



NYE VIRKEMIDLER TIL BUFFERZONEN

STØTTET AF

Promilleafgiftsfonden for landbrug

Der er nye virkemidler beskrevet i international litteratur til placering i bufferzonen, med fokus på udfordringer og tilpasning til danske forhold.

Det er bl.a. dyrkning af biomasse i drænvand, tilsætning af P-bindende stoffer og en mulig kombination af bioreaktorer og vandmættet bufferzone.

I det videre arbejde med at opnå god økologisk tilstand i det danske vandmiljø, er der brug for nye målrettede virkemidler til at hindre tab af næringsstoffer fra mark og drænvand til vandmiljøet.

- [Dyrkning af alger og vandplanter](#)
- [Tilsætning af fosforbindende stoffer til bufferzone jord](#)
- [Muligheder i kombination af virkemidler og tilpasning til danske størrelsesforhold](#)
- [Behovet for sammenlignelige resultater](#)
- [Referencer](#)

DYRKNING AF ALGER OG VANDPLANTER

Dyrkning af alger med det formål at fjerne næringsstofferne fra vand, er ikke en ny ide. Allerede for 20 år siden blev en lignende teknologi anvendt til at rense spildevand og udsivning fra gyllelagune (Kangas & Mulbry, 2014a). Det nye er, at man anvender solcelleenergi og, at man placerer anlægget i bufferzonen som Kangas & Mulbry (2014a) demonstrerer. Disse forskere har placeret en 1 m x 50 m gummiplade i en 2 % hældning, hvor en pumpe drevet på solenergi cirkulerer vandet fra en drængrøft over pladen hvor algerne gror. Algebiomassen høstes en gang om ugen med en almindelig kost, og biomassen kan herefter potentielt anvendes som gødning. Resultaterne fra anlæggene varierer, men fjerner i gennemsnit 125 mg N og 25 mg P / m² / dag (Kangas & Mulbry, 2014a). Over de 150 dage forsøget blev udført, blev der totalt

fjernet 0,9 kg N og 0,2 kg P pr. anlæg (50 m²). Det er uklart, hvor stort et opland det rensede drænvand repræsenterer. Kangas & Mulbry (2014a) har også vist, at jo højere næringsstoffkoncentrationen er i det cirkulerende vand, jo højere bliver koncentrationen af næringsstoffer i algerne, og dermed opnår man en mere effektiv fjernelse ved højere næringsstoffkoncentrationer. Forsøget er udført med drænvand med en lavere koncentration af kvælstof (< 0,5 mg N/l) sammenlignet med danske forhold. Det fremgår ikke af artiklen hvor stort et areal der drænes, hvilket gør det svært at sammenligne med andre virkemidler og vurdere effekten af ATS.



Figur 1. Til venstre ses et billede fra Google Earth, hvor anlægget er placeret i hjørnet af en mark (Kangas & Mulbry, 2014b). Til højre ses en laboratorieopsætning, som er nem at tage med ud i felten for at undersøge om algerne gror (Mulbry, W 2015, personlig kommunikation, 6. oktober).



Figur 2. Til venstre ses solcellerne der driver pumpen til cirkulation af drænvandet ovenpå gummipladerne (billede højre) (Kangas & Mulbry, 2014b).

En grundig cost-benefitanalyse er foretaget i studiet, men konkrete konklusioner for danske forhold er svære at overføre. I det amerikanske forsøg, er den største udgift ved virkemidlet forbundet med omkostningen til installationen af solcellerne, denne er beregnet til 80 % af de samlede omkostninger og udgifter til ingeniørarbejde er beregnet til at udgøre 15 %. Udfordringen ved virkemidlet er de høje omkostninger, at det er teknisk krævende at installere og arbejdskrævende at forvalte (høst). Med hensyn til solcellerne, kan antal solskinstimer i

Danmark muligvis også være en udfordring i forhold til kontinuiteten i driften af pumperne.

