

global specialist in horticulture

EINDRAPPORTAGE VERMIFILTRATIE 2021

ROYAL BRINKMAN

DOOR: Dennis van der Wiel, Maarten Casteleijn, Koen Bol, Maartje Jung & Friso van de Waal

Inhoud

| | |
|--------------------------------------|----|
| Aanleiding..... | 3 |
| Doel van het project..... | 4 |
| Plan van aanpak..... | 4 |
| Methode | 4 |
| Watersysteem | 4 |
| Substraat | 5 |
| GBM's | 6 |
| Meetmethode proef 1 | 6 |
| Meetmethode proef 2 | 6 |
| Resultaten proef 1 | 7 |
| Resultaten proef 2..... | 10 |
| Resultaten bodemanalyse | 12 |
| Discussie | 14 |
| Vervolg..... | 16 |

Aanleiding

Nagenoeg nul-emissie. Dit is de stip op de horizon om de glastuinbouwsector te laten voldoen aan de Europese waterkwaliteitsnormen waarbij er in 2027 nagenoeg geen emissies van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen (GBM) naar het (oppervlakte) water geloosd worden. De afgelopen jaren hebben flinke vooruitgang laten zien in de afname van gewasbeschermingsmiddelen in het oppervlakte water ([waterkwaliteitsrapportage HH Delfland, 2018](#)). Installaties om GBM's mechanisch af te breken vragen een flinke financiële investering van telers terwijl dit ook op een andere biologische manier kan. De WUR doet al onderzoeken om dit met bacteriën te doen waarbij positieve resultaten bereikt zijn, maar deze resultaten zijn voldoen nog niet aan de wettelijke eisen van 95% afbraak ([Glastuinbouwwaterproof, 2019](#)). Middels dit onderzoek willen we aantonen dat dit in een praktijksituatie wel mogelijk is en wat de commerciële potentie is voor een biologisch GBM filter.

Daarnaast is er een groei in het gebruik van biologisch filters zoals o.a. de [Biobac](#) en het telerscollectief 'West 10'. Zo werkt Onderwaterboeren B.V. aan een biologisch filter primair gericht op het verwijderen van nutriënten. Voor een brede toepassing van biologische filters zullen GBM ook afgebroken moeten worden.

Om die reikwijdte te vergroten naar kassen die wel GBM's toepassen en de mogelijkheid om alle GBM's af te breken biedt dit onderzoeksvoorstel de mogelijkheid om deze af te breken met behulp van wormenfilter of zogeheten: vermifiltratie te testen. Wormen breken zelf geen pesticides af, maar doen dat middels de microbiologie (bacteriën en schimmels). Wormen zorgen wel voor de ideale omstandigheden voor bacteriën om pesticides af te breken. Wetenschappelijke publicaties tonen aan dat vermifiltratie GBM's kan afbreken ([Jiang et al, 2016](#)). Hoewel deze studies vaak op stedelijk afvalwater onderzocht zijn met positieve resultaten, vraagt dit om dezelfde filtratie techniek te testen op afvalwater uit de glastuinbouw. Daarin wetende dat het binden van GBM's door microbiologie zal plaatsvinden (wormen drinken namelijk geen water), is de hypothese dat de biologie van de worm het proces zal versnellen. Want als het lukt om alle GBM's biologisch af te breken, dan kan dat grote impact hebben hoe de glastuinbouw water behandeld.

De wetenschappelijke review van [Huang et al \(2018\)](#) omschrijft de werking van de afbraak van gewasbeschermingsmiddelen. Het gaat door middel van een "enzymatic reaction", waarbij het GBM deeltje in het micro-organisme komt waarna enzymen het deeltje afbreken. Dit enzym kan helaas gedeactiveerd worden door de adsorptie van GBM's aan de bodem en de immobiliteit van de enzymen. Wormen bieden hier de oplossing doordat ze de bodem waar de adsorptie van GBM deeltjes heeft plaatsgevonden kunnen verwerken tot bruikbare organische stof dat de microbiologie omzet tot anorganische stoffen.

De snelheid van microbiologische afbraak hangt sterk af van de temperatuur, pH, beschikbare nutrienten en ook de moleculaire structuur van de pesticide. Als deze structuur simpel is dan wordt deze afgebroken zodra deze geïntroduceerd is, maar als de structuur groter is dan duurt de afbraak ook langer ([Arbeli & Fuentes, 2007](#))

Doel van het project

Dit project ontwikkeld de aanpak om gewasbeschermingsmiddelen via vermifiltratie af te breken. Hierbij stelt het project de volgende onderzoeksvragen voor:

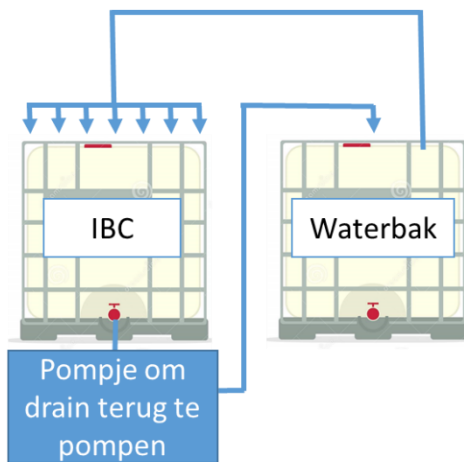
1. Kan vermifiltratie GBM's tot 95% afbreken?
2. Welke GBM kan vermifiltratie afbreken?
3. Wat zijn de parameters die invloed hebben op het functioneren van de vermifilter in de glastuinbouw?

Via deze onderzoeksvragen kan een (optimale) praktische uitvoerbare aanpak geformuleerd worden om vermifiltratie in de kas toe te passen.

Plan van aanpak

Methode:

De opstelling bestaat uit een IBC met een 500 liter waterbak eronder. De IBC functioneert als de bioreactor met daarin het substraat en de wormen. De controleopstelling is identiek aan de proefopstelling, alleen dan zonder introductie van wormen.



Watersysteem

Het water circuleert van de waterbak naar de IBC. Het uitspoelen van de IBC naar de waterbak gebeurt passief door middel van zwaartekracht. Er vindt ook geen spoeling plaats van het filter. In het systeem zal een totaal

van 500 liter aanwezig zijn. Dit wordt bepaald door eerst de waterbak te vullen tot 500 liter. Dan wordt er in een dag 300 liter water toegevoegd aan de IBC die dan een gevuld substraat heeft. De IBC wordt over een periode van twee dagen gedraaid om de field capacity van het substraat te bepalen. Het overgebleven water dat in de waterbak zit wordt dan als referentiepunt gebruikt. Mocht er dan door verdamping water uit het systeem raken, dan wordt het systeem aangevuld tot het referentiepunt. Tijdens de proef wordt het aanvullen van water goed bijgehouden om dit mee te nemen in de berekening van de verdunning van GBM's.

