

Een vergelijking van biofiltermedia

A. Kamstra, M. Nijhof en J.W. van der Heul

RIVO-DLO, IJMUIDEN

In recirculatiesystemen voor teelt van meerval en paling zoals we die in Nederland kennen, worden diverse soorten dragermaterialen gebruikt in de biologische filters. In eerste instantie is veelal gebruikt gemaakt van 'random media' in de vorm van ringen zoals Filterpak®. De laatste jaren zijn ook andere typen media zoals Bionet® (vertical-flow) en golfplaat-pakketten (cross-flow) in zwang geraakt. Deze media zijn met name geïntroduceerd om het probleem van verstoppingen, zoals dat bij gebruik van Filterpak kan op treden, te voorkomen. Bij het onderzoek naar nitrificatie in visteeltsystemen is in het verleden alleen gebruik gemaakt van Filterpak. Op basis van de uitkomsten van dit onderzoek zijn ook commerciële systemen met andere filtermaterialen gedimensioneerd. Hierbij werd er van uit gegaan dat de capaciteit per vierkante meter van de verschillende media identiek is.

Uit de waterzuiveringsliteratuur (Parker & Merrill, 1984; Richards & Reinhart, 1986; Harrison & Daigger, 1987) is echter bekend dat de configuratie van het filtermedium van invloed is op de nitrificatiecapaciteit. Dit effect wordt over het algemeen toegeschreven aan verschillen in gedrag van de waterstroom door het filter waardoor verschillen in de retentietijd worden geïnduceerd.

Informatie over de capaciteit van filtermedia is essentieel bij het ontwerpen of aanpassen van

systemen. Daarom is in het kader van lopend onderzoek naar de dimensionering van biologische filters ook aandacht aan effecten van media besteed. In dit artikel wordt in het kort verslag gedaan van de resultaten van dit onderzoek.

Proefopzet

Om een vergelijking tussen verschillende media te kunnen maken zijn een viertal biofilters met een inhoud van 60 liter aangesloten op het

Tabel 1. Gebruikte filtermedia met karakteristieken.

Naam	Producent	Configuratie	Specifiek opp. (m ² .m ⁻³)
Filterpak CR-50	Mass Transfer Int.	random	200
Bionet 200	NSW Umwelttechnik	vertical	160
Munters C 10.19	Munters	cross	136

bestaande zoetwaterrecirculatiesysteem van het RIVO. De waterzuivering in dit systeem bestaat uit een biologisch filter van 2.5 m³ gevuld met Filterpak CR-50 en een Triangelfilter®. Ten behoeve van het waterzuiveringsonderzoek wordt een populatie aal aangehouden die een voedergift van 4 tot 8 kg per dag verwerkt. De waterkwaliteit in het systeem en de belasting van de filters is ruwweg gelijk aan die onder praktijkomstandigheden. De biofilters zijn gevoed met water uit de aanvoer van het tricklingfilter dat middels een sproeiarm wordt verdeeld. De hydraulische belasting van de filters (bovenoppervlak) bedroeg ca. 150 m³.m².dag⁻¹. De filters zijn opgebouwd uit een buis van PVC met een diameter van 30 cm met daarin een laag van 85 cm filtermedium. In tabel 1 zijn de geteste media met enkele karakteristieken vermeld.

