

Håndtering af fosfor under ny fosforregulering

Foreløbige P-effekter af anlægsoptimerede minivådområder med overfladestrømning



Rapporten indeholder foreløbige monitoringsresultater og P-effektopgørelser fra anlægsoptimerede minivådområder med overfladestrømning for perioden februar 2019 til december 2020.

Chefforsker Charlotte Kjærgaard
Plante- og Miljøinnovation, SEGES

STØTTET AF

Promilleafgiftsfonden for landbrug

Forord

Rapporten sammenfatter de foreløbige monitoringsresultater og P-effektopgørelser af anlægsoptimerede minivådområder med overfladestrømning for monitoringsperioden februar 2019 til december 2020. Der er tale om foreløbige resultater og dermed ikke endelige konklusioner på det foreliggende datagrundlag. Monitoring af anlæggene er planlagt til at fortsætte i andet projektregi i årene 2021-2023, hvorefter de endelige effektopgørelser og konklusioner kan opgøres.

Udviklingsprojektet og anlæggene er etableret i regi af projektet ”Innovationsplatform for Drænvirkemidler” der har haft fokus på at forbedre kvælstofreduktionseffektiviteten af minivådområder med overfladestrømning. I projektet ”Håndtering af fosfor under ny fosforregulering” har der været fokus på at opnå forbedrede P-effekter, og projekterne har således forløbet parallelt på de samme anlæg. Begge projekter er finansieret af Promilleafgiftsfonden for Landbrug. Resultaterne for fosfor (P) er publiceret i denne rapport.

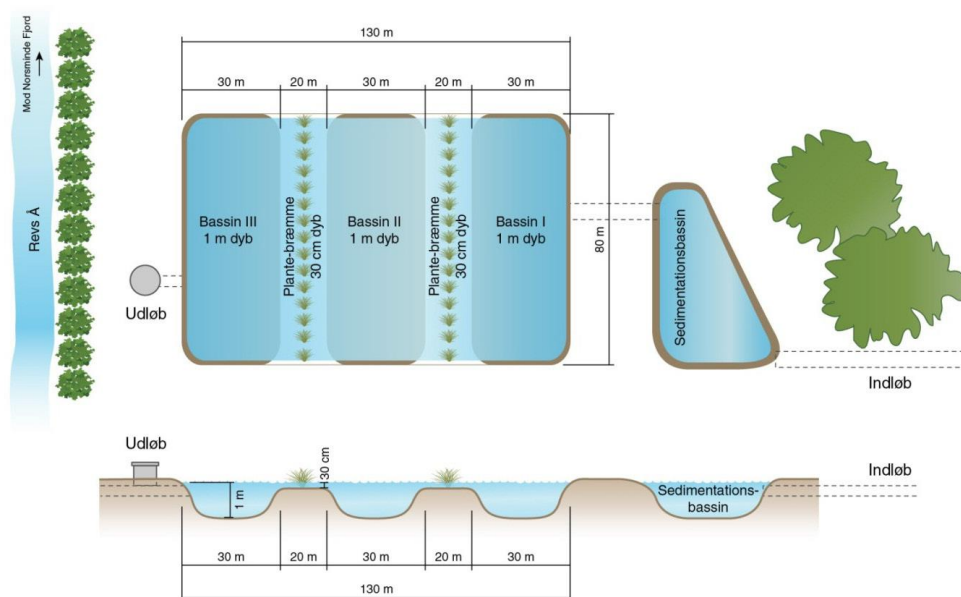
Aarhus Universitet Institut for Bioscience (AU-BIOS) har været ansvarlig for prøvetagning, drift af monitoringsudstyr, laboratorieanalyse, kvalitetssikring af data samt effektopgørelser. AU-BIOS har afleveret resultater og effektopgørelser i et selvstændigt dokument, der er vedhæftet denne rapport som bilag.

Projektleder Charlotte Kjærgaard
Plante- og Miljøinnovation, SEGES

1. Baggrund

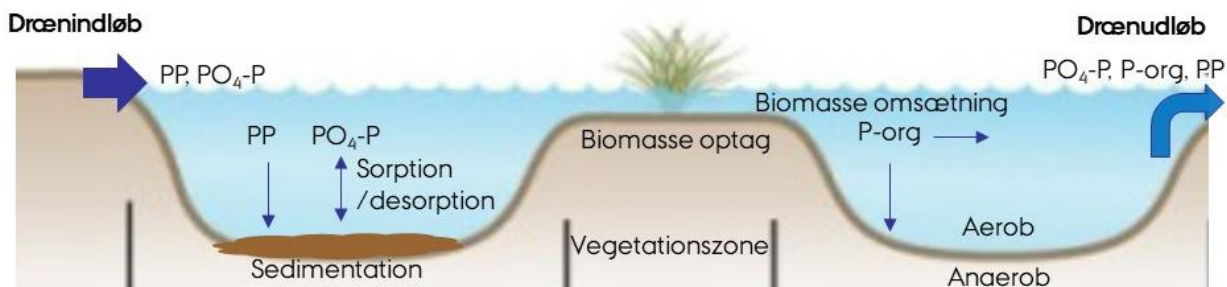
Minivådområder med overfladestrømning etableret på markdræn virker ved at omsætte kvælstof (N) og tilbageholde fosfor (P), og anvendes i dag som et målrettet virkemiddel til reduktion i udledningen af N, mens minivådområder endnu ikke er anvendt som målrettede P-virkemidler.

Minivådområder med overfladestrømning findes i mange udformninger, men fælles for danske minivådområder godkendt under den kollektive ordning (<http://lbst.dk/landbrug/natur-og-miljoe/minivaadomraader/#c48417>) er, at disse er opbygget efter samme princip (Kjærgaard & Hoffmann, 2017). Grundlæggende består et minivådområde af et sedimentationsbassin, samt et efterfølgende vådområde bestående af flere sekvenser af åbne dybe zoner og lavvandede vegetationszoner (Figur 1). Den samlede vandoverflade skal som minimum være 1% af drænoplanet, så der opnås en tilstrækkelig hydraulisk opholdstid (HRT) til at processerne er effektive.



Figur 1. Principskitse af minivådområde med overfladestrømning bestående af sedimentationsbassin samt et vådområde med sekvenser af åbne dybe (~1 m) og lavvandede (~0.3 m) vegetationszoner. Principskitsen er gengivet efter tilladelse fra Kjærgaard & Hoffmann, 2017.

I minivådområder tilbageholdes P ved fysiske, kemiske og biogeokemiske processer (Figur 2) i form af sedimentation af partikulært P, adsorption og/eller biomasse optag af opløst fosfat (Kjærgaard, 2015, Mendes et al., 2018a,b).



Figur 2. Principskitse af P-retentionsprocesser i et minivådområde med overfladestrømning. Principskitsen er gengivet efter tilladelse fra Kjærgaard, 2015.

Resultater fra 14 danske minivådområder med overfladestrømning og effektmålinger i perioden 2013-2017 viser en gennemsnitlig total P (TP) retentionseffektivitet på 45% med variationsinterval på 26-76% mellem minivådområder og årsvariationer (Kjærgaard et al., 2017a,b; Hoffmann et al. 2020).

2. Projektets formål

Projektet har til formål at undersøge om en ændring i minivådområders anlægsdesign, hvor drænvandet ledes direkte til sedimentbunden kan øge retentionen af P i minivådområder med overfladestrømning, og/eller bidrage til at reducere observerede variationer i virkemiddelseffekten betinget af varierende hydrauliske belastninger og hydraulisk effektivitet i minivådområdet. Til at teste denne hypotese blev der udvalgt to eksisterende minivådområder med overfladestrømning (fremover benævnt minivådområder), hvor der allerede findes monitoringsdata på virkemiddelseffekten hhv. Fillerup i etableret 2017, og Fensholt etableret i 2015 (Kjærgaard et al., 2017a).

2.1 Minivådområdet Fillerup

Minivådområdet blev etableret i 2010 i oplandet til Norsminde Fjord, som et demonstrationsprojekt under Landdistriktsprogrammet (Figur 3). Minivådområdet er etableret i en lavning i kanten af marken, hvor drænvandet passivt strømmer fra marken via minivådområdet inden udløb i Odder Å. Minivådområdet er etableret på egnet areal (Kjærgaard et al., 2017c).



Figur 3. Dronefoto af minivådområdet Fillerup. Foto: SEGES

Minivådområdet på 0,298 ha modtager drænvand fra et drænet landbrugsareal på 38 ha. Minivådområdet udgør 0,78% af drænoplandet, og er således underdimensioneret i forhold til nuværende krav om minimum 1% af drænoplansarealet (Kjærgaard & Hoffmann, 2017a).

For måleperioden 2013-2017 reducerer minivådområdet det årlige gennemsnitlige P-tab i dræn fra 0,457 til 0,219 kg P/ha landbrugsareal. Den gennemsnitlige vandføringsvægtede TP-koncentration reduceres fra 0,170 til 0,083 mg/L. Gennemsnitligt har minivådområdet en P-effekt på 31 kg P/ha og

tilbageholder 47% af tilført P, men med årlige variationer på 20-75% i måleperioden 2013-2017 (Kjærgaard et al., 2017a).