De hydrologische belasting op het systeem wordt zo gesteld dat al het water om de 72 uur door het hele systeem gaat. Dit betekent dat er 500 liter per 72 uur wordt toegediend. Dat komt in praktijk overeen met 500 mm besproeiing in 72 uur, dat is veel in vergelijking met regenval op opengrond. Echter, is een hoog zuurstofgehalte wenselijk in de IBC. De 72 uur is gelijk aan de methode van de proeven van de WUR. De temperatuur in de waterbak wordt op 25 graden gehouden, en er wordt continu zuurstof toegediend om het zuurstof in het water hoog te houden. In het watersysteem wordt kraanwater toegepast.

Substraat

Uit vooronderzoek (Jan 2020 – Maart 2020) is er gezocht of synthetisch substraat (zoals filterschuim) geschikt zijn voor een vermifiltratie. Hieruit blijkt dat synthetisch materiaal niet geschikt is. De conclusie uit het vooronderzoek is dat we toch met organisch materiaal gaan werken om de meest ideale omstandigheden voor de worm te creëren. Dit betekent wel dat we bodemmonsters moeten analyseren omdat gewasbeschermingsmiddelen zich binden aan organisch materiaal.

Voor het substraat is gekozen om de Biobac reactor na te bootsen. Waarbij we voor 50% gehakseld stro gaan (dat voor een luchtige bodem zorgt), 40% potgrond (organisch materiaal waar de worm zich goed in kan bevinden) en 10% ge-ent materiaal waar de microbiologie in zit die GBM's af kunnen breken. Dit laatste is (1) boezembodem van een gebied waar veel GBM's gebruikt worden, (2) slibmateriaal van een afvalwaterzuivering en (3) organisch materiaal van filterdoeken bij tuinders. De gehele substraat wordt homogeen in de IBC toegediend.

Verder krijgen we wormen 1x per week voeding. De hoeveelheden worden overlegd met de wormenleverancier MeGrow.



GBM's

De GBM's worden alle tegelijk toegevoegd. Dit is gekozen omdat ze dat ook bij de WUR hanteerde. De gekozen GBM's en de verdunning zijn als volgt:

| Type GBM (merknaam) | Actieve stof | Toevoegen aan 1000L (Standaard water) | Toevoegen aan 500 L (Standaard Water) | Concentratie in Standaard Water |
|---------------------|----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| Vertimec Gold | Abamectine | 2,8 mL | 1,4 mL | 50 ug/L |
| Collis | Boscalid + kresoxim-methul | 50 uL | 25 uL | 10 ug/L 5 ug/L |
| Rovral Aquaflo | Iprodion | 100 uL | 50 uL | 50 ug/L |
| Sumicidin Super | Esfenvaleraat | 400 uL | 200 uL | 10 ug/L |
| Admire | Imidacloprid | 6 mg | 3 mg | 4 ug/L |
| Tracer | Spinosad | 21 uL | 10,5 uL | 10 ug/L |
| Runner | Methoxyfenozide | 42 uL | 21 uL | 10 ug/L |
| Pirimor | Pirimicarb | 4 mg | 2 mg | 50 ug/L |
| Plenum 50 WG | Pymetrozine | 100 mg | 50 mg | 50 ug/L |
| Rizolex | Tolclofos-methyl | 6 uL | 3 uL | 3 ug/L |

De GBM's en de dosering zijn gekozen aan de hand van wat er in [Standaard Water](#) wordt toegevoegd.

Meetmethode proef 1

Er wordt getest op GBM's in het water. De meetdata zijn als volgt:

| Datum | Omschrijving | Dagen | Opmerking |
|------------|--------------------|----------|------------------------|
| 20-10-2010 | Start proef | | |
| 23-10-2010 | 72 uur na start | 3 dagen | |
| 26-10-2010 | 2x 72 uur na start | 6 dagen | |
| 30-10-2020 | 4x 72 uur na start | 11 dagen | Ivm weekend dag eerder |
| 6-11-2020 | | 18 dagen | Week later |
| 27-11-2020 | | 39 dagen | 3 weken later |

De wateranalyses worden uitgevoerd door Eurofins. De monsters worden genomen van het water in het opvangbassin in een glazen 500ml fles. Deze worden gekoeld en in het donker opgeslagen en vervoerd.

Meetmethode proef 2

Een vervolgprouf is uitgevoerd om door middel van kortere intervallen beter inzicht te krijgen in afbraak in de eerste dagen na toediening GBM.

De vervolgprouf volgt dezelfde methode als proef 1. Afwijkend is het schema van metingen. Dat is als volgt:

| Datum | Omschrijving | Dagen |
|------------|--------------------|-------|
| 27-05-2021 | Start proef | 0 |
| 29-05-2021 | 48 uur na start | 2 |
| 31-05-2021 | 2x 48 uur na start | 4 |
| 02-06-2021 | 3x 48 uur na start | 6 |
| 04-06-2021 | 4x 48 uur na start | 8 |
| 09-06-2021 | 5 dagen later | 13 |
| 11-06-2021 | 7 dagen later | 20 |

Resultaten proef 1

Uit de resultaten van de analyses van Eurofins van proef 1 als in tabel x. blijkt voor zowel de proef met wormen als de controleproef zonder wormen, dat bij de eerste meting (72 uur na toediening GBM) variërend 1% tot 10% van de startconcentratie kan worden teruggevonden in de analyse. Na 6 dagen na toediening GBM (26-10-20) worden Fenvalerate, Abamectin, Pirimicarb en Spinosad niet meer waargenomen in de analyse. Kresoxim-methyl en tolcofos-methyl worden op 26-10-20 ook niet waargenomen, maar worden wel waargenomen in de daaropvolgende metingen in zeer lage concentraties ten op zichten van de startconcentratie en de meting 3 dagen na toediening.