Et lignende virkemiddel er dyrkning af vandplanter i drængrøfter til fjernelse af næringsstoffer. AgroTech har et igangværende projekt, hvor vandplanter dyrkes i drænvandsgrøfter, hvor biomassen skal benyttes til proteinfoder (Pallesen, 2015). Foreløbige resultater vil blive offentliggjort i Oversigt over Landsforsøgene (Pedersen & Pedersen, 2013). Resultater fra fase II, der løber fra ultimo 2015 til 2016 vil blive offentliggjort løbende (se [Fra drænvand til proteinfoder](#)). Projektleder Bodil E. Pallesen er meget optimistisk omkring, at projektet vil give positive resultater. Tilbageholdelsen af næringsstoffer pr. hektar vandoverflade forventes at være op til 880 kg N og 22 kg P.

[Til top](#)

TILSÆTNING AF FOSFORBINDENDE STOFFER TIL BUFFERZONE JORD

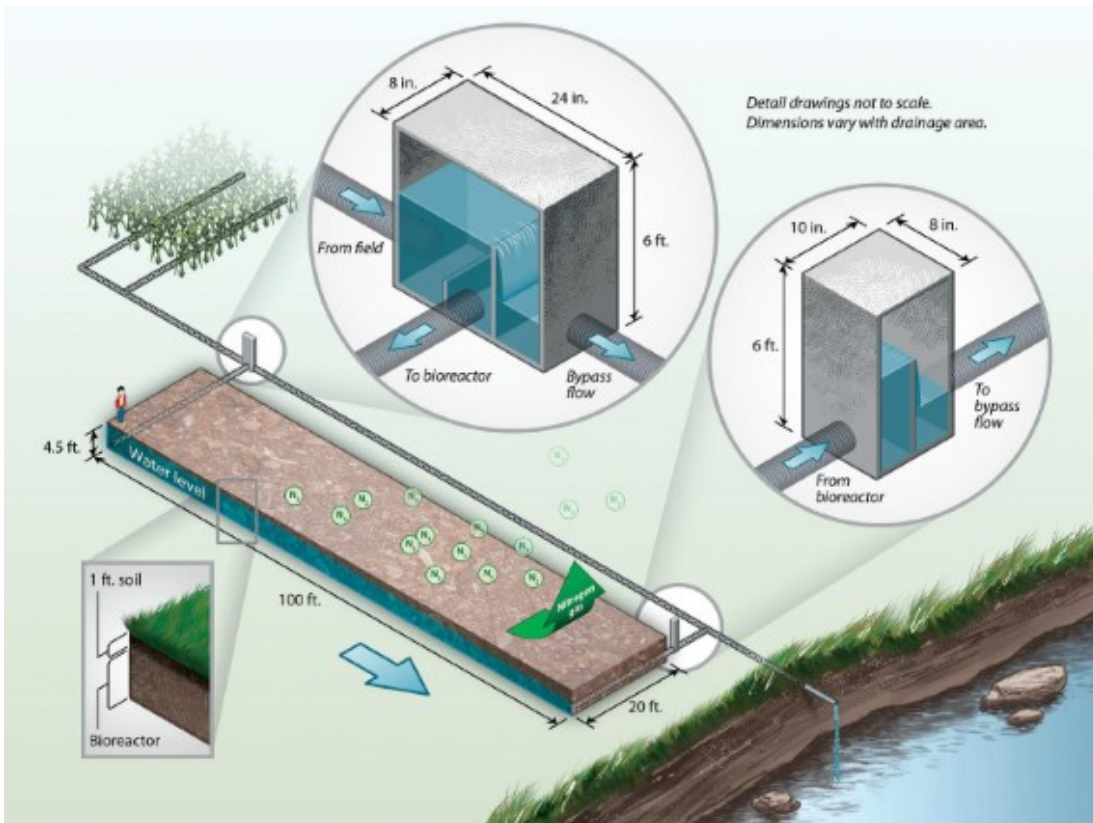
Den primære mekanisme for tilbageholdelse af fosfor, er binding til jordens metal ioner, såsom aluminium og jern. Dette er det bagvedliggende tanke i forsøg med at forbedre jordens bindingskapacitet gennem tilsætning af stoffer med højt indhold af disse ioner. Forsøg er foretaget med varierende resultater (Habibiandehkordi et al., 2015, Wagner et al., 2008). Restprodukter fra spildevandsrensning med højt indhold af aluminium og jern er benyttet. Laboratorieforsøg har vist gode resultater (Habibiandehkordi et al., 2015) hvorimod et markforsøg ikke formåede at vise, at fosfor blev fjernet mere effektivt (Wagner et al., 2008). Foreløbige resultater fra et igangværende forsøg i BufferTech projektet viser, at fosfor fra tilsætningsmaterialet kan blive frigivet (Jensen, 2015). Hvis denne proces undersøges grundigere og negative effekter kan forhindres, er der mulighed for, at bufferzonearealet kan gøres mere effektiv med hensyn til fosfortilbageholdelse og dermed kan gøres smallere. For at få dannet bindinger mellem metal-ionerne i præparatet og fosforen i overfladeafstrømningen, og dermed tilbageholdelse, er det væsentligt, at der er tilstrækkelig opholdstid og kontakt mellem elementerne (Wagner et al., 2008).