2.2 Design optimering

I november 2018 blev minivådområdets anlægsdesign ændret. Før ændringen løb drænvandet via sedimentationsbassinet over en fysisk bræmme og ind i den øvre del af vandsøjlen i det første dybe bassin. Ved ændring af anlægsdesignet blev der lavet en spærring mellem sedimentationsbassinet og det første dybe bassin. I stedet for det passive overløb via bræmmen, blev drænvandet fra sedimentationsbassinet i stedet opsamlet i to lukkede drænrør og transporteret til bunden af det første dybe bassin. Her blev drænvandet fordelt via 9 perforerede fordelerør lukket i enden (Figur 4a). Fordelerørerne blev placeret i direkte kontakt med det kulstofholdige bundsediment (Figur 4b), og vandsøjlen blev efterfølgende hævet til 1 m. Designet sikrer således at drænvandet udledes i tæt kontakt med det kulstofholdige bundsediment.



Figur 4. Fotos af Fillerup minivådområdet med (a) fordelerør placeret ved sedimentbunden i det første dybe bassin, og (b) foto der viser det akkumulerede bundsediment. Fotos: Charlotte Kjærgaard.

2.3 Instrumentering, monitoring og analyse

Instrumenteringen af minivådområdet omfatter nedbørsmåler, elektromagnetisk flow-måler i drænløb til minivådområdet, ISCO-prøvetager til automatisk vandprøvetagning ved indløb (Ind), efter første dybe-bassin (Midt) og i udløb (Ud). ISCO-prøvetagningen omfattede udtagning af delpøver hver time, hvor time-prøverne puljes til døgnprøver.

Monitoringen er igangsat i februar 2019 efter aftale mellem SEGES og Institut for Bioscience Aarhus Universitet. Flow-målinger og næringsstofmålinger før ændring af anlægsdesign er gennemført i regi af et tidligere projekt. Prøvetagning, analyser og kvalitetssikring af data er foretaget af Institut for Bioscience Aarhus Universitet. Prøvetagningen blev udført hver 3. uge og omfattede logning af nedbørs- og flow-data, tømning af ISCO-prøvetagere samt udtagning af manuelle punktprøver herunder måling af basis vandparametre. Analyserne omfatter total P (TP) på ISCO-prøverne, samt opløst reaktivt P (SRP/PO₄-P), og ufiltreret- og filtreret-TP hvoraf partikulært P (PP) her blev estimeret som TP-ufilt.-TP-filt.) på punktprøver.

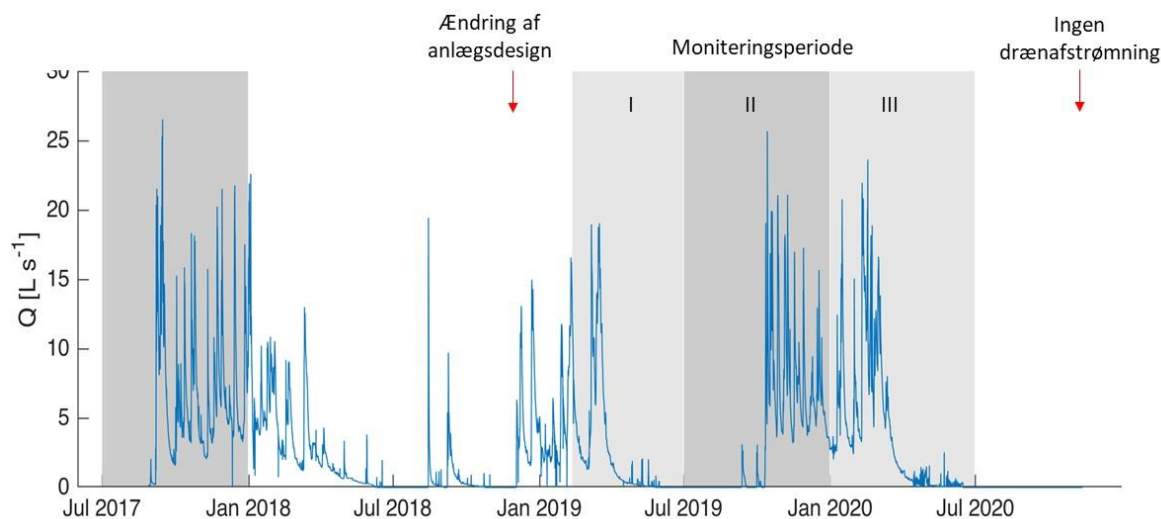
2.4 Resultater

I dette afsnit henvises til data og resultater beskrevet i den selvstændige monitoringsrapport af Hoffmann & Petersen, 2020 (P-effekter), hvor resultaterne af rapporteres. Rapporten med alle data findes i Bilag 1.

2.4.1 Drænafstrømning

Dræntilstrømningen (Q) til minivådområdet er vist i Figur 5 for perioden juli 2017 til juli 2020. Monitoringsperioden for projektet er markeret med grå felter i perioden februar 2019 til juli 2020. Monitoringen i 2017 er gennemført i regi af tidligere projekt, men medtages for sammenligning. Der har ikke været muligt at foretage monitoring af næringsstoffer i 2. halvår 2020, da der medio december ganske usædvanligt endnu ikke var drænafstrømning.

Generelt er drænafstrømningen karakteriseret ved betydelige årstids- og års-variation, der er kendetegnet for såvel dette minivådområde som for morænelers lokaliteter generelt (Kjærgaard et al., 2017a). Drænafstrømningsperioden for 2. halvår 2020 er klimatisk meget atypisk, da der medio december 2020 endnu ikke er observeret målbar drænafstrømning på lokaliteten.



Figur 5. Dræntilstrømning (Q) til Fillerup minivådområdet (L/s). Grå felter fra februar 2019 til juli 2020 viser monitoringsperioden for projektet. Figuren er gengivet fra Hoffmann & Petersen (2020) (Bilag 1).

2.4.2 Fosforeffekt

Fosforeffekten opdelt i afstrømningsperioder er vist i Tabel 2. I halvåret 07/17-12/17 forud for anlægsoptimeringen er TP-retentionseffektiviteten på 47% og svarer til en reduktion på 5,3 kg-P og en minivådområdeeffekt på 17,8 kg-P/ha.

I monitoringsperioden efter anlægsoptimering af minivådområdet øges minivådområdets TP-effekt i de efterfølgende to halvår (Tabel 1). I den korte monitoringsperiode (efter monitoringsopstart) 1. halvår 2019 er TP-transporten meget lav og således også den absolutte TP-retention, mens den relative TP-retention er høj (60%). I 2. halvår 2019 er TP transporten på niveau med 2017, mens TP-retentionseffektiviteten er forøget til 55%. I 1. halvår 2020 ses derimod en lille netto udledning af TP fra

minivådområdet, hvilket data af P-specie fordelingen indikerer skyldes en netto-udledning af partikulært mineralsk og/eller organisk-PP.

Den begrænsede monitoringsperiode hvor det har været muligt at indsamle data (1½ år – da der ikke var drænafrømning i efteråret 2020) giver ikke et tilstrækkeligt grundlag til at konkludere endeligt på TP-effekten efter anlægsoptimering, men resultaterne indikerer at der kan være en positiv effekt på TP-retentionen, mens det dog er usikkert hvad der betinger netto-frigivelsen af PP i 1. halvår 2020. Opløst reaktivt PO₄-P udgør den dominerende P-fraktion i drænvandstilførslen i 2. halvår 2017 og 1. halvår 2019 (70-76%), men kun 45% i 2. halvår 2019.

Tabel 1. Total-P transport og retention i Fillerup-minivådområdet#. Perioden 07/17-12/17 er resultater fra tidligere projekt og før anlægsoptimering af minivådområdet.

Monitorings- periode	TP-dræn Kg/ha	TP-indløb Kg	TP-udløb Kg	TP-retention Kg	TP-retention Kg/ha	TP-retention %
07/17-12/17	0,297	11,3	5,98	5,3	17,8	47
02/19-06/19	0,04	1,67	0,670	1,0	3,36	60
07/19-12/19	0,211	8,0	3,6	4,4	14,8	55
01/20-06/20				-0,3	-1,0	-3,6

Data er fra monitoringsrapporten Hoffmann & Petersen, 2020

3. Minivådområdet Fensholt

Minivådområdet blev etableret i 2015 i oplandet til Norsminde Fjord i regi af GUDP-projektet iDR/EN (Figur 6). Minivådområdet er etableret på hældende terræn og er i modsætning til de øvrige danske minivådområder etableret under Miljøteknologi-ordningen (Kjærgaard et al., 2017a) etableret med vand-spejl i tre koter. Drænvandet strømmer passivt fra marken via minivådområdet inden udløb i Stampe-møllebæk. Minivådområdet er etableret på egnet areal (Kjærgaard et al., 2017c).



Figur 6. Dronefoto af minivådområdet Fensholt etableret i regi af iDR/EN-projektet. Foto SEGES

Minivådområdet på 0,245 ha modtager drænvand fra et drænet landbrugsareal på 33 ha. Minivådområdet udgør 0,74% af drænoplanet, og er således underdimensioneret i forhold til nuværende krav om minimum 1% (Kjærgaard & Hoffmann, 2017).