Bij de proef met wormen is een verhoging in concentratie van Boscalid en Methoxyfenozide zichtbaar 3 dagen na toediening GBM: 13 ug/L. Waar deze bij de proef met wormen juist afneemt. 6 dagen na toediening GBM is de waargenomen concentratie Boscalid en Methoxyfenozide respectievelijk 0,33 ug/L en 0,34 ug/L

| Zonder Wormen | Concentraties STD Water | voor GBM | 3 dagen na GBM | 26-10-20 | 30-10-20 | 6-11-20 | 27-11-20 |
|-------------------------------|-------------------------|----------|----------------|----------|----------|---------|----------|
| Fenvalerate (RR-/SS-Isomers)* | 10* | | 1,1 | | | | |
| Fenvalerate (RS-/SR-Isomers)* | 10* | | 0,84 | | | | |
| Kresoxim-methyl | 5 | | 2,7 | | 0,048 | 0,08 | 0,046 |
| Tolcofos-methyl | 3 | | 1,5 | | >10 | 7 | 5 |
| Abamectin | 50 | | 0,35 | | | | |
| Boscalid | 10 | | 13 | 0,33 | 0,34 | 0,16 | 0,077 |
| Methoxyfenozide | 10 | | 13 | 0,34 | 1,4 | 0,77 | 0,6 |
| Pirimicarb | 2 | 0,35 | 0,24 | | | | |
| Spinosad (sum) | 10 | | 0,18 | | | | |

| Met wormen | Concentraties STD Water | voor GBM | 3 dagen na GBM | 26-10-20 | 30-10-20 | 6-11-20 | 27-11-20 |
|-------------------------------|-------------------------|----------|----------------|----------|----------|---------|----------|
| Fenvalerate (RR-/SS-Isomers)* | 10* | | 1,4 | | | | |
| Fenvalerate (RS-/SR-Isomers)* | 10* | | 0,91 | | | | |
| Kresoxim-methyl | 5 | | 1,4 | | 0,05 | 0,04 | |
| Tolcofos-methyl | 3 | | 0,95 | | >10 | 4,5 | 2 |
| Abamectin | 50 | | 0,31 | | | | |
| Boscalid | 10 | | 5,1 | | 0,17 | 0,1 | 0,041 |
| Methoxyfenozide | 10 | | 11 | 0,45 | 1,5 | 0,89 | 0,4 |
| Pirimicarb | 2 | 0,094 | 0,26 | | | | |
| Spinosad (sum) | 10 | | 0,17 | | | | |

Uit tabel x waarin de concentraties GBM 3 dagen na toediening worden vergeleken tussen de proef zonder wormen met de proef met wormen blijkt dat Fenvalerate en Pirimicarb in hogere concentraties is gevonden in de proef met wormen en dat alle overige GBM in lagere concentraties waarneembaar zijn bij de proef met de

wormen. Doordat er geen herhalingen van de proef zijn uitgevoerd is het niet mogelijk om de variatie en de standaardafwijking te bepalen.

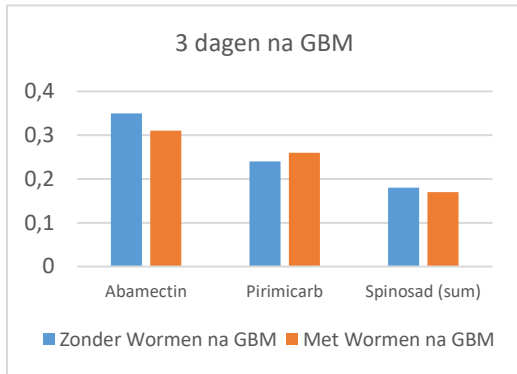
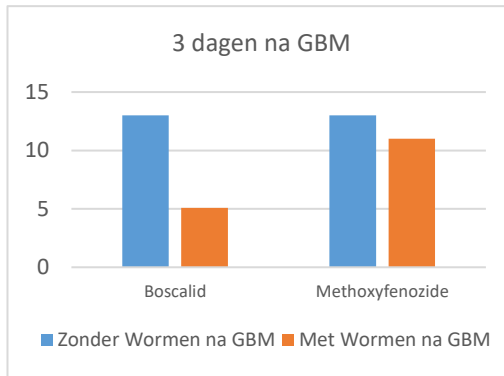
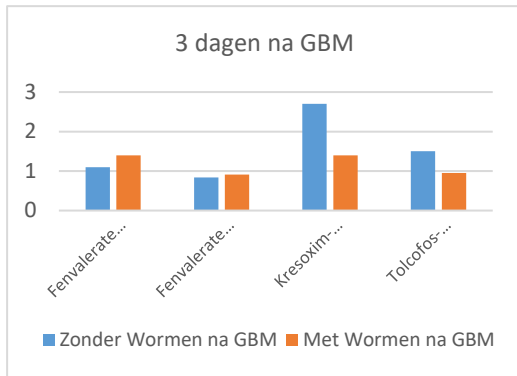
| 3 dagen na toediening GBM | Startconcentratie | Zonder Wormen | Met Wormen |
|------------------------------|-------------------|---------------|------------|
| Fenvalerate (RR-/SS-Isomers) | 10* | 1,1 | 1,4 |
| Fenvalerate (RS-/SR-Isomers) | 10* | 0,84 | 0,91 |
| Kresoxim-methyl | 5 | 2,7 | 1,4 |
| Tolcofos-methyl | 3 | 1,5 | 0,95 |
| Abamectin | 50 | 0,35 | 0,31 |
| Boscalid | 10 | 13 | 5,1 |
| Methoxyfenozide | 10 | 13 | 11 |
| Pirimicarb | 2 | 0,24 | 0,26 |
| Spinosad (sum) | 10 | 0,18 | 0,17 |

Wanneer er wordt gekeken naar de verschillen in concentraties GBM in de analyse van 3 dagen na toediening is er wel verschil waarneembaar tussen de proef met en zonder wormen. Bij de proef met wormen is een hogere concentratie waarneembaar van: Fenvalerate RR-/SS-Isomers (27,3%), Fenvalerate RS-/SR-Isomers (8,3%) en Pirimicarb (8,3%). De overige GBM zijn in lagere concentratie waarneembaar in de proef met wormen. Variërend van -5,6% tot -60,8%. Gemiddeld is er in de proef met wormen +/- 15% minder GBM aangetroffen dan in de proef zonder wormen.