[Til top](#)

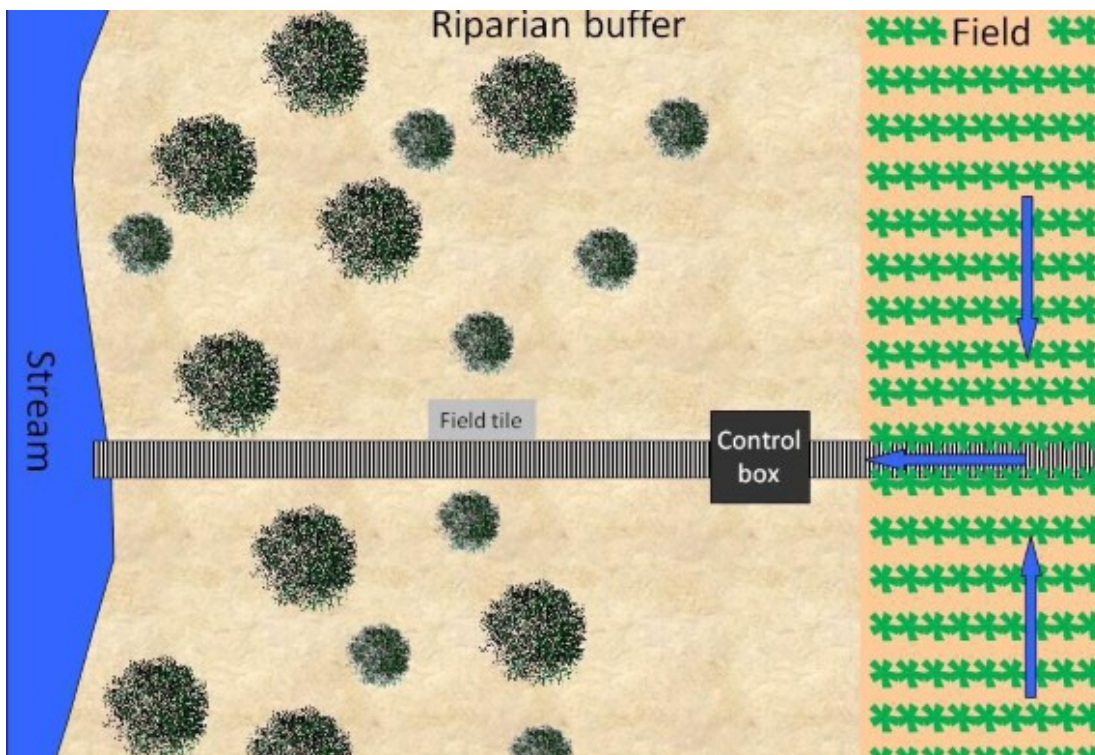
MULIGHEDER I KOMBINATION AF VIRKEMIDLER OG TILPASNING TIL DANSKE STØRRELSFORHOLD

I USA er bufferzonerne minimum 10 meter, men ofte bredere, og biorakterne beskrevet i den amerikanske litteratur er derfor designet efter forhold, hvor en meget bred bufferzone er tilgængelig, dette kan ses i Figur 3. Et andet amerikansk virkemiddel er diffus infiltration af drænvand i en vandmættet bufferzone. Også denne er 20 m bred (se Figur 4). Resultater fra sidstnævnte (Jaynes & Isenhardt, 2014) bygger på antagelsen om, at al nitrat, der bliver ledt ud i

den mættede zone bliver fjernet.



