

Matricevådområder – miljøvirkemiddel eller klima problem!

Minivådområder med filtermatrice (matricevådområder) har stort potentiale som målrettet drænvirkemiddel til reduktion af kvælstof-tab via dræn. Implementering af matricevådområder kan potentielt resultere i frigivelse af store mængder drivhusgasser. Danske forskere har målt produktionen og emissionen af drivhusgasser fra seks matricevådområder ved Gjern i Midtjylland og har identificeret metoder til at minimere biofilternes påvirkning af klimaet.

JACOB BRUUN, CARL CHRISTIAN
HOFFMANN & CHARLOTTE KJÆRGAARD

Matricevådområder er et af de kommende virkemidler med det formål at reducere udledningen af kvælstof til overfladevand. Matricevådområder er målrettet drænedede oplande, hvor de indsættes i tilknytning til drænsystemet før drænvandet udledes til vandløb eller recipienter. I Danmark er det endnu ikke muligt at benytte matricevådområder som virkemiddel. Der er siden 2010 etableret en række danske pilotprojekter med matricevådområder, hvor det første Orbicon-designede anlæg blev anlagt ved Ondrup Mose syd for Odder, og siden fulgte yderligere Orbicon anlæg ved Kolding, Aabybro og Ryå, samt iDRÆN- matricevådområdet ved Fensholt udenfor Odder. Det mest omfattende forskningsanlæg med matricevådområder blev etableret i regi af SupremeTech ved Skannerup i Midtjylland i efteråret 2012.

Hjertet i matricevådområder – filtermatricen

Matricevådområder er konstrueret på nogen lunde samme måde som rodzoneanlæg – altså bestående af en vandmættet, såkaldt filtermatrice (Figur 1 i artikel 3 i dette temanummer /1/). Filtermatricen er hjertet i matricevådom-



Foto 1. Matricevådområder fra SupremeTech anlægget ved Gjern ca. 6 måneder efter etablering. Spredt vegetation er ved at indfinde sig. Foto: Jacob Bruun.

råder, og det er her mikroorganismer omsætter, blandt andet, kvælstof, i form af nitrat, til frit kvælstof – processen er også kendt som denitrifikation. Filtermatricen består, i de seneste versioner af matricevådområder, primært, af træflis. Træflisen fungerer som kulstofkilde for de denitrificerende mikroorganismer. Træflis har derudover et kæmpe overfladeareal, hvorpå mikroorganismer kan leve. En håndfuld træflis – ca. 30 gram

– kan have et overfladeareal svarende til arealet på en fodboldbane. Denitrificerende mikroorganismer er i størrelsesordenen 1-2 μm store. Det er derfor ikke underligt at nogle studier har observeret op til én million denitrificerende mikroorganismer per gram træflis. Dette er ca. ti gange så meget, som man finder i for eksempel kvælstofbelastede landbrugsjorde. Den store mængde kulstof i matricevådområder, samt det store



Foto 2. De statiske kamre der benyttes til måling af drivhusgasser. I toppen af kamrene udtages fem gasprøver over én time, hvorefter gasprøverne analyseres og fortolkes. Foto: JB.

overfladeareal er netop nøglen til matricevådområders høje effektivitet, som en række videnskabelige studier /2/, her iblandt et dansk /3/, igennem de sidste årtier har påvist. Matricevådområders høje effektivitet medvirker til, at det biofilter areal der kræves for at fjerne en given mængde kvælstof er op til ti gange mindre end for eksempel de statslige og kommunale vådområder og minivådområder med overfladestrømning. Sidst nævnte kan implementeres, med tilskud fra 2018. Matricevådområders beskedne størrelse gør, at de er forholdsvis lette at placere i tilknytning til drænedes arealer. Matricevådområder er et særdeles effektivt målrettet virkemiddel, der kan bidrage positivt til at forbedre naturen og vandmiljøet i Danmark såvel som internationalt.

Hvad kan der dog gå galt?

Matricevådområders stærke kort – størrelsen – kan viser sig også at være det svageste. Matricevådområders udfordringer er at det beskedne volumen skal kunne håndtere de meget varierende drænastrømninger.