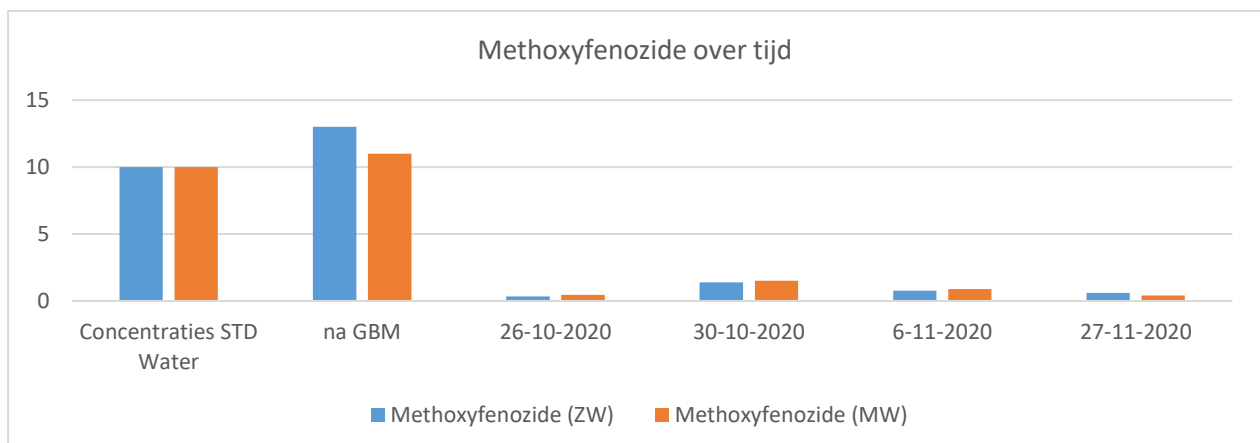
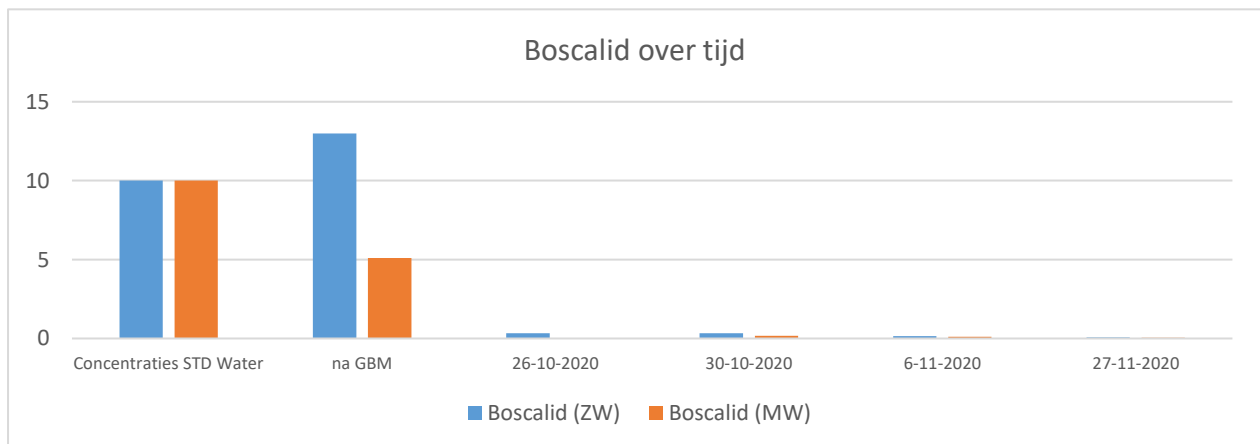
| 3 dagen na toediening GBM | Zonder Wormen | Met Wormen | |
|------------------------------|---------------|------------|--------|
| Fenvalerate (RR-/SS-Isomers) | 1,1 | 1,4 | 27,3% |
| Fenvalerate (RS-/SR-Isomers) | 0,84 | 0,91 | 8,3% |
| Kresoxim-methyl | 2,7 | 1,4 | -48,1% |
| Tolcofos-methyl | 1,5 | 0,95 | -36,7% |

| 3 dagen na toediening GBM | Zonder Wormen | Met Wormen | |
|---------------------------|---------------|------------|--------|
| Boscalid | 13 | 5,1 | -60,8% |
| Methoxyfenozide | 13 | 11 | -15,4% |

| 3 dagen na toediening GBM | Zonder Wormen | Met Wormen | |
|---------------------------|---------------|------------|--------|
| Abamectin | 0,35 | 0,31 | -11,4% |
| Pirimicarb | 0,24 | 0,26 | 8,3% |
| Spinosad (sum) | 0,18 | 0,17 | -5,6% |



De resultaten laten zien dat in de proef met wormen als in de proef zonder wormen de grootste afname van GBM plaats vindt in de eerste week na toediening van GBM.



Resultaten proef 2

Uit de resultaten van de analyses van Eurofins van proef 2 als in tabel x. blijkt voor zowel de proef met wormen als de controleproef zonder wormen, dat bij de eerste meting (48 uur na toediening GBM) variërend 1% tot 30% van de startconcentratie kan worden teruggevonden in de analyse.

De verhoging in concentratie Boscalid en Methoxyfenozide die waarneembaar was bij proef 1 is niet teruggevonden in proef 2.

| Met Wormen | Start | 29-mei | 31-mei | 2-jun | 4-jun | 9-jun | 11-jun |
|----------------------------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|
| Fenvalerate RR-/SS-Isomers | 10 | 0,17 | 0,05 | - | - | - | - |
| Fenvalerate RS-/SR-Isomers | 10 | 0,16 | 0,044 | - | - | - | - |
| Kresoxim-Methyl | 5 | 1,2 | 0,37 | 0,17 | 0,053 | - | - |
| Tolclofos-Methyl | 3 | 1,1 | 0,28 | 0,07 | 0,032 | - | - |
| | | | | | | | |
| | Start | 29-mei | 31-mei | 2-jun | 4-jun | 9-jun | 11-jun |
| Abamectin | 50 | 0,83 | 0,26 | 0,082 | 0,18 | - | - |
| Boscalid | 10 | 2,9 | 1,5 | 0,71 | 0,38 | 0,11 | 0,07 |
| Methoxyfenozide | 10 | 2,9 | 1,5 | 1 | 0,82 | 0,57 | 0,5 |
| Pirimicarb | 50 | 0,91 | 0,47 | 0,22 | 0,17 | 0,099 | 0,094 |
| Spinosad | 10 | 0,28 | - | - | - | - | - |