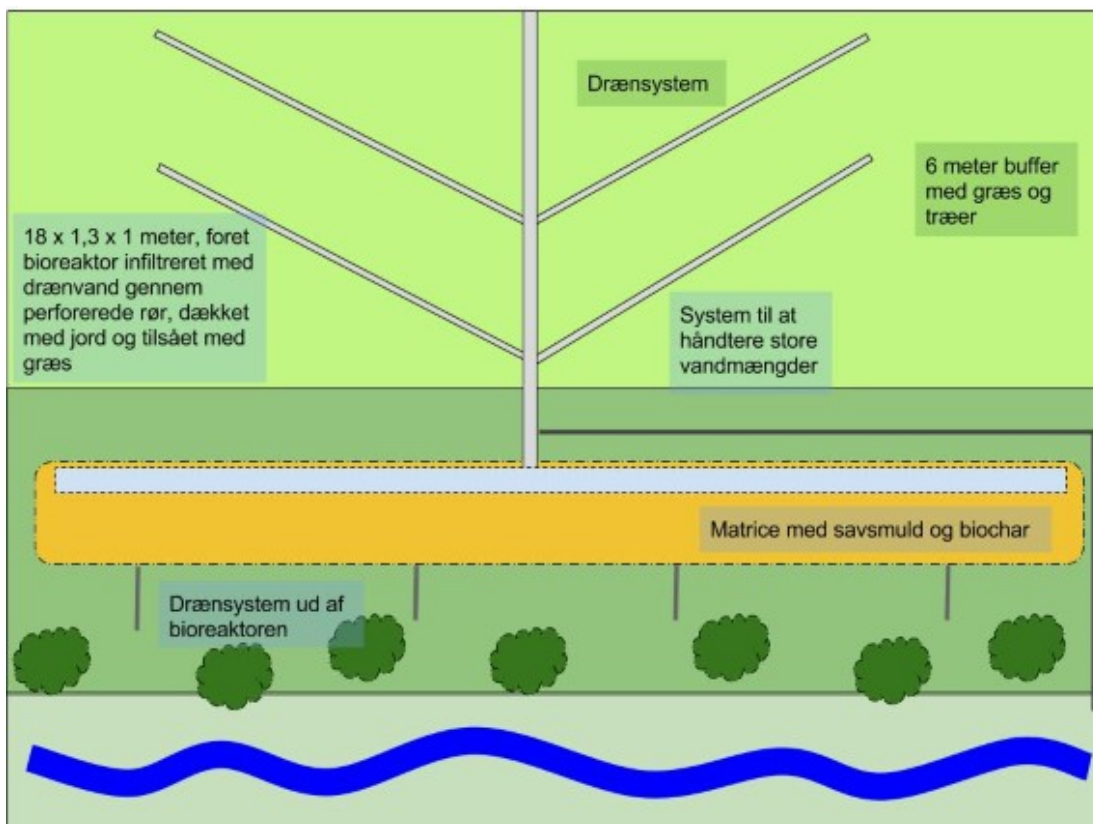
Figur 3. A 30 x 6 x 1 m grøft foret og fyldt med træflis som kulstofkilde og efterfølgende dækket med jord og tilsået med græs (Christianson & Helmers, 2011).