Matricevådområders direkte tilknytning til drænsystemet medvirker, at tilførslen af drænvand sker uforsinket i modsætning til afstrømningen fra ikke-drænet arealer. Herved opstår perioder hvor den hydrauliske belastning af filtermatricen er meget stor. Ved store hydrauliske belastninger tilføres ofte relativt store mængder nitrat, der er som udgangspunkt er godt for denitrifikationen. Men uforholdsmæssige store hydrauliske belastninger medfører også en stor belastning af ilt, samt at vandets opholdstid i filteret – den hy-

drauliske opholdstid (HRT) – kan blive meget kort. Stor iltbelastningen kombineret med en kort HRT, kan medvirke, at denitrifikationen ikke kan forløbe optimalt, hvorved N-reduktionseffektiviteten falder. Men hvad værre er, en ikke optimal denitrifikation kan føre til dannelsen af drivhusgassen lattergas.

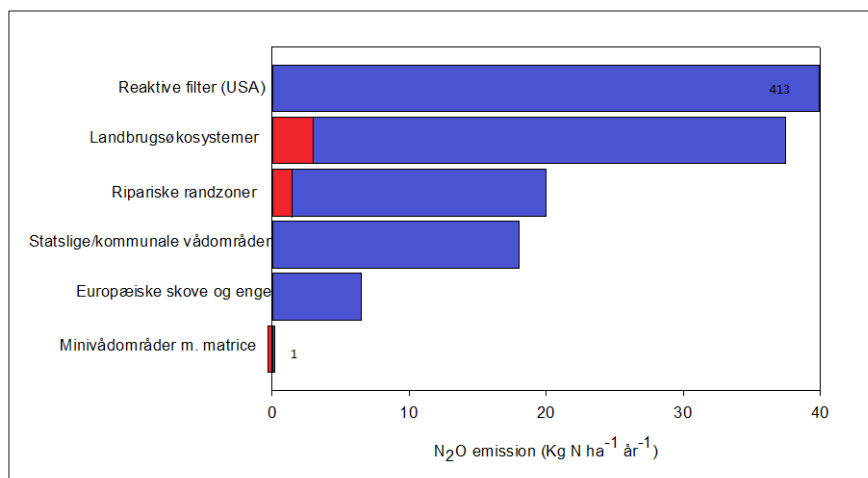
Kvælstoffjernelse – det er ikke for sjov!

Den væsentligste proces i et matricevådområde er denitrifikationen. Denitrifikationen er den biologiske omsætning af nitrat til frit kvælstof. Nitrat (NO_3^-) er en vandopløselig kvælstofform, og er den primære kvælstofform i drænvand, hvortil virkemidlet er målrettet. Slutproduktet i denitrifikationen – frit kvælstof (N_2) – er betragtet som uskadelig

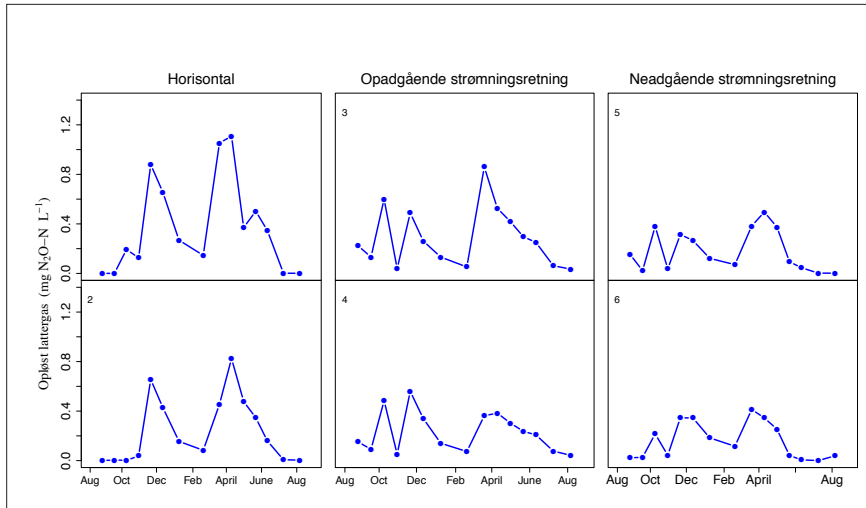
da den udgør 78 % af vores atmosfære og er ikke-reaktiv. Denitrifikationen er i imidlertid en trinvis proces, der bliver udført af én, eller en længere række af mikroorganismer. Sammenfaldende for disse organismer er, at det sidste skridt i denitrifikationen – lattergas reduktasen – er yderst følsomt overfor tilstedeværelsen af ilt, og endda under visse forhold også høje nitrat koncentrationer. Denitrifikationen kan derfor, under ikke-optimale forhold, resultere i dannelsen af lattergas (N_2O), frem for frit kvælstof. Forudsætningerne for en lattergasproduktion er således til stede, når matricevådområder benyttes som drænfiltre. Lattergas kan være sjovt under de rigtige omstændigheder, men for den stadig voksende klimaproblematik er lattergas ikke at spøge med. Lattergas er en drivhusgas med et GWP (global warming potential) på 296, svarende til at lattergas er 296 gange mere potent end kuldiioxid som drivhusgas.