For måleperioden 2015-2017 reducerer minivådområdet det årlige gennemsnitlige P-tab i dræn fra 0,883 til 0,616 kg P/ha landbrugsareal. Den gennemsnitlige vandføringsvægtede TP-koncentration reduceres fra 0,289 til 0,184 mg/L. Gennemsnitligt har minivådområdet en P-effekt på 36 kg P/ha og tilbageholder 35% af tilført P (Kjærgaard et al., 2017a).

3.1 Anlægsoptimering

I november 2018 blev minivådområdets anlægsdesign ændret. Før ændringen løb drænvandet via sedimentationsbassinet over en fysisk bræmme og ind i den øvre del af vandsøjlen i det første dybe bassin. Ved ændring af anlægsdesignet blev drænvandet fra sedimentationsbassinet i stedet opsamlet i to lukkede drænrør og transporteret til bunden af det første dybe bassin. Her blev drænvandet fordelt ud i vandsøjlen via 9 perforerede fordelerør lukket i enden. Fordelerørerne blev placeret i direkte kontakt med bundsedimentet og vandsøjlen blev efterfølgende hævet til 1 m (Figur 7). Designet sikrer således at drænvandet altid vil udledes til vandsøjlen i tæt kontakt med bundsedimentet.



Figur 7. Foto af Fensholt minivådområdet med fordelerør placeret ved sedimentbunden i det første dybe bassin. På fotoet skimtes fordelerørene ved sedimentbunden efter vandstanden er hævet. Foto: Charlotte Kjærgaard.

3.2 Instrumentering, monitoring og analyse

Instrumenteringen af minivådområdet omfatter nedbørsmåler, elektromagnetisk flow-måler i drænindløb til minivådområdet, ISCO-prøvetager til automatisk vandprøvetagning ved indløb (Ind), efter første dybe-bassin (Midt) og i udløb (Ud). ISCO-prøvetagningen omfattede udtagning af delprøver hver time, hvor time-prøverne puljes til døgnprøver.

Monitoringen er igangsat i februar 2019 jf. aftale mellem SEGES og Institut for Bioscience Aarhus Universitet. Flow-målinger og næringsstofmålinger før design-ændringen er gennemført i regi af et tidligere projekt. Prøvetagning, analyser og kvalitetssikring af data er foretaget af Institut for Bioscience Aarhus Universitet. Prøvetagningen blev udført hver 3. uge og omfattede logning af nedbørs- og flow-data, tømning af ISCO-prøvetagere samt udtagning af manuelle punktprøver.

Laboratorieanalyserne omfatter total P (TP) på ISCO-prøverne, samt opløst reaktivt P (SRP/ $\text{PO}_4\text{-P}$), og ufiltreret-TP og filtreret-TP hvoraf partikulært P (PP) blev estimeret som TP-ufilt.- TP-filt.) på punktprøver.

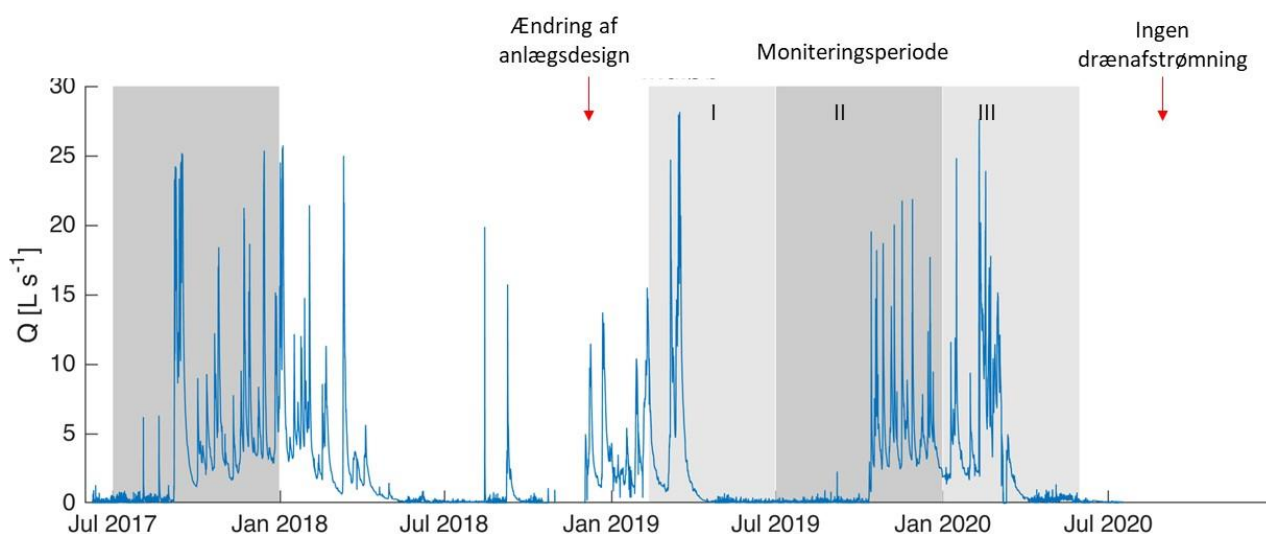
3.3 Resultater

I dette afsnit henvises til data og resultater beskrevet i den selvstændige rapport af Hoffmann & Petersen, 2020 (P-effekter), hvor monitoringsresultaterne afrapporteres. Rapporten med alle data findes i Bilag 1.

3.3.1 Drænafstrømning

Dræntilstrømningen (Q) til minivådområdet er vist i Figur 8 for perioden juli 2017 til juli 2020. Monitoringsperioden for projektet er markeret med grå felter i perioden februar 2019 til juli 2020. Monitoreringen i 2017 er gennemført i regi af tidligere projekt, men medtages for sammenligning. Der har ikke været muligt at foretage monitorering af næringsstoffer i 2. halvår 2020, da der medio december ganske usædvanligt endnu ikke var afstrømning fra drænene.

Drænafstrømningen er karakteriseret ved betydelige årstids- og års-variation, der er kendetegnet for såvel dette minivådområde samt for morænelerslokaliteter generelt (Kjærgaard et al., 2017a). Drænafstrømningsperioden for 2. halvår 2020 er meget atypisk, da der medio december 2020 stadig ikke er observeret målbar drænafstrømning på lokaliteten.



Figur 8. Dræntilstrømning (Q) til Fensholt minivådområdet (L/s). Grå felter fra februar 2019 til juli 2020 viser monitoringsperioden for projektet. Figuren er gengivet fra Hoffmann & Petersen (2020) (Bilag 1).

3.3.2 Fosforeffekt

Fosforeffekten opdelt i afstrømningsperioder er vist i Tabel 4. I halvåret 07/17-12/17 forud for anlægsoptimeringen er P-transporten for 2. halvår 2017 generelt høj. TP-retentionen er på 36% svarende til en reduktion på 7,8 kg-P og en minivådområdeeffekt på 31,8 kg-P/ha.

I monitoringsperioden efter anlægsoptimering af minivådområdet øges minivådområdets TP-effekt (Tabel 2). I den korte monitoringsperiode (efter monitoringsopstart) 1. halvår 2019 er TP-transporten lav og således også den absolutte TP-retention, mens den relative TP-retention er øget. I 2. halvår 2019 og 1. halvår 2020 er TP-transporten hhv. lavere og højere end i 2017, mens TP-retentionseffektiviteten øges til hhv. 43 og 62%.

Den begrænsede monitoringsperiode hvor det har været muligt at indsamle data (1½ år – da der ikke var drænafstrømning i efteråret 2020) giver ikke et tilstrækkeligt grundlag til at konkludere endeligt på TP-effekten efter anlægsoptimering, men resultaterne indikerer at der kan være en positiv effekt på TP-retentionen. Opløst reaktivt $\text{PO}_4\text{-P}$ udgør markant den dominerende P-fraktion i drænvandstilførslen

med 65-89% af TP, bortset fra 1. halvår 2020 hvor PO₄-P kun udgør 38% af TP i drænindløb. Speciefordelingen af P kan have betydning for forskellen i netto TP-retention.

Tabel 2. Total-P transport og retention i Fensholt-minivåområdet#. Perioden 07/17-12/17 er resultater fra tidligere projekt og før design-optimering af minivåområdet.

Moniteringsperiode	TP-dræn Kg/ha	TP-indløb Kg	TP-udløb Kg	TP-retention Kg	TP-retention Kg/ha	TP-retention %
07/17-12/17	0,658	21,7	13,9	7,8	31,8	36
02/19-06/19	0,152	5,0	3,0	2,0	8,16	40
07/19-12/19	0,430	14,2	8,1	6,1	24,9	43
01/20-06/20	0,903	29,8	16,8	13	53,1	62

Data er fra monitoringsrapporten Hoffmann & Petersen, 2020

4. Foreløbig konklusion og perspektiver

Den begrænsede monitoringsperiode hvor det har været muligt at indsamle data fra opstart af monitoring i februar 2019 til juli 2020 – grundet manglende drænafstrømning i 2. halvår 2020, giver ikke et tilstrækkeligt grundlag til at konkludere endeligt på P-effekten af ændret anlægsdesign. P-retentionen målt i projektperioden 2019/2020 er indenfor det variationsintervallet i den årlige P-retention på 20-74% der er målt i perioden 2013-2017 er målt for Fillerup, og de 14-56% der i 2015-2017 er målt for Fensholt (Kjærgaard et al., 2017a). Den negative P-balance i 1. halvår 2020, der er resultatet af en netto-frigivelse af partikulært-P er ikke set tidligere i den samlede monitoringsperiode 2013-2020, og kan ikke umiddelbart forklares. Den fortsatte monitoring vil vise, om der kan være tale om en enkeltstående hændelse fx som følge af forstyrrelser i minivådområdet, eller om der er nogle systematiske ændringer. Derudover vil en længere monitoringsperiode kvalificere effekten af ændret anlægsdesign. P-retentionseffektiviteten af minivådområder er generelt høj, men såvel langtidseffekter samt muligheden for at optimere P-retentionen bør være fokus for de fortsatte undersøgelser.

