



## Til Landbrug- og Fiskeristyrelsen

Vedr. bestillingen: "Opfølgende spørgsmål til AU-besvarelsen Foreløbig effekt- og økonomivurdering af minivådområder med filtermatrice (biofilter) af 8. februar 2017".

Landbrug- og Fiskeristyrelsen har i bestilling dateret d. 23. marts 2017 bedt DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug – om levering af en redegørelse for "Opfølgende spørgsmål til AU-besvarelsen Foreløbig effekt- og økonomivurdering af minivådområder med filtermatrice (biofilter) af 8. februar 2017".

Besvarelsen spørgsmål 1-6 samt 9 er udarbejdet af Charlotte Kjærgaard, Institut for Agroøkologi og Carl Christian Hoffmann, Institut for Bioscience fra Aarhus Universitet og har været til faglig kommentering hos Gitte Blicher-Mathiesen, Institut for Bioscience, Aarhus Universitet. Besvarelsen af spørgsmål 7 og 8, som vedrører de fremtidige Addendum opgaver, er udarbejdet af projektgruppen med Finn Plauborg som ansvarlig og fremgår nedenfor i dette følgebrev.

Besvarelsen er udarbejdet som led i "Aftale mellem Aarhus Universitet og Fødevarerministeriet om udførelse af forskningsbaseret myndighedsbetjening m.v. ved Aarhus Universitet, DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, punkt FM-212 i Arbejdsprogram for Ydelsesaftale Planteproduktion, 2017-2020".

Venlig hilsen

Niels Halberg og Lars Bødker

DCA - Nationalt Center for  
Fødevarer og Jordbrug

Lars Bødker

Specialkonsulent

Dato . 07.04 2017

Direkte tlf.: 87 15 76 85

Mobiltlf.:

E-mail:

lars.bodker@dca.au.dk

Afs. CVR-nr.: 31119103

Reference: lab

Journal 2017-760-000096

## Besvarelse af bestillingens spørgsmål 7 og 8:

Side 2/4

7. Besvarelsen føder ind i det nye forskningsprojekt om minivådområder med matrice jf. projektbeskrivelsen. Bør konklusionerne i besvarelsen og den interne rapport have betydning for de planlagte aktiviteter (reduktioner/ændringer) i det nye forskningsprojekt?

Svar: Det nye forskningsprojekt tager jf. projektbeskrivelsen udgangspunkt i forskningssporet, hvor der er lagt op til (i) at sikre viden om langtidseffekter på tre allerede etablerede biofilteranlæg, og (ii) udvide forskningsdelen med tre nye biofilteranlæg. Afslutningen af det 6 årige forskningsprojekt SupremeTech (2010-2016) og analyse af resultater, samt foreløbige resultater fra det 6 årige GUDP-projekt iDRÆN (2011-2017) har sikret et meget substantielt vidensgrundlag i forhold til at anvende biofiltre som drænvirkemiddel (Canga et al., 2013; Bruun et al., 2016a; Bruun et al., 2016b; Bruun et al., 2017; Pugliese et al., 2017; Hoffmann & Kjærgaard, In prep.; Kjærgaard et al., In prep.; Kjærgaard & Hoffmann, 2017). Virkemidlets kvælstofeffekt og styrende variable er således solidt dokumenteret baseret på de pågældende lokaliteter og på dette geografisk set begrænsede materiale. Der er udviklet empirisk baserede modeller til estimering af kvælstofreduktionseffektivitet med høj generaliserbarhed. Det kræver imidlertid mere viden om andre forhold at estimere virkemidlets samlede N effekt herunder variation i klimadata samt afstrømnings- og drænforhold. Derfor har de nuværende redskaber til samlet estimerer for N-effekt en begrænsning i sikkerheden, såfremt man vil estimere N effekt, der er generelt gældende for drænedes arealer i Danmark og på en måde som tager højde for de betydelige forskelle i landbrugsdrift, jordtyper, geologi og klima, som findes i Danmark.

Blandt de konkrete forskningsbehov, der udestår, er at teste og sandsynligvis udbygge et sæt af modeller med flere parametre som udover kvælstofreduktions effektivitet inkluderer en række andre forhold, der samlet kan håndtere en større variationsbredde bl.a. i afstrømningsdynamik for især østdanske forhold, og gennemføre en egentlig validering og en usikkerhedsvurdering bl.a. også relateret til virkemidlets langtidseffekter, samt dokumentation af tiltag der skal minimere drivhusgasemissioner. Der er således grundlag for at revurdere det konkrete indsatsbehov, der skal danne udgangspunkt for en eventuel godkendelse af virkemidlet i 2020.