Skal man være bekymret for lattergas emission fra matricevådområder?

På trods af et generelt stort fokus på klimaproblematikken, har diskussionen om drivhusgasemissioner fra matricevådområder fået begrænset opmærksomhed. En række amerikanske studier har vist en stor produktion af lattergas i træflisbaserede filtersystemer. Sammenfaldende for alle studier er dog, at målingerne er baseret på pore- og/eller afløbsvandet, hvor lattergassen ikke har nogen direkte klimaeffekt. Høje lattergas koncentrationer i vandfasen indikerer dog, at potentialet for emission, og derved en klimaeffekt, er til stede. Danske forskere undersøgte i 2013-2014 dannelsen af lattergas i seks biofiltre, men det formål at lokalisere de væsentligste kontrollerende faktorer for lattergasproduktion og -emission. Til forskernes



Figur 1. Sammenligning af lattergas-emissionen fra forskellige naturlige og konstruerede økosystemer. Rød og blå farvelægning indikerer henholdsvis lavest og højeste målte emissioner i dataserier med mere end en gentagelse. Værdi angivet inden i kolonne angiver højeste målte værdi. Modificeret fra Bruun et al., 2017 /4/.



Figur 2. Løst liggergas koncentrationer i udløbsvandet i årene 2013-2014 fra de seks matricevådområder fra SupremeTech anlægget ved Gjærn. Modificeret fra Bruun et al., 2017 /4/.

store overraskelse var der en ubetydelig emission af liggergas fra matricevådområderne. Værd at bemærke, er sammenligningen til reetablerede vådområder, landbrugsjorde og ripariske randzoner (Fig. 1).

På trods af den ikke-eksisterende atmosfæriske liggergasemission, var produktionen i filtermatricerne stor. Dette kom til udtryk, ved periodiske høje koncentrationer af liggergas i afløbsvandet i perioden fra 2013 til 2014 (Fig. 2). Produktionen af liggergas svarede til 2,2-5,5 % af nitratbelastningen. I den efterfølgende monitoringsperiode er liggergasudledningen faldet, og det seneste år har forskerne kunne konstatere, at udledningen via udløbet er nede på 0,4 % af nitratbelastningen.

Liggergas opløst i drænvandet, kan forventes, at blive reduceret til frit kvælstof i økosystemer nedstrøms matricevådområder. En udfordring er dog kravet om geniltning af udløbsvandet fra filtermatricen. Ved geniltning kan den fysiske påvirkning medvirke at liggergassen bliver "slået" ud af vandet, og dermed fungerer som drivhusgas. Derfor bør der overvejes geniltningssløsninger hvor iltningen sker skånsomt, ved for eksempel at undgå store fald i, blandt andet, iltningstrapper.