Monitoring af minivådområder i perioden 2013-2020 viser at minivådområder med overfladestømning kan være effektive målrettede P-virkemidler. En ny P-regulering med fokus på at begrænse P-udledningen til overfladevandssystemer bør således i højere grad fokusere på at regulere på udledningen, og her er minivådområder med overfladestømning en god og målrettet løsning til dræned arealer. Den gennemsnitlige P-retentionseffektivitet for danske minivådområder er allerede i den høje ende (45% TP-retention), men der er nogle oplagte potentiale for at forbedre effekten fremadrettet.

Referencer

- Eriksen, J., Thomsen, I.K., Hoffmann, C.C., Hasler, B., Jacobsen, B.H. 2020. Virkemidler til reduktion af kvælstofbelastningen af vandmiljøet. Aarhus Universitet. DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug. 452 s. DCA rapport nr. 174. <https://dcapub.au.dk/djfpdf/DCArapport174.pdf>
- Kjærgaard, C. 2015. Introduction to Constructed Wetlands – targeted measures for reduction of agricultural nutrient losses in drainage. Course lecture in: Restoration of Wetlands & Constructed Wetlands. MSc course AgroEnvironmental Management, Course responsible Charlotte Kjærgaard, Faculty of Science and Technology, Aarhus Universitet
- Kjærgaard, C., Hoffmann, C.C. 2017. Retningslinjer for etablering af konstruerede minivådområder med overfladestømning. Design manual. DCA – Nationalt Center for Jordbrug og Fødevarer, Aarhus Universitet, 14s, nr. 2017-760-000069, 9. marts 2017.
- Kjærgaard, C., Iversen, B.V., Hoffmann, C.C. 2017a. Virkemiddelseffekter af konstruerede minivådområder med overfladestømning målrettet drænvand. Afrapportering af resultater fra danske minivådområder i regi af GUDP-projektet iDRÆN (2011-2017). Aarhus Universitet. Rapport til Miljø- og Fødevareministeriet, Maj 2017.
- Kjærgaard, C., Hoffmann, C.C., Gertz, F. & Iversen, B.V. 2017b. Minivådområder – et nyt kollektivt virkemiddel. I: Filtre i Landskabet. Vand & Jord, 2017-3:84-88.

Kjærgaard, C., Bach, E.O., Greve, M.H., Iversen, B.V., Børgesen, C.D. 2017c. Kortlægning af potentielle områder til etablering af konstruerede minivådområder. DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, 15 s, 19. Maj 2017.

Mendes, L.R.D., Tonderski, K., Iversen, B.V., Kjærgaard, C. 2018a. Phosphorus retention in surface-flow constructed wetlands targeting agricultural drainage water. *Ecological Engineering* 120:94-103.

Mendes, L.R.D., Tonderski, K., Kjærgaard, C. 2018b. Phosphorus accumulation and stability in sediments of surface-flow constructed wetlands. *Geoderma* 331:109-120.

Årsrapport – Minivådområder med overfladestrømning.

Carl Christian Hoffmann og Rasmus Jes Petersen, Institut for Bioscience, Aarhus Universitet

Projektet "Håndtering af fosfor under ny fosforregulering" er finansieret af Promilleafgiftsfonden for landbrug.

Projektansvarlig for delprojekt om P-retention i design-optimerede minivådområder Chef forsker
Charlotte Kjærgaard, SEGES.

STØTTET AF

Promilleafgiftsfonden for landbrug

Indledning

Året 2020 har været lidt usædvanligt for begge de undersøgte minivådområder, idet der ikke har været drænafstrømning i efteråret 2020 frem til medio december (formentlig længere).

Det er valgt at vise de foreløbige målinger for begge de undersøgte minivådområder ved Fillerup og Fensholt (kaldet Vesterskovvej) over en længere tidsperiode end blot for 2020, dels fordi der er begrænsede målinger fra 2020 dels for at give en overblik over målingerne fra 2017 og fremad.

Metoder

De analysemetoder der er anvendt på vandprøverne i dette projekt er alle forskrifter ifølge Dansk Standard/European Standard.

Vandprøver der er analyseret for total fosfor (TP) stammer fra automatiske vandprøvetagere (såkaldte ISCO'er), der tager en vandprøve hver tredje time, som puljes i en flaske til en daglig prøve. Opløst fosfat (SRP/PO₄-P) er punktprøver taget hver tredje uge.

Partikulært P er beregnet som:

$$P_{\text{Partikulær}} = TP_{\text{ufiltreret}} - TP_{\text{filtreret}}$$

Fillerup

Drænopland 38 ha, og minivådområde 0,298 ha.

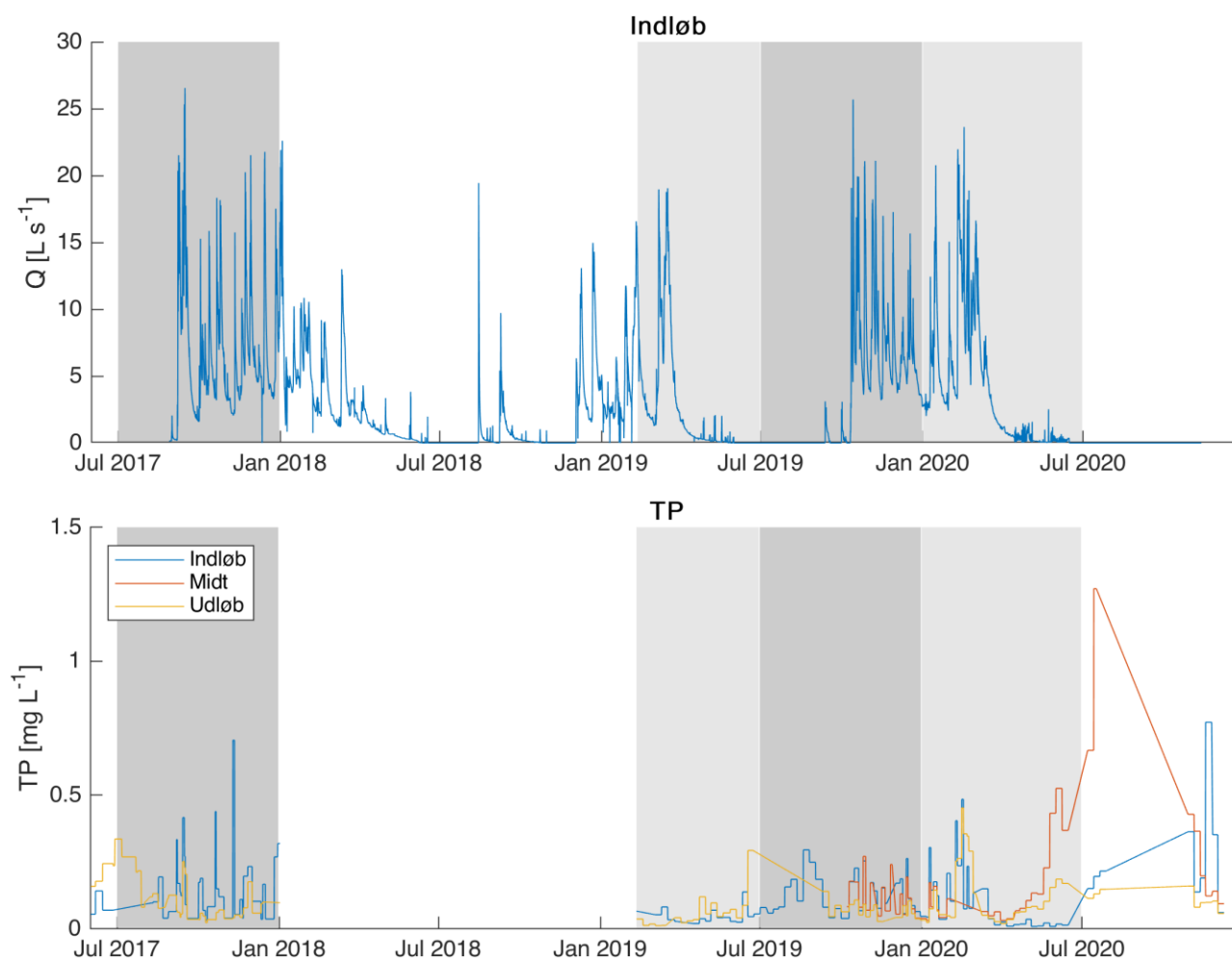
Figur 1 øverst viser flowmålinger fra drænindløbet til minivådområdet, efterfulgt af målte koncentrationer af total fosfor (TP). I efteråret og vinter 2020 er der taget enkelte vandprøver når det så ud til at drænvandet skulle til at begynde løbe ("drypvis" ind og udløb), men frem til medio december har der ikke kunnet konstateres reel ind- og udløb af vand fra minivådområdet.