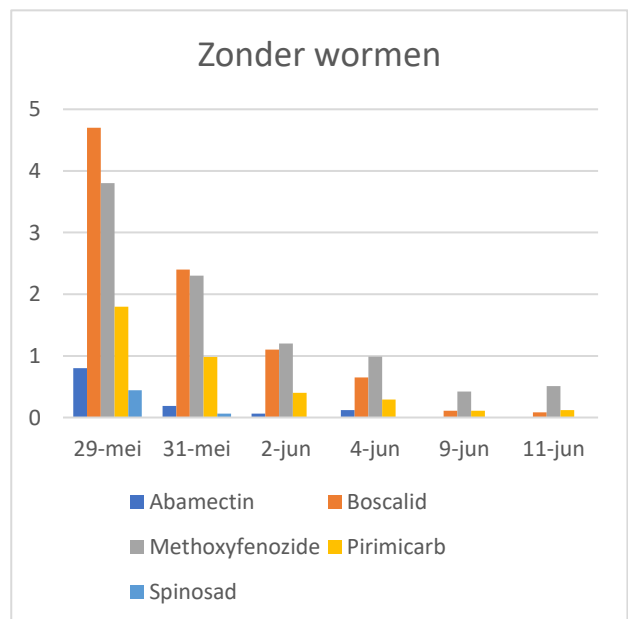
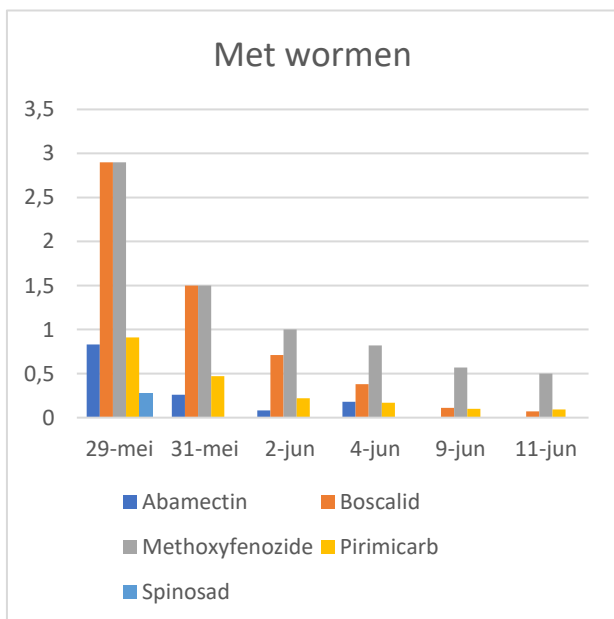
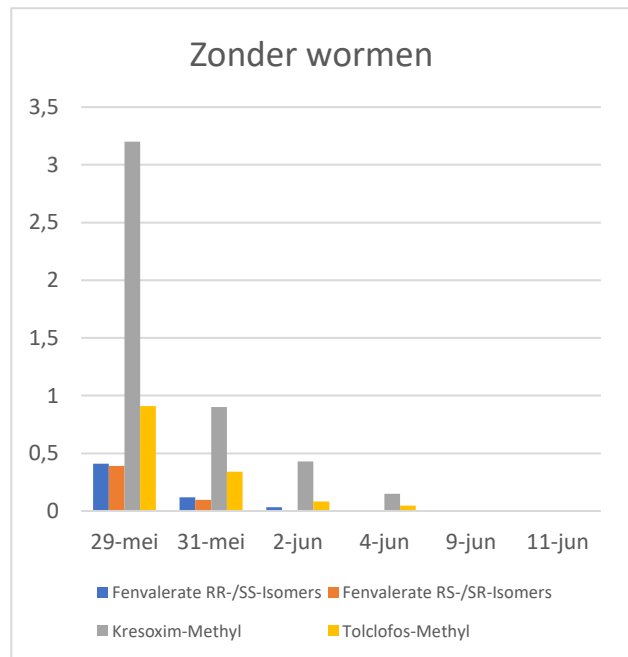
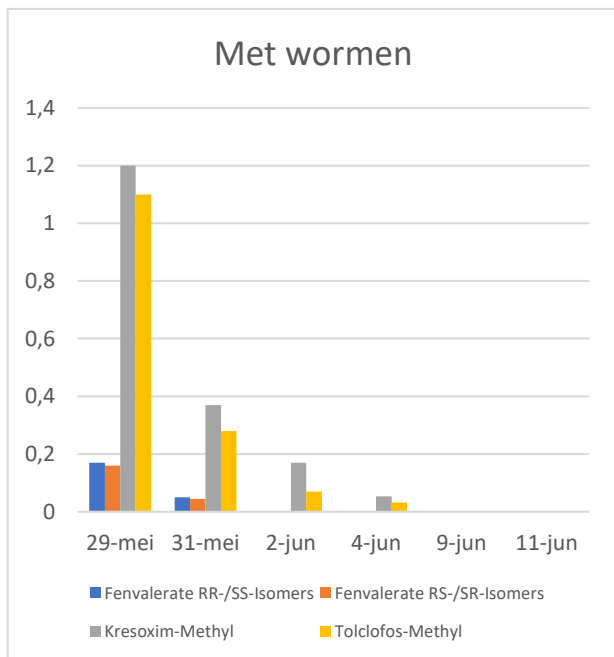
| Zonder Wormen | Start | 29-mei | 31-mei | 2-jun | 4-jun | 9-jun | 11-jun |
|----------------------------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|
| Fenvalerate RR-/SS-Isomers | 10 | 0,41 | 0,12 | 0,032 | - | - | - |
| Fenvalerate RS-/SR-Isomers | 10 | 0,39 | 0,096 | - | - | - | - |
| Kresoxim-Methyl | 5 | 3,2 | 0,9 | 0,43 | 0,15 | - | - |
| Tolclofos-Methyl | 3 | 0,91 | 0,34 | 0,083 | 0,046 | - | - |
| | | | | | | | |
| | Start | 29-mei | 31-mei | 2-jun | 4-jun | 9-jun | 11-jun |
| Abamectin | 50 | 0,8 | 0,19 | 0,065 | 0,12 | - | - |
| Boscalid | 10 | 4,7 | 2,4 | 1,1 | 0,65 | 0,11 | 0,086 |
| Methoxyfenozide | 10 | 3,8 | 2,3 | 1,2 | 0,99 | 0,42 | 0,51 |
| Pirimicarb | 50 | 1,8 | 0,98 | 0,4 | 0,29 | 0,11 | 0,12 |
| Spinosad | 10 | 0,44 | 0,065 | - | - | - | - |

