16). Hvis forskellen mellem indløb og udløb kan tilskrives diffus udsivning til Henninge Nor kan fosfortabene være noget større da der formentlig er anaerobe forhold i bundsedimentet, hvilket kan stimulere frigivelse af fosfat eller forhindre tilbageholdelse af fosfat. Hvis de beregnede vandtransporter ud til Henninge Nor er underestimerede vil fosfortabene ligeledes være underestimerede og nettotabet af både fosfat og TP være større.

Tabel 17. Snaremosen. Massebalancer for 2015.

Snaremosen sø				
Parameter	Ind	Ud	Retention	
	kg år^{-1}	kg år^{-1}	kg $\text{ha}^{-1} \text{år}^{-1}$	%
NO_3^- -N	14150	8247	190	42%
TN	15386	9449	191	39%
PO_4^{3-} -P	135	151	-0,5	-11%
TP	193	212	-0,6	-10%

4. Samlet vurdering

4.1 Vandbalancer

Usikkerheden på de opstillede vandbalancer varierer en del. For Årslev Engsø, Lyngbygaards Å og Vilsted Sø vurderes balancerne at være tilfredsstillende (i.e. 10% usikkerhed) for det videre beregningsarbejde med at opstille massebalancer for kvælstof og fosfor. For Geddebækken kan der have været magasinændringer i de små søer som giver usikkerhed på vandbalancen. Dette kan også være tilfældet for Snaremose, hvor der tillige kan være diffus udsivning af grundvand kombineret med besværlige vandføringsmålinger i udløbet til Henninge Nor. Grøngrøft og Sandskær vurderes at have vandbalancer med en usikkerhed på 20 – 50 % da nogle af vandførings-målingerne er skønnede og ikke målte, og endvidere blev der ikke målt vandføring i alle dræn. For Tim Enge skønnes målingerne i tilløbene at være tilfredsstillende (10 – 20 % usikkerhed), men med større usikkerhed, 20 – 50% fra de tilløb hvor vandet blev pumpet ind i projektområdet (vandføring estimeret på grundlag af pumpekarakteristik og virkningsgrad i forhold til det opgivne, alder, elforbrug). På et senere tidspunkt blev det opdaget at udløbet fra Tim Enge er stuvningspåvirket, og de beregnede udløbsmængder må derfor tages med et vist forbehold.

4.2 Kvælstof- og fosforkoncentrationer

De målte nitratkoncentrationer i tilløb og afløb fra projektområderne indikerer for 6 af de 8 projektområder at der må ske en nitratfjernelse i vådområdet, da udløbskoncentrationerne er lavere hele året eller i store dele af året, og dette bekræftes også af de opstillede massebalancer. For Lyngbygaard's Å og Tim Enge ligger indløbs- og udløbskoncentrationerne meget tæt på hinanden, men her har anvendelse af parret t-test kunnet påvise forskelle mellem målestationerne. TN koncentrationerne i indløb og udløb fra vådområderne viser samme mønster som nitratmålingerne, og hovedparten af TN koncentrationerne udgøres også af nitrat. Det bør dog bemærkes at selvom nitratkoncentrationerne i udløbene kan være tæt på nul i sommermånederne så er der en vis udledning af TN, som må være organisk kvælstof der udledes (f.eks. alger).

I 5 af vådområderne ligger fosfatkoncentrationerne lavere i udløbet end i tilløbene (Vilsted Sø, Lyngbygaard's Å, Tim Enge, Årslev Engsø og Geddebækken), mens Sandskær, Grøngrøft og Snaremose har relativt høje fosfatkoncentrationer i udløbet og mest udpræget i sommerhalvåret. For Sandskær, Snaremose og til dels også Grøngrøft falder det sammen med meget lave nitratkoncentrationer i samme periode, hvilket indikerer, at der kan have været anaerobe forhold i sedimentet som har medført frigivelse af fosfat, som derefter er skyllet ud. TP koncentrationerne er relativt høje i udløbene fra 5 af vådområderne, nemlig Vilsted Sø, Sandskær, Grøngrøft, Geddebækken og Snaremose. For Vilsted Sø og Geddebækken kan det tilskrives tab af organisk fosfor – f.eks. i form af alger – fra søerne. For Sandskær, Snaremose og til dels også Grøngrøft skyldes TP-tabet primært højt indhold af fosfat, der formentlig frigives fra sedimentet grundet anaerobe forhold.