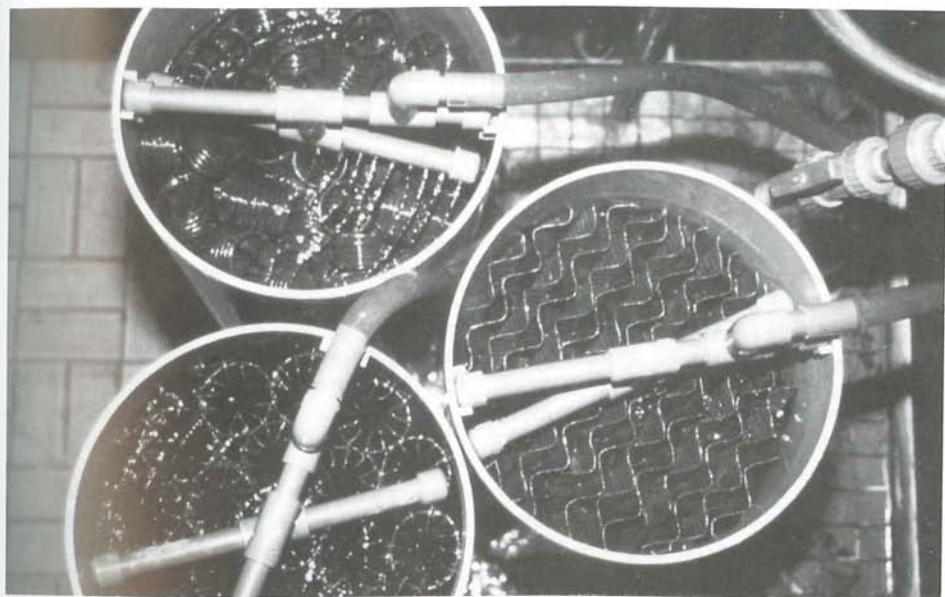
De in de tabel genoemde media zijn allen als tricklingfilter getest.

In figuur 1 wordt een bovenaanzicht van deze filters gegeven.

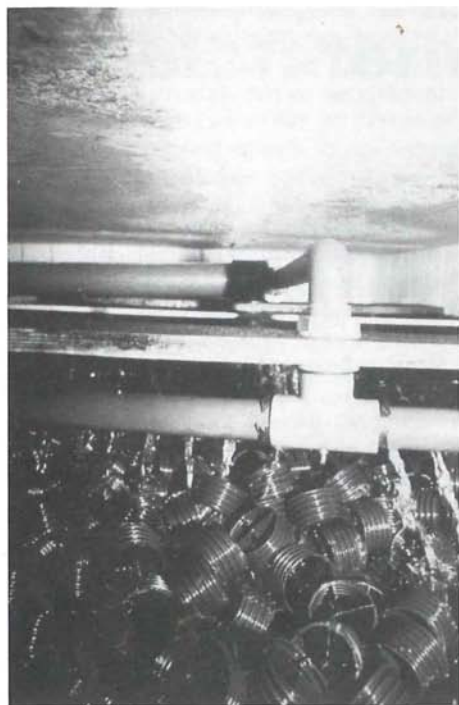
Daarnaast is onderzoek verricht aan een filter met Bionet uitgevoerd als 'downflow submerged filter'. Op dag 0 zijn de filters met nieuw filtermateriaal op het systeem aangesloten. Op dag 60, 95, 109 en 143 is de nitrificatiecapaciteit van de diverse filters doorgemeten. Het submerged filter is op dag 109 éénmaal op de normale manier doorgemeten waarna het filter is afgelaten en schoongespoeld. Vervolgens is aan dit 'schone' filter een meting verricht. In de praktijk worden submerged filters regelmatig teruggespoeld. Bovengenoemde meting kan laten zien in welke mate er daardoor verschillen in nitrificatiecapaciteit kunnen ontstaan.

Voor iedere meetcyclus werden de filters van het recirculatiesysteem losgekoppeld en aan

Figuur 1. Bovenaanzicht van 3 proeffilters. Foto: A. Kamstra, RIVO IJmuiden.



gesloten op een opstelling zoals weergegeven in figuur 2.



Figuur 2. Meetopstelling voor bepaling van de nitrificatiecapaciteit. Foto: M. Nijhof, RIVO IJmuiden.

