



Vermijd waterverontreiniging door puntvervuiling

TOPPS

Biozuiveringssystemen voor het behandelen van restfracties op het bedrijf

TOPPS

TOPPS is een multi-stakeholderproject dat gedurende drie jaar loopt in 15 Europese landen. Het staat voor Training the Operators to Prevent Pollution from Point Sources (Preventie van puntvervuiling via opleiding en demonstratie). TOPPS wordt gefinancierd onder het LIFE-programma van de Europese Unie en door ECPA (European Crop Protection Association, Europese Gewasbeschermingsorganisatie).

TOPPS heeft tot doel goede landbouwpraktijken uit te werken en deze kenbaar te maken via opleiding en demonstratie op grote, gecoördineerde schaal binnen Europa om puntbelasting van gewasbeschermingsmiddelen (GBM) in oppervlaktewater te verminderen.

TOPPS startte in november 2005 en eindigt in oktober 2008.

Voor meer informatie bezoek de TOPPS website: www.topps-life.org

Partners



www.ecpa.be



www.pcfruit.be



www.harper-adams.ac.uk



www.landscentret.dk



www.insad.pl



www.imuz.edu.pl



www.deiafa.unito.it



www.esab.upc.es



www.cemagref.fr



www.arvalisinstitutduvegetal.fr



www.povlt.be



www.landwirtschaftskammer.de

Inhoudstabel

1. Inleiding	4
2. Bedrijfscondities	8
3. Chemische en hydraulische input	8
4. Ontwerpen van biozuiveringssystemen	12
5. Dimensionering van biozuiveringssystemen	25
6. Actief substraatmengsels	27
7. Menging van de substraten	28
8. Sorptie en biodegradatie	29
9. Percolaat	31
10. Uit gebruik genomen substraatmengsels	31
11. Richtlijnen voor het praktische gebruik van biozuiveringssystemen	31

Acknowledgement

Referenties

Doel van de brochure

Het doel van deze brochure is om de land/tuinbouwer, adviseur en autoriteiten te informeren over de mogelijkheden die bestaan om vervuiling van oppervlaktewater met gewasbeschermingsmiddelen (GBM), die kunnen optreden tijdens het vullen en het reinigen van het spuittoestel, te vermijden. Het TOPPS project heeft Goede Landbouwpraktijken ontwikkeld om puntvervuiling met GBM te vermijden en heeft het beheer van gecontamineerde vloeistoffen (restfracties) bestempeld als een kritisch werkproces. (Restfracties: met GBM gecontamineerde vloeistoffen afkomstig van het residueel volume na de eerste reinigungsstappen in het veld, water afkomstig van het reinigen, vullen en onderhoudsactiviteiten van het spuittoestel op het bedrijf)

In de meeste betrokken lidstaten kreeg het beheer van de restfracties tot nu toe onvoldoende aandacht waardoor duidelijke richtlijnen en reglementeringen ontbreken. Het is dan ook belangrijk om de operatoren te informeren over hoe men puntvervuiling kan vermijden. Algemene richtlijnen over wat men moet doen, blijken echter niet voldoende. Met deze brochure willen we dan ook de ontwikkeling van duidelijke richtlijnen ondersteunen door de ervaring van experts in verschillende lidstaten te delen.

1. Inleiding tot de operationele context van biozuiveringssystemen

a. De Kaderrichtlijn Water

EU lidstaten moeten ten laatste tegen 2015 aan de Kaderrichtlijn Water voldoen. De Kaderrichtlijn Water legt normen op voor de waterkwaliteit van grond- en oppervlaktewater. De drinkwaternorm voor GBM is 0,1 µg/l (per a.s.). Dit komt overeen met 1 g actieve stof in 10 miljoen liter water of 1 cent in 100 miljoen €. Deze norm van 0,1µg/l is zo goed als een nultolerantie voor de aanwezigheid van GBM in water. Om de vooropgestelde doelstellingen te bereiken zijn alle maatregelen om het risico te verminderen en het toepassen van de goede landbouwpraktijken noodzakelijk. Als een GBM de norm van 0,1 µg/l overschrijdt, dan kan de lidstaat het gebruik van het desbetreffende product beperken of verbieden, hetgeen uiteindelijk leidt tot een beperking van de mogelijkheden die de land- en tuinbouwers hebben om hun teeltproblemen op te lossen.

b. Toegang van GBM tot water

1) Puntbronnen

Puntbronnen zijn voornamelijk gerelateerd aan de handelingen met GBM. De voornaamste kritische werkprocessen zijn het vullen en reinigen van het spuittoestel en het beheer van de restfractie. Restfracties zijn met GBM gecontamineerde vloeistoffen die in het spuittoestel kunnen achterblijven na onvoldoende reiniging, of door het morsen/overlopen van de tank tijdens het vullen op het erf, of door interne en externe reiniging van het spuittoestel op het erf. Studies hebben aangetoond dat puntbronnen voor 40 à 90% verantwoordelijk zijn voor de vervuiling van oppervlaktewater met GBM, hetgeen bijgevolg de voornaamste bron van vervuiling is.

II) diffuse bronnen

Diffuse bronnen zijn voornamelijk gerelateerd aan de toepassing van de GBM in het veld. De voornaamste kritische punten zijn afvloeiing door erosie, toegang via drainagesystemen en spuitdrift.

c. Biozuiveringssystemen

I) Principe

Biozuiveringssystemen worden op het bedrijf gebruikt om vloeistoffen die gecontamineerd zijn met GBM te behandelen. Het principe van deze systemen is gebaseerd op een actief substraatmengsel waarin geadapteerde micro-organismen aanwezig zijn die de GBM degraderen of afbreken. De landbouwer kan deze systemen zelf bouwen en beheren, aangepast aan zijn specifieke bedrijfssituatie. Toch kan een verkeerde dimensionering en verkeerd beheer van deze systemen hun efficiëntie sterk beïnvloeden. Daarom is het belangrijk om deze richtlijnen goed te volgen. Onderzoek heeft aangetoond dat er met biozuiveringssystemen een zuivering van 95% en in optimale condities zelfs een zuivering van meer dan 99% kan worden behaald. Figuur 1 toont een algemeen schema van een biozuiveringstelsel (De Wilde *et al.*, 2007).