Der foreslås således tre parallelle spor (i) en pilotordning med kontrolleret udrulning og monitoring med henblik på validering af forskningsresultater og modeller til fastsættelse af virkemiddelseffekten og dimensionering af filter, (ii) en forskningsindsats hvor modellerne og modelparametre revurderes på baggrund af data fra tre nye MMM anlæg, der anlægges i repræsentative områder i Danmark, således at der opnås en bredere dækning af forskelle i landbrugsdrift, jordtyper, geologi og klima, anlægsstørrelse og afvandingsforhold og (iii) en forskningsindsats med fokus på langtidseffekter og dokumentation af tiltag, der minimerer drivhusgasemissioner.

### I. Pilotordning med kontrolleret udrulning og monitoring



Moniteringen i forbindelse med en pilot (fast-track) ordning bør have til formål at: (i) sikre et mere robust og repræsentativt datagrundlag, (ii) muliggøre en validering af SupremeTech-modellerne, der således kan sikre det faglige grundlag for at fastsætte virkemiddelseffekten, og (iii) sikre aftestning af de tiltag, der i regi af pilotforsøg udført i SupremeTech-projektet er fundet at kunne minimere de negative afledte effekter. Det er således afgørende, at der i forbindelse med en pilot (fast-track) ordning udvælges et større antal lokaliteter der:

- Sikrer variation i drænsystemer, der også dækker variationen i geo- og klimaregionale forhold.
- Sikrer at biofilteranlæg etableres på baggrund af design-erfaringer fra SupremeTech og iDRÆN-projekterne, således at modellerne kan valideres i forhold til såvel dimensionering af biofilter samt estimering af N-reduktionseffektivitet.
- Sikrer at de pilot-forsøgs erfaringer der er udført i regi af SupremeTech til minimering af de negative afledte effekter (herunder reduktion i drivhusgasemissioner) aftestes i større skala.
- Sikrer at erfaringer med passiv styret dræntilstrømning fra iDRÆN aftestes i større skala.

Alle biofiltre der etableret under en pilotordning bør omfattes af en basis monitoring med henblik på at validere SupremeTech-modeller, fastlægge virkemiddelseffekter og dokumentere afledte effekter. En basis monitoring vil ikke stille de samme krav til instrumentering og monitoring, som anlæg der har et forskningsmæssigt sigte. Det er dog væsentligt at anlæg etableret under en pilotordning konstrueres efter SupremeTech-design således, at de løsninger, der har vist meget positive resultater i forhold kvælstofeffekt, og en samtidig minimering af de negative afledte effekter, kan testes i større skala.

II. Forskning i tre nye MMM anlæg med henblik på at etablere en mere robust model for samlet N-effekt som kombination af reduktionseffektivitet og andre parametre. De tre nye anlæg anlægges i forskellige klimaregioner, f.eks. Sjælland, Fyn og Jylland og med betydelig forskelle i drænopland og dermed krav til anlæggets størrelse. Herved opnås et nødvendigt forbedret datagrundlag for modeludvikling og bestemmelse af usikkerheden på modelparametrene til brug for vurdering af potentiale og effekt i forbindelse med en bredere brug af minivådområder som virkemiddel.

III. Forskning med fokus på langtidseffekter og dokumentation af tiltag der minimerer negative afledte

I forhold til forskningsdelen er det centralt at sikre viden om langtidseffekter og levetid for biofiltre, samt at få bedre dokumentation for de tekniske løsninger, der skal sikre at betydningen af de afledte negative effekter minimeres. SupremeTech-biofiltrene blev anlagt i 2012, og iDRÆN-anlægget blev etableret på baggrund af den bed-



ste viden fra SupremeTech i 2015. Det er således væsentligt at sikre viden om langtidseffekter og levetid fra disse eksisterende og optimalt fungerende anlæg. Fokus bør være på:

- Langtidseffekten på biofiltrenes hydrologiske funktion og stabilitet
- Langtidseffekt og stabilitet af virkemiddelseffekten (N og P)
- Biofiltrenes levetid samt vedligehold og drift over tid
- Målinger af udviklingen i afledte effekter, samt dokumentation for de tekniske løsninger der skal sikre at betydningen af de negativ afledte effekter (herunder drivhusgasemission) minimeres

Langtidseffekter på virkemidlets funktion og effekt ved modning af vådbundsvegetationen.