De methode om de omzettingssnelheid van ammonium te meten is in principe gelijk aan de methode die voor batch experimenten is gebruikt door Nijhof en Bovendeur (1990). De pompbak van het meetsysteem wordt met 40 liter systeemwater gevuld. In dit water wordt een hoeveelheid ammoniumchloride opgelost resulterend in een ammoniumconcentratie van ca. 5 g.m^{-3} . Het water wordt over de filterkolom gepompt en op regelmatige tijdstippen worden watermonsters uit de pompbak genomen. Deze procedure werd voor elk filter tweemaal uitgevoerd op iedere monsterdag.

Aan deze monsters is de ammoniumconcentratie en in sommige gevallen de nitrietconcentratie bepaald. Uit de afname van de concentratie kan de omzettingssnelheid van ammonium berekend worden volgens:

$$r = (C_{t_1} - C_{t_2}) \times V \times \Delta t^{-1} \times A^{-1}$$

waarin:

r : de omzettingssnelheid van ammonium ($\text{g NH}_4\text{-N.m}^{-2}.\text{dag}^{-1}$)

C_t : de concentratie op tijdstip t (g.m^{-3})

V : het totale watervolume (m^3)

Δt : het tijdsinterval tussen opeenvolgende bemonsteringen (dag)

A : het totale oppervlak van het filtermedium (m^2)

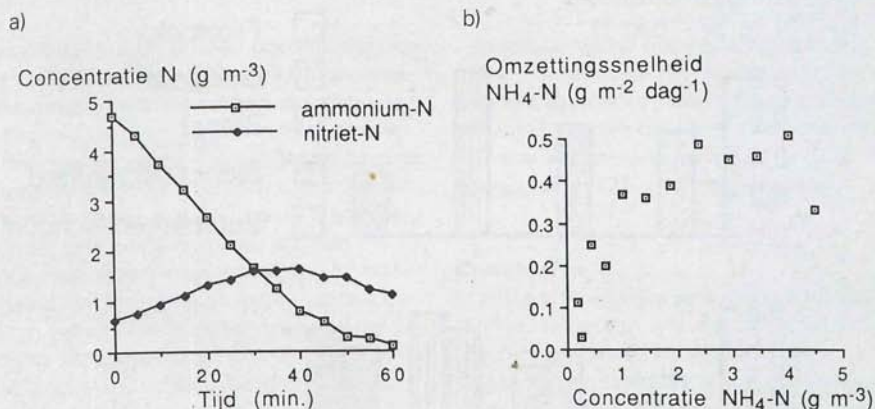
Het debiet waarbij de metingen zijn uitgevoerd bedroeg ca. $275 \text{ m}^3.\text{m}^2.\text{dag}^{-1}$ (bovenoppervlak). De watertemperatuur werd middels een verwarmingselement op ca. $25 \text{ }^\circ\text{C}$ gehouden. Het zuurstofgehalte in de pompbak werd door beluchten op 8.0 tot 8.5 g.m^{-3} (verzadiging) gehouden.

Op dag 155 is de omzettingssnelheid met Filterpak eveneens gemeten door middel van continue dosering van ammoniumchloride middels een doseerpomp. Hierbij is over een periode van twee uur getracht een concentratie van respectievelijk 1 en $4 \text{ g.m}^{-3} \text{ NH}_4\text{-N}$ in de meetopstelling te handhaven. De snelheid van de doseerpomp wordt daarbij ingesteld op de berekende omzettingssnelheid van ammonium. Op regelmatige tijdstippen zijn watermonsters uit de pompbak verzameld waarvan het ammonium- en het nitrietgehalte is bepaald. Langs deze weg kan ook meer inzicht verkregen worden in de omzettingssnelheid van nitriet in relatie tot de verwijdering van ammonium.

Resultaten en discussie

In figuur 3 wordt een voorbeeld gegeven van het verloop van de ammonium- en nitrietconcentratie tijdens een meting en de daaruit berekende omzettingssnelheid van ammonium in relatie tot de concentratie.

Figuur 3a,b. Het verloop van de concentratie ammonium-N en nitriet-N tijdens een meetcyclus met Filterpak op dag 95 (a) en het hieruit berekende verband tussen de omzettingssnelheid van ammonium en de gemiddelde concentratie (b).