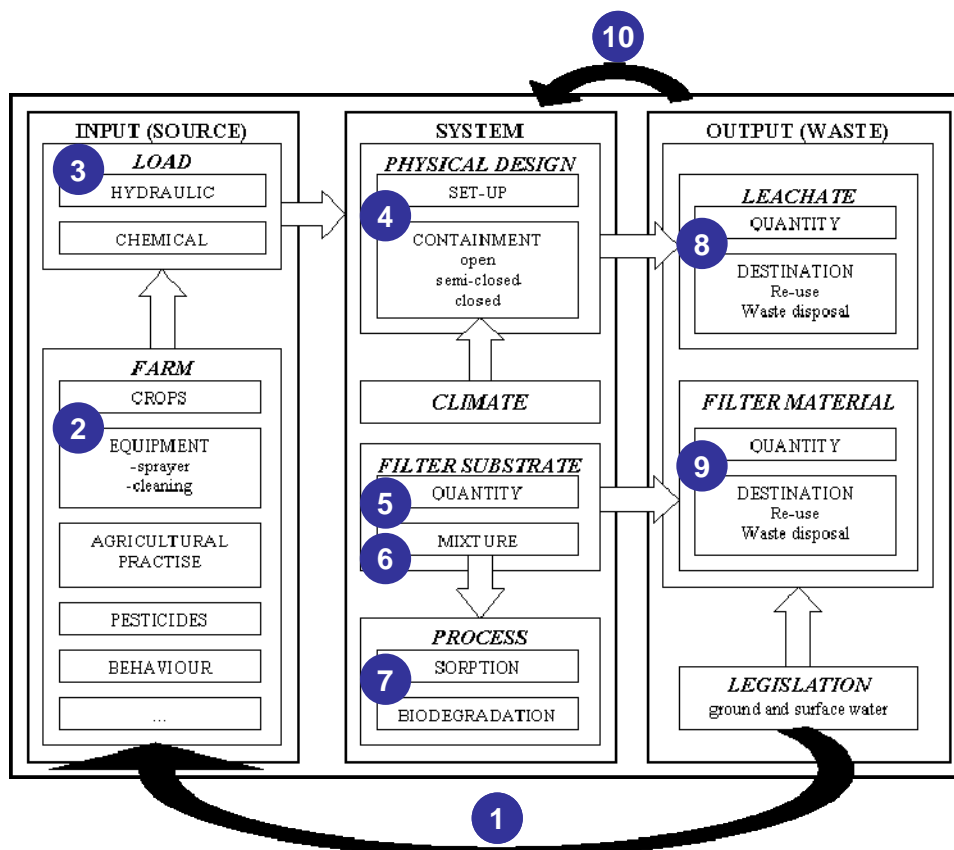


Fig. 1: Schematisch overzicht van de operationele context van biozuiveringssystemen (Bron: De Wilde *et al.* 2007).

II) Biobed

Biobeds maken deel uit van de vul- en spoelplaats van het spuittoestel. Bij het gebruik van deze biobedsystemen is het sterk aan te raden het spuittoestel in het veld te reinigen en enkel de verdunde restfracties op het biobed achter te laten. Dit resulteert in een veel betere zuivering en de mogelijkheid om kleinere en goedkopere systemen te gebruiken.

De aanbevolen biobedsystemen (Torstensson *et al.*, 1997 & 2000; Basford *et al.*, 2004) zijn ondoorlaatbaar en ingekuipt om doorsijpeling van GBM te voorkomen. Deze systemen zijn ofwel een uitgegraven kuil in de grond ofwel een constructie boven de grond voor het verzamelen en behandelen van gecontamineerde vloeistoffen. Het biobed is gevuld met een actief substraatmengsel van grond van het bedrijf (met micro-organismen voor de afbraak van de GBM), potgrond en stro.



Fig. 2: Biobed (Bron: Visavi)



Fig. 3: Biobac (Bron: Mybatec)

Inkuiping van de biobeds wordt bekomen door gebruik te maken van ondoorlaatbare materialen zoals beton of harde plastic. Ondoorlaatbare, ingekuipte biobeds zijn gesloten systemen waarbij het percolaat wordt opgevangen en verdampt. In sommige gebieden zijn de biobeds bedekt met gras om de reductie van het gecollecteerde water te bevorderen door evaporatie.

In sommige gebieden worden de biobeds rechtstreeks gebruikt als vul- en spoelplaats door het biobed te voorzien van rails waarop men het spuittoestel kan parkeren (figuur 2). Meestal worden de biobeds echter gebruikt in combinatie met een afzonderlijke vul- en spoelplaats en wordt het verzamelde reinigungs- en spoelwater rechtstreeks of onrechtstreeks via een buffervat naar het biobed geleid (figuur 3). In dit laatste geval kan het gecontamineerde water enerzijds gelijkmatig worden verspreid over het volledige oppervlak van het biobed en anderzijds is een verspreiding in tijd mogelijk. Op deze manier wordt een zo efficiënt mogelijk gebruik van het biobed bekomen. In gebieden waar het veel regent, is het aangeraden om het biobed te overdekken om zo te vermijden dat het biobed verzadigd geraakt met regenwater.

In het algemeen bevat een biobed 10 tot 30 m³ actief substraatmengsel. Zij worden meestal gebruikt voor de behandeling van grote volumes gecontamineerde vloeistof. Deze systemen kunnen 6 tot 8 jaar gebruikt worden, nadien moet men het actieve substraatmengsel vervangen. Algemeen wordt aanbevolen om dit mengsel met behulp van een mestkar te verspreiden op het veld. Een dergelijke officiële richtlijn

bestaat tot nu toe enkel in een beperkt aantal landen. In Vlaanderen is deze werkwijze echter niet toegestaan.

III) Biofilter systemen

Het principe van de biofilter is gelijkaardig aan dat van het biobed. Ook hier is het ten sterkste aan te raden het spuittoestel in het veld te kuisen en enkel de verdunde gecontamineerde vloeistoffen op de biofilter te brengen. Dit resulteert in een betere zuivering en de mogelijkheid om kleinere en goedkopere systemen te gebruiken.

Een biofilter (Pussemier *et al.*, 2004) is opgebouwd uit 2 of 3 containers of Intermediate Bulk Carriers (IBCs) van 1m³. Deze IBCs worden verticaal op elkaar gestapeld en zijn gevuld met een actief substraatmengsel dat gelijkaardig is aan dat van een biobed (figuur 4). Deze biofiltersystemen kunnen worden aangepast (Debaer & Jaeken, 2006) door enkel plantenbakken aan het systeem toe te voegen. Deze planten zorgen voor een bijkomende zuivering en verdamping (figuur 5).

In het algemeen zijn biofilters veel kleiner dan biobeds en hebben ze een kleinere hoeveelheid actief substraat of biomix (2-5 m³). Om grotere hoeveelheden water te behandelen is het mogelijk om 2 biofiltersystemen in parallel te schakelen. Het reinigings- en spoelwater wordt opgevangen op een afzonderlijke vul- en spoelplaats en wordt vervolgens op de bovenste unit van de biofilter gepompt. Biofilters zijn open systemen waarbij het overblijvende percolaat kan worden opgevangen. Dit kan gerecycleerd worden door het opnieuw over de biofilter te laten lopen of kan gebruikt worden in een niet-selectieve herbicide toepassing.



Fig.4: Biofilter (Bron: CRAw)



Fig.5: Aangepaste biofilter (Bron: pcfruit)

Door de opbouw van de biofilter uit verschillende units, is het systeem heel flexibel en vereist het weinig plaats. Bovendien zijn deze systemen goedkoop en kunnen ze door de landbouwer zelf geconstrueerd worden. Het concept waarbij het gecontamineerde water wordt verzameld in een opvangreservoir en er dagelijks 30 l

over de filter wordt gepompt, laat toe om de gecontamineerde vloeistof over een langere periode te verspreiden waardoor chemische overbelasting van het systeem kan worden vermeden. Deze werkwijze houdt het systeem voortdurend vochtig zodat de micro-organismen actief blijven om de GBM af te breken. Biofilters kunnen eenvoudig overdekt worden om te vermijden dat bijkomend regenwater op het systeem terecht komt.