8. Hvordan vurderer I, at besvarelsens økonomiscenarier spiller sammen med, at der nu prioriteres et nyt forskningsanlæg ved AU-Flakkebjerg – vil der ikke her være stor risiko for ringe omkostningseffektivitet, eller er det netop meningsfyldt at undersøge effekten ved høj vinterafstrømning?

Svar: Den Sydvest-sjællandske lokalitet der indgår i besvarelsens analyse er lokaliteten Gyldenholm, hvor AU påtænker etablering af filtermatrice. Gyldenholm-lokaliteten indgår som forsøgslokalitet i GUDP-projektet "Emissionsbaseret kvælstofregulering". Som nævnt i svar under pkt. 4b kan der ikke konkluderes noget på basis af et enkelt måleår. Der kan være betydelige årstidsvariationer i drænastrømning og N-transport via drænen. Resultaterne for de fire marker viser at omkostningseffektiviteten varierer fra 70 kr/kg N til 256 kr/kg N, hvor omkostningseffektiviteten på 70 kr/kg N opnås på det 46 ha store markareal med den største areal-normerede N-transport via drænen. Det vil således være hensigtsmæssigt evt. at prioritere et anlæg i forhold til dette markareal.

Det er mange nye og vigtige resultater i Supreme-Tech forsøgene. Specielt i forhold til økonomien og dermed under punkt 4 og 8 er det vigtigt at der gøres opmærksomt på at N-koncentration i drænvandet er altafgørende vigtigt for økonomien i en filtermatrice. Supreme-Tech resultaterne viser – alt andet lige - at en fordobling af N-koncentration medfører en halvering af omkostningerne. På Gyldenholm Gods hvor der er planlagt anlæggelse af det første af tre nye MMM anlæg er målt store forskelle mellem fire drænvandsstationer GUDP projektet om emissionsbaseret kvælstof- og arealregulering. Årsagsforklaring mangler imidlertid pt. Det vil blive undersøgt i det nye MMM projekt.

## Opfølgende spørgsmål til AU-besvarelsen "Foreløbig effekt- og økonomivurdering af minivådområder med filtermatrice (biofilter)" af 8. februar 2017

### Forfattere

Charlotte Kjærgaard, Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet

Carl Christian Hoffmann, Institut for Bioscience, Aarhus Universitet

### Faglig kommentering

Gitte Blicher-Mathiesen, Institut for Bioscience, Aarhus Universitet

## Bestillingen

LFST/MST har i bestilling af 23. marts 2017 bedt AU om svar på opfølgende spørgsmål til AU besvarelsen af 8. februar 2017 "Foreløbig effekt- og økonomivurdering af minivådområder med filtermatrice (biofilter)".

## Beskrivelse af opgaven

De opfølgende spørgsmål er opdelt i forhold til spørgsmål knyttet til besvarelsens hovedkonklusioner, spørgsmål knyttet til effekt- og økonomivurderinger og spørgsmål knyttet til sammenhæng til forskningsprojektet.

Der ønskes et kort notat på dansk med kun de allervigtigste litteraturhenvisninger ca. 3-4 sider.

## Besvarelse på bestilling

I det følgende besvares kort de konkrete spørgsmål, der er adresseret i bestillingen fra LFST/MST.

### Svar på spørgsmål knyttet til besvarelsens hovedkonklusioner

- 1. I hvilken udstrækning og med hvilken sikkerhed vurderes SupremeTech-modellerne at kunne anvendes til at estimere kvælstofeffekten af matrice minivådområder for forskellige danske drænoplande på nuværende tidspunkt, herunder om anvendelsen af modellerne er begrænset til jyske klima- og georegioner***

**Svar:** SupremeTech-modellerne er udviklet på basis af to års resultater fra seks individuelle biofiltre, der modtager drænvand fra samme drænopland (Hoffmann & Kjærgaard, In prep.). Biofiltrene er testet under varierende hydraulisk belastning (hydraulisk opholdstid (HRT) fra 3 timer til >240 timer), varierende drænvandstemperatur (1-17.5°C), og varierende kvælstofkoncentration i drænvand (5-14 mg NO<sub>3</sub>-N L<sup>-1</sup>). For hver biofildertype (6 typer) estimerer SupremeTech modellerne N-reduktionseffektiviteten på basis af de styrende variable hhv. drænvandstemperatur (Temp) og hydraulisk opholdstid (HRT), mens

drænvandets N-koncentration ikke har indflydelse på N-reduktionseffektiviteten (Hoffmann & Kjærgaard, In prep.). Konklusionerne fra SupremeTech forsøgene (Hoffmann & Kjærgaard, In prep) er i overensstemmelse med den internationale litteratur, der tilsvarende finder at kvælstoffjernelsen er uafhængig af koncentration, men afhængig af opholdstid og/eller temperatur – altså funktionelt zero order kinetik så længe nitratkoncentrationen er over  $k_m$ , e.g. Robertson et al., 2000; Robertson, 2010; Schipper et al. 2005; Schipper et al., 2010. I vores egne kontrollerede laboratorie forsøg (Bruun et al., 2016) er der tilsvarende tale om funktionel zero order kinetik.