Det lille filter med det store problem

Hjertet i filtermatricen, nemlig træflisen, udgør grundlaget for matricevådområderne, i kraft af rollen som kulstofkilde for mikroorganismene. Men træflisen rummer også potentiale for dannelse af metan (CH₄). Metan er en drivhusgas med et GWP på 25. Metan dannes når organisk materiale omsættes under iltfrie forhold – også kaldet metanogenese. Og iltfrie forhold, er præcis hvad matricevådområderne tilbyder. Iltfrie forhold er en forudsætning for denitrifikation og opstår når træflisen omsættes. I tilfælde hvor der er en

lille nitratbelastning kan mikroorganismene løbe tør for nitrat, hvorefter de begynder at reducere andre ioner, her iblandt sulfat. Sulfatreduktionen resulterer i produktionen af svovlbrinte, der er karakteristisk ved at lugte af rådne æg, og kan benyttes som indikator for iltfrie, nitratfattige forhold. Ved lave sulfat koncentrationer påbegyndes metanogenesen.

En række amerikanske studier har påvist meget høje metan koncentrationer i porevandet i træflisbaserede denitrificerende systemer. Dette indikerer et stort potentiale for metan-emission. Som tilfældet med liggergas, har der i meget ringe grad været fokus på emissionen af metangas.

I regi af undersøgelserne ved SupremeTech matricevådområderne ved Skannerup fandt forskerne høje koncentrationer af metan i udløbsvandet, som ved de amerikanske undersøgelser. Men mere foruroligende, fandt forskerne også en stor atmosfærisk emission af metan fra matricevådområderne. Til sammen-

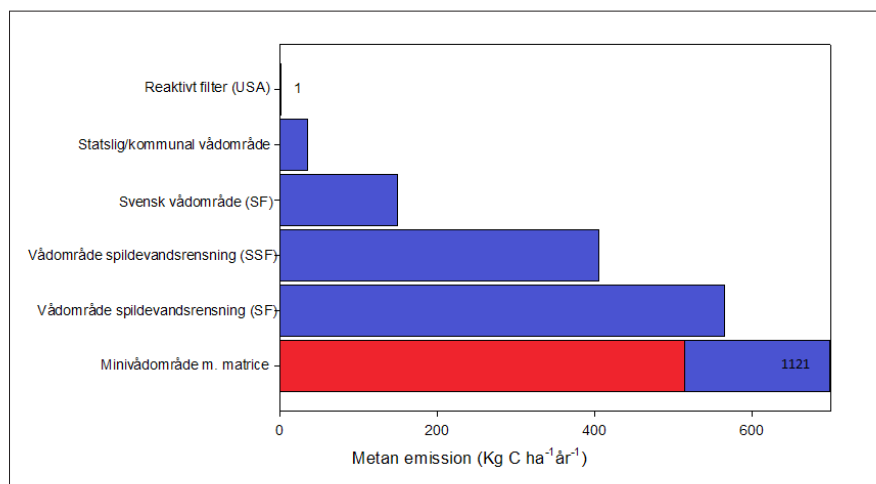
ligning med andre naturlige og konstruerede systemer var den direkte atmosfæriske emission af metan enorm (Fig. 3).

De væsentligste parametre for metan produktion og den efterfølgende emission er den hydrauliske belastning, og derved belastningen af ilt, nitrat og sulfat samt temperatur /4/.