I tabel 1 ses opgjorte balancer de perioder hvor der er foretaget målinger. Perioden 07/17 – 12/17 er uden for rammerne af dette projekt, men er medtaget, da det er sidste periode inden anlæggets design ændres. Retentionen af total fosfor (TP) og opløst fosfat (SRP) er markant i perioderne 07/17 – 12/17, 02/19 – 06/19 og 07/19 – 12/19, hvorefter der sker et markant fald i perioden 01/20 – 06/20.

Opgørelsen for tilbageholdelse af SRP er lavet på baggrund af punktprøver taget hver tredje uge. Det skal derfor bemærkes, at der formentlig kan være stor usikkerhed på SRP beregningerne. Disse er dog alligevel medtaget, da der er en klar trend i beregningerne. Beregningerne for alle perioder viser en markant procentuel tilbageholdelse af SRP, der er større end den procentuelle tilbageholdelse af TP. Et minivådområde er i princippet en lille næringsrig sø. Når der tilføres kvælstof og fosfor til minivådområdet vil en del blive optaget i alger og bakterier der svømmer rundt i vandfasen, og disse organismer kan skyldes ud med udløbsvandet. Det betyder, at SRP optages af disse organismer og omdannes til organisk fosfor og føres bort med udløbsvandet som partikulært fosfor eller opløst organisk fosfor (det være sig levende eller henfaldne organismer) og derfor er den procentuelle tilbageholdelse af SRP større end den procentuelle tilbageholdelse af TP.

Tabel 2 viser årsbalancen for det hydrologiske år 2019/2020 for minivådområdet ved Fillerup.

I figurerne 2-4 vises de daglige fluxe ind og ud af minivådområdet for de forskellige P specier samt den akkumulerede mængde der kommer ind og ud af minivådområdet opgjort for alle måleperioder



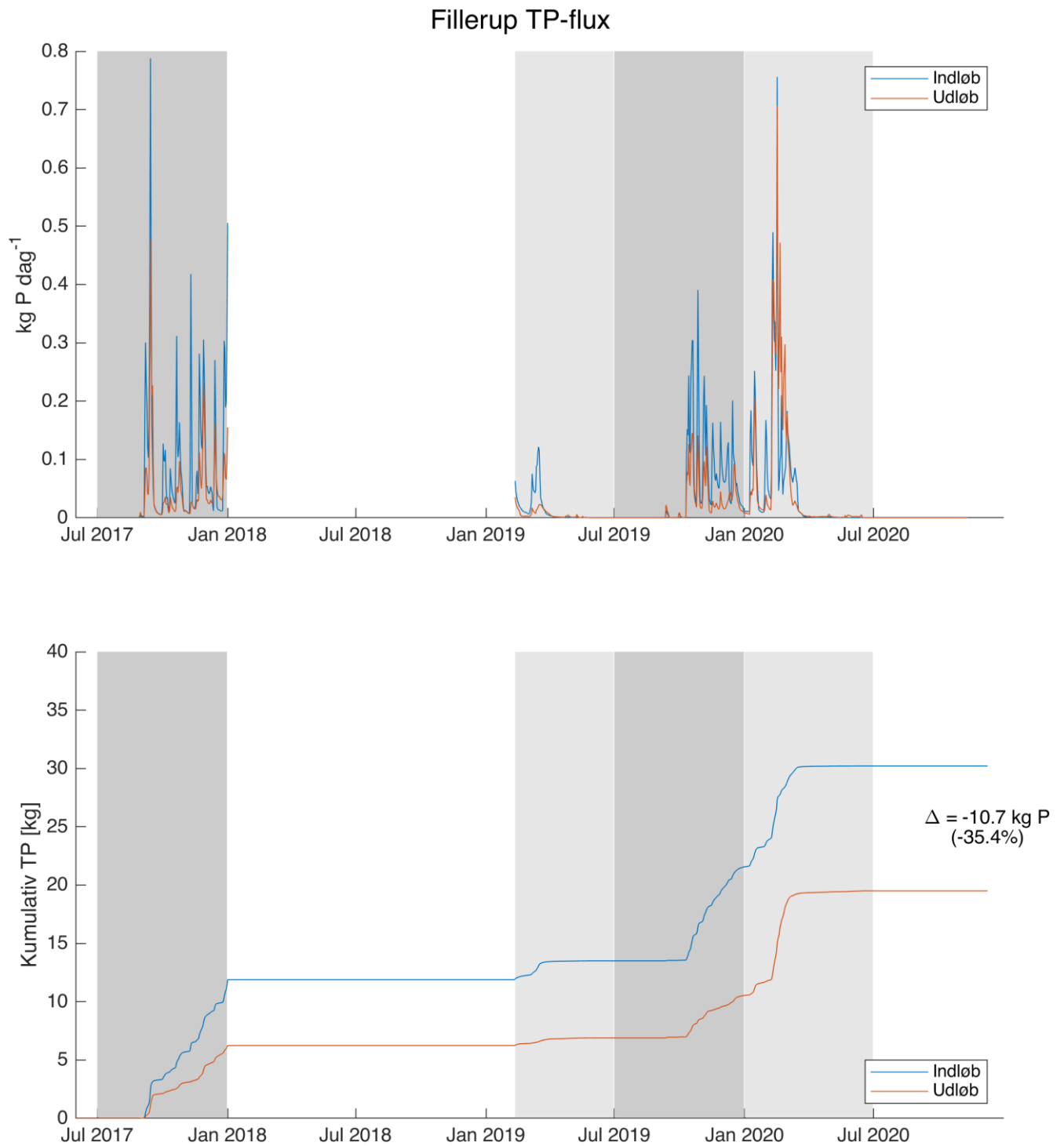
Figur 1: Drænløb til minivådområdet i Fillerup (øverste panel), samt koncentration af total fosfor (TP, nederste panel) i indløbet, mellem de to bassiner, samt i udløbet fra minivådområdet. De grå felter indikerer perioder, hvorover effekten af minivådområdet er opgjort. Koncentrationsmålinger fra efteråret 2020 er vist selvom der i praksis ikke var indløb og udløb, dvs. vandprøver er analyseret hvis der var "dryp" i forventning om at drænløbstrømningen var ved at begynde.

Tabel 1: Absolut og relativ tilbageholdelse af total fosfor (TP), opløst reaktivt fosfor (SRP) og partikulært fosfor ($P_{\text{partikulær}}$) for tre halvårige perioder, samt den totale måleperiode for minivådområdet i Fillerup.

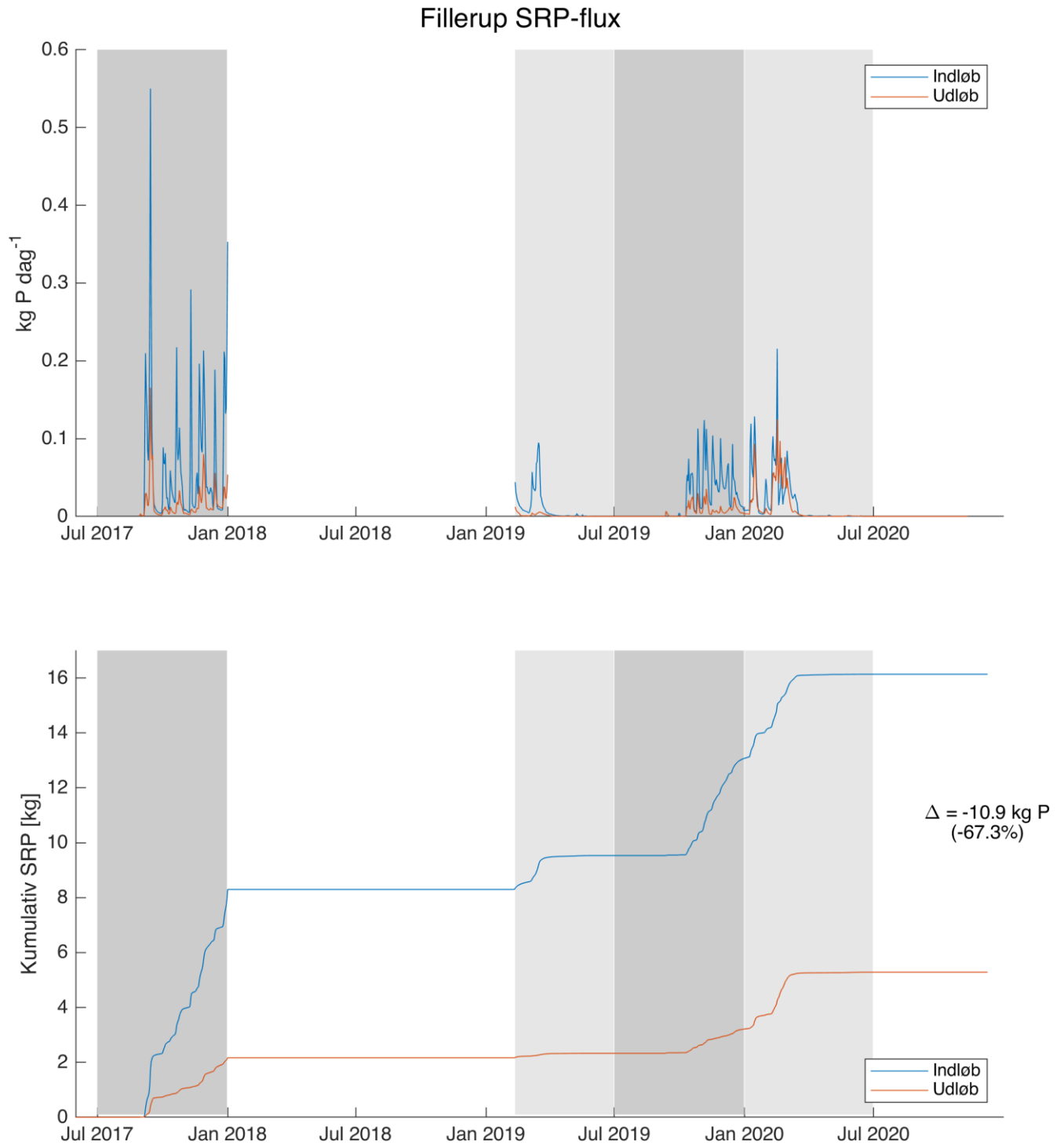
	07/17 - 12/17		02/19 - 06/19		07/19 - 12/19		01/20 - 06/20		Hele måleperioden	
	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%
TP	5.3	47	1.0	60	4.4	55	-0.3	-3.6	11	35
SRP	5.8	73	1.1	87	2.7	75	1.0	32	11	67
$P_{\text{partikulær}}$	-3.5	-595	-0.6	-192	0.4	7	-2.6	-46	-9.2	-66