SupremeTech-modellerne har alle en høj forklaringsgrad på virkemiddelseffekten for såvel TN ( $R^2 = 0.85-0.88$ ) som  $\text{NO}_3\text{-N}$  ( $R^2=0.83-0.88$ ). De forskellige biofiltertyper responderer forskelligt på de styrende variable, og der er således udviklet empiriske modeller for hver biofiltertype. De målte inputparametre til SupremeTech-modellerne dækker til fulde variationsbredden for drænvandstemperatur (1-17.5°C) og drænvandets opholdstid i biofiltret (HRT fra 3 til >240 timer), der forekommer under danske forhold. Modellerne er derfor velegnede til at beregne N-reduktionseffektiviteten for den variationsbredde inputdata dækker, og generelt anvendelige for danske dræn, når krav til dimension er opfyldt.

SupremeTech-modellerne kan på basis af input data (HRT, Temp) estimere N-reduktionseffektiviteten (%). På basis af den estimerede N-reduktionseffektivitet (%) samt den målte N-transport til biofiltret via dræn (kg N tilført/ha biofilter/tidsrum) kan kvælstofeffekten af biofiltret (kg N reduceret/ha biofilter/tidsrum) efterfølgende beregnes, hvor den tidslige opløsning er bestemt af den tidslige opløsning på input data. Beregning af kvælstofeffekten af et biofilter fordrer således:

- i. Estimering af N-reduktionseffektivitet på basis af HRT og Temp input data
- ii. Beregning af kvælstofeffekt på basis af N-reduktionseffektivitet og N-transport via dræn

### **i. Scenarieregning af N-reduktionseffektivitet på basis af SupremeTech-modellerne**

SupremeTech-modellerne kan estimere N-reduktionseffektiviteten, når inputdata i form af HRT og Temp er tilgængelige. Da denne viden som udgangspunkt ikke er findes for lokale drænoplande, er det afgørende at analysere hvor meget N-reduktionseffektiviteten responderer på variationer i disse inputdata fra forskellige danske lokaliteter. Denne analyse er foretaget ved at anvende den empiriske model for to biofiltermodeller (hhv. model for det mest og mindst N-reduktionseffektive biofilter) i Kjærgaard et al. (In prep.) på målte drændata fra 17 lokaliteter fordelt på 4 geo-/klimaregioner og med kontinuerte målte drændata dækkende 1-4 år. De analyserede data dækker således varierende drænastrømningsregimer, og omfatter i nogen grad klimavariationen på den enkelte lokalitet (3-4 års måleserier). Det er dog væsentligt at påpege, at de målte drændata ikke til fulde dækker variationen heri for alle danske geo- og klimaregioner, og at den sjællandske geo-/klimaregion kun er repræsenteret af én enkelt lokalitet med 4 målestationer fordelt på 4 nabomarker, og med ét enkelt måleår. Det kan således anbefales at udvide analysen til øvrige eksisterende dræntidsserier, og således få en forbedret geo- og klimaregional repræsentation i analysen.

Resultaterne i form af den årlige gennemsnitlige N-reduktion (%) og den aktuelle kvælstofeffekt for de 17 lokaliteter er gengivet i Kjærgaard & Hoffmann (In prep.). Den årlige N-reduktionseffektivitet øges ved øget biofilterareal i forhold til drænoplandsareal (Figur 3 og 4; Kjærgaard & Hoffmann, 2017). Dimensionering af biofiltret kan således anvendes som en operationel parameter til at opnå den tilsigtede N-reduktionseffektivitet. Den estimerede årlige gennemsnitlige N-reduktionseffektivitet for de 17 lokaliteter ved 0.25% filterareal (Tabel 1; Kjærgaard & Hoffmann, 2017) er  $54 \pm 9.6$  % for de 13 jyske lokaliteter, mens den enkelte øst-sjællandske lokalitet med 4 målestationer har en lavere N-reduktionseffektivitet på  $38 \pm 2.8$  %

grundet de lokale afstrømningsforhold med overvejende vinterafstrømning. De varierende afstrømningsforhold der indgår i datagrundlaget for de jyske lokaliteter giver en vis robusthed i analysens resultater for disse områder, mens dette ikke er tilfældet for Sjælland der alene er repræsenteret ved én lokalitet og ét måleår. Det vil således være hensigtsmæssigt at forbedre grundlaget for en geo- og klimaregional fastlæggelse af årlige gennemsnitlige N-reduktionseffektiviteter. Det foreslås derfor:

- At der inddrages et større datagrundlag i analysen i form af eksisterende drændatadidsserier fra fx LOOP, VAP og andre eksisterende dræntidsserier. Inddragelse af et større datagrundlag, der dækker især øst-danske lokaliteter (Sjælland, Fyn), og som derved kan sikre et mere repræsentativt grundlag for at estimere årlige gennemsnitlige N-reduktionseffektiviteter for dræn med forskellig afstrømningsdynamik over året.
- At gennemføre analysen med inputdata af varierende tidslig opløsning med henblik på at vurdere usikkerheder på gennemsnitsestimater baseret på årlige data sammenholdt med døgndata.
- At der i forbindelse med en kontrolleret udrulning af biofiltre under en pilotordning udvælges lokaliteter, der sikrer at variationer i drænafstrømningsdynamikken (mængde og tidspunkt) bliver repræsenteret indenfor geo- og klimaregioner, og hvor en basis monitoring kan benyttes til at validere SupremeTech-modellernes estimering af N-reduktionseffektiviteten, og fastsætte variationsbredden for N-effekt indenfor geo- og klimaregioner.
- At biofiltre etableres med passiv drænvandskontrol, der sikrer en mere jævn dræntilstrømning til biofiltret og dermed minimerer lokale variationer i N-reduktionseffektiviteten (erfaring fra iDRÆN-projektet; Hoffmann & Kjærgaard, Ikke-publiseret).

## ii. Beregning af kvælstofeffekt på basis af N-reduktionseffektivitet og viden om N-transport via dræn

I forbindelse med anvendelse af "minivådområder med overfladestrømning" er der udviklet beregningsgrundlag for den gennemsnitlige lokale minivådområdeeffekt på ID15-skala på basis af den estimerede gennemsnitlige N-transport via dræn (Kjærgaard et al., 2017). Det samme data- og modelgrundlag kan benyttes til at beregne den gennemsnitlige effekt for minivådområder med biofiltre på ID15-skala, hvor N-reduktionseffektiviteten for minivådområder med overfladestrømning erstattes af N-reduktionseffektiviteten for biofiltre.

Det er dog væsentligt at påpege (hvilket gælder for drænvirkemidler generelt), at den aktuelle lokale kvælstofeffekt kan variere betydeligt mellem egnede drænoplande indenfor et ID15-opland. Egnede arealer er i potentialekortet (Kjærgaard et al., 2016) arealer, hvor dræntransporten generelt vil være den primære transportvej, qua en hydraulisk lavpermeabel underjord, hvilket i denne sammenhæng er defineret som >12 % ler i 0.7-2 m dybde. Inden for egnede arealer kan der dog stadig være betydende forskelle i den lokale dræntransport (andelen af kvælstoftransporten der skyldes dræn), hvilket især kan skyldes forskelle i drænsystem og arealets dræningsgrad, og lokale variationer i den underliggende geologi (sandlinser i lerlagene). Denne lokale kompleksitet rummes ikke i modeller baseret på gennemsnitlige estimater på ID15-skala, og selv på markskala vil det være svært at fange især den rumlige variation i den underliggende geologi. Af samme årsag er der i beregningsgrundlaget for gennemsnitlige minivådområdeeffekter på ID15-skala anvendt en stor variation i drænafstrømningsbidraget ( $f_{\text{dræn}}$ ) fra egnede arealer (Kjærgaard et al., 2017). Variationen indenfor et ID15-opland og usikkerhederne på den gennemsnitlige estimerede kvælstoftransport til et biofilter udgør den største usikkerhedsfaktor, og usikkerheden på kvælstofeffekten af biofiltre vil derfor være i samme størrelsesorden, som usikkerhederne for minivådområder med overfladestrømning (Kjærgaard et al., 2017).