Wanneer de concentraties GBM worden vergeleken op de meting 2 dagen na toediening GBM op 29-05-21 is een verhoging in concentraties in de proef met wormen van Tolclofos-Methyl en Abamectin waarneembaar van respectievelijk 20,88% en 3,75%. De concentraties van de overige GBM zijn in de proef met wormen -23,7% tot -62,5% lager dan in de proef zonder wormen

| 29-mei 2 dagen na toediening GBM | Start | ZW | MW | Verschil ZW/MW |
|----------------------------------|-------|------|------|----------------|
| Fenvalerate RR-/SS-Isomers | | 0,41 | 0,17 | -58,54% |
| Fenvalerate RS-/SR-Isomers | | 0,39 | 0,16 | -58,97% |
| Kresoxim-Methyl | 5 | 3,2 | 1,2 | -62,50% |
| Tolclofos-Methyl | 3 | 0,91 | 1,1 | 20,88% |
| | | | | |

| | | | | |
|-----------------|----|------|------|---------|
| Abamectin | 50 | 0,8 | 0,83 | 3,75% |
| Boscalid | 10 | 4,7 | 2,9 | -38,30% |
| Methoxyfenozide | 10 | 3,8 | 2,9 | -23,68% |
| Pirimicarb | 50 | 1,8 | 0,91 | -49,44% |
| Spinosad | 10 | 0,44 | 0,28 | -36,36% |

Na 8 dagen na toediening van GBM zijn Fanvelerate, Kresoxim-Methyl en Tolclofos-Methyl niet meer waarneembaar in de analyses. Abamectin, Boscalid, Methoxyfenozide, Pirimicarb en Spinosad zijn gedurende de gehele proeftijd van 2 weken waarneembaar gebleven.



Wanneer er wordt gekeken naar de concentratie GBM in het opslagwater en wanneer de 95% of 99% onttrekking van GBM wordt bereikt zien we dat de biologische filters in staat zijn om Fenvalerate, Abamectin, Pirimicarb en Spinosad binnen 2 dagen voor 95% uit het water te onttrekken. De overige GBM variëren in afbraak tijd van 6 tot 15 dagen. Wanneer we kijken naar het verschillen tussen de proef met wormen (MW) en de proef zonder wormen (ZW) zien we weinig impact van de wormen. De opstelling met wormen presteert alleen op de afbraak van kresoxim-methyl beter dan proef zonder wormen. In de rest van de GBM gevallen presteren beide proeven gelijk.

| | [Start] | Range | | Dagen na toediening | | | |
|------------------------------|---------|-------|------|---------------------|-------|-------|-------|
| | | 5% | 1% | 5% MW | 5% ZW | 1% MW | 1% ZW |
| Fenvalerate (RR-/SS-Isomers) | 10 | 0,5 | 0,1 | 2 | 2 | 4 | 6 |
| Fenvalerate (RS-/SR-Isomers) | 10 | 0,5 | 0,1 | 2 | 2 | 4 | 4 |
| Kresoxim-methyl | 5 | 0,25 | 0,05 | 6 | 8 | 8 | >8 |
| Tolcofos-methyl | 3 | 0,15 | 0,03 | 6 | 6 | 8 | >8 |
| Abamectin | 50 | 2,5 | 0,5 | <2 | <2 | 4 | 4 |
| Boscalid | 10 | 0,5 | 0,1 | 8 | 8-13 | 13 | 13 |
| Methoxyfenozide | 10 | 0,5 | 0,1 | 15 | 15 | >15 | >15 |
| Pirimicarb | 50 | 2,5 | 0,5 | 2 | 2 | 4 | 6 |
| Spinosad (sum) | 10 | 0,5 | 0,1 | 2 | 2 | 2-4 | >4 |

Resultaten bodemanalyse

Metten van de bodem zijn uitgevoerd om te weten te komen of een verschil in gemeten GBM concentraties tijdens de proef werd beïnvloed door het binden van GBM aan organisch materiaal in het substraat in de IBC's. Wanneer GBM niet door microbiële leven, al dan niet met biologische ondersteuning van aanwezigheid van wormen, zou worden afgebroken. Maar simpelweg zou binden aan de bodem. Dan zou dit een vertekend beeld geven van de afbraak door de vermifiltratie.

Uit analyse blijkt dat bij toediening van GBM aan het water, dat spoelt over de vermifiltratie, naar verwachting een deel van de GBM bindt aan de bodem. Uit de analyse blijkt ook dat algemeen in de proef met wormen er relatief minder GBM bindt aan de bodem dan in de controleproef zonder wormen. Het is aanneembaar dat de verlaagde binding van GBM bij de proef met wormen een gevolg is van de fijnere bodemstructuur en verbeterde doorstromingsnelheid van de bodem. De GBM Tolclofos-Methyl, Boscalid en Methoxyfenozide worden wel in hoge mate (>20%) gebonden aan de bodem na toediening.

| | Start | Met worm | Zonder worm | % opname bodem | | %ZW-%MW |
|----------------------------|-------|----------|-------------|----------------|--------|---------|
| | | | | | | |
| Fenvalerate RR-/SS-Isomers | 10 | 1,6 | 1,7 | 16,0% | 17,0% | 1,0% |
| Fenvalerate RS-/SR-Isomers | 10 | 0,52 | 0,57 | 5,2% | 5,7% | 0,5% |
| Kresoxim-Methyl | 5 | 0,94 | 0,92 | 18,8% | 18,4% | -0,4% |
| Tolclofos-Methyl | 3 | 0,75 | 1,5 | 25,0% | 50,0% | 25,0% |
| Abamectin | 50 | 0,19 | 1,1 | 0,4% | 2,2% | 1,8% |
| Boscalid | 10 | 8,9 | 13 | 89,0% | 130,0% | 41,0% |
| Methoxyfenozide | 10 | 6,9 | 7,9 | 69,0% | 79,0% | 10,0% |
| Pirimicarb | 50 | 1,8 | 1,2 | 3,6% | 2,4% | -1,2% |
| Spinosad | 10 | | 0,12 | 0,0% | 1,2% | 1,2% |