Figur 4. Rørsystem for kontrolleret dræning og diffus infiltration af drænvand i vandmættet bufferzone, set ovenfra til (Jaynes & Isehart, 2013)

Figur 5 viser en tilgang til, hvordan en bioreaktor og diffus infiltration i vandmættet zone kan kombineres og dimensionerne tilpasses til danske forhold, hvor der ofte vil være et ønske om at gøre bufferzonen så smal som muligt. For at undgå, at et langt rektangulært område vinkelret på vandløbet bliver beslaglagt for at konstruere en bioreaktor, bliver drænvandet i stedet ført igennem en lang, men smallere bioreaktor parallelt med vandløbet. På denne måde bliver infiltration af vand gennem matricen med træflis mere diffus, og kan dermed bidrage til en øget opholdstid i bioreaktoren, der vil være tilstrækkelig for denitrificering uden at bioreaktoren behøver at være 30 m lang. Et mere findelt materiale som eksempelvis savsmuld, vil ligeledes bidrage til at sænke ledningsevnen og øge opholdstiden, og vil være en måde hvorpå anlægget kan gøres mindre. Dette kan dog medvirke til, at biomassen bliver hurtigere nedbrudt, og dermed oftere skal erstattes, men det lader til, at den afgørende faktor for nedbrydning af kulstofkilden er graden af vandmætning og C:N forholdet (Schipper et al., 2010). Der er ydermere behov for et system til at lede vand udenom systemet ved store nedbørsmængder, hvilket er markeret på nedenstående figur. Der er behov for videreudvikling af, hvordan udløbet af bioreaktoren kan udformes, da bioreaktoren er foret for at hindre indsivning af overfladisk grundvand. Her er det tænkt, at nogle rør kan lede vandet ud fra bioreaktoren og overrisle den sidste del af bufferzonen, i stedet for at ledes direkte ud i vandløbet.



Figur 5. En mulig kombination af princippet om bioreaktor med matrice af savsmuld og biochar, og diffus infiltration af drænvand i en smal og bevokset bufferzone.

Det nyeste tiltag inden for forskningen på bioreaktorer, er optimering af selve matricen drænvandet filtreres igennem. Tilsætningen af biochar har vist sig at nedsætte den nødvendige opholdstid til fjernelse af nitrat, og bidrager også til, at fosfor bliver tilbageholdt (Bock et al., 2015). Biochar er et restprodukt af ufuldstændig forbrænding (pyrolyse) af diverse biologiske materialer (husdyrgødning, halm, træflis osv.), der har vist sig at have en række interessante egenskaber i jord (Sohi et al., 2010). Problematikker vedrørende brugen af biochar er generelt, at oprindelsesmateriale og pyrolyseprocessen til dannelse af biochar er to højst varierende faktorer, der gør, at det er meget svært at forudsige egenskaberne til det endelige produkt.

Tabel 1. Beregning af effekt i alternativ udformning af bioreaktor

	Opholdstid	Ledningsevne	Længde på reaktor	Fjernelsesrate ved indløb konc. 4,6 - 5,6 mg NO ₃ ⁻ - N/l
Weigelhofer (lab forsøg)	2,7 timer	0,02 cm/s	2 m	< 100 %
Tilpasning til danske størrelsesforhold	1,8 timer	0,02 cm/s	1,3 m	66 %

Som et tankeeksperiment, er resultaterne fra laboratorieforsøg udført af Weigelhofer & Hein (2015) benyttet til at konstruere en 1,3 m bred (18 x 1,3 x 1 m) bioreaktor (Figur 5) med en hydraulisk ledningsevne på 0,02 cm/s. Dette vil give en teoretisk opholdstid på 1,8 timer (Tabel 1). Med en tilstrømning af drænvand med en koncentration på ca. 5 mg NO₃⁻-N/l, vil det give en fjernelse på ca. 66 %. En bioreaktor med en overflade på 9,3 m³ for hver 1,2 - 1,4 ha drænet område er foreslået af Verma et al, (2010) (henvist til i Christianson et al (2012)), men det vil naturligvis afhænge af en række stedspecifikke forhold som bl.a. nedbørsmængder, temperatur og kvælstofmængder i drænvandet, osv. I det givne eksempel, vil den konstruerede bioreaktor med et overfladeareal på 23,4 m² kunne behandle et areal på 16,5 - 19,5 ha. Studiet af Weigelhofer & Hein (2015) blev gennemført i et laboratorium under stabile og kontrollerede forhold, i en meget mindre skala end hvad der ville kræves i et markforsøg, så disse resultater er rent hypotetiske.