## **2. Besvarelsen indeholder anbefalinger til monitorering ved et evt. fast-track spor med konservativt fastsat effektvurdering**

### **a. Kan monitorering evt. ske i regi af det nye forskningsprojekt?**

**Svar:** I det nye forskningsprojekt fremgår, at der skal etableres yderligere 3 biofiltre til supplerende forskning i effekten af biofiltre. På baggrund af det eksisterende vidensgrundlag (se svar til pkt 7), og med sigte på det overordnede mål om en evt. vurdering med henblik på godkendelse af virkemidlet i den kommende vandplandperiode, anbefales en klar prioritering af indsatsen i to parallelle spor: (i) én forskningsindsats der har et klart prioriteret fokus på virkemidlets langtidseffekter (eksisterende anlæg), samt en dokumentation af de tiltag der er fundet at minimere de negative afledte effekter og (ii) en pilotordning med kontrolleret udrulning og monitorering på alle etablerede biofilteranlæg, mhp. en validering af de eksisterende forskningsresultater og modeller til fastsættelse af virkemiddelseffekten og dimensionering af filter. Se uddybende svar under pkt. 7.

### **b. Kan potentialekortet til minivådområder med åbne bassiner lægges til grund for placering af filtermatriceanlæg, og er der evt. yderligere krav til placering som fx at drænastrømning ikke må være begrænset til vinterperioden?**

**Svar:** Forudsætningerne for kvælstofeffekten ved begge typer af minivådområder er den samme, og "Potentialekortet (Kjærgaard et al., 2016)" kan anvendes som overordnet grundlag for placering af begge typer minivådområder.

For begge virkemidler er kvælstofreduktionseffektiviteten kontrolleret af hydraulisk opholdstid (HRT) og drænvandstemperatur, og kvælstofeffekten er bestemt af N-reduktionseffektiviteten og kvælstoftransporten via dræn for det enkelte drænopland. Begge typer af minivådområder har lavere N-reduktionseffektivitet i vinterafstrømningen. For minivådområder med biofilter kan der kompenseres for den lavere N-reduktionseffektivitet i vinterafstrømningen ved at øge HRT i biofiltret. Dette fremgår af SupremeTech-modellerne (Hoffmann & Kjærgaard, In prep.) og afspejles af beregningerne på aktuelle drændata (Kjærgaard et al., In prep; Kjærgaard & Hoffmann, 2017). Potentialekortet kan således anvendes som grundlag for en overordnet placering af biofiltre, hvor især ferskvandsretentionen skal indtænkes, men dimensioneringen af et biofilter bør baseres på kendskab til den lokale afstrømningsdynamik samt den mere overordnede påvirkning af geo- og klimaregionale forhold.

### **c. Hvordan er værdier for kvælstofindhold i dræn (TN-dræn) opgjort i tabel 2. Er retentionen indregnet?**

Der er tale om kontinuerte målinger af kvælstofkoncentration og vandføring. Det er således den aktuelle målte N-transport via dræn til et biofilter, og den direkte effekt pr ha filterareal og pr ha drænopland. Der er således ikke indregnet retention i opgørelsen i Tabel 2.

### **d. Med hvilket volumen anbefaler AU at matrice anlæg i givet fald kan udrulles?**

Det anbefales at få valideret SupremeTech og iDRÆN-resultater hhv. SupremeTech-modellerne på et repræsentativt antal minivådområder med biofilter, således at variationer i afstrømningsdynamik samt geo- og klimavariationen er repræsenteret i datagrundlaget. En kontrolleret udrulning med 10-20 biofiltre i forbindelse med en pilotordning med monitorering på alle anlæg, vil sikre et mere robust datagrundlag som



grundlag for en endelig vurdering af virkemidlets effekt samt afledte positive og negative effekter. I forbindelse med en udrulning af biofiltre under en pilotordning (fast track) bør biofiltervolumen estimeres særskilt for hvert anlæg i henhold til aktuelle lokale forhold, samt til de geo- og klimaregionale forholds betydning for inputdata når SupremeTech-modellerne anvendes.

### Spørgsmål knyttet til effekt- og økonomivurderinger

**3. AU bedes uddybe effekten af matrice minivådområder, herunder foreslå en gennemsnitlig effekt af matriceanlæg på landsplan, som vil kunne anvendes som grundlag for en fast-track godkendelse. Der angives i besvarelsen gns.-effekten for jyske lokaliteter på 4.262 kg N/ha filterareal baseret på scenarieanalyser med filterareal på 0,25% af drænoplanet. Hvis drænoplanet er 100 ha, og filterareal således 0,25 ha, giver dette en effekt på 1066 kg N. Hvor effektiv er matriceanlæggene set i forhold til minivådområder med åbne bassiner.**

**Svar:** Det giver ikke mening at angive en absolut gennemsnitseffekt på landsplan, da N-effekten af et biofilter jo afhænger af N-reduktionseffektiviteten samt N-transporten via dræn. Der bør i stedet anvendes samme praksis som for minivådområder med overfladeafstrømning, hvor den gennemsnitlige N-transport via dræn er beregnet for alle ID15-oplande (Kjærgaard et al., 2017b). Effekten af minivådområder med biofilter kan således beregnes efter samme princip som minivådområder med overfladeafstrømning, men med forskellig N-reduktionseffektivitet for de to typer af minivådområder.