4.3 Massebalancer for N og P

En samlet oversigt over den årlige kvælstoffjernelse – både TN og nitrat – fremgår af tabel 18. Der er stor variation i arealspecifik kvælstoffjernelse både mht. TN og nitrat. Årslev Engsø, Geddebækken, Lyngbygaards å og Snaremosen er tidligere blevet overvåget (Hoffmann et al., 2006; Hoffmann et al., 2011) og de tidligere resultater er vist i tabel 19. Årslev Engsø har en stabil arealspecifik kvælstoffjernelse. I 2003-04 var kvælstoftilførselen på 266 tons TN med en flowvægtet årlig indløbskoncentration på 5.04 mg TN l⁻¹ og transporten ud af søen var på ca. 213 tons TN med en flowvægtet årlig gennemsnitskoncentration i udløbet på 4.03 mg TN l⁻¹. I 2015 er kvælstoftilførslen noget større, 366 tons TN og den flowvægtede årlige indløbskoncentration 3.57 mg TN l⁻¹, mens fraførslen opgøres til 310 tons TN med en årlig flowvægtet udløbskoncentration på 3.03 mg TN l⁻¹. Den procentuelle kvælstoffjernelse er mindre i 2015 men det kan tilskrives vandets kortere opholdstid som var mellem 0.8 og 7.3 dage i 2015 (vandtilførsel i 2015: 102.4 mill. m³), mens det varierede fra nogle få dage til 20 dage i 2003-04 (vandtilførsel i 2003-04: 52.8 mill. m³).

Tabel 18. Samlet oversigt over den arealspecifikke kvælstoffjernelse i de overvågede vådområder samt den procentuelle fjernelse i relation til belastningen.

Vådområde	TN fjernelse		Nitrat-N fjernelse	
	Kg N ha ⁻¹ år ⁻¹	%	Kg N ha ⁻¹ år ⁻¹	%
Årslev Engsø	261	15	299	21
Geddebækken	24	5	26	6
Grøngrøft	98	40	88	49
Lyngbygaards å	308	12	304	13
Sandskær	176	42	203	54
Snaremosen sø	191	39	190	42
Tim Enge	-8	-1	34	4
Tim Enge alternativ*	67	5	34	4
Vilsted sø	69	23	110	41

* Denne beregning tager højde for at en observeret resuspension kun varede i 3 dage

Tabel 19. Arelspecifik kvælstoffjernelse fra tidligere monitoring af 4 vådområder.

Vådområde og år for monitoring)	TN fjernelse	
	Kg N ha ⁻¹ år ⁻¹	%
Årslev Engsø; 2003-04	252	20
Geddebækken; 2004-05	90	39
Lyngbygaards å*; 2008	196	8
Snaremosen sø; 2003-04	256	31

Nitratfjernelse ikke TN.

I Hoffmann et al. (2006) oplyses, at beregningerne af kvælstoffjernelsen i Geddebækken 2004-05 er behæftet med nogen usikkerhed bl.a. grundet problemer med vandføringsmålingerne. I behandlingen af data fra monitoring i 2015 og ved brug af GIS og luftfotos kan det konstateres at kun 20 ha vådområde har indgået i overvågningen. Det vurderes endvidere både som resultat af besigtigelse af vådområdet og ved brug af GIS og luftfotos, at det kun er de små søer (ca. 2-3 ha) i projektområdet der aktivt medvirker i omsætningen af N og P.

Lyngbygaards Å blev overvåget allerede lige efter gensnoningen i 2008 (tabel 19), dog var det kun nitrat, der blev målt. Sammenlignet med resultatet fra 2015 er nitratfjernelsen steget både procentuelt og i arealspecifik fjernelse, hvilket også er forventeligt da de vandløbsnære arealer i ådalen i de forløbne år har etableret sig med vådbundsvegetation og naturlige hydrologiske forhold.

Snaremosen ser ud til at have en vedvarende stabil kvælstoffjernelse (tabel 18 & 19). I 2003-04 var den arealspecifikke kvælstoffjernelse lidt højere end i 2015, mens den procentuelle kvælstoffjernelse var højere i 2015.

Selvom vandbalancerne og de heraf beregnede massebalancer for Grøngrøft og Sandskær er behæftet med nogen usikkerhed kan det med hjælp fra koncentrationsmålingerne i indløb og udløb konstateres at de to vådområder har en betydelig kvælstoffjernelse, der ligger omkring $200 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$, idet udløbskoncentrationerne er lavere eller noget lavere end indløbskoncentrationerne (med et par enkelte undtagelser fra drænen)

Vilsted Sø har en nitratfjernelse på 110 kg N ha^{-1} projektområde år^{-1} mens TN fjernelsen kun er på $69 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ i 2015. Ser man på TN transporterne fra den nedstrøms liggende vandløbsstation ved Vitskøl kloster – som samtidig er udløbet fra Vilsted Sø – kan man se at TN transporten i 2015 på 210 tons TN år^{-1} er den højeste siden søens etablering i 2006. I 2012-13 skiftede søen fra at være klarvandet til blive uklar og det kan være årsagen til at Vilsted Sø tilbageholder mindre kvælstof (bedømt ud fra kvælstoftransporterne ved vandløbsstationen ved Vitskøl Kloster).