Zoals bij een biobed moeten de biofilters ook regelmatig worden aangevuld met bijkomend afbreekbaar materiaal om te compenseren voor de mineralisatie van het substraatmengsel. De biofilter kan gedurende 6 tot 8 jaar gebruikt worden. Na deze periode is het aangeraden om het systeem volledig opnieuw te vullen met een nieuw substraatmengsel. Algemeen wordt aanbevolen om dit mengsel met behulp van een mestkar te verspreiden op het veld. Een dergelijke officiële richtlijn bestaat tot nu toe enkel in een beperkt aantal landen. In Vlaanderen is deze werkwijze echter niet toegestaan.

2. Bedrijfscondities

De specifieke bedrijfscondities zullen bepalen hoe groot de hydraulische (water) en chemische belasting is die men op de biozuiveringssystemen wenst te brengen en welk systeem het efficiëntste is voor de specifieke bedrijfssituatie. Het aantal verschillende teelten die door de landbouwer gecultiveerd worden en het spuitschema bepaalt hoe vaak het spuittoestel moet gereinigd worden om teeltschade en residuen te vermijden. Naast het gedrag van de operator zal het type spuittoestel een belangrijke invloed hebben op de mogelijke lading die moet behandeld worden. Veldspuiten hebben een grotere interne contaminatie, terwijl boom/wijngaardspuiten een grotere externe contaminatie hebben. Verder bepaalt het ontwerp van de leidingen, spuitbomen, spuit- en schoonwatertank de hoeveelheid gewasbeschermingsmiddelen die na een behandeling in de tank achterblijven. Een spuittoestel met zo klein mogelijke technische restvolumes en een voldoende grote schoonwatertank zal de mogelijke hydraulische en chemische belasting verminderen. Dit maakt het biozuiveringssysteem efficiënter.

3. Chemische en hydraulische input

Vooraleer een biozuiveringssysteem kan worden geïnstalleerd is het belangrijk om te weten hoe geconcentreerd de oplossing is en wat het volume is dat men wil behandelen. Naast geconcentreerde verliezen tijdens het vullen van het spuittoestel zijn de voornaamste bronnen van mogelijke chemische ladingen op biozuiveringssystemen de inwendige en uitwendige restfracties in en op het spuittoestel na een bespuiting.

De Europese Standaard EN 12761 stelt minimum vereisten voor de gewasbeschermingsmiddelenapparatuur. Een belangrijke factor is het maximaal totale technische restvolume in het spuittoestel zoals gedefinieerd door ISO 13440. Het totaal technisch restvolume in de tank is gedefinieerd als het volume spuitoplossing dat niet kan verspoten worden met de geplande toepassingsnelheid. Dit is aangegeven wanneer de druk met 25% daalt op de manometer. De aanbevolen maximale limieten van de Europese Standaard EN 12761-2 voor veldspuiten en EN 12761-3 voor boomgaardspuiten worden getoond in tabel 1 en 2.

Tabel 1: Maximale totale residuele volumes voor veldspuiten

Total residual volume in l (EN 12761-2)				
Tank		Boom		
Tank volume	0,5 %	length m	l / m	Total litres
800	4	15	30	34
3000	15	21	42	57
4200	21	36	72	93

Tabel 2: Maximale totale residuele volumes voor boomgaardspuiten

Total residual volume in l (EN12761-3)		
Tank volume	%	Total litres
400	4%	16
800	3%	24
1500	2%	30

De huidige Europese standaard (EN 12761) kan dienst doen als richtlijn voor de berekening van de hoeveelheid verdunde spuitoplossing die moet worden behandeld. Als de constructeur van het spuittoestel gedetailleerde informatie over het totaal technisch restvolume ter beschikking heeft, gebruik dan deze informatie voor de berekening. Onderzoek heeft immers aangetoond dat de verschillen tussen het totaal technisch restvolume zeer groot kunnen zijn. Naast deze volumes moet het uitwendig reinigen van het spuittoestel ook in rekening worden gebracht. Momenteel reinigen de meeste landbouwers hun spuittoestel op het erf. Onderzoek heeft aangetoond dat de contaminatie op de buitenzijde van het spuittoestel, vooral op luchtondersteunde spuittoestellen, efficiënter kan gereinigd worden in het veld.

Een andere belangrijke vereiste die gespecificeerd wordt door de Europese Standaard is de capaciteit van de schoonwatertank. Deze schoonwatertank moet minstens 10% van het tankvolume of 10 maal het totaal technisch restvolume zijn.

De landbouwer zou hier aandacht aan moeten besteden omdat testen hebben uitgewezen dat veel spuittoestellen niet voldoen aan deze EN Standaard. Een zo economisch mogelijk gebruik van de schoonwatertank is essentieel in het bijzonder omdat het uitwendig reinigen zoveel mogelijk naar het veld moet verplaatst worden als een maatregel om puntvervuiling te verminderen.

Gebaseerd op de ENTAM testresultaten toonde Debaer *et al.* 2008 het belang aan van de drievoudige spoelmethode om het residueel volume te verdunnen. Voor veldspuiten werd de chemische belasting met een factor 72 verminderd na drievoudige spoeling (40g ai) tov geen spoeling (2900g ai). Spoelen heeft dus een enorme impact op de chemische belasting die door een biozuiveringssysteem moet behandeld worden. Figuur 6 en 7 tonen de invloed van verschillen in spuittoestellen en de invloed van spoelprocedures op de chemische belasting die door het biozuiveringssysteem moet behandeld worden.