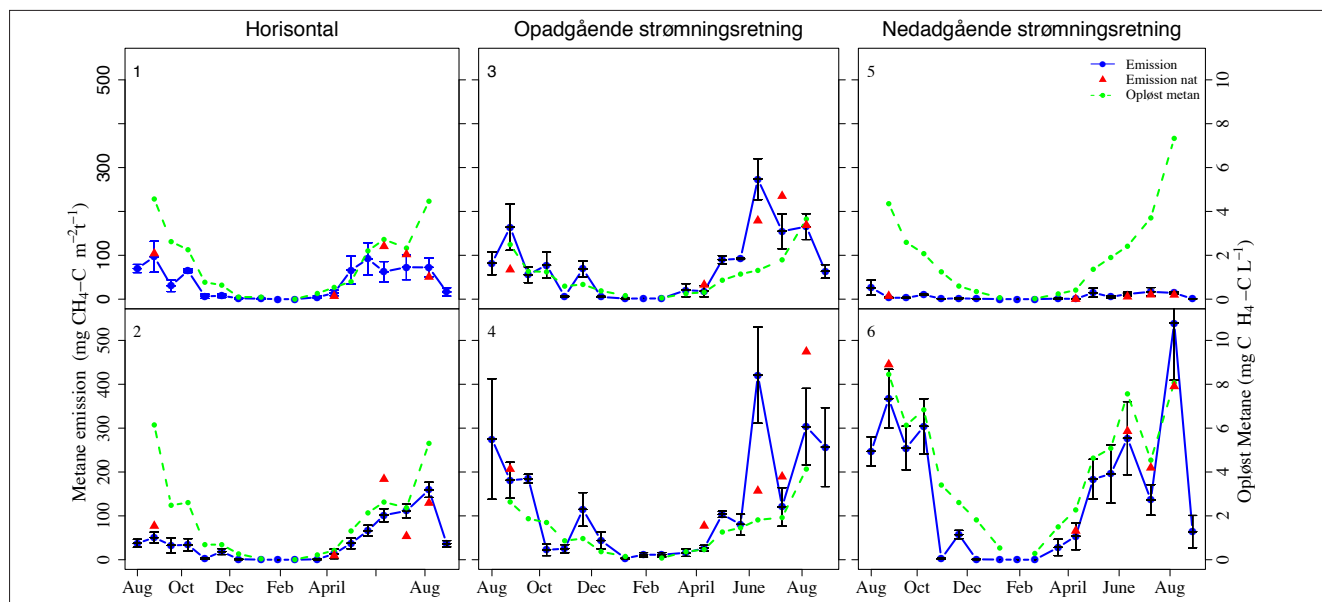
Det er derfor ikke underligt at, de relativt varme somre, hvor drænastrømningen er begrænset blev identificeret som en kritisk periode i forhold til metan emissionen. Om vinteren, er forholdene ikke favorable for metanogenesen, hvorfor emissionen og produktionen i denne periode var relativ ubetydelig.

En udfordring med en løsning

Selv om emissionen af metan fra matricevådområder kan være enorm i sommerperioden, findes der flere løsninger til at håndtere denne udfordring /5/. En væsentlig faktor for emissionen af metan viste sig at være strømningens retning /4/. Herved forstås den retning hvormed drænvandet passerer igennem matricevådområdet, enten horisontalt eller vertikalt (Figur 1 i artikel 3 i dette temanummer /1/). Matricevådområder hvor strømningens retning var vertikal nedad havde en signifikant lavere emission af metan end alternativerne /4/. Endvidere viste det sig, at strømningens retning forskyder forholdet imellem den metan-eksport der forgår via direkte emission og opløst i udløbsvandet. I matricevådområder med en vertikal nedadgående strømning emitteres gennemsnitligt 12 % af den producerede metan, hvilket er betydeligt lavere end ved horisontal og vertikal opadgående strømning (Fig. 5). Ved valg af en nedadgående strømning frem for en opadgående reduceres metan emissionen med en faktor 200. De relative høje mængder metan i udløbsvandet vil sandsynligvis blive oxideret til kuldioxid



Figur 3. Sammenligning af metan-emissionen fra forskellige naturlige og konstruerede økosystemer. Rød og blå farvelægning indikerer henholdsvis lavest og højeste målte emissioner i dataserier med mere end en gentagelse. Værdi angivet inden i kolonne angiver højeste målte værdi. Modificeret fra Bruun et al., 2017 /4/.



Figur 4. Metanemission og eksport via udløbsvandet i årene 2013-2014 fra de seks matricevådområder fra SupremeTech anlægget ved Gjern

under transporten eller i recipienten, hvorved klimaeffekten reduceres.

Ved konstruktion af matricevådområdet kan simple tiltag reducere problemet med metanemission. Ved at sænke vandstanden i de vandmættede matricevådområder med 20 cm, kan ilten diffundere ned i de ikke-vandfyldte porehulninger, hvorefter metan-oxidationen kan finde sted. Dette viste sig, under sammenlignelige hydrauliske opholdstider, at kunne reducere metanemissionen med op til en faktor 60. En reduktion af biofiltrets volumen på cm 20, resulterer samtidig i en kortere hydraulisk opholdstid, hvilket forringer forholdene for metanogenesen og derved reduceres selve metanproduktionen.

