

Ultrakompakte drænfilterløsninger – SEGES' studietur til Belgien i regi af NuReDrain	Ansvarlig	SEZA
	Oprettet	15-12-2021
	Side	1 af 7

NuReDrain

I efteråret 2021 var en SEGES-gruppe på studietur til Belgien i regi af [NuReDrain](#) (Interreg – North Sea Region) for at se mere til en lovende udvikling på drænfilterområdet, som en forskergruppe på KU Leuven står bag. Forskergruppen fra KU Leuven, Department of Chemical Engineering, Process and Environmental Technology, består af Pieter Van Aken, Nico Lambert, Professor Lise Appels og Professor Raf Dewil, som i de seneste år har været med til at udvikle en innovativ metode kaldet MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor (som henviser til, at et filtermateriale bevæger sig rundt i en reaktortank) til rensning af drænvand for kvælstof.

Prisen på land i Belgien

Prisen for en hektar jord i Belgien ligger på omkring på 80.000 €, og kan endda være så høj som 100.000 €. Altså omkring 745.000 kr. for én hektar jord. Dette er en af de væsentligste årsager til, at de i Belgien arbejder med at udvikle ultrakompakte drænfilterløsninger til fjernelse af kvælstof, og ikke har tradition for at bruge mere naturlige miljøvirkemidler, som f.eks. vådområder og minivådområder i forhold til deres udfordringer med udledning af kvælstof. Pladskrævende drænfilterløsninger som minivådområder og store vådområdeprojekter ville være uforholdsmæssige dyre jf. jordpriserne. I den belgiske miljøregulering er fokus på at få koncentrationen af kvælstof under de påkrævende 50 mg/L, jf. EU's Nitratdirektiv. MBBR-systemet er i det hele taget gearret til at reducere meget høje koncentrationer (50-200 mg nitrat/L) og endda endnu højere koncentrationer fra gartneriproduktion (100-400 mg nitrat/L), som især ses ved de periodiske vandudskiftninger fra gartnerier. Koncentrationerne af den størrelsesorden ses kun sjældent i danske drænrør.

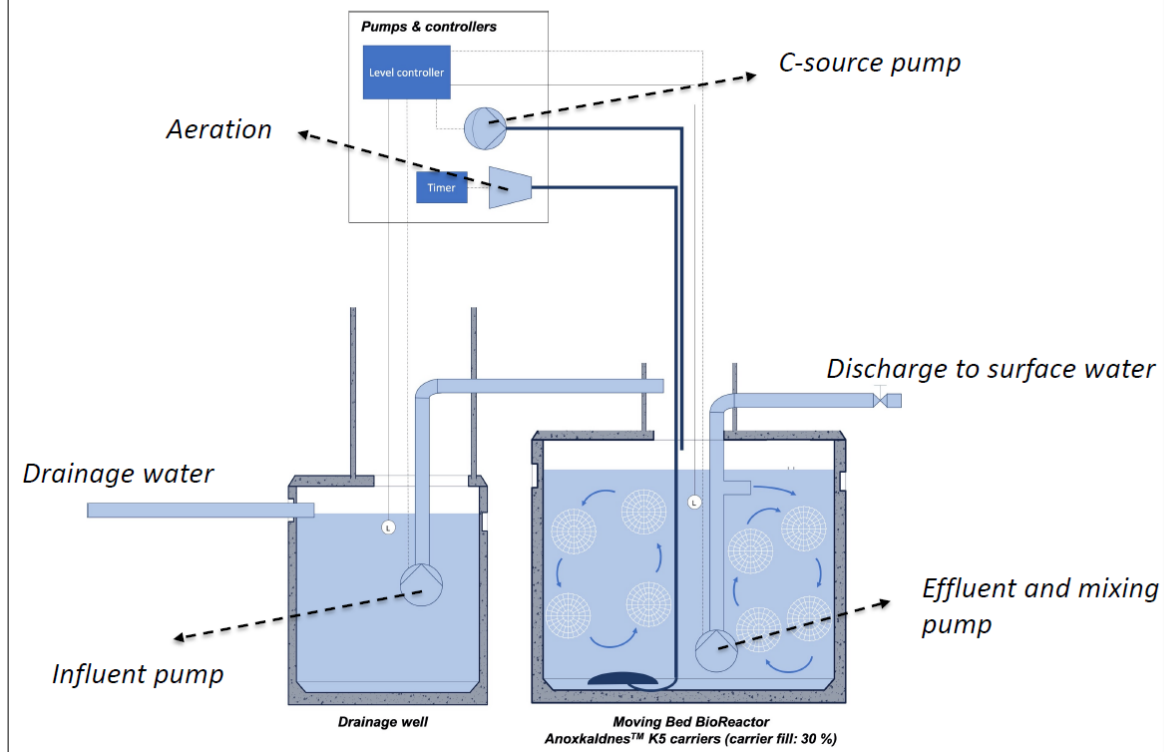
MBBR-systemet

Forskergruppen bag MBBR-systemet arbejdede ud fra 5 designovervejelser:

- Simpelt og robust system
- Lave vandtemperaturer (mellem 5-15 °C)
- Variabelt flow og nitratkoncentrationer
- Afsidesliggende placeringer
- Lave budgetomkostninger

Konceptet går i sin enkelthed ud på at booste denitrifikationsprocessen i et lukket underjordisk system ved at blande drænvand og kulstof i et biofilm-fremmende miljø. Systemet er dimensioneret ud fra, at drænvandet skal nå at have en opholdstid på 8 timer i systemet. Nedenfor i Figur 1 ses en skitse, som forklarer processen bag.

MBBR concept to treat agricultural waters



Figur 1. Skitse over MBBR-konceptet.



Billede 1. Nærbillede af en Anoxkaldnes K5 carrier, hvorpå der gror biofilm. Foto: Sebastian Zacho, SEGES

Drænvand ledes ind i en drænbrønd (drainage well), hvorfra det pumpes (influent pump) over i MBBR-systemet. I MBBR'en blandes drænvandet med Anoxkaldnes K5 carrier (30 % af systemets volumen), som er stykker af plastik, som er effektive til at gro biofilm på. Fra en ekstern tank ledes der via pumper flydende kulstof (C-source pump) over i systemet ligesom der også pumpes luft ind i massen med det formål at skabe biofilmen, hvor de denitrificerende bakterier lever i. En pumpe (mixing pump) sørger for en effektiv opblanding af vandmassen ved at blæse luft ind i systemet (5 minutter pr. 30 eller 60 minutter).

Herfra sørger endnu en pumpe for, at det nu rensede drænvand ledes videre ud i det lokale vandsystem. Som kulstofkilde havde forskergruppen forsøgt med flere forskellige muligheder, men var endt med at satse på en glycerolbaseret kulstofkilde, som har den store fordel, at der skal meget lave temperaturer til, før det fryser om vinteren. Et kommercielt tilgængelig anlæg vil kunne etableres med et simplere design med færre pumper.



Billedeserie. Øverst til venstre: Pieter Van Aken (i blå jakke) står ved en drænbrønd og fortæller gruppen om MBBR-systemet. Øverst til højre: nærbillede af MBBR-systemet, med flowmåler (til venstre) og udløb (højre hjørne). Nederst til venstre: billede af første kommercielle system, som en gartner har valgt at få etableret på eget initiativ (der er ingen udledningskrav til gartnerier hvad angår kvælstof). Som det ses på billede, så synes MBBR-systemet ikke meget i landskabet. Nederst til højre: belgisk forsøgs-site, hvor danskinspirerende drænvirkemidler testes. Her med en kombination af en filtermatrice og et almindeligt åbent minivådområde. Resultaterne herfra viste en højere nitratfjernelse sammenlignet med danske resultater. I baggrunden anes en blå container, som indeholder et overjordisk MBBR-system, som der også monitoreres på. Foto: Sebastian Zacho, SEGES

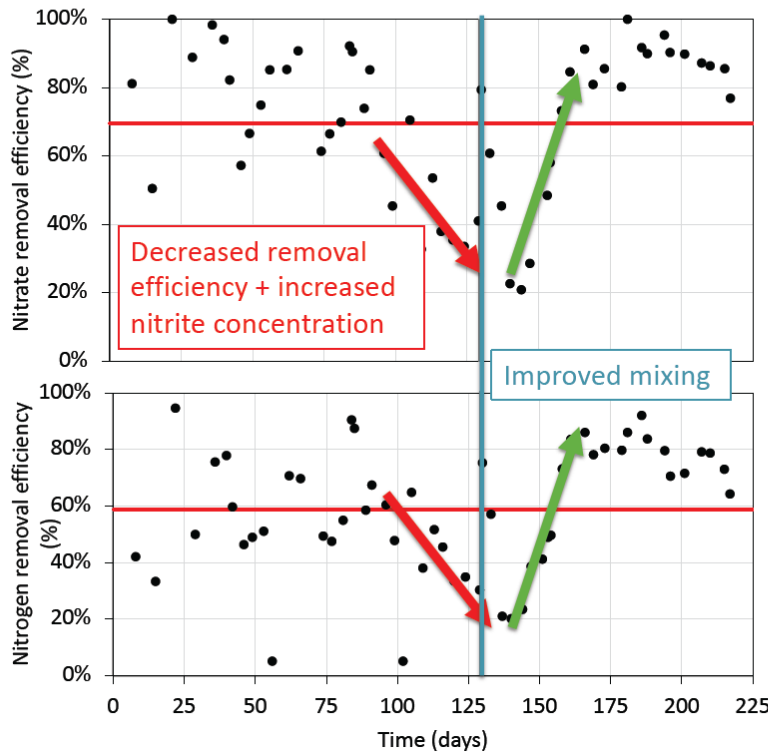
Lovende resultater – selv i kolde perioder

Den belgiske forskergruppe har indsamlet data fra afstrømnings sæsonen 2020/2021 og opnåede i den periode en TN fjernelseeffektivitet på 79 % (efter en optimering af systemet - se Figur 2) i afstrømningsperioden november-april.

Dette skete med baggrund i følgende nøgletal

- Total behandlet mængde af drænvand: 2.837 m³
- Flowrate fra 1,2 m³/dag til 24,5 m³
- Gennemsnitlig nitratkoncentration på 30.7 mg/L
- Maxtemperatur på 14,3 °C
- Minimumtemperatur på 6 °C
- MBBR-volume på 15 m³

Field Case – Tile drained fields



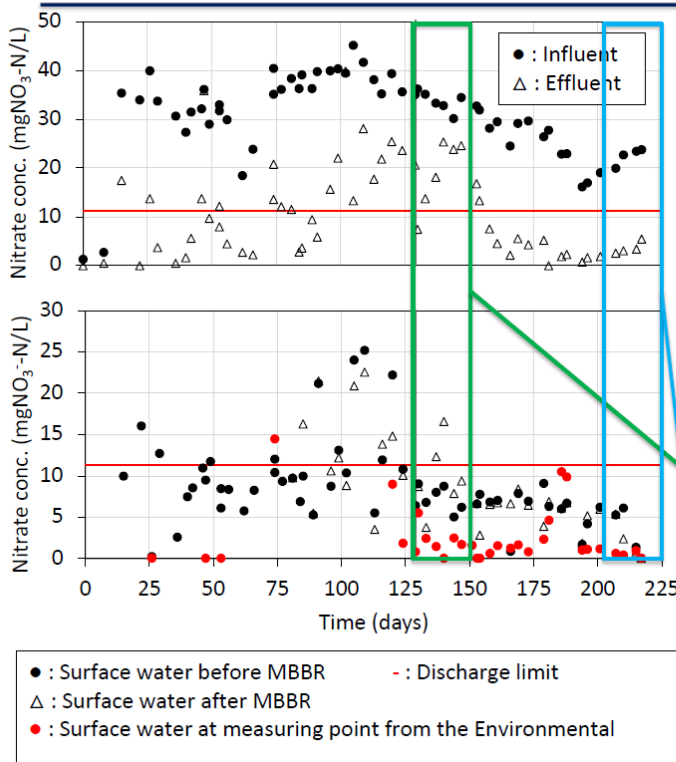
Removal efficiency

- Total period:
 - NO₃-N: 70%
 - TN: 60%
- Improved mixing:
 - NO₃-N: 87%
 - TN: 79%

Total nitrate removal

- 57.6 kg NO₃-N

Field Case – Tile drained fields



Moving Bed Bioreactor

- Influent
 - Average: 30.7 mgNO₃-N/L
 - Min: 16.2 mgNO₃-N/L
 - Max: 45.2 mgNO₃-N/L
- Effluent
 - Average: 10.8 mgNO₃-N/L
 - Min: 0 mgNO₃-N/L
 - Max: 39.9 mgNO₃-N/L

Effect on surface water

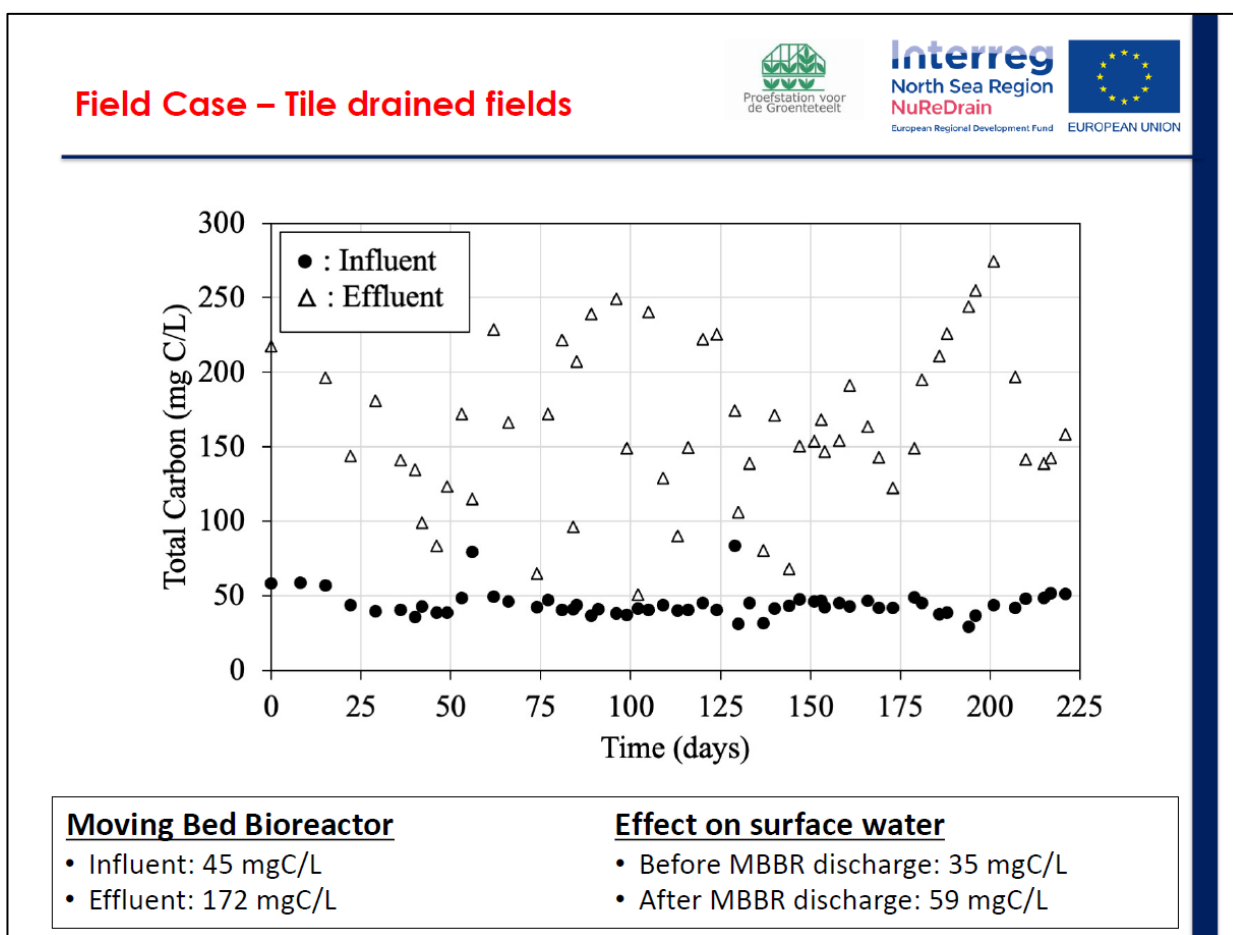
- If the removal efficiency is low, the nitrate concentration of the surface water increases
- At high removal efficiency, the nitrate concentration after the MBBR is similar or lower than before the MBBR.

Figur 2: Resultater fra afstrømningssæsonen 2020/2021

Perspektiver

Systemet rummer mange positive perspektiver. Først og fremmest er den høje kvælstoffjernelse, selv i de kolde perioder med høj afstrømning, værd at fremhæve sammen med den relative korte opholdstid der skal til for at opnå effekten. Den underjordiske placering sikrer, at temperaturen på vandet, der ledes ind og ud, holdes på et stabilt lavt niveau henover hele afstrømningssæsonen. Derudover fylder drænfilterløsningen ikke meget i landskabet, og derfor kan det passe ind mange steder. Dertil eksperimenteres der med mobile løsninger (f.eks. indbygget i containere), således en MBBR relativt let kan flyttes efter behov. Den begrænsede landskabelige påvirkning kan give en række fordele i en dansk kontekst i forhold til f.eks. beskyttelseslinjer og landskabelige hensyn. Omkostningen for etableringen af systemet er i den lave ende med en pris på 30.000 € (225.000 kr. + løbende omkostninger), hvis der sammenlignes med f.eks. de åbne minivådområder eller filtermatricerne i Danmark. Omkostningerne på 30.000 € er baseret på én etablering, og vil som led i en effektiviseringsproces kunne reduceres.

I forhold til implementering under danske forhold, har systemet også sine udfordringer og begrænsninger. Dels kræver den høje effekt, at de denitrificerende bakterier konstant bliver fodret med en tilførsel af let omsætteligt kulstof. I det belgiske setup blev der tilført omkring 2 kg. glycerol pr. kilo nitrat, der blev fjernet. Dette betød også, at der bliver ledt forøgede koncentrationer af kulstof ud i vandløbet som følge af MBBR-systemet. Se Figur 3.



Figur 3. Målinger af kulstof før og efter MBBR-systemet samt i vandløbet, som modtager det behandlede drænvand.

Tab af organisk materiale til vandmiljøet er ikke ønskeligt, da dette vil kunne medføre et forbrug af oxygen i vandløbet, og dermed en ringere vandkvalitet. Så derfor vil det under en tilpasning til danske forhold være nødvendigt med et filter, som renser vandet for kulstof før det ledes videre ud i systemet.

Derudover var systemet så effektivt, at oxygen i det behandlede drænvand i lange perioder i afstrømningssæsonen blev fuldstændigt omsat som følge heraf. Dette kan dog løses ved at sammentænke systemet med en form for iltningsbrønd, som man kender det fra danske minivådområder og filtermatricer.

Det ret tekniske setup med diverse pumper kræver også, at systemet har adgang til en form for strømkilde, hvilke kan blive en udfordring i Danmark, hvor nogle af disse systemer vil skulle etableres på afsidesliggende lokationer.



Billede 3. Vandløb/grøft som modtager det behandlede vand fra MBBR-systemet. Foto: Sebastian Zacho, SEGES

Det MBBR-system som den danske gruppe blev præsenteret for, modtog drænvand fra omkring 1,5 hektar med en samlet afstrømning på 2.837 m³. Danske minivådområder med et opland på 30-40 ha kan i løbet af en afstrømningssæson nå at modtage 15-20 gange så meget drænvand, men hvor indholdet af nitrat er meget mindre. Det skal derfor afklares, om selve konceptet er realistisk at opskalere til at kunne modtage meget mere drænvand. Forskergruppen på KU Leuven har modelleret MBBR-systemets designkrav i forhold til forskellige parametre som f.eks. indløbskoncentrationer, ønskede udløbskoncentrationer, temperatur, indløbsflow pr. dag og gjort det operationelt via et forholdsvis simpelt regneark.

SEGES har afprøvet regnearket (se Figur 4) med følgende specifikationer:

- Indløbskoncentration på 16 mg nitrat/L
- Ønsket udløbskoncentration på 4 mg nitrat/L
- Temperatur på 8 °C
- Indløbsflow på 412 m³ om dagen

MBBR design tool					
Influent NO ₃ concentration	(mg NO ₃ /L)	16			
Influent NO ₃ concentration	(mg NO ₃ -N/L)	4			
Target NO ₃ concentration	(mg NO ₃ /L)	4			
Target NO ₃ concentration	(mg NO ₃ -N/L)	1			
Water temperature	(°C)	8			
Filling grade MBBR AnoxKaldnes K5	(%)	30			
Design flow MBBR	(m ³ /day)	412	→	Needed MBBR volume	(m ³) 10,7
Design mass flow MBBR	(kg NO ₃ /day)	4,944		Total volume AnoxKaldnes K5	(m ³) 3,22
Design mass flow MBBR	(kg NO ₃ -N/day)	1,12		Total surface area AnoxKaldnes K5	(m ²) 2573
				HRT	(h) 1
Design Volume MBBR	(m ³)	10,7	→	Maximum mass flow MBBR	(kg NO ₃ -N/day) 1,11
Total volume AnoxKaldnes K5	(m ³)	3,21		Maximum flow MBBR	(m ³ /day) 411,2
Total surface area AnoxKaldnes K5	(m ²)	2568		HRT	(h) 1
Maximum denitrification rate @ influent temperature	(g NO ₃ -N/m ² .day)	0,43			
Maximum denitrification rate @ influent temperature	(g NO ₃ -N/m ³ .day)	347			
Carbon source demand (mass flow)	(kg COD/day)	8,937		8,920	
Carbo ST consumption per day	(L/day)	5,958		5,946	
Selenoid dosing pump setting	(%)	1%		1%	
Carbo ST cost per day	(€/day)	6,442		6,430	
	(€/m ³)	0,02		0,02	
Minimal P concentration of influent	(mg PO ₄ -P/L)	0,003			
P concentration of influent	(mg PO ₄ -P/L)	0,000			
P demand (mass flow)	(kg PO ₄ -P/day)	0,001303			
Carbo ST vessel volume	(L)	20			
mL of 75% H3PO4 addition to Carbo ST vessel	(mL)	13,6			

Figur 4. Skærmdump fra regneark til design af MBBR-system

Ifølge modellen betyder dette, at selve systemet skal have en volumen på 10,7 m³ (setuppet, som blev præsenteret i Belgien var på 15 m³) og en daglig tilsætning af knap 6 liter glycerol pr. dag (med en daglig omkostning på knap 50 kr.). Dette er i sig selv attraktive tal, men der skal tages et stort forbehold for, at modellen er kalibreret efter belgiske forhold (lavt flow og høje nitratkoncentrationer), hvor danske forhold vil være mere præget af højt flow og lave nitratkoncentrationer.

Forskergruppen fra KU Leuven har netop publiceret resultaterne fra MBBR-systemet i artiklen "[Low temperature Moving Bed Bioreactor denitrification as mitigation measure to reduce agricultural nitrate losses](#)" i tidsskriftet Science of the Total Environment og SEGES vil forsat holde øje med vidensdelingen på området ved at følge projektet NuReDrain.



STØTTET AF

Promilleafgiftsfonden for landbrug