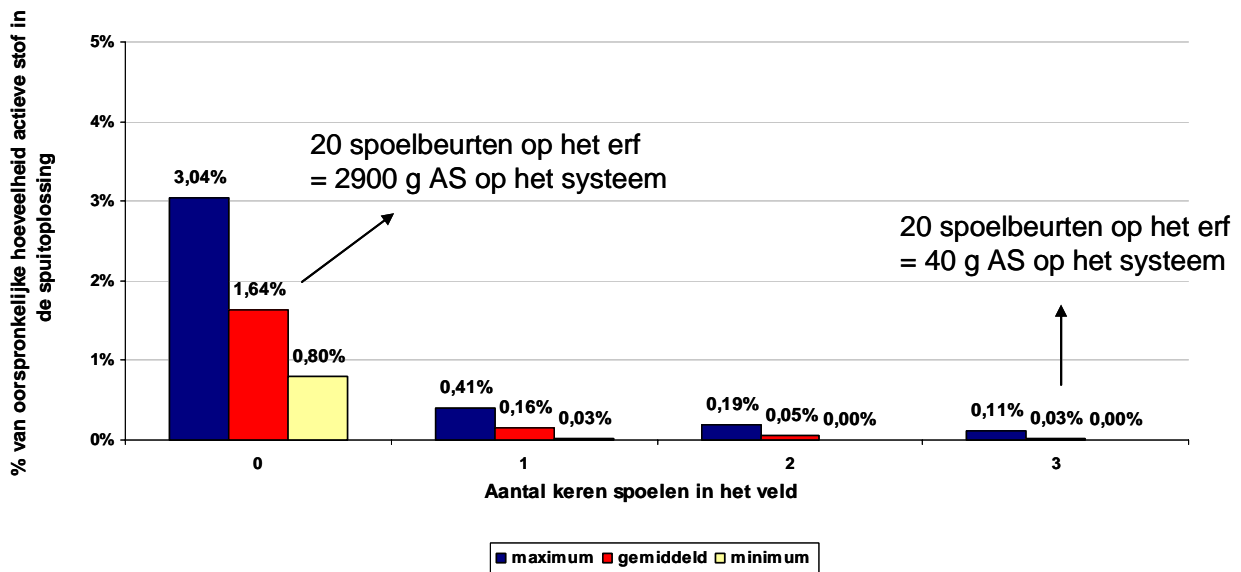


Fig. 6: De chemische belasting die door biozuiveringssystemen behandeld moet worden gebaseerd op de ENTAM veldspuit testen (94 geteste spuittoestellen) en afhankelijk van het ontwerp van het spuittoestel en de spoelmethode. In de situatie waarbij er 20 reinigingsactiviteiten op het erf gebeuren en de tank een concentratie bevat van 1000 g actieve stof in 250 l /ha, zal een drievoudige spoeling de chemische belasting die men terug meeneemt naar het erf jaarlijks met 2860 g actieve stof verminderen voor een gemiddelde veldspuit (Bron: Debaer et al, 2008)

Voor luchtondersteunde boomgaardspuiten is de grootste bron van belasting de externe contaminatie op het spuittoestel. Afhankelijk van de bouw van de luchtondersteuning van het spuittoestel, het type doppen en het luchtdebiet varieert de externe contaminatie tussen 0,33% en 0,83% van de hoeveelheid die men heeft toegepast (Balsari, 2006/ISO-tests).

Bijvoorbeeld: Voor een fruitteiler die gemiddeld 25 kg actieve stof per hectare per jaar gebruikt, is de totale externe contaminatie van het spuittoestel tussen 82,5 g en 207,5 g per hectare.

Voor een veldspuit varieert de externe contaminatie tussen 0,01% - 0,1% van de toegepaste hoeveelheid voor spuiten zonder luchtondersteuning en tot 0,47% voor veldspuiten met luchtondersteuning (Wehmann, 2006/ISO-tests).

Bijvoorbeeld: Voor een landbouwer die gemiddeld 1,5 kg actieve stof per hectare per jaar gebruikt, komt dit overeen met een externe contaminatie van maximum 1,5 g per hectare voor een gewone veldspuit en 7,5 g per hectare voor een luchtondersteunde veldspuit.

Externe reiniging van het spuittoestel in het veld vermindert de chemische belasting voor de biozuiveringssystemen aanzienlijk en is in het bijzonder kritisch voor boomgaardspuiten (Nota: uitwendige contaminatie kan in de praktijk sterk verschillen).

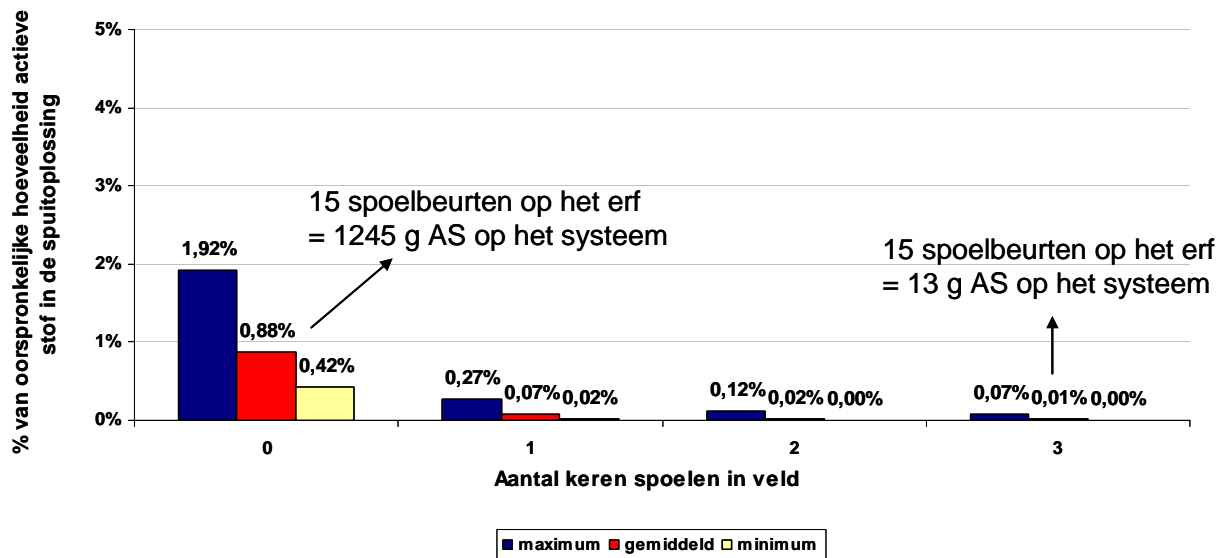


Fig. 7: De chemische belasting die door biozuiveringssystemen behandeld moet worden gebaseerd op de ENTAM boomgaardspuit testen (23 geteste spuittoestellen) en afhankelijk van het ontwerp van het spuittoestel en de spoelmethode. In de situatie waarbij er 15 reinigingsactiviteiten op het erf gebeuren en de tank een concentratie bevat van 2000 g actieve stof in 250 l /ha, zal een drievoudige spoeling de chemische belasting die men terug meeneemt naar het erf jaarlijks met 1232 g actieve stof verminderen voor de gemiddelde boomgaardspuit (Bron: Debaer et al, 2008)

Verwijderen van de externe contaminatie in het veld wanneer deze nog nat is, is veel efficiënter dan reinigen van opgedroogde afzettingen op het erf.

Voorbeeld: Door het spuittoestel onmiddellijk te reinigen wanneer de afzettingen van GBM nog nat zijn, kan [bij lage druk (4 bar)] 97,5% van het koper met slechts 2,55 liter per m² verwijderd worden (Debaer et al., in voorbereiding). Als het spuittoestel echter pas 10 u na de bespuiting gereinigd wordt, dan kan slechts 70% van het koper verwijderd worden en na 20 u daalt de reinigingsefficiëntie met lage druk tot 40% met dezelfde hoeveelheid water. Na meer dan 10 u drogen moet men bij lage druk (12.75 liter per m²) ten minste 5 keer meer water gebruiken om eenzelfde effect te bekomen in vergelijking met wanneer men onmiddellijk na de bespuiting reinigt. Voor een gemiddelde boomgaardspuit met een geschat oppervlak van 10 m² is er een verschil van ongeveer 100 l reinigingswater tussen het reinigen in het veld en op het erf (25,5 liter in het veld en 127,5 liter op het erf).

Hoge drukspuiten verhogen de efficiëntie van de externe reiniging en kunnen de hoeveelheid water die nodig is verminderen (fig. 8 & 9).