Bij hoge ammoniumconcentraties is er sprake van een constante omzettingssnelheid resulterend in een rechtlijnige afname van de concentratie. In dit traject is de omzettingssnelheid niet beperkt door de ammoniumconcentratie of door de totale verwijderingscapaciteit van de biofilm, bepaald door de maximale activiteit van de aanwezige nitrificerende bacteriën. Deze snelheid wordt in vaktiaal aangeduid met nulde-orde-kinetiek.

Bij lagere ammoniumconcentraties neemt de omzettingssnelheid af. In dit traject wordt de omzettingssnelheid gelimiteerd door de diffusiesnelheid van ammonium in de biofilm. Deze diffusiesnelheid is rechtevenredig met de wortel uit de ammoniumconcentratie (halfde-orde kinetiek).

Een opvallend verschijnsel, dat bij alle media werd geconstateerd ook na langdurige adaptatie, is de toename van de nitrietconcentratie bij nulde-orde verwijdering van ammonium gedurende een nitrificatie-experiment.

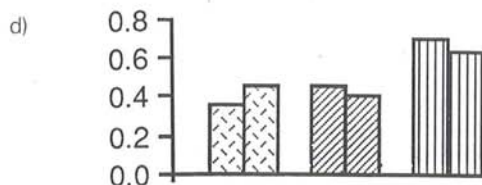
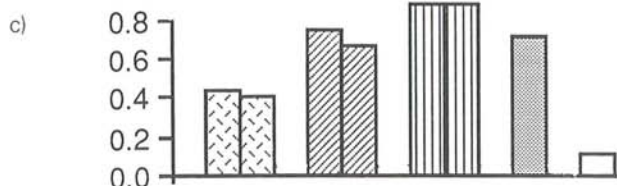
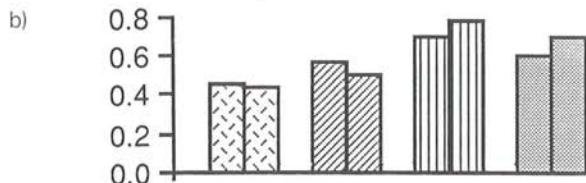
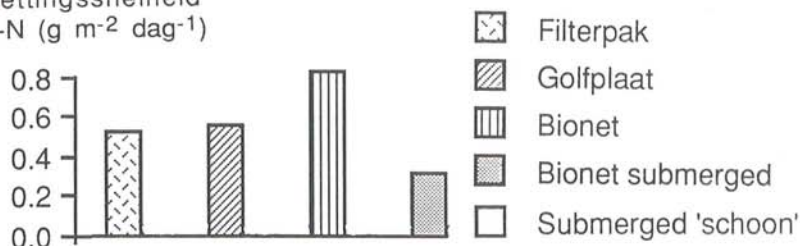
In figuur 4 (zie volgende pagina) zijn voor de verschillende media de gemeten omzettingssnelheden weergegeven. Hiertoe is van elke meetcyclus (duplo per monsterdatum) de gemiddelde omzettingssnelheid bij ammoniumconcentraties groter dan 2.5 g m⁻³ berekend.

Uit figuur 4 blijkt dat er aanzienlijke verschillen in de gemeten omzettingssnelheid van ammonium voor de diverse typen media bestaan. Globaal is de rangorde Bionet, Golfplaat, Filterpak. De verschillen tussen bijvoorbeeld Bionet en Filterpak liggen in de range van 70 tot 100%. De gevonden rangorde in omzettingssnelheid blijkt ook van toepassing bij lagere omzettingssnelheden (halfde-orde).