Der er både retention og frigivelse af fosfor i de overvågede vådområder. Bedst fungerer Årlev Engsø og Lyngbygaards Å, som begge har en betydelig retention af både TP og fosfat i 2015 (tabel 20). De årlige flowvægtede indløbskoncentrationer i Årlev Engsø for 2015 er henholdsvis $0.06 \text{ mg fosfat-P l}^{-1}$ og $0.12 \text{ mg TP l}^{-1}$ mens de tilsvarende årlige udløbskoncentrationer ligger på henholdsvis $0.03 \text{ mg fosfat-P l}^{-1}$ og $0.10 \text{ mg TP l}^{-1}$. Ved monitoreringen i 2003-04 var der et arealspecifikt fosfortab i Årlev Engsø på $1.43 \text{ kg TP ha}^{-1}$ projektområde år^{-1} (tabel 21; Hoffmann et al., 2006), men det forventedes at søen på sigt ville fjerne 10 % af tilførslerne, og det er til fulde opnået. For Lyngbygaards Å, hvor både vandtransporterne og stoftransporterne ind og ud af projektområdet er store, er de flowvægtede årlige koncentrationer opstrøms vådområdet på henholdsvis $0.03 \text{ mg fosfat-P l}^{-1}$ og $0.09 \text{ mg TP l}^{-1}$, mens de tilsvarende koncentrationer nedstrøms vådområdet er henholdsvis $0.02 \text{ mg fosfat-P l}^{-1}$ og $0.08 \text{ mg TP l}^{-1}$. Ved monitoreringen i 2008 var der et tab på $1.58 \text{ kg TP ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$, men dette tab skete kun i april 2008, og det viste sig, at tabet kunne tilskrives gravearbejde i åen, der forårsagede store transporter af partikulært P. Udelades april måned af beregningerne ville man få en TP tilbageholdelse på $3.3 \text{ kg TP ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$.

De negative fosfatbalancer for Sandskær, Snaremosen og Grøngrøft (tabel 20) kan, som omtalt ovenfor, skyldes tilstedeværelse af anaerobe forhold, hvilket indikeres af, at der var meget lave nitratkoncentrationer i de samme perioder som der var høje fosfatkoncentrationer. Hvis disse perioder var domineret af anaerobe forhold, kan det have ført til frigivelse af jernbundet fosfat fra sedimentet/jordbunden. I Hoffmann et al. (2006) angives den arealspecifikke TP tilbageholdelse i Snaremosen til $2.63 \text{ kg TP ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ (tabel 21, tidligere monitorering af Snaremosen). Hvis man ser nøjere på tallene i Hoffmann et al. (2006), vil man opdage, at der er betydelige TP tab i 9 af de 18 måneder monitoreringen strækker sig over og tilbageholdelse af TP i de 9 øvrige måneder. Endvidere

kan den positive tilbageholdelse tilskrives en meget høj TP retention i en enkelt måned, nemlig januar 2005, hvor der blev tilført 314 kg og tilbageholdt 192 kg TP. Årsagen til den store tilbageholdelse kan have været tilbageholdelse af partikulært fosfor, der typisk tilføres ved store afstrømningshændelser og også typisk tilbageholdelses i vådområder ved sådanne hændelser

Tabel 20. Samlet oversigt over den arealspecifikke fosforfjernelse i de overvågede vådområder samt den procentuelle fjernelse i relation til belastningen

Vådområde	TP retention		Fosfat-P retention	
	kg ha ⁻¹ år ⁻¹	%	kg ha ⁻¹ år ⁻¹	%
Årslev Engsø	10,3	18	13,2	47
Geddebækken	-0,5	-8	1,5	60
Grøngrøft	0,0	0	-1,1	-16
Lyngbygaards å	6,4	13	3,2	20
Sandskær	-0,6	-5	-2,2	-36
Snaremosø sø	-0,6	-10	-0,5	-11
Tim Enge	-5,8	-10	1,4	12
Tim Enge alternativ	13,0	21	1,4	12
Vilsted sø	-1,4	-29	2,0	65

Tabel 21. Arealsspecifik fosforfjernelse fra tidligere monitorering af 4 vådområder.

Vådområde og år for monitorering)	TP fjernelse	
	Kg P ha ⁻¹ år ⁻¹	%
Årslev Engsø; 2003-04	-1.43	-5
Geddebækken; 2004-05	0.56	21
Lyngbygaards å*; 2008	-1.58	-4
Snaremosø sø; 2003-04-05	2.63	18

5. Referencer

Hoffmann, C.C., Baattrup-Pedersen, A., Amsinck, S.L. & Clausen, P. 2006: Overvågning af Vandmiljøplan II vådområder 2005. Danmarks Miljøundersøgelser. - Faglig rapport nr. 576 fra DMU, 128 pp.

Hoffmann, C.C., Kronvang, B. and Audet, J. 2011. Evaluation of nutrient retention in four restored Danish riparian wetlands. *Hydrobiologia* 674:5–24

OVERVÅGNING AF VÅDOMRÅDER 2015

NOVANA

Overvågningsprogrammet for vådområder er udført i 8 vådområder i 2015 med henblik på at dokumentere den miljømæssige effekt af genopretningen af vådområder. Kvælstoffjernelsen ligger i intervallet 24 - 308 kg TN ha⁻¹ projektområde år⁻¹ (5 - 42 %). Der er både nettotab af fosfor og tilbageholdelse af fosfor i vådområderne. Tilbageholdelse af total fosfor varierer således fra -1.4 til + 10.3 kg TP ha⁻¹ projektområde år⁻¹ (-29 % - 18 %).

ISBN: 978-87-7156-360-3

ISSN: 2244-9981