Christianson et al. (2012) nævner, at der ikke har været forsøgt at dyrke ovenpå bioreaktoren, men det er nærliggende at forestille sig, at det kunne være muligt at køre ovenpå anlægget. Hvor fugtig jorden ovenpå bioreaktoren bliver, er vigtigt både med hensyn til muligheden for kørsel omkring og ovenpå anlægget, men også i spørgsmålet om opstuvning af vand i marken. Her er markens og bufferzonens hældning en afgørende faktor. Dette design ligner det, der kaldes en denitrifikationsvæg i det tyske virkemiddelkatalog (Holstein et al., 2012), men hvor det ikke er dækket af jord. Bioreaktorer, diffus infiltration af drænvand i bufferzonen og andre nye virkemidler er tidligere beskrevet af Frank Bondgaard (se [Nye lovende miljøtiltag i USA, Tyskland og England](#)).

Bioreaktorer er forbundet med en række udfordringer. For lav gennemstrømning af vand i bioreaktoren kan give ufuldstændig denitrificering og give lattergas- og metan emission. For lav

nitratkoncentration kan give sulfatreduktion, og dermed giftig sulfidgas og frigivelse af kviksølv som er forbundet med den nævnte sulfatreduktion. I et forsøg udført af Bock et al. (2015) vises det, at biochar kan afhjælpe problemet med udvikling af lattergas. Mekanismen er dog ikke kendt. Opstartsfasen af et bioreaktor anlæg er forbundet med udledning af opløste organiske forbindelser, noget der også bør forhindres. Flere af disse udfordringer er forbundet med sæsonmæssige udsving i temperatur og nedbør (drængennemstrømning) og nitratkoncentration i drænvandet.

Ovenstående tilgang er ikke målrettet overfladeafstrømning, og dermed tab af opløst fosfor. Men fordi bioreaktoren er tildækket med jord, kan bufferzonen stadig inkludere forskellige typer af græs og urter for at bremse overfladeafstrømningen. Hvis buske med kraftig rodvækst plantes for tæt på de perforerede rør, kan rødderne muligvis skabe problemer, men som vist på tegningen (Figur 5) er træer stadig mulig at tænke ind i bufferzonen, hvor de kan stabilisere vandløbsbrinken. Grundlaget for fastsættelse af bufferzonens bredde (6 m) er modelsimuleringer (Kronvang et al., 2014). Her er hældningen af bufferzonen ikke taget i betragtning, hvormed en større hældning vil give større risiko for erosion, og dermed kræve en bredere bufferzone for at kunne tilbageholde samme mængde fosfor.

[Til top](#)

BEHOVET FOR SAMMENLIGNELIGE RESULTATER

I Tabel 2 er resultater fra en række videnskabelige artikler samlet. Resultaterne er meget svære at sammenligne da, de er tilpasset hver enkelt forsøgsopstilling. Alle virkemidler er målrettet mod rensning af drænvand, men den faktor der ville gøre resultaterne sammenlignelige, er ofte meget svær at udrede. For at kunne komme videre med at undersøge relevansen af de forskellige virkemidler, er det nødvendigt at få dette afklaret. Med hensyn til den præsenteret kombinationsmulighed, så synes der at være store potentialer i denne, men beregninger er baseret på laboratorieforsøg, en række antagelser og begrænset inddragelse af diverse miljøfaktorer. Ydermere, og måske endnu vigtigere, er det at undersøge det faktiske potentiale for disse nye virkemidler. Dette kræver, at der bliver givet rum til at foretage forsøg med nye virkemidler. Der er behov for incitament til at engagere og motivere landmanden til at deltage i miljøprojekter, og også selv at tage ejerskab og tænke innovativt i processen.

