

Synthesis report from the project MMM on woodchip bioreactors, dansk sammendrag

Rådgivningsnotat fra DCA – National Center for Fødevarer og Jordbrug

Af: Finn Plauborg¹, Maja Hørning Skjødt¹, Joachim Audet², Carl Christian Hoffmann², Dominik Zak², Brian H. Jacobsen³

¹Department of Agroecology, Aarhus University, Tjele, Denmark.

²Department of Bioscience, Aarhus University, Silkeborg, Denmark.

³Department of Food and Resource Economics, Copenhagen University, Copenhagen, Denmark.

Datablad

Titel:	Synthesis report from the project MMM on woodchip bioreactors, dansk sammendrag
Forfatter(e):	Seniorforsker Finn Plauborg og jordbrugsteknolog Maja Hørning Skjødt fra Institut for Agroøkologi, AU, forsker Joachim Audet og seniorforsker Carl Christian Hoffmann fra Institut for Bioscience, AU og lektor Brian Jacobsen fra Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, KU
Fagfællebedømmelse:	Seniorforsker Bo Vangsø Iversen fra Institut for Agroøkologi, forskningsprofessor Brian Kronvang fra Institut for Bioscience ved Aarhus Universitet, bortset fra afsnit vedr. omkostningseffektivitet. Alle afsnit vedr. omkostningseffektivitet er fagfællebedømt af forsker Jakob Vesterlund Olsen, Institut for Fødevarer- og ressourceøkonomi ved Københavns Universitet
Kvalitetssikring, DCA:	Specialkonsulent Lene Hegelund, DCA Centerenheden
Rekvirent:	Landbrugsstyrelsen, Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri
Dato for bestilling/levering:	01.01.2017/ 15.06.2021
Journalnummer:	2019-760-001120
Finansiering:	Den faglige rapport (Synthesis report from the project MMM on woodchip) er udarbejdet som Bilag B til slutrapport for projektet: Minivådområder med matrice, Nr. J.nr. 33010-NIFA-16-649, som addendum til "Rammeaftale om forskningsbaseret myndighedsbetjening" indgået mellem Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri (FVM) og Aarhus Universitet "Ydelsesaftale Planteaftalen 2017-2020".
Ekstern kommentering:	Ja. Kommentararket kan findes via dette LINK . Bemærk at FVM har kommenteret på MMM Synthesis report, men da denne forventes at komme i international peer review, og derfor ikke kan offentliggøres inden, er nærværende notat udelukkende et sammendrag af rapporten.
Eksterne bidrag:	Besvarelsen er udarbejdet i et samarbejde med IFRO, Københavns Universitet. I arbejdet med etablering af anlæggene har SEGES har bistået med rådgivning ift. at finde egnede lokationer, og anlægsarbejdet er udført af WSP Danmark A/S (tidligere Orbicon), Dan Jord A/S og BM Bogense A/S.
Kommentarer til besvarelse:	Projektet har haft både styregruppe bestående af repræsentanter fra Landbrugsstyrelsen, Miljøstyrelsen, AU og en følgegruppe. Følgegruppen er den etablerede gruppe under Landbrugsstyrelsen "Partnerskab for vidensopbygning om virkemidler & arealregulering", bestående af en lang række interessenter inden for området. Notatet præsenterer resultater, som ved notatets udgivelse ikke har været i eksternt peer review eller er publiceret andre steder. Ved en evt. senere publicering i tidsskrifter med eksternt peer review vil der derfor kunne forekomme ændringer.
Citeres som:	Plauborg F, Skjødt MH, Audet J, Hoffmann CC, Jacobsen B. 2021. Synthesis report from the project MMM on woodchip bioreactors, dansk sammendrag. 7 sider. Rådgivningsnotat fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet, leveret: 15.06.2021.
Rådgivning fra DCA:	Læs mere på https://dca.au.dk/raadgivning/

Baggrund

Der er en stor samfundsmæssig interesse i at udvaskning af kvælstof fra landbrugsarealer til vandmiljøet reduceres. Det kan ske via virkemidler på dyrkningsfladen, eksempelvis efterafgrøder, som reducerer udvaskningen af kvælstof fra den enkelte mark.

Afhængig af jordtype, driftsform, klima m.m. kan der også ske et tab af kvælstof fra markarealer via drænvand. I forbindelse med vedtagelsen af Fødevarer- og landbrugspakken i 2015 blev det besluttet at finansiere kollektive indsatser som fx minivådområder med filtermatrice, der reducerer kvælstofindholdet i drænvandet og dermed udledningen til vandmiljøet.

Princippet bag drænfiltrene er, at drænvandet ledes igennem et biofilter bestående af organisk materiale, eksempelvis pileflis. I filtret omsætter bakterier under iltfrie forhold nitrat i drænvandet til frit atmosfærisk kvælstof.