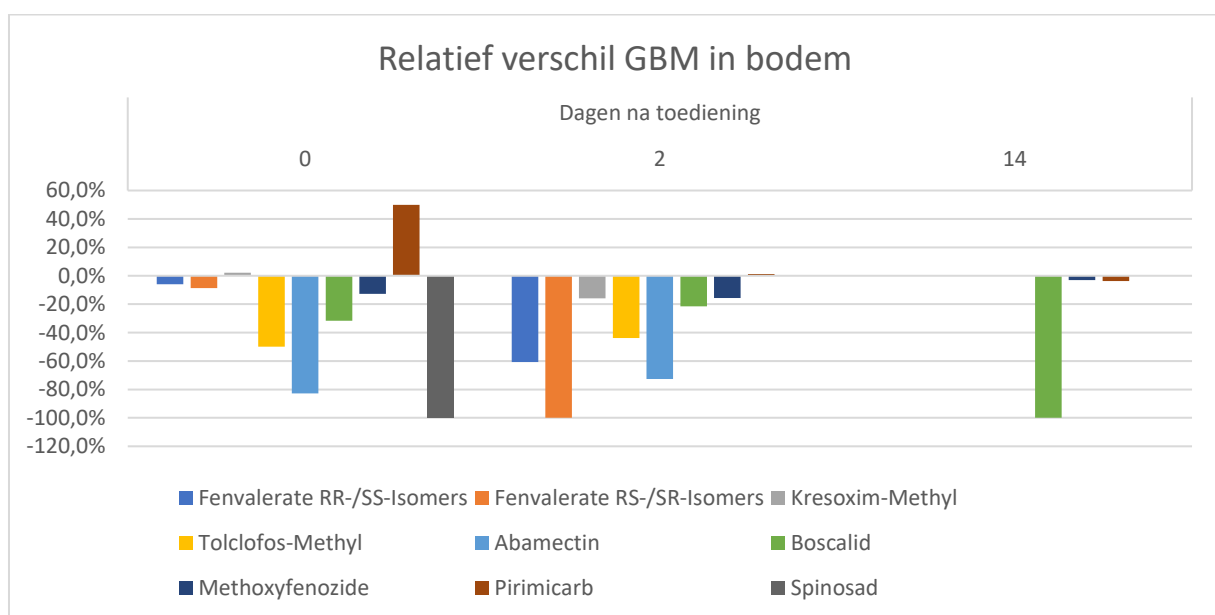
Wanneer we kijken naar de concentratie GBM in de bodem over tijd, zien we dat er geen sprake is van ophoping van GBM. De GBM Fenvalerate, Kresoxim-Methyl, Tolclofos-Methyl, Abamectine en Spinosad worden tussen 2

en 12 dagen na toediening niet meer waargenomen in de bodem. De GBM Abamectine, Boscalid en Methoxyfenozide worden in 14 dagen na toediening afgebroken tot <1%.

| Dagen na toediening | 0 | | 2 | | 12 | | 14 | |
|----------------------------|------|------|-------|-------|-------|----|-------|-------|
| | MW | ZW | MW | ZW | MW | ZW | MW | ZW |
| Fenvalerate RR-/SS-Isomers | 1,6 | 1,7 | 0,055 | 0,14 | | | | |
| Fenvalerate RS-/SR-Isomers | 0,52 | 0,57 | | 0,045 | | | | |
| Kresoxim-Methyl | 0,94 | 0,92 | 0,32 | 0,38 | | | | |
| Tolclofos-Methyl | 0,75 | 1,5 | 0,18 | 0,32 | | | | |
| Abamectin | 0,19 | 1,1 | 0,17 | 0,62 | | | | |
| Boscalid | 8,9 | 13 | 3,3 | 4,2 | 0,086 | | | 0,075 |
| Methoxyfenozide | 6,9 | 7,9 | 2,7 | 3,2 | 0,33 | | 0,31 | 0,32 |
| Pirimicarb | 1,8 | 1,2 | 0,76 | 0,75 | 0,06 | | 0,052 | 0,054 |
| Spinosad | | 0,12 | | | | | | |

Uit de bodemanalyse blijkt dat GBM niet in de bodem ophoopt. Maar dat ook deze wordt afgebroken over tijd. Wanneer we de waardes tussen de proeven vergelijken tussen de met wormen en zonder wormen proef is wel een verschil waarneembaar tussen de proef met wormen en de proef zonder wormen. Waar de afbraak in de bodem met wormen beter is. Toch worden bij beide proeven de GBM afgebroken.

| | Dagen na toediening | | |
|----------------------------|---------------------|---------|---------|
| | 0 | 2 | 14 |
| Fenvalerate RR-/SS-Isomers | -5,9% | -60,7% | |
| Fenvalerate RS-/SR-Isomers | -8,8% | -100,0% | |
| Kresoxim-Methyl | 2,2% | -15,8% | |
| Tolclofos-Methyl | -50,0% | -43,8% | |
| Abamectin | -82,7% | -72,6% | |
| Boscalid | -31,5% | -21,4% | -100,0% |
| Methoxyfenozide | -12,7% | -15,6% | -3,1% |
| Pirimicarb | 50,0% | 1,3% | -3,7% |
| Spinosad | -100,0% | | |



Discussie

Het doel van dit experiment was het uitzoeken of een vermifilter GBM's kan afbreken? Bij welke GBM's dit mogelijk is en of een afbraak van 95% kan worden gerealiseerd? En welke parameters invloed hebben op het functioneren van de vermifilter in een commerciële glastuinbouw toepassing.

Kan de vermifilter GBM's afbreken?

Uit zowel proef 1 als proef 2 is aangetoond dat de concentraties van GBM in het over het filter circulerende water afnemen over tijd. Deze afname in concentratie kan echter niet direct als afbraak worden bestempeld. Er is in relatie met de startconcentratie namelijk weinig verschil tussen de concentraties van de vermifilter en de controleproef. Tevens neemt de concentratie GBM het meeste af in de eerste dagen na toediening. Dit laatste wordt, zoals verwacht, veroorzaakt door het binden van de GBMs aan de bodem. Waar een verschil is in mate van binding in de bodem tussen verschillende GBM. Toch wordt geen ophoping van GBM in de bodem waargenomen, maar juist afbraak. Uit de metingen blijkt dat de GBM in de bodem beter wordt afgebroken in de proef met wormen dan in de proef zonder. Totale afbraak gebeurt tussen 2 en 12 dagen.

Er kan voorzichtig worden aangenomen dat een biologisch filter in staat is om waterstromen te zuiveren van GBM's. En dat de toevoeging van wormen een positief effect heeft op de afbraak van GBM. Hoewel er verschillen zijn gevonden in GBM waardes tussen de proef met de wormen en de controleproef, zijn deze verschillen marginaal. Maar optimalisatie van omgevingsfactoren kunnen deze verschillen verder vergroten.

Welke GBM kan een vermifilter (of biologisch filter) afbreken?