Externe reiniging in het veld is essentieel om de hoeveelheid chemische belasting die men terug meeneemt naar het erf en bijgevolg de hoeveelheid gecontamineerde vloeistof die men moet behandelen te beperken. Dit reduceert niet enkel het risico op puntvervuiling maar ook de vereiste capaciteit van de biozuiveringssystemen op het erf.

Biozuiveringssystemen moeten beschouwd worden als de laatste stap in het proces om het risico op vervuiling van oppervlaktewater met GBM te verminderen.



Fig. 8 & 9: Reiniging van de buitenkant van een boomgaardspuit (Bron: pcfruit) en een veldspuit (Bron: LWK-NRW)

De hydraulische en chemische belasting op het erf is bepalend voor de opstelling van het biozuiveringssysteem. Door een combinatie van reinigen in het veld en beperkte reiniging op het erf produceert men slechts een kleine hoeveelheid, laag geconcentreerde gecontamineerde vloeistof en heeft men bijgevolg enkel een kleine biofilter nodig. Grote hoeveelheden, sterk geconcentreerde gecontamineerde vloeistoffen vereisen onvermijdelijk een groter biozuiveringssysteem en een grotere investering in de vul- en spoelplaats. Een dergelijke dure infrastructuur is noodzakelijk wanneer men veel op het erf reinigt en niet in het veld. Het meest gebruikelijke systeem voor dergelijke situaties is een groot biobed.

De landbouwers hebben dus enerzijds de mogelijkheid om de reiniging van het spuittoestel naar het veld te verplaatsen, hetgeen geen of een beperkte investering vraagt qua infrastructuur op het erf. Anderzijds is een grote investering in infrastructuur nodig indien men op het erf reinigt.

4. Ontwerpen van biozuiveringssystemen

Een geïntegreerde vul- en spoelplaats combineert verschillende werkprocessen op een gestructureerde manier en vermindert de risico's die verbonden zijn aan de handelingen met GBM (fig. 10). Alle verliezen en gecontamineerd speel- en reinigingswater kan worden opgevangen en behandeld.

l) Rechtstreekse of afzonderlijke vul- en spoelplaats

De vul- en spoelplaats kan rechtstreeks boven op het biobed zijn of in de onmiddellijke omgeving. Voorbeelden van een combinatie van een biobed met een vul- en spoelplaats worden getoond in figuren 11 en 12. Zij moeten voorzien zijn van een structuur die sterk genoeg is om het gewicht van een volle sproeier te dragen. Deze systemen worden best bedekt met gras om een goede vochtbalans te bekomen in het systeem en om de reductie van het verzamelde water te bevorderen (evapotranspiratie). Omdat gecontamineerde vloeistoffen rechtstreeks afkomstig zijn van het spuittoestel is een goede verdeling over het oppervlak van het spuittoestel moeilijk. In sommige gevallen wordt enkel de spuitboom boven het biobed geplaatst om gecontamineerde vloeistoffen en restfractie op te vangen (fig. 13).

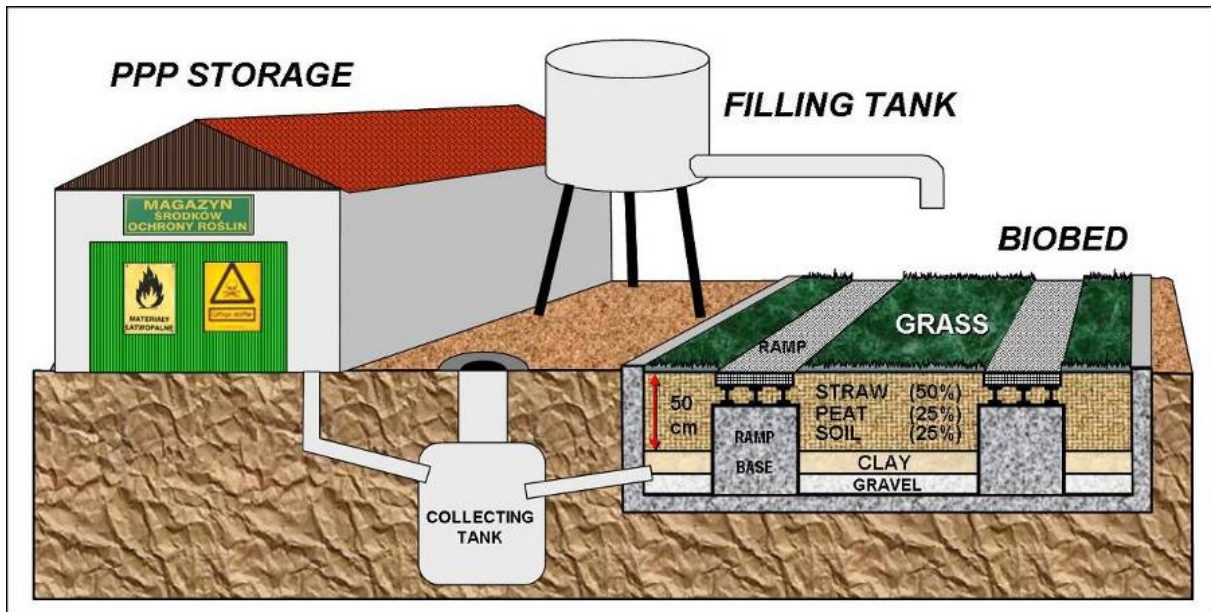


Fig. 10: Schematisch overzicht van een geïntegreerde vul- en spoelplaats (Bron: ISK).

Gelijkaardige opstellingen kunnen gebruikt worden voor biofilters waarbij gecontamineerde vloeistoffen worden opgevangen en rechtstreeks aan de biofilter worden toegediend (fig. 14). Bij een dergelijke opstelling is er een betere verspreiding van de gecontamineerde vloeistof over het oppervlak van de biofilter. Een grasbedekking op de biofilter zou niet kunnen overleven omwille van de met herbiciden gecontamineerde vloeistoffen. De biofilter moet worden afgedekt tegen regen en recirculatie van het gecollecteerde percolaat of water is noodzakelijk om te vermijden dat de bovenste laag uitdroogt indien de biofilter onregelmatig wordt geladen. De biofilter in figuur 14 laat toe inwendige reinigingen van de spuittank te beheren. Verliezen tijdens het vullen en het extern reinigingswater moet worden opgevangen en afzonderlijk op de biofilter worden geladen.

Afzonderlijke vul- en spoelplaatsen moeten ondoorlaatbaar zijn voor met GBM gecontamineerde vloeistoffen (beton) en zij moeten een rechtstreekse of onrechtstreekse afvoer hebben naar het biozuiveringssysteem (figuur 15, 16 en 17). Een afzonderlijke plaats laat toe om alle gecontamineerde vloeistoffen eerst op te vangen en het biozuiveringssysteem onrechtstreeks te laden. Hierdoor is het mogelijk om de gecontamineerde vloeistoffen gelijkmatig te verspreiden over het biozuiveringssysteem en indien een buffertank aanwezig is, om de hydraulische en chemische lading te verspreiden in de tijd. Als de vul- en spoelplaats echter niet is overdekt tegen regen dan is een afzonderlijk circuit nodig om te vermijden dat regenwater in het biozuiveringssysteem terecht komt. (Onderzoek heeft aangetoond dat gemorste GBM op de vulplaats over een lange periode een risico kunnen vormen door afspoeling naar oppervlaktewater. Als niet al het regenwater kan worden opgevangen, dan is het belangrijk om de vulplaats grondig te reinigen. De richtlijnen hieromtrent verschillen van land tot land). Het biozuiveringssysteem zou altijd moeten overdekt worden tegen regen, in het bijzonder waar regenwater het systeem kan doen overstromen.