Som opfølgning på Fødevarer- og landbrugspakken blev det i januar 2016 aftalt, at der skulle gennemføres forskning og test af minivådområder med matrice.

Aktiviteterne har omfattet en forskningsdel (MMM1), der har skullet tilvejebringe detaljerede forskningsbaserede viden om anlæggenes effektivitet, herunder sideeffekter og langtidseffekter på virkningsgrad. Denne del er afleveret i Synthesis report from the project MMM on woodchip bioreactors. Herudover er der gennemført en praktisk del (MMM2), som handler om etablering og drift af bioreaktorer. Sidstnævnte er afleveret i form af designmanualen (Plauborg et al, 2021).

Synthesis report from the project MMM on woodchip bioreactors med projektets fulde/detaljerede resultater forventes i internationalt peer review. Nedenstående er et dansk resume af metode og resultater, uddraget fra projektets slutrapport.

Hovedresultater for MMM-projektets forskningsdel

Bioreaktorer i MMM projektet

I regi af MMM projektet er opført fire små bioreaktor anlæg Serupgård, Spjald, Dundelum og Egsmarken, hver med én bioreaktor og to store, Hofmangave og Gyldenholm, hver med tre bioreaktorer.

Tabel 1. Målesæsoner i de seks nye anlæg.

	Gylden- holm	Spjald	Egsmar- ken	Dunde- lum	Serup- gård	Hofmans- gave
Type	fuldskala	pilot	pilot	pilot	pilot	fuldskala
2017-18	Halv sæson	Hel sæson	Ikke eta- bleret	Ikke eta- bleret	Ikke eta- bleret	Ikke eta- bleret
2018-19	Hel sæson	Hel sæson	Hel sæson	Hel sæson	Hel sæson	Hel sæson
2019-20	Hel sæson	Hel sæson	Hel sæson	Hel sæson	Hel sæson	Halv sæson*)

*) Hofmangave havde utæt membran, der blev skiftet og anlægget var først klar igen i februar 2020

Anlæggene er designet til at fjerne kvælstof i dræningsvandet fra drænedede mineralske landbrugsjorde. Kvælstofreduktionseffektiviteten i dissebioreaktor anlæg er blevet testet ved i alt 13 bioreaktorer, idet der ud over de ovennævnte 10 bioreaktorer indgik to bioreaktorer ved anlægget i Gjærn opført i 2012 og en bioreaktor ved Skovlyvej opført i 2015. Disse sidstnævnte anlæg er monitoreret siden deres opførelse i regi af forskellige forskningsprojekter (Supreme-TECH og iDRÆN).



Figur 1. Placeringen af de 8 bioreaktor anlæg der indgår i afrapporteringen, heraf indgår anlæggene ved Gjærn og Skovlyvej med langtidsstudier

Resultater fra MMM projektets seks nye anlæg

Den gennemsnitlige totale kvælstoffjernelses-effektivitet (TN fjernelseeffektivitet) for alle nye reaktorer i perioden 2018-2020 var 33%, og den gennemsnitlige fjernelse pr. overfladeareal var 753 kg N 0,2 ha⁻¹ y⁻¹, hvilket er over den tærskel på 600 kg, der kræves af Landbrugsstyrelsen. TN fjernelseeffektiviteten viste stor variation 6-75% på grund af forskel i klima og dimensionering af bireaktorerne, som påvirkede den hydrauliske opholdstid. Bireaktorer med kortere hydraulisk opholdstid havde lavere effektivitet. Men selv ved lav procent effektivitet var den absolutte totale kvælstoffjernelse (kg TN) stadig høj, fordi den korte opholdstid også betød, at en stor mængde nitrogenholdigt vand blev behandlet.

En frigivelse af fosfor blev observeret efter opstart af bireaktorerne i foråret og tidlig sommer 2018, men også efter tilsætning af frisk flis til eksisterende anlæg. Førstnævnte frigivelse blev sandsynligvis forværret af tørken i sommeren 2018, da frisk flis var under iltrige forhold med høje lufttemperaturer i en lang periode og sandsynligvis blev udsat for en mere intens mineralisering, inden reaktorerne blev vandmættet i december 2018. Frigivelsen af fosfor fra flisen er normalt kort (et par måneder), men betydelig, og der skal overvejes yderligere tiltag for at undgå skadelige virkninger på følsomme recipienter. Det anbefales derfor kun at åbne nye faciliteter om efteråret eller vinteren for at sikre, at fosfor frigivelsen minimeres, og at udvaskningen sker i perioder med høj udledning og lav temperatur for derved at minimere miljøpåvirkningen.