Minivådområder med overfladestrømning har på baggrund af det eksisterende datagrundlag en N-reduktionseffektivitet fastsat til 20-30 % ved en dimensionering på 1 % af drænoplanet. Det bør nævnes at de mest effektive (og ældste) minivådområder har en væsentlig højere N-reduktionseffektivitet, og det kan således vise sig nødvendigt at opjustere effekten af minivådområder med overfladestrømning, hvis resultaterne af øvrige minivådområder i løbet af de kommende 1-3 års målinger viser at N-reduktionseffektiviteten generelt øges med minivådområdets modning. For minivådområder med biofilter kan SupremeTech-modellerne anvendes til dimensionering i henhold til den tilsigtede gennemsnitlige N-reduktionseffektivitet på fx 50 %.

**4. Det fremgår af besvarelsen at "analysen viser en variation i omkostningseffektiviteten fra 24 kr/kg N til 256 kr/kg N afhængig af omfang af N-transport via dræn, N-reduktionseffektivitet og omkostninger ved etablering af anlæg". Det fremgår videre af tabel 2 i den tilhørende interne afrapportering, at den bedste omkostningseffektivitet kan opnås i Nordjylland, mens den ringeste på Østsjælland**

**a. Hvad er årsagen til denne variation? Er det lav N-transport via dræn sammenholdt med høj drænafstrømning i vinterperioden hvor temperaturen er lav?**

**Svar:** Der er tale om tre forhold der påvirker omkostningseffektiviteten. Dels kvælstofeffekten, som er givet (i) ved forskellen i N-reduktionseffektivitet i forhold til årstidsvariationen og (ii) omfanget af N-transport via dræn. Dels (iii) drænoplanetets størrelse, i forhold til den absolutte N-transport via dræn, idet størrelsen af drænoplanet bestemmer størrelsen af biofilterareal, og dermed omkostningen ved at etablere et biofilter.

En lav omkostning pr kg reduceret N opnås ved en kombination af (i) høj areal-normeret N-transport via dræn (kg N/ha drænopland), og/eller (ii) høj N-reduktionseffektivitet i biofiltret (Tabel 2, Kjærgaard & Hoffmann, 2017)

**b. Betyder det i givet fald, at det ikke er omkostningseffektivt at placere matriceanlæg på fx Østsjælland**

**Svar:** Der er ikke muligt at konkludere på baggrund af en enkelt lokalitet og et enkelt måleår. Resultaterne for de fire marker viser at omkostningseffektiviteten varierer fra 70 kr/kg N til 256 kr/kg N, hvor den laveste omkostningseffektivitet på 70 kr/kg N opnås på arealet med den største arealnormerede N-transport via dræn, mens N-reduktionseffektiviteten kun varierer i mindre grad mellem markerne. En højere N-transport via dræn ville have resulteret i en forbedret omkostningseffektivitet, og tilsvarende ville et andet drænastrømningsregime påvirke N-reduktionseffektiviteten, og dermed omkostningseffektiviteten. Det anbefales derfor at analysen fra Kjærgaard et al. (In prep.) udvides med flere dræntidsserier fra især Sjælland og Fyn, samt øvrige geo- og klimaregioner.

**6. Vil I uddybe omkostninger forbundet med etablering og drift af matriceanlæg, herunder udgifter forbundet med udskiftning af matrice?**

**Svar:** Omkostninger til etablering og drift af biofilter er baseret på faktiske standardiserede udgifter til etablering af minivådområde med biofilter (Kjærgaard et al., In prep.). I analysen beskrevet i Kjærgaard & Hoffmann (2017) er der ikke indregnet udskiftning af biofilter, men dette vil blive inddraget i scenarieanalyser i Kjærgaard et al. (In prep.). Erfaringer fra de eksisterende 5 år gamle SupremeTech anlæg fra 2012 udviser ikke behov for at forny/udskifte filtermatricen. Vådbundsvegetationens udvikling øger, efterhånden som anlægget modnes, filtrets forsyning af labilt kulstof, og dermed en potentielt øget N-reduktionseffektivitet. Samtidig ser det ud til at biofiltrets hydrauliske kapacitet bevares. Der er således endnu ikke målinger for levetiden af biofiltere. Der forventes desuden, at der ikke vil være behov for en fuldstændig udskiftning af filtermediet, men i højere grad en supplerende tilførsel af 10-20 cm filtermateriale.

Omkostninger forbundet med etablering og drift af biofilter uden monitoring (Kjærgaard et al., In prep.) omfatter:

**Etablering (engangsudgifter)**

- Etablering af arbejdsplads - fast udgift
- Jordarbejde – variabel udgift der er proportional med filterareal
- Rør- og brøndarbejde – regnes som fast udgift
- Filtermateriale (herunder fordelingslag etc.) – variabel udgift der er proportional med filterareal
- Etablering af filter (herunder fordelingslag etc.) – variabel udgift der er proportional med filterareal
- Stipulerede ydelser - fast udgift

**Drift (årlige udgifter)**

- Sedimentfjernelse – er regnet som fast årlig udgift (i praksis kan frekvensen af dette være hvert 3-5 år)
- Øvrig drift – regnet som fast årlig udgift
- Udskiftning af biofilter (ikke indregnet i analysen beskrevet i Hoffmann & Kjærgaard (2017)), da der er ikke er viden om biofiltrets levetid, og omfang af en evt. udskiftning/tilførsel af supplerende materiale.

Forudsætningerne for omkostningseffektivitetsanalysen er beskrevet i besvarelsen af 8. februar 2017.

***9. Evt. andre relevante oplysninger, som kan have relevans for universitetets opgaveløsning***

I forbindelse med virkemidlets klimagasregnskab er det væsentligt at indregne, at den lattergasemission der kan forekomme som følge kvælstofomsætningen i biofiltret, alternativt (i større eller mindre omfang) ville forekomme i ferskvandssystemet, kyst eller havet. Kvælstofomsætningen i ferskvand, kyst eller havet vil således også give anledning til en lattergasemission. Disse forhold skal medtages i det samlede klimagasregnskab for virkemidlet (Kommentar ifb faglig kommentering, Gitte Blicher-Mathiesen, Bioscience, AU).

## Referencer

- Canga, E., Iversen, B.V., Kjaergaard, C. 2013. A simplified transfer function for estimating saturated hydraulic conductivity of porous drainage filters. *Water, Air, Soil Pollution* 225:1794-1798
- Bruun, J. D., Pugliese, L., Hoffmann, C. C., & Kjaergaard, C. 2016a. Solute transport and nitrate removal in full-scale subsurface flow constructed wetlands treating agricultural drainage water. *Ecological Engineering* 97, 88-97.
- Bruun, J. D., Hoffmann, C. C., & Kjaergaard, C. 2016b. Nitrogen removal in permeable woodchips filters affected by hydraulic loading rate and woodchips ratio. *Journal of Environmental Quality*, 45(5), 1688-1695
- Bruun, J., Hoffmann, C. C. & Kjaergaard, C. 2017. Convective transport of dissolved gases determines the fate of the greenhouse gases produced in reactive drainage filters. *Ecol. Eng.* 98, 1-10
- Hoffmann, C.C. & Kjaergaard, C. In prep. Nitrogen reduction in full-scale permeable woodchips based biofilters targeting agricultural drainage water (working title). Draft manuscript.
- Kjaergaard, C., Bach, E.O.; Greve, H.M., & Iversen, B.V. 2016. Kortlægning af potentielle områder til etablering af konstruerede minivådområder. Version II. DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, 11. november 2016.
- Kjaergaard, C., Hoffmann, C.C., Gachango, F.G. & Pedersen, S.M., In prep. Scenario analysis of the nitrogen mitigation potential and cost-efficiency of full-scale woodchips based biofilters targeting agricultural drainage water (working title) (In prep.).
- Kjaergaard, C. & Hoffmann, C.C. 2017. Vurdering af kvælstofeffekt, virkemiddelscenarier og omkostningseffektivitet ved anvendelse af minivådområder med filtermatrice (biofiltre). Intern afrapportering af forskningsresultater fra Det Strategiske Forskningsrådsprojekt SupremeTech (2010-2016) og GUDP-projektet iDRÆN (2011-2017), 14 sider.
- Kjaergaard, C., *et al.* 2017. Udarbejdelse af minivådområdeeffekt (kg N pr. ha minivådområde) på ID15-oplandsniveau. DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, 7. april 2017.
- Pugliese, L., Bruun, J., Kjaergaard, C., Hoffmann, C.C., Langergraber, G. 2017. Non-equilibrium model for solute transport in differently designed biofilters targeting agricultural drainage water. *Water Science and Technology*, Accepted March 2017.