En designmæssig anbefaling til at reducere emissionen kunne derfor være at anvende en vertikal nedadgående strømning, hvor vandspejlet i matricevådområdet reduceres med 20 cm. Alternativ til en sænkning af vandspejlet kan der tilføres et ekstra lag flis, der sikrer en aerob filterzone over vandspejlskoten i matricevådområdet. Pilotforsøg har vist at denne løsning reducerer den direkte emission af metan.

Perspektiver

Matricevådområder er et effektivt virkemiddel til reduktion af kvælstofbelastningen til vandmiljøet. I forsøget på at løse et miljøproblem, bør man dog ikke skabe et andet. Forskningsresultaterne viser at miljø og klima interesser kan forenes ved korrekt konstruktion af matricevådområder med nogle let implementerbare foranstaltninger, der kan reducere emissionen af drivhusgasser betydeligt. I forbindelse med en kommende udrulning af matricevådområder bør dette således foregå med udgangspunkt i vejledninger der beskriver krav til dimensionering og konstruktion, således at matricevådområder ikke bliver fremtidige hot-spots for drivhusgasemissioner. En fremtidig overvågning af matricevådområdernes langtidseffekter skal således også inkludere monitoring af drivhusgasser.

Referenceliste

- /1/ Hoffmann, C.C., Kjærsgaard, C. 2017. Kvælstoffjernelse i minivådområder med filtermatrice. Vand & Jord, nr. 3, 2017.
- /2/ Schipper L.A., Robertson W.D., Gold A.J., Jaynes D.B., Cameron S.C., 2010. Denitrifying bioreactors-An approach for reducing nitrate loads to receiving waters.

Ecological Engineering 36, 1532-1543.

/3/ Hoffmann, C.C., Kjærsgaard, C., 2017. Nitrogen removal in denitrifying bioreactors with variable hydraulic design targeting agricultural drainage water. Submitted

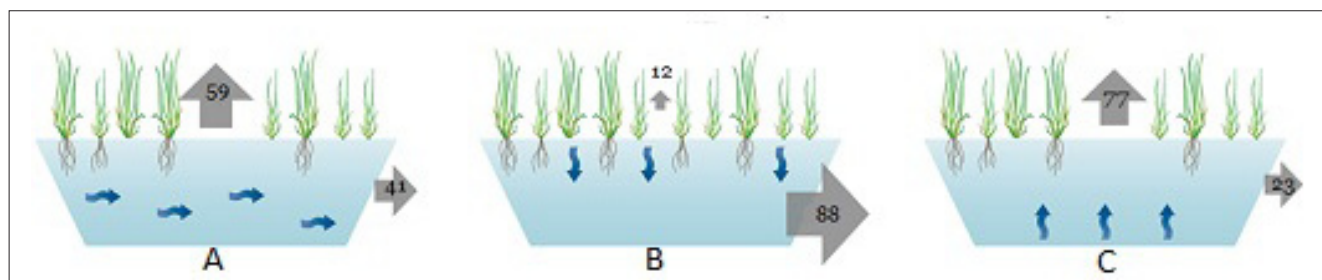
/4/ Bruun J. Hoffmann C.C., Kjærsgaard C., 2017. Convective transport of dissolve gases determines the fate of the greenhouse gas produced in reactive drainage filters. Ecological Engineering 98 (2017): 1-10

/5/ Bruun J., 2016. Ph.d.-afhandling. Denitrification, greenhouse gas emission and solute transport in reactive drainage filters (Subsurface flow constructed wetlands). Aarhus University, Department of Bioscience, Denmark. 88 pp.

JACOB BRUUN er projektleder natur- og vådområdeprojekter Mors Kommune og har en PhD i denitrifikation og drivhusgasemission fra matricevådområder fra Aarhus Universitet, Inst. for Bioscience i 2016. E-mail: jadb@outlook.dk

CARL CHRISTIAN HOFFMANN er seniorforsker ved Institut for Bioscience, Aarhus Universitet

CHARLOTTE KJÆRGAARD er PhD og specialkonsulent ved SEGES Miljø, tidligere seniorforsker ved Aarhus Universitet.



Figur 5. Illustration af relationen mellem metanemission og metaneksport via udløbsvandet. A: horisontal strømning, B: vertikal nedadgående strømning og C: vertikal opadgående strømning. Modifieret fra Bruun, J.. Ph.D. afhandling. 2016.