Tabel 2: Årsbalancer for det hydrologiske år 2019/2020 for minivådområdet Fillerup. Massebalancer for total fosfor (TP), opløst reaktivt fosfor (SRP) og partikulært fosfor ($P_{\text{partikulær}}$) for perioden 01/07-2019 – 30/06-2020 for minivådområdet i Fillerup. Det skal bemærkes at drænvandet har ikke har løbet hele det hydrologiske år, som det fremgår af figur 1 øverst.

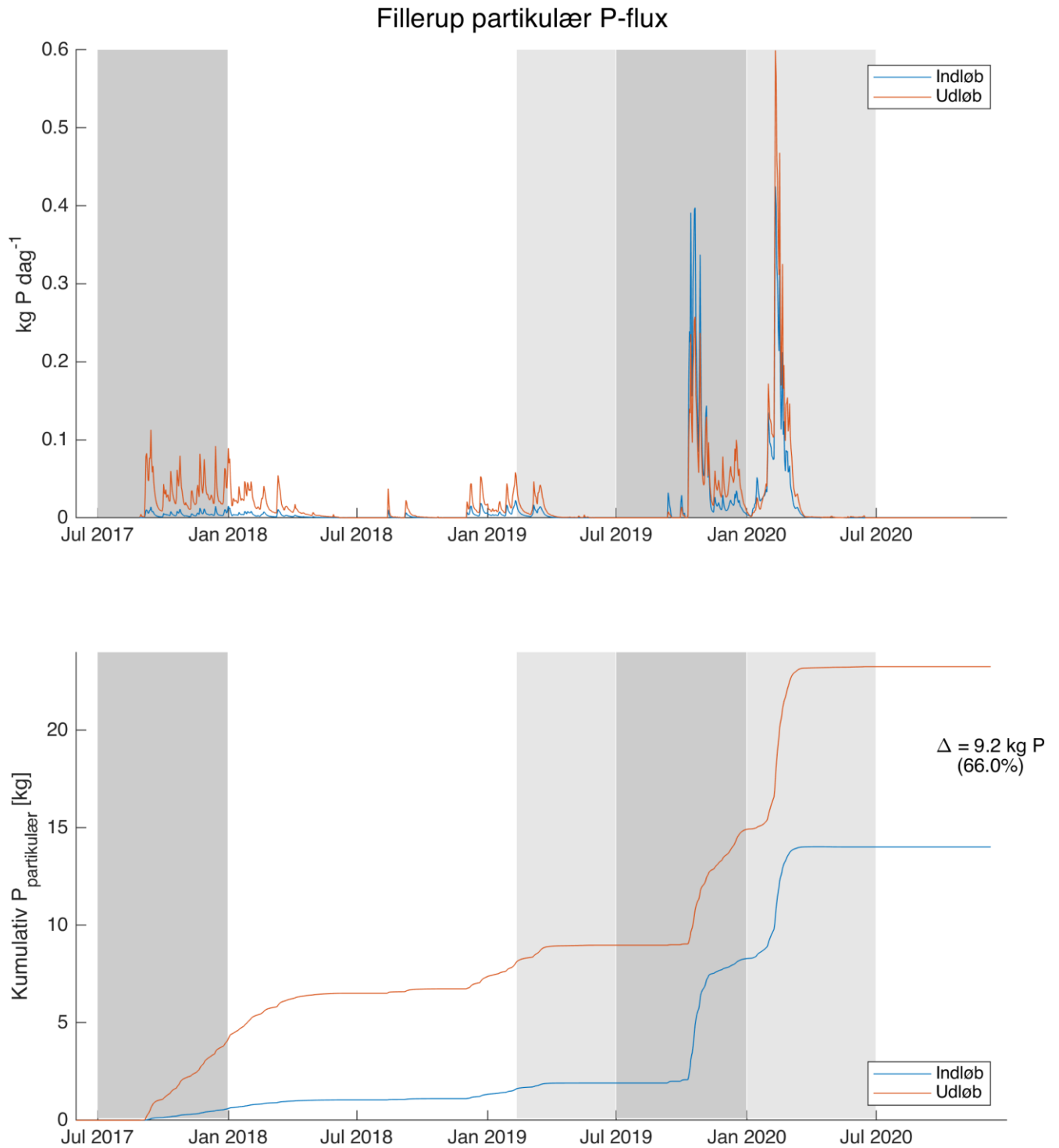
	Ind	Ud	Tilbageholdelse	
	kg	kg	kg	%
TP	17	13	4.1	25
SRP	6.6	3.0	3.7	55
$P_{\text{partikulær}}$	12	14	-2.2	-18



Figur 2: Øverst, daglige fluxe af total fosfor (TP) ind og ud af minivådområdet samt nederst akkumuleret mængde total fosfor ind og ud af minivådområdet opgjort for måleperioderne (de gråskraverede felter)



Figur 3: Øverst, daglige fluxe af opløst fosfat (SRP) ind og ud af minivådområder samt nederst akkumuleret mængde opløst fosfat ind og ud af vådområdet opgjort for måleperioderne (de gråskravrede felter)



Figur 4: Øverst, daglige fluxe af partikulært fosfat (PP) ind og ud af minivådområder samt nederst akkumuleret mængde partikulært fosfor ind og ud af vådområdet opgjort for måleperioderne (de gråskravede felter)

Vesterskovvej

Drænopland 33 ha og minivådområde 0,245 ha.

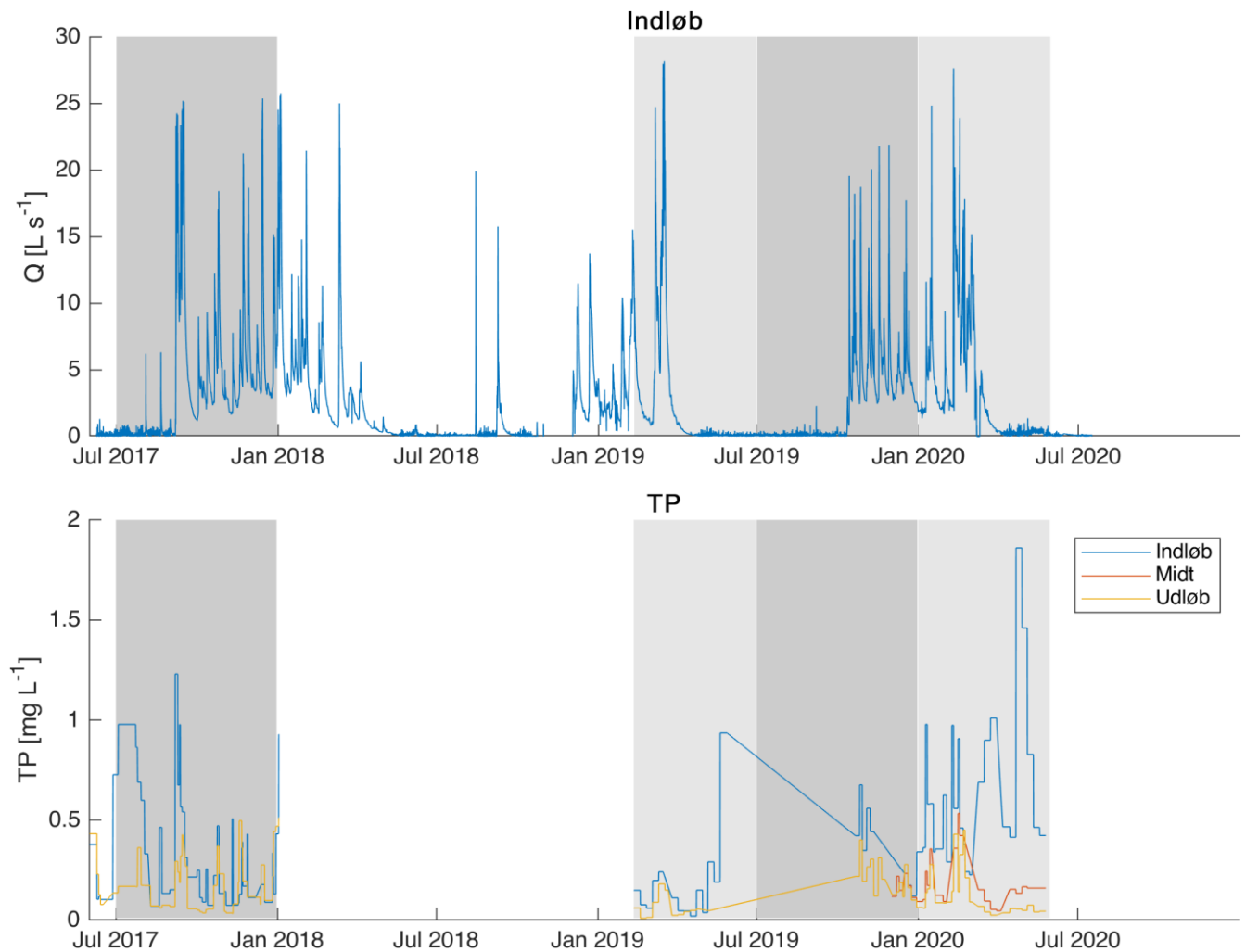
Figur 5, øverst viser flowmålinger fra drænindløbet til minivådområdet ved Vesterskovvej, og nederst ses målte koncentrationer af total fosfor (TP). I efteråret og vinter 2020 er der ikke taget vandprøver, da der frem til medio december ikke har været drænindløb til minivådområdet.