For de seks nye bireaktorer blev der fundet markant forskellig årlig fjernelse af nitrogen og fosfor fra det første til det andet hydrauliske år. For kvælstof var den absolutte fjernelse i første år lav, hovedsageligt fordi indstillingen af den hydrauliske belastning nogle steder var for høj. Ved andre anlæg kørte reaktoren ikke stabilt, og der var behov for flere ændringer af forhold i indløbsbrønden i løbet sæsonen. Det andet år fungerede reaktorerne mere stabilt og resulterede i markant højere årlig absolut kvælstoffjernelse. Tilbageholdelsen af fosfor var negativ i det første år pga. fosforpuls fra den friske flis, men ændrede sig til at være positiv i det andet år. Baseret på dette anbefales det kraftigt at overvåge alle reaktorer i mindst fem år til for at få nogle mere konsoliderede resultater. Dette giver samtidig mulighed for at undersøge og konkludere, hvor mange år en bireaktor kan fungere tilfredsstillende, før alt flis skal udskiftes.

Langtidsstudier

Anlæggene ved Gjern og Skovlyvej har været anvendt til langtidsstudier. Langsigtede undersøgelser af bireaktorerne viste, at selv om deres præstationer falder over tid, er kvælstoffjernelseeffektiviteten stadig tilfredsstillende (~ 25% efter 8 års drift i Gjern).

Tidligere undersøgelser har vist, at N-fjernelseeffektiviteten kan modelleres baseret på hydraulisk opholdstid (HRT) og vandtemperatur. Modeludviklingen var baseret på data fra kun ét sted, og de nye resultater viser, at der er behov for mere forskning for at udvikle en generel model, der gælder for en bred vifte af lokaliteter.

Potentielle negative sideeffekter blev undersøgt i projektet, herunder iltpåvirkning af recipienten, udledning af drivhusgasser samt lugtgener.

Iltkoncentrationen ved udløbet af bireaktorerne var meget lav, og et gen-iltningssystem var nødvendigt for at øge iltniveauerne, før vandet nedstrøms opblandes med vand til recipient (fx grøft eller vandløb).

Med hensyn til drivhusgasemissioner var bireaktorerne generelt en kilde til dinitrogenoxid (lattergas) og metan emission, men emissionen kunne reduceres med en umættet zone på 0,3-0,5 m træflis oven på den

mættede zone. Tages der hensyn til reaktorenes relativt lille overfladeareal kan disse emissioner henføres som af mindre betydning sammenlignet med de samlede emissioner opgjort på national skala.

Overskydende hydrogensulfidproduktion (som lugten af rådne æg) kan forekomme ved lang hydraulisk opholdstid, dvs. når drænastrømningen er lav. Ved anlæg med lav drænastrømning er vandtemperaturen relativt høj om sommeren, og risikoen for produktion af hydrogensulfid er derfor ekstra stor. Det anbefales derfor, såfremt disse lugtgener opstår om sommeren, at bioreaktoren lukkes.

Omkostningseffektivitetsanalyse

Analysen er foretaget af IFRO, Københavns Universitet. IFRO har efter aftale med AU analyseret data fra alle anlæg med to års drift og etableringsomkostninger baseret på udbud, krav som kun var opfyldt for anlæggene Serupgård, Dundelum, Egsmarken og Gyldenholm. Samlet set er de årlige omkostninger for de analyserede fire anlæg omkring det dobbelte af omkostningerne vist i kvælstofkataloget (Eriksen et al., 2020), hovedsageligt på grund af større investeringer og højere konsulentomkostninger og i nogle tilfælde også investering i en pumpe til at forsyne bioreaktoren med drænvand. Reduktionsomkostningerne pr. kg N (med pumpe) baseret på anlæggets faktiske størrelse er i gennemsnit ca. 350 DKK pr. kg N, hvilket er højere (+ 40%) end de små reaktorer i N-kataloget og 60% højere end prisen pr. kg N i den store reaktor i N-kataloget. Sammenlignet med andre tiltag i N-kataloget er en bioreaktor en af de dyrere virkemidler, når den er baseret på de omkostninger, der er fundet for de fire bioreaktor-anlæg, der er inkluderet i denne analyse.

Oplandsstudier

I regi af Addendum 1 og 2 projekterne er der modelleret vand- og kvælstofafstrømningen i en 10-årig periode fra to små drænoplande, VAP markerne Silstrup og Fårdrup, begge på ca. 2 ha. Resultaterne her viste, at på trods af at der var lokale målinger af hydrauliske parametre, krævede modelopsætningen en omfattende kalibrering af disse parametre før tilfredsstillende resultater for vand- og kvælstofstrømning til dræn kunne opnås (Motarjemi et al., 2021; Nagy, 2020).