Fig. 11: Rails over een biobed (Bron: Visavi).



Fig. 12: Rooster over biobed

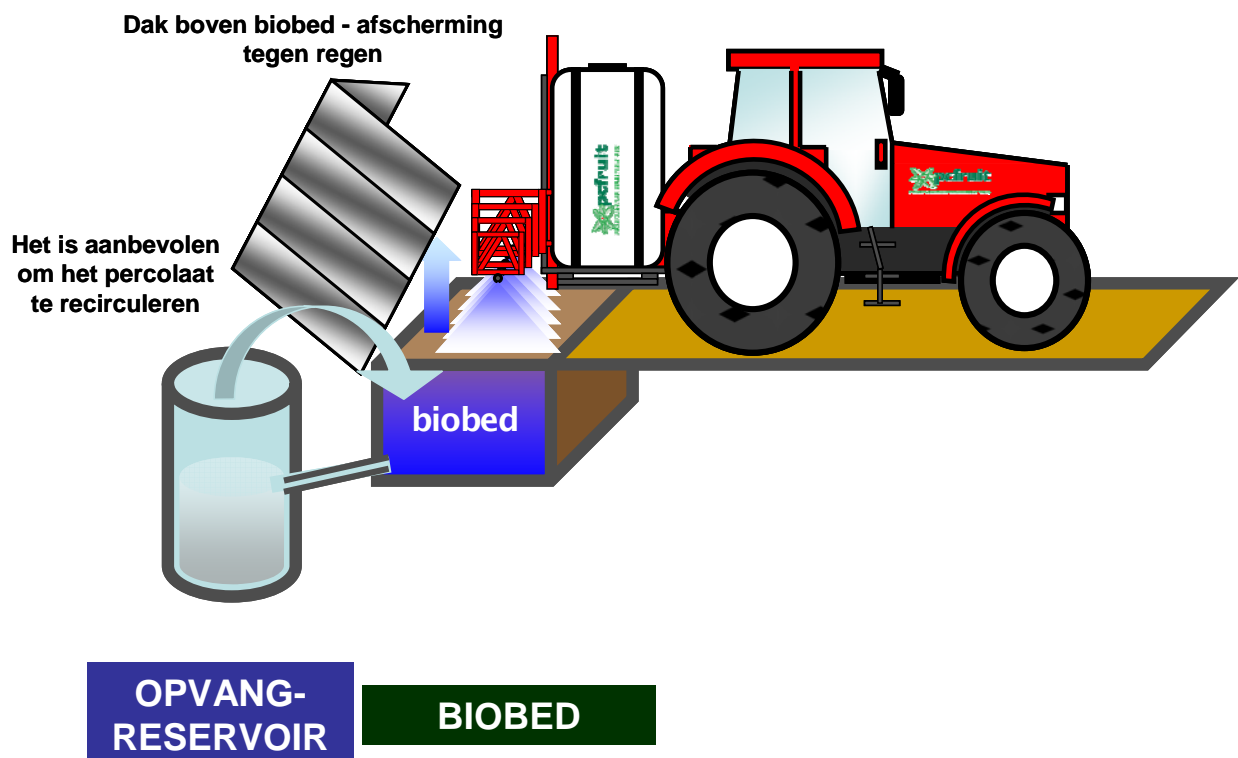


Fig. 13: Schematische voorstelling van een biobed dat gebruikt wordt als een rechtstreekse reinigingsplaats waar de spuitboom boven het biobed wordt geplaatst om de verdunde restfracties op te vangen (Bron: pcfruit vzw).

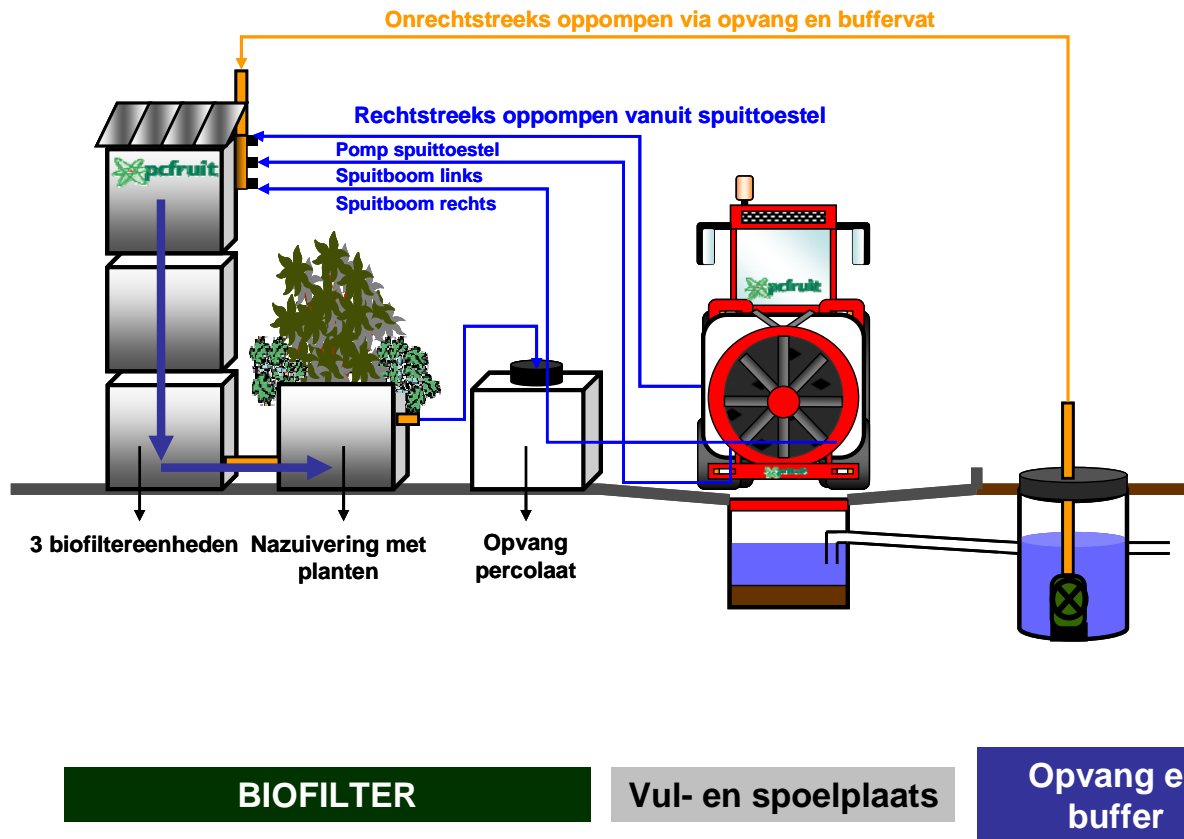


Fig. 14: Schematische voorstelling van rechtstreekse en onrechtstreekse lading van het biofiltersysteem. Rechtstreekse lading laat enkel toe om inwendig verdunde restfracties te behandelen. Onrechtstreekse lading vanuit een afzonderlijke vul- en spoelplaats laat toe om al de opgevangen gecontamineerde vloeistof te behandelen (Bron: pcfruit vzw).