Uit de resultaten van proef 1 - de langste proef – blijkt dat na 39 dagen na toediening van de GBM mix er nog steeds aanwezigheid is in de proef met wormen en zonder wormen van: Kresoxim-Methyl, Boscalid en Methoxyfenozide. Kresoxim-Methyl is na 39 dagen wel aangetroffen in de proef zonder wormen, maar is niet meer aangetroffen in de proef met wormen.

| GBM | Afbraak na 39 dagen? | |
|-------------------------------|----------------------|------------|
| | Zonder Wormen | Met Wormen |
| Fenvalerate (RR-/SS-Isomers)* | Ja | Ja |
| Fenvalerate (RS-/SR-Isomers)* | Ja | Ja |
| Kresoxim-methyl | Nee | Ja |
| Tolcofos-methyl | Nee | Nee |
| Abamectin | Ja | Ja |
| Boscalid | Nee | Nee |
| Methoxyfenozide | Nee | Nee |
| Pirimicarb | Ja | Ja |
| Spinosad (sum) | Ja | Ja |

Kan een afbraak van 95% worden gerealiseerd?

Uit de resultaten van proef 2, waarbij met een interval van 2 dagen is gemeten is gebleken dat de concentratie van alle toegediende GBM's worden gereduceerd tot minder dan 5% van de startconcentratie binnen 2 tot 15 dagen. Er is verschil gevonden tussen de proef met wormen en zonder wormen bij de GBM's; Kresoxim-Methyl en Boscalid. Echter liggen de gevonden waardes dicht rond het 5% punt, waardoor invloeden van verdamping en marginale verschillen in proefopstelling ook een rol kunnen spelen in dit verschil. Voor de meeste GBM is de proef zonder wormen net zo effectief in het behalen van 5% concentratie dan dat de proef met wormen is.

| | Dagen na toediening | |
|------------------------------|---------------------|-------|
| | 5% MW | 5% ZW |
| Fenvalerate (RR-/SS-Isomers) | 2 | 2 |
| Fenvalerate (RS-/SR-Isomers) | 2 | 2 |
| Kresoxim-methyl | 6 | 8 |
| Tolcofos-methyl | 6 | 6 |
| | | |
| Abamectin | <2 | <2 |
| Boscalid | 8 | 8-13 |
| Methoxyfenozide | 15 | 15 |
| Pirimicarb | 2 | 2 |
| Spinosad (sum) | 2 | 2 |

Welke parameters hebben invloed op de vermifilter

Een biologisch filter is een levend en organisch filter. De samenstelling hiervan is moeilijk te bepalen en wordt makkelijker beïnvloedt door omgevingsfactoren dan een mechanische of synthetische filter. Tijdens het uitvoeren van de proeven zijn een aantal van deze factoren naar voren gekomen.

Temperatuur

De temperatuur heeft in eerste instantie effect gehad op de activiteit van de wormen. Gedurende de wintermaanden was een verwarmingselement kapot gegaan, waardoor het water bij de wormen niet werd verwarmd. In de natuur worden wormen ook blootgesteld aan koude temperaturen tijdens de winter, en gaan hierdoor in een slaapstand

Bodemsamenstelling

De bodemsamenstelling is erg van invloed op de doorstromingsnelheid van het filter. Een compacte bodem zorgt er voor dat het water op hoopt, waardoor deze modderig wordt. De wormen zorgen voor een luchtigere bodem, mits deze wormen in optimale condities worden gehouden.

Wormen

De wormen zijn een cruciaal onderdeel in het vermifiltratie concept. Echter is het wel taak om de wormen in goede conditie te houden. Zoals eerder vermeld moeten de wormen in een bepaalde temperatuur range worden gehouden om ze actief te houden. De wormen moeten voeding krijgen en de bodemstructuur moet gunstig zijn voor de wormen. Het onderhouden van de wormen is behoorlijk tijdsintensief en vereist acties om de 2 tot 3 dagen.

Overige opmerkingen over experiment

De eerste proef is uitgevoerd in het najaar van 2020. Vervolgens is door het uitvallen van de verwarming en het minder regelmatig controleren de proefopstelling stilgevallen. De wormen waren minder actief. Het heeft een tijd geduurd voordat de wormen weer activiteit vertoonden. De activiteit van de vermifiltratie kan aannemelijk verschillen tussen proef 1 en proef 2. Het is lastig om deze activiteit te kwantificeren. Voor proef 2 is gekozen om de opstelling zonder GBM te laten draaien, met een nieuw verwarmingselement, tot dat de wormen weer voldoende activiteit leken te hebben.

Daarnaast zijn samples van proef 2 tijdens transport kapot/verloren gegaan. Hierdoor moest de proef worden herhaald. Echter was er geen aandacht meer besteed aan de proefopstelling, omdat men in de veronderstelling was dat de proef was afgerond. Hierdoor werden wormen niet meer gevoerd, met als gevolg dat een groot deel van de wormen was ontsnapt.

Door het nalatig zijn in onderhouden van de proefopstelling, is de bodemstructuur van zowel de wormenproef als de controleproef erg modderig geworden. Dit is verminderd door een tijd weer aandacht aan de proefopstelling te geven. Maar optisch was de kwaliteit van de proefopstelling minder dan die van proef 1.

Toch zijn dezelfde trends in proef 1 en proef 2 zichtbaar, waardoor er voorzichtig kan worden aangenomen dat het effect minimaal is gebleven.

Vervolg

Dit onderzoek heeft aangetoond dat een biologisch filter GBM uit een volume water kan onttrekken en dat concentraties tot 5% kunnen worden gereduceerd in 2 -8 dagen.

Een verschil is waarneembaar tussen de proef met wormen en de proef zonder wormen. De grootste afbraak van GBM waardes zijn waarneembaar in de eerste uren/dagen na toediening. Een deel van de GBM wordt ook in de eerste dagen gebonden aan het substraat en wordt vervolgens afgebroken. Het is nodig om in een vervolgonderzoek de GBM waardes met intervallen van maximaal 1 dag of korter te meten om de precieze afbraaksnelheid aan te tonen.

Tijdens het uitvoeren van de proeven op locatie bij Royal Brinkman is het uitdagend gebleken om de omgevingscondities van de proefopstelling te controleren. Hierdoor kunnen alleen voorzichtige veronderstellingen worden genomen over welke factoren invloed hebben op de vermifiltratie en in welke mate. Verder onderzoek in een meer gecontroleerde omgeving is nodig om invloed van omgevingsfactoren te bepalen. Ook is het interessant om de proeven uit te voeren onder verschillende omstandigheden en het effect hiervan in kaart te brengen.

Voor commerciële toepassingen van een biologisch en levend filter moet wel nog worden gekeken naar de consistentie en gebruikerseisen. De opstelling moet in de praktijk weerbaar zijn tegen schommelingen in temperatuur en afwijkingen zouden moeten worden voorkomen of makkelijk kunnen worden opgelost.