Dataindsamling for Gyldenholm drænoplandet (120 ha) og tre nabodrænoplande er gennemført, men der har ikke været resourcer til at analysere data. Derfor er der gennemført en afvikling af Daisy modellen med anvendelse af pedo-transfer modeldata for de hydrauliske parametre. En metode der ofte anvendes i modelberegninger. Modellen blev afviklet med oplysninger om de dyrkede afgrøder og tildelte gødningsmængder for kun 2016 og 2017, idet der ikke tilstrækkeligt hurtigt kunne indhentes dyrkningsoplysninger for 2018 og 2019. Resultaterne viste store forskelle i målt og simuleret drænastrømning, f.eks. var den simulerede drænastrømning i 2017 for mark 3110 mm større end målt, svarede til en fejl på mere end 100%.

Sammenfattende kan det konkluderes, at der kræves en ret så omfattende kalibreringsindsats for at bestemme et sæt effektive hydrauliske parametre, der kan repræsentere drænoplandet, eller der skal indhentes et betydeligt større antal lokalt målte sæt af hydrauliske parametre som kan anvendes i distribueret modellering. For marker, hvor der er kuperet terræn, vil der også være stor effekt af grundvandets placering i forhold til drænrørene. I sådan et terræn vil drænrør i lavninger oftest modtage vand fra omkringliggende højere liggende arealer og have en drænvandsstrømning i en meget længere periode end for drænrør der ligger højere i terrænet. I disse situationer vil oplandet til drænsystemerne være meget usikre. Samlet kan det konkluderes, at det ikke kan anbefales at basere simuleret drænvandsafstrømning alene på hydrauliske parametre fra pedo-transfer funktioner, men at der gennemføres en omfattende kalibrering med inddragelse af perioder med målt drænastrømning. Endvidere må det forventes, at problemer med oplandets

afgrænsning medfører yderligere usikkerhed i modelberegningerne. Endeligt er det meget usikkert om dræntransporten kan modelberegnes tilfredsstillende uden viden om den tidlige dynamik af grundvandspejlet forskellige steder i mark eller opland.

Der eksisterer et behov for en bedre forståelse af drænafstrømningen, både på markniveau men ikke mindste på oplandsniveau. Det inkluderer en bedre forståelse af strømningsprocesserne herunder vigtigheden af de forskellige strømningsbidrag til drænene, herunder hvor stor en andel det regionalt dannede grundvand bidrager til drænafstrømningen sammenholdt med det vand, der genereres på selve marken.

Resultater for MMM2, etablering, drift og vedligehold

Efter etableringen i 2018 og driftsproblemer i det første hydrologiske år 2018-2019 har der været færre problemer med driften af de seks nye anlæg i det andet hydrologiske år 2019-2020. Dog blev flere forhold korrigeret før det andet hydrologiske år. Der blev etableret spulebrønd ved fordelerdæren i bioreaktorerne ved anlæggene Serupgård og Egsmarken, idet disse let blev tilstoppet pga. algevækst i sedimentationsbassinet. Pumpestationen ved Gyldenholm leverede 30% mere vand til anlægget end først antaget og pumpeeffekten, der kan kontrolleres via frekvensstyring direkte fra datalogger-PC forbindelse ved AGRO i Foulum, blev nedsat til sæsonen 2019-2020. Det største driftsmæssige problem for MMM projektet var, at det i foråret 2019 blev konstateret at anlægget ved Hofmangsgave var konstrueret med en forkert membran. Efter mange møder blev AGRO tilkendt en erstatning fra Orbicon og anlægget blev forsynet med en polypropylen membran, der skal anvendes tæt på saltholdige miljøer som Odense fjord. Alle erfaringer fra konstruktion og drift af MMM anlæggene er beskrevet i en designmanual for bioreaktorer med træflis. Designmanualen er vedlagt som bilag C til denne rapport.

Referencer

- Eriksen, J., Thomsen, I. K., Hoffmann, C. C., Hasler, B., Jacobsen, B. H. (red) 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>
- Motarjemi, S.K., Rosenbom, A.E., Iversen, B.V., Plauborg, V. 2021. Important factors when simulating the water and nitrogen balance in a tile-drained agricultural field under long-term monitoring. Science of the Total Environment. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147610>
- Nagy, D. (2020). Quantifying the transport and fate of dissolved nitrogen at different scales in drained agricultural landscapes. PhD dissertation. Aarhus University. 219 pp.
- Plauborg F, Hoffmann CC, Audet J, Skjødtt MH. 2021. Designmanual for minivådområde med træflis filtermatrice baseret på MMM projektet. xx sider. Rådgivningsrapport fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet, leveret: xx.06.2021.