Fig. 15: Afzonderlijke vul- en spoelplaats in beton met een afvoer voor gecontamineerde vloeistoffen naar het biozuiveringssysteem (Bron:DAAS) .



Fig. 16 & 17: Afzonderlijke vul- en spoelplaats waarbij de gecontamineerde vloeistoffen via een goot in de beton (links) of afvoerrooster (rechts) naar het biozuiveringssysteem worden geleid (Bron: ADAS)

Zorg dat de vul- en spoelplaats steeds omgeven is door een drempel of dat er een hellend vlak is die de vloeistoffen binnen het gebied van de vul- en spoelplaats houdt.

II) Buffertank of opvangvat

Een buffertank is een bijkomende kost, maar is aan te raden omdat het toelaat de gecontamineerde vloeistof gelijkmatig te verspreiden in de tijd. De buffertank moet dezelfde grootte hebben als de jaarlijkse hydraulische belasting. Afhankelijk van het klimaat is een biozuiveringssysteem gedurende 200 à 300 dagen actief per jaar. Lage temperaturen in de winter vertragen of stoppen de biologische activiteit van het systeem. De reinigingsactiviteiten zijn echter niet gelijkmatig verspreid over het jaar. Om een optimale werking van het systeem te verzekeren zou zowel de hydraulische als chemische belasting gelijkmatig moeten verdeeld worden over de hele actieve periode van het systeem.

Bijvoorbeeld: Als de hydraulische belasting 5000 l is en de actieve periode (dagen waarvan de temperatuur boven 15-20°C) 200 dagen bedraagt, dan moet er dagelijks 25 l op het systeem worden gepompt. In combinatie met een buffertank kan het systeem dus optimaal gebruikt worden en kan de grootte van het systeem worden beperkt. Voor het dagelijks laden van een kleine hoeveelheden op het biozuiveringssysteem kan men gebruik maken van een pomp met laag debiet in combinatie met een elektrische timer (niet continu) of een doseringspomp (continu) (figuur 18 & 19).

In een situatie waarbij de achtergebleven spuitoplossing niet in het veld verdund kan worden uitgespoten, is het mogelijk om de verdunningsstappen in de buffertank uit te voeren door zuiver water aan de tank toe te dienen. Verdunde oplossingen breken beter af.



Fig. 18 & 19: Voorbeelden van buffertanken. Links: een buffertank van 4000 l boven de grond. Rechts: een buffertank van 5000 l onder de grond met een afzonderlijke klep voor regenwater (Bron: pcfruit vzw).

III) Open versus gesloten systemen

Figuur 20 toont een schematische voorstelling van een open en een gesloten biobed systeem. Bij **gesloten systemen** kan het overtollige water of vocht enkel het systeem verlaten via verdamping. 1 m^3 substraat verdampt gemiddeld jaarlijks 400-500 l water afhankelijk van het klimaat. Dit betekent dat een gesloten systeem 2 m^3 substraat nodig heeft om 1000 l gecontamineerde vloeistof te behandelen. Deze gegevens zijn gebaseerd op de situatie in België, met een gemiddelde temperatuur rond 11°C en een gemiddelde jaarlijkse regenval van 800 mm. Wij raden aan om de adviseurs in uw regio informatie te vragen omtrent de jaarlijkse verdamping.

Bij lage verdamping en hoge belasting met gecontamineerde oplossingen bestaat bij gesloten systemen het risico dat het systeem verzadigd wordt of overloopt.

Verzadiging beïnvloedt in sterke mate de sorptie en degradatie van GBM in het actief substraat hetgeen resulteert in uitloging (Fogg *et al*, 2004). Verzadiging kan worden vermeden door het systeem af te dekken tegen regenwater en de hydraulische belasting te verspreiden in de tijd.

Het belangrijkste voordeel van een gesloten systeem is dat er geen resterend percolaat is, maar dit is enkel het geval als de verdamping groter is dan de hoeveelheid gecontamineerde vloeistof die op het systeem werd gebracht.

In een **open systeem** wordt een gedeelte van het water verdampt en de overgebleven hoeveelheid wordt opgevangen.

In een open systeem is 1 m^3 substraat mengsel nodig om $1,5\text{ m}^3$ gecontamineerde oplossing te behandelen. Hiervan wordt $0,5\text{ m}^3$ verdampt en blijft 1 m^3 percolaat achter. Dit toont aan dat een open systeem meer gecontamineerde vloeistof kan behandelen met dezelfde hoeveelheid actief substraat mengsel, maar het achter gebleven percolaat moet worden opgevangen in een afzonderlijke tank. Het percolaat kan, indien wettelijk toegestaan, hergebruikt worden voor niet selectieve herbiciden toepassingen in het veld of kan meerdere malen over het biozuiveringssysteem worden gepompt. Het gebruik van planten zorgt voor een

bijkomende zuivering en evapotranspiratie van het percolaat. Een continu bevochtigd systeem met een vochtigheidsgraad van 95% zorgt voor het beste resultaat.

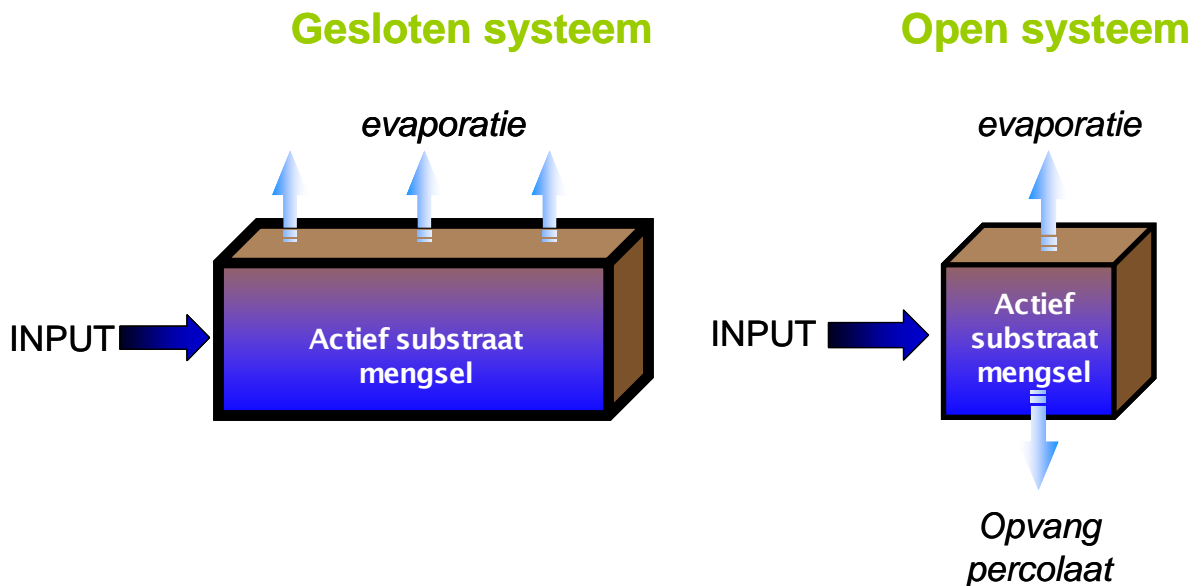


Fig. 20: Schematische voorstelling van een gesloten en open systeem.