I tabel 3 ses opgjorte balancer for de perioder hvor der er foretaget målinger. Perioden 07/17 – 12/17 er uden for rammerne af dette projekt, men er medtaget, da det er sidste periode inden anlæggets design ændres. Retentionen af total fosfor (TP) og opløst fosfat (SRP) er generelt set høj i alle perioderne, men perioden 01/20 – 06/20 topper med en TP retention på 62% og en $\text{PO}_4\text{-P}$ retention på 76%.

Også for minivådområdet på Vesterskovvej skal det bemærkes, at opgørelsen for tilbageholdelse af SRP er lavet på baggrund af punktprøver taget hver tredje uge. Det skal endvidere bemærkes, at der formentlig kan være stor usikkerhed på SRP beregningerne, men disse er medtaget, da der er en klar trend i beregningerne. Beregningerne for alle perioder viser en markant procentuel tilbageholdelse af SRP, der er større end den procentuelle tilbageholdelse af TP. Et minivådområde er i princippet en lille næringsrig sø. Når der tilføres kvælstof og fosfor til minivådområdet vil en del blive optaget i alger og bakterier der svømmer rundt i vandfasen, og disse organismer kan skyldes ud med udløbsvandet. Det betyder, at SRP optages af disse organismer og omdannes til organisk fosfor og føres bort med udløbsvandet som partikulært fosfor eller opløst organisk fosfor (det være sig levende eller henfaldne organismer).

I tabel 4 er der lavet årsbalance for det hydrologiske år 2019/2020.

I figurerne 6-8 vises de daglige fluxe ind og ud af minivådområdet for de forskellige N og P specier samt den akkumulerede mængde der kommer ind og ud af minivådområdet opgjort for alle måleperioder



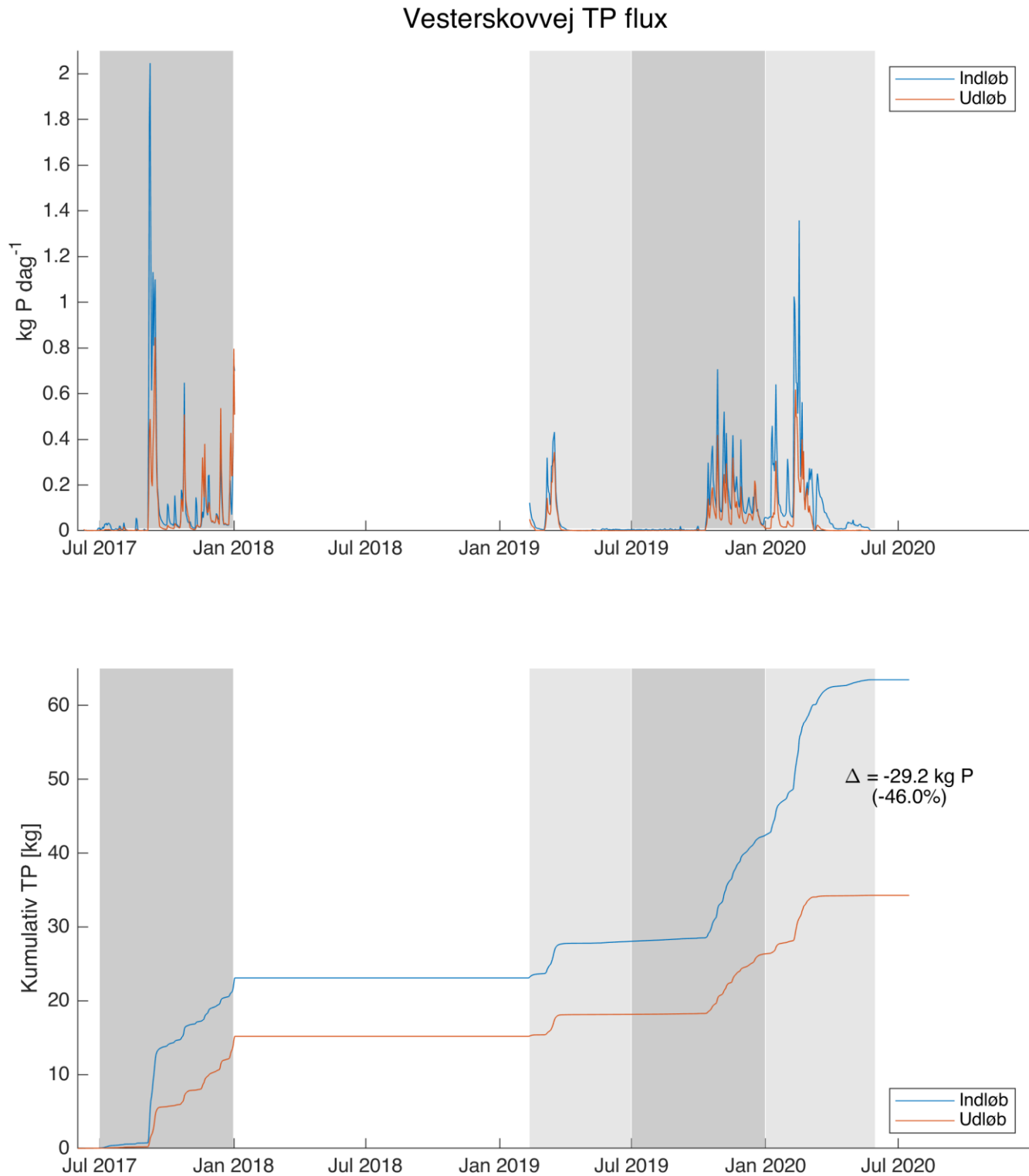
Figur 5: Drænløb til minivådområdet ved Vesterskovvej (øverste panel), samt koncentration af total fosfor (TP, nederste panel) i indløbet, mellem de to bassiner, samt i udløbet fra minivådområdet. De grå felter indikerer perioder, hvorover effekten af minivådområdet er opgjort.

Tabel 3: Absolut og relativ fjernelse af total fosfor (TP), opløst reaktivt fosfor (SRP) og partikulært fosfor ($P_{\text{partikulær}}$) for fire halvårige perioder, samt den totale måleperiode for minivådområdet ved Vesterskovvej.