Tabel 2. Resultater fra nye virkemidler

Virkemiddel	Forfatter	N	P
Algae Turf Scrubbers	Kangas & Mulbry (2014a)	125 mg N/m ² /dag	25 mg P/m ² /dag
Bioreaktorer	Diverse forfattere	20 – 100 % nitrat fjernelse	
Bioreaktor med biochar	Bock et al. (2015)	97 % nitrat fjernelse	65 % fosfor tilbageholdelse
Drænvand til proteinfoder	Pallesen (2015)	880 kg N/ha	22 kg P/ha

		vandoverflade	vandoverflade
Kontrolleret dræning infiltreret i mættet bufferzone	Jaynes and Isenhardt (2014)	228 kg N over en periode på 2 år	

[Til top](#)

REFERENCER

BOCK, E., SMITH, N., ROGERS, M., COLEMAN, B., REITER, M., BENHAM, B. & EASTON, Z. M. 2015. Enhanced Nitrate and Phosphate Removal in a Denitrifying Bioreactor with Biochar. *Journal of Environmental Quality*, 44, 605-613.

CHRISTIANSON, L. E., BHANDARI, A. & HELMERS, M. J. 2012. A practice-oriented review of woodchip bioreactors for subsurface agricultural drainage. *Applied engineering in agriculture*, 28, 861.

CHRISTIANSON, L. E. & HELMERS, M. J. 2011. Woodchip bioreactors for nitrate in agricultural drainage.

HABIBIANDEHKORDI, R., QUINTON, J. N. & SURRIDGE, B. W. J. 2015. Can industrial by-products enhance phosphorus retention within vegetated buffer strips? *European Journal of Soil Science*, 66, 42-52.

HOLSTEIN, B., OCHSNER, S., SCHÄFER, A. & TREPEL, M. 2012. Guidelines for the reduction of nutrient discharges from drained agricultural land. *CAU Kiel*, 107.

JAYNES, D. B. & ISENHART, T. 2013. [Saturating Riparian Buffers In Tile Drained Landscapes for Nitrate Removal](#). *USDA-ARS-National Laboratory for Agriculture and Environment*,

JAYNES, D. B. & ISENHART, T. M. 2014. Reconnecting tile drainage to riparian buffer hydrology for enhanced nitrate removal. *Journal of environmental quality*, 43, 631-638.

JENSEN, F. 2015. Preliminary results of the pilot area in Fillerup. *Presentation at stakeholder meeting in BufferTech 30. september, 2015*.

KANGAS, P. & MULBRY, W. 2014a. Nutrient removal from agricultural drainage water using algal turf scrubbers and solar power. *Bioresource Technology*, 152, 484-489.

KANGAS, P. & MULBRY, W. 2014b. Nutrient removal from agricultural drainage water using algal turf scrubbers operated using solar power, Bridgetown report. *Department of Environmental Science and Technology, University of Maryland*, 1-28.

KRONVANG, B., BLICHER-MATHIESEN, G., ANDERSEN, E., HANS., KJELDGAARD, A. & LARSEN, E., SØREN. 2014. Etablering af "intelligent" udlagte randzoner. *Notat fra DCE, Nationalt Center for miljø og energi, Aarhus Universitet*.

PALLESEN, B., E. 2015. [Drænvand til proteinfoder II – Dyrkningssystemer til vandplanter baseret på drænvand](#).

PEDERSEN, J. B. & PEDERSEN, C. Å. 2013. Oversigt over Landsforsøgene 2013. *Videncenteret for Landbrug*.

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.

SOHI, S. P., KRULL, E., LOPEZ-CAPEL, E. & BOL, R. 2010. A REVIEW OF BIOCHAR AND ITS USE AND FUNCTION IN SOIL. In: SPARKS, D. L. (ed.) *Advances in Agronomy, Vol 105*. San Diego: Elsevier Academic Press Inc.

WAGNER, D. J., ELLIOTT, H. A., BRANDT, R. C. & JAISWAL, D. 2008. Managing biosolids runoff phosphorus using buffer strips enhanced with drinking water treatment residuals. *Journal of Environmental Quality*, 37, 1567-1574.

WEIGELHOFER, G. & HEIN, T. 2015. Efficiency and detrimental side effects of denitrifying bioreactors for nitrate reduction in drainage water. *Environmental Science and Pollution Research*, 22, 13534-13545.

[Til top](#)