IV) Uitrusting voor het laden van de biozuiveringssystemen

De gecontamineerde vloeistof moet gelijkmatig verdeeld worden over het oppervlak van het biozuiveringssysteem. Verschillende technische oplossingen zijn hiervoor mogelijk. Figuur 21 toont het gebruik van een metalen plaatje om de gecontamineerde vloeistof over het actieve substraatmengsel van de biofilter te verspreiden. Een geperforeerde circulaire slang (figuur 22) bovenop het substraatmengsel is een meer gecontroleerde manier om de gecontamineerde vloeistof te verspreiden. Spuitdoppen kunnen eveneens gebruikt worden voor een optimale verspreiding (figuur 23), zowel voor grote als kleine systemen. Voor grote systemen kan men eveneens gebruik maken van geperforeerde buizen (figuur 24) of een druppel irrigatiesysteem (Basford *et al.*, 2004). Regelmatig laden van het bioremediatiesysteem vereist het gebruik van een buffertank om de initieel gecontamineerde vloeistof op te vangen en tijdelijk te stockeren alvorens op het bioremediatiesysteem te pompen.

V) Inkuiping van de systemen

Biozuiveringssystemen moeten worden ingekuipt door een ondoorlaatbaar materiaal. Meestal worden de wanden van een biozuiveringssysteem gemaakt van beton, maar ook plastic zoals EPDM (fig. 25) of PE (Polyethyleen) (fig. 26) kunnen gebruikt worden. Voor de bouw van een biofiltersysteem wordt gebruik gemaakt van 1m³ containers of IBCs van PE. De levensduur van plastic is echter veel korter dan die van beton. Blootgesteld aan het licht zullen PE containers ongeveer 10 jaar meegaan. Daarom wordt aanbevolen deze containers te bekleden met doek of een ander materiaal (zie fig. 32)



Fig. 21 & 22: Verspreiding van de gecontamineerde vloeistof over het oppervlak van het biozuiveringssysteem dmv een metalen plaat (links, Bron: CRAw) of een circulair geperforeerde slang (rechts, Bron: pcfruit vzw).



Fig. 23 & 24: Verspreiding van de gecontamineerde vloeistof over het oppervlak van het biozuiveringssysteem dmv spuitdoppen (links, Bron: POVLT) of geperforeerde leidingen (rechts, Bron: Bayer CropScience).



Fig. 25 & 26: Als een alternatief voor beton kan een biobed ook ingekuipt worden met plastic zoals EPDM (links, Bron: ADAS) of PE containers (rechts, Bron Mybatec)

VI) Afdekking tegen regen en/of afzonderlijk circuit voor regenwater en niet gecontamineerd water

Afzonderlijke vul- en spoelplaatsen moeten afgeschermd worden van regen. Wanneer men in het biozuiveringssysteem gebruik maakt van planten dan moet men

echter zorgen dat deze planten voldoende licht hebben door bijvoorbeeld doorzichtige materialen te gebruiken voor de afdekking of de plantenbakken niet af te dekken. Voorbeelden van overdekte bioremediatiesystemen worden getoond in de figuren 3, 4, 24, 26, 32, 33 en 37. Afdekking van het biozuiveringssysteem vermijdt dat regen in het systeem terecht komt en dat het systeem verzadigd of overladen wordt. Omwille van deze reden moet men ook vermijden dat niet gecontamineerd water afkomstig van de vul- en spoelplaats op het biozuiveringssysteem terecht komt. Onderzoek in Denemarken heeft aangetoond dat gemorste GBM op de vulplaats gedurende een lange periode een risico kunnen vormen door afspoeling naar oppervlaktewater. Gemorste verliezen moeten daarom grondig worden afgekuist, indien dit niet gebeurt moet het regenwater worden opgevangen in het biozuiveringssysteem.

VII) Drainage van het systeem

Bij open systemen, zoals een biofilter, moet een drainagesysteem voorzien worden op de bodem van elke unit om het percolaat naar de volgende unit te leiden of in een tank op te vangen. De meest eenvoudige manier is het gebruik van drainagebuizen (fig. 27). Het gebruik van drainagebuizen heeft eveneens het voordeel dat het hydraulisch systeem of de kleppen niet geblokkeerd kunnen geraken door deeltjes van het actieve substraatmengsel. Drainagebuizen kunnen eveneens gebruikt worden voor biobeds. Een andere mogelijkheid is om gebruik te maken van een combinatie van grind en klei (fig. 10). Het gebruik van klei vertraagt de drainage echter aanzienlijk en door uitdroging kunnen barsten in de klei ontstaan.



Fig 27: Drainage buizen op de bodem van de biofilter unit (Bron: pcfruit).

VIII) Gebruik van planten

Het gebruik van planten heeft verschillende voordelen. De graslaag op een rechtstreeks geladen biobed zorgt voor een goede vochtigheidsgraad door het overtollige water te verdampen en voorkomt eveneens het uitdrogen van de bovenste laag (figuren 2, 10, 11 en 28). Daarnaast zorgen de plantenwortels voor een optimale bodemconditie voor de micro-organismen die verantwoordelijk zijn voor de afbraak van GBM. Gecontamineerde vloeistoffen die rechtstreeks op het biobed terecht komen, kunnen kenmerken van fytotoxiciteit op de grasmat achterlaten indien deze niet voldoende werden verdund.

Het gebruik van additionele plantenbakken bij een biofilter is mogelijk wanneer de concentratie aan GBM (voornamelijk herbiciden) laag genoeg is zodat de overleving van specifieke planten verzekerd is (fig. 9). Onderzoek heeft aangetoond dat grassen (*Carex* spp.) meer resistent zijn tegen herbiciden, maar struiken en bomen (*Salix* spp.) hebben een grotere verdampingscapaciteit (Debaer *et al.*, 2007). *Carex* spp. verhoogde de verdamping van het systeem met meer dan 500 liter per m² planten per jaar en *Salix* spp. verhoogde de verdamping met 1000 l of meer per jaar.

Wanneer voldoende plantenunits worden gebruikt om het overtollige water te verdampen, kunnen open biofilters systemen worden zonder percolaat.



Fig. 28 & 29: Een graslaag bedekt het rechtstreeks geladen biobed (links, Bron: Visavi) en Carex spp. in de laatste unit van een gemodificeerde biofilter (rechts, Bron: pcfruit)

Gebruik planten die geen gevaar vormen voor verspreiding in het veld. De planten die geselecteerd worden voor de biozuivering mogen niet toxisch zijn en mogen geen eetbare vruchten of plantendelen produceren. Indien geen herbiciden gebruikt worden op het biozuiveringssysteem, gebruik dan dicotyle struiken om het overtollige water te helpen verdampen.

a) Ingekuipte biobed systemen