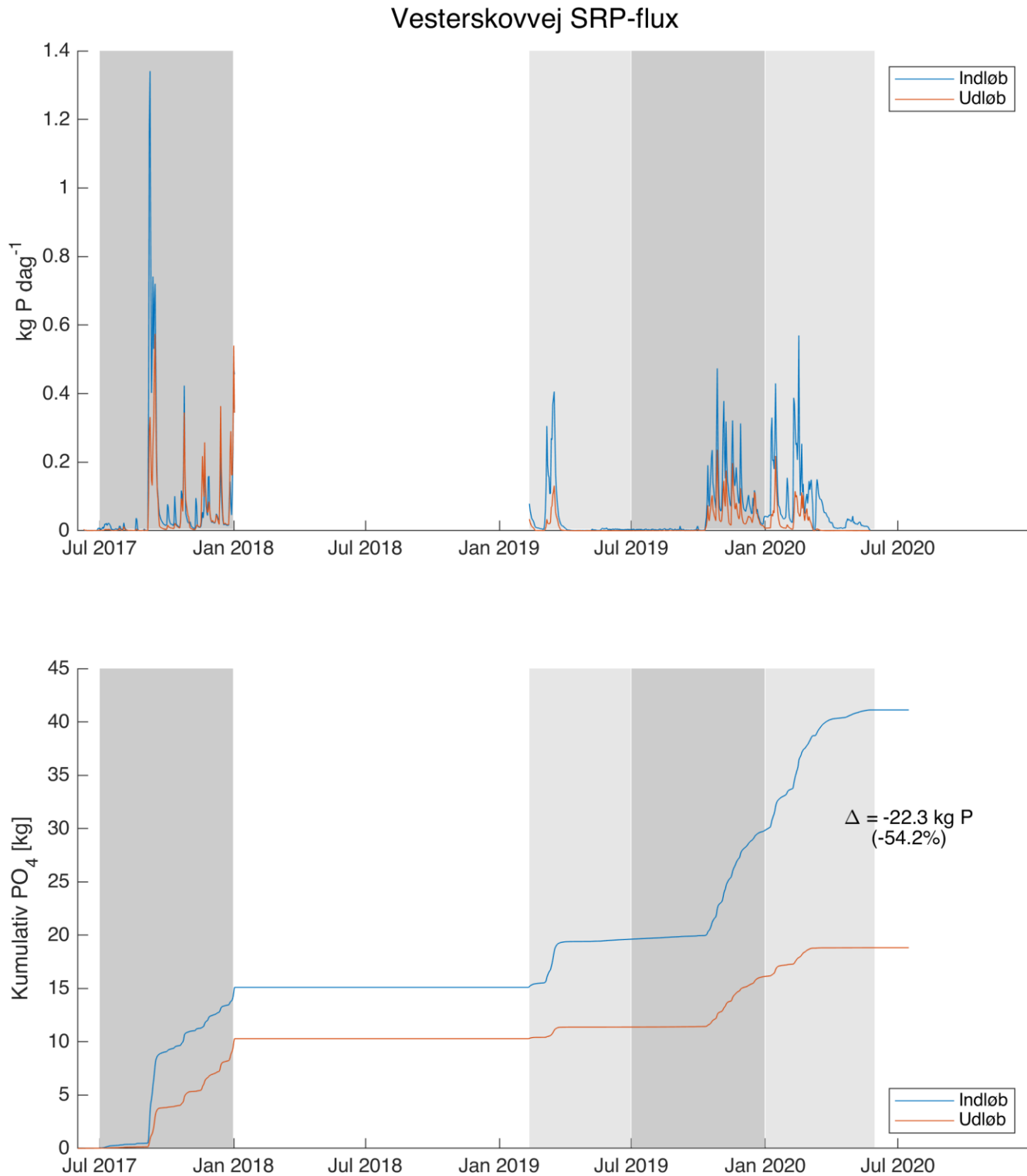
	07/17 - 12/17		02/19-06/19		07/19 - 12/19		01/20 - 05/20		Hele måleperioden	
	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%
TP	7.8	36	2.0	40	6.1	43	13	62	29	46
SRP	4.8	34	3.4	76	5.4	53	8.6	76	22	54
$P_{\text{partikulær}}$	-2.4	-100	-0.3	-104	-1.6	-90	-7.1	-131	-13.1	-97

Tabel 4: Årsbalancer for det hydrologiske år 2019/2020. Massebalancer for total fosfor (TP), opløst reaktivt fosfor (SRP) og partikulært fosfor ($P_{\text{partikulær}}$) for perioden 01/07-2019 – 30/05-2020 for minivådområdet ved Vesterskovvej. Det skal bemærkes at drænvandet ikke har løbet i hele perioden, som det også fremgår af figur 5 øverst.

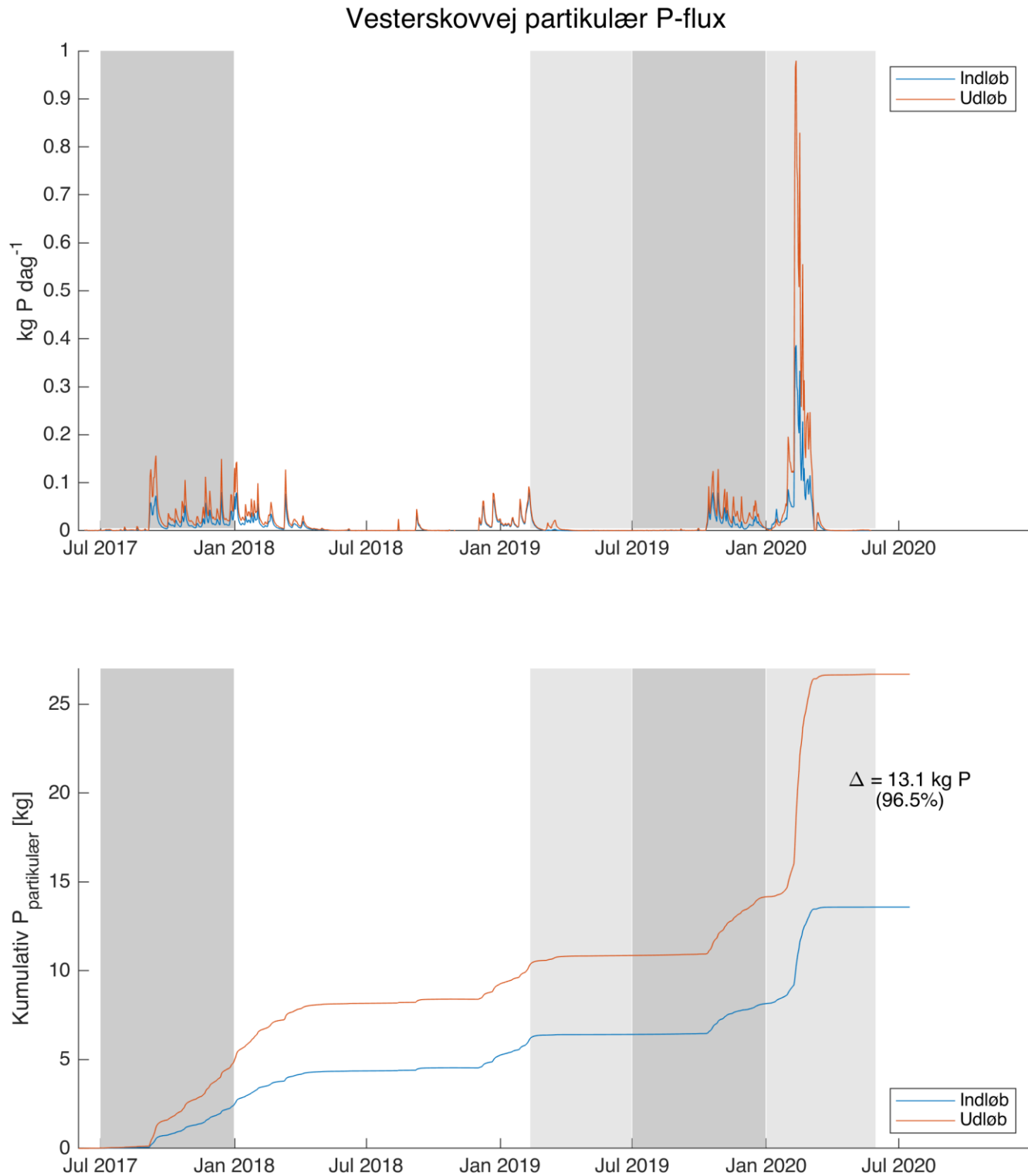
	Ind	Ud	Tilbageholdelse	
	kg	kg	kg	%
TP	35	16	19	54
SRP	22	7.4	14	65
$P_{\text{partikulær}}$	7.2	16	-8.7	-121



Figur 6: Øverst, daglige fluxe af total fosfor (TP) ind og ud af minivådområdet. Nederst akkumuleret mængde total fosfor ind og ud af minivådområdet opgjort for måleperioderne (de gråskravede felter).



Figur 7: Øverst, daglige fluxe af opløst fosfat (SRP) ind og ud af minivådområder. Nederst akkumuleret mængde opløst fosfat ind og ud af vådområdet opgjort for måleperioderne (de gråskravrede felter)



Figur 8: Øverst, daglige fluxe af partikulært fosfat (PP) ind og ud af minivådområder. Nederst akkumuleret mængde partikulært fosfor ind og ud af vådområdet opgjort for måleperioderne (de gråskravrede felter).

Sammenfatning

Kalenderåret 2018 var et udpræget nedbørsfattigt år med en langvarig tørkeperiode midt på året, mens vinterperioden 2019/20 var meget nedbørsrig. Dette nævnes da det kan have haft indflydelse på omsætningen og tilbageholdelsen af kvælstof og fosfor i de to minivådområder, der kun ligger ganske få kilometer fra hinanden.

I perioden 01/20 – 06/20 tabes der fosfor fra Fillerup anlægget, men den samlede opgørelse for det hydrologiske år 2019/20 viser dog retention af både TP og opløst fosfat. Det er bemærkelsesværdigt, at der i alle perioder er høj effektivitet mht. opløst fosfat(SRP), men der tabes partikulært i alle perioder, bortset fra perioden 07/19 – 12/19.

Minivådområdet ved Vesterskovvej er mere stabilt gennem måleperioderne med tendens til stigning i fjernelseeffektiviteten af fosfor. Dog ses også her et tab partikulært fosfor gennem alle måleperioderne.