Voor de praktijk is het tevens nuttig om de capaciteit per kubieke meter filtermateriaal te kennen. Wanneer we de waarden uit grafiek 4 voor Filterpak, Bionet en Golfplaat respectievelijk vermenigvuldigen met 200, 160 en 136 dan levert dit de capaciteit in g N.m⁻³.dag⁻¹. De verschillen tussen de media worden dan iets minder uitgesproken. Zoals gezegd zijn de ver-

Figuur 4. De (nulde-orde) omzettingssnelheid van ammonium gemeten met diverse filtermedia. a,b,c,d metingen op respectievelijk dag 60, 95, 109 en 143.

a) Omzettingssnelheid
 $\text{NH}_4\text{-N}$ ($\text{g m}^{-2} \text{dag}^{-1}$)



Handwritten notes:
 - Hoe snel te ontwikkelen
 - Bionet is het beste
 - Submerged is het beste
 - dat

schillen in capaciteit waarschijnlijk terug te voeren naar verschillen in retentietijd afhankelijk van het type medium. Dit uit zich ook in grote verschillen in de hoeveelheid water die in de filters aanwezig zijn.

Het submerged filter met Bionet heeft meer tijd nodig om te ontwikkelen en blijft uiteindelijk in capaciteit slechts weinig bij het trickling-filter met Bionet achter. Uit visuele waarnemingen blijkt dat het submerged filter vergele-

ken met de tricklingfilters in veel sterkere mate slib vasthoudt. Het schoonmaken van het submerged filter resulteert in een drastische daling van de capaciteit.

De duplo metingen op een bepaald tijdstip geven vergelijkbare resultaten. De omzettingssnelheid op de verschillende monsterdata voor een bepaald medium varieert echter aanzienlijk. Hoewel het aantal waarnemingen op dag 60 beperkt is kan geconstateerd worden dat reeds na 60 dagen met de meeste media een maximale activiteit bereikt kan worden.

De gemeten omzettingssnelheid met Filterpak is relatief laag vergeleken met waarden bepaald in batch-experimenten met het zelfde medium. Omdat de media in dit onderzoek onder identieke omstandigheden zijn getest is alleen het onderlinge vergelijk valide.

Op dag 155 is de omzettingssnelheid van ammonium met Filterpak gemeten met behulp van een continue dosering van ammonium.

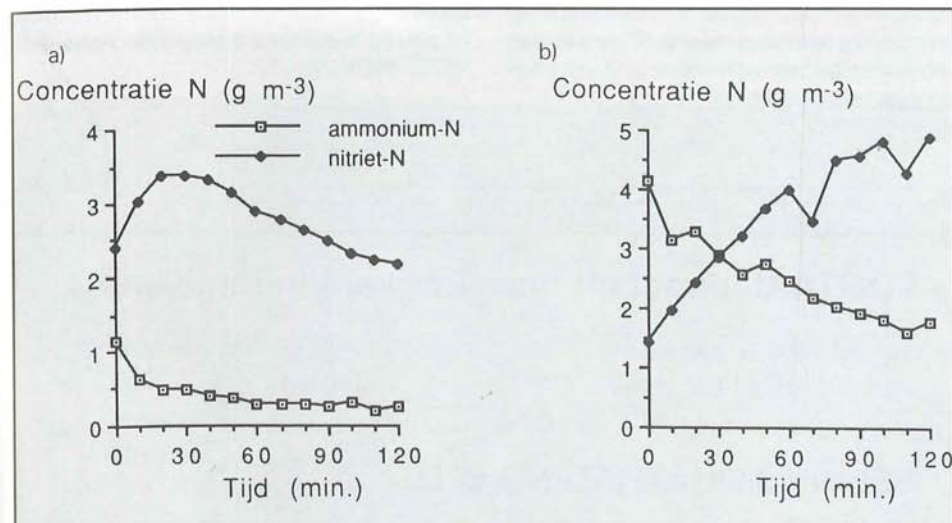
Op basis van voorgaande metingen is de benodigde dosis berekend waarmee een constante ammoniumconcentratie van 1 en 4 $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ zou kunnen worden bereikt. In figuur 5 zijn de resultaten van de metingen weergegeven.

Uit figuur 5 blijkt dat in beide gevallen de omzettingssnelheid is onderschat gezien het feit dat de concentratie $\text{NH}_4\text{-N}$ daalt. Uit het verloop van de concentratie in figuur a en b kan berekend worden dat de omzettingssnelheid 0.47 in plaats van 0.40 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{dag}^{-1}$ en 0.36 i.p.v. de geschatte 0.21 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{dag}^{-1}$ bedroeg.

Conclusies

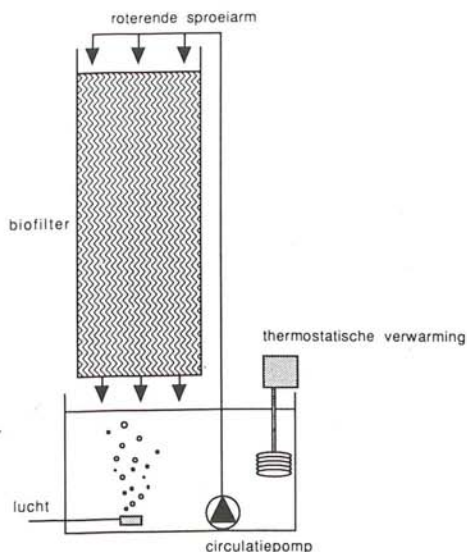
Er bestaan belangrijke verschillen in nitrificatiesnelheid bij gebruik van verschillende tricklingfiltermedia. Tussen de geteste media kan de volgende rangorde onderscheiden worden: Bionet, Golfplaat, Filterpak. Met een submerged filter met Bionet kunnen bij gebruik van een zelfde type medium globaal genomen vergelijkbare omzettingssnelheden bereikt worden.

Figuur 5. Het verloop van de concentratie ammonium-N en nitriet-N tijdens continue dosering van ammonium aan een tricklingfilter met Filterpak. Dosering 0.21 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{dag}^{-1}$ (a) en 0.40 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{dag}^{-1}$ (b).



Aanbevelingen voor verder onderzoek

Voor bestaande bedrijven kunnen aanpassingen op het gebied van het management en het ontwerp van de biologische filters nuttig zijn om de productiecapaciteit te vergroten en/of de waterkwaliteit te verbeteren. Gezien de



verstoppingsproblemen met Filterpak kan voor sommige bedrijven vervanging van filtermateriaal interessant zijn.

Om bovenstaande ideeën te testen is het nodig om op bedrijven bestaande biofilters te evalueren. Met behulp van dergelijk onderzoek kan voor de verschillende typen systemen aangegeven worden hoe waterkwaliteit en productie geoptimaliseerd kunnen worden.

Literatuur

Harrison, J.R. en G.T.Daigger (1987). *A comparison of trickling filter media*. Journal WPCF 59(7): 679-685.

Kamstra, A, van der Heul, J.W. en J.J.Kesteloo (1990). *Metingen aan waterkwaliteit, vuilproductie en vuilverwijdering in een semi-praktijkstelsel voor palingteelt*. RIVO-rapport AQ 90-10.

Nijhof, M en J.Bovendeur (1990). *Fixed film nitrification characteristics in sea water recirculating fish culture systems*. Aquaculture 87: 133-143.

Parker, D.S. en D.T.Merrill (1984). *Effect of plastic media configuration on trickling filter performance*. Journal WPCF 56(8): 955-961.

Richards, T. en D.Reinhart (1986). *Evaluation of plastic media in trickling filters*. Journal WPCF 58(7): 774-783.

(advertentie)

POOTAAL direct uit onze kwekerij in Engeland

2 gram: Hfl.0,36 per stuk

3 gram: Hfl.0,41 per stuk

prijzen incl. transport bij
afname van 50.000 stuks

EELINE AQUATRADING LTD

tel. 02260-16551
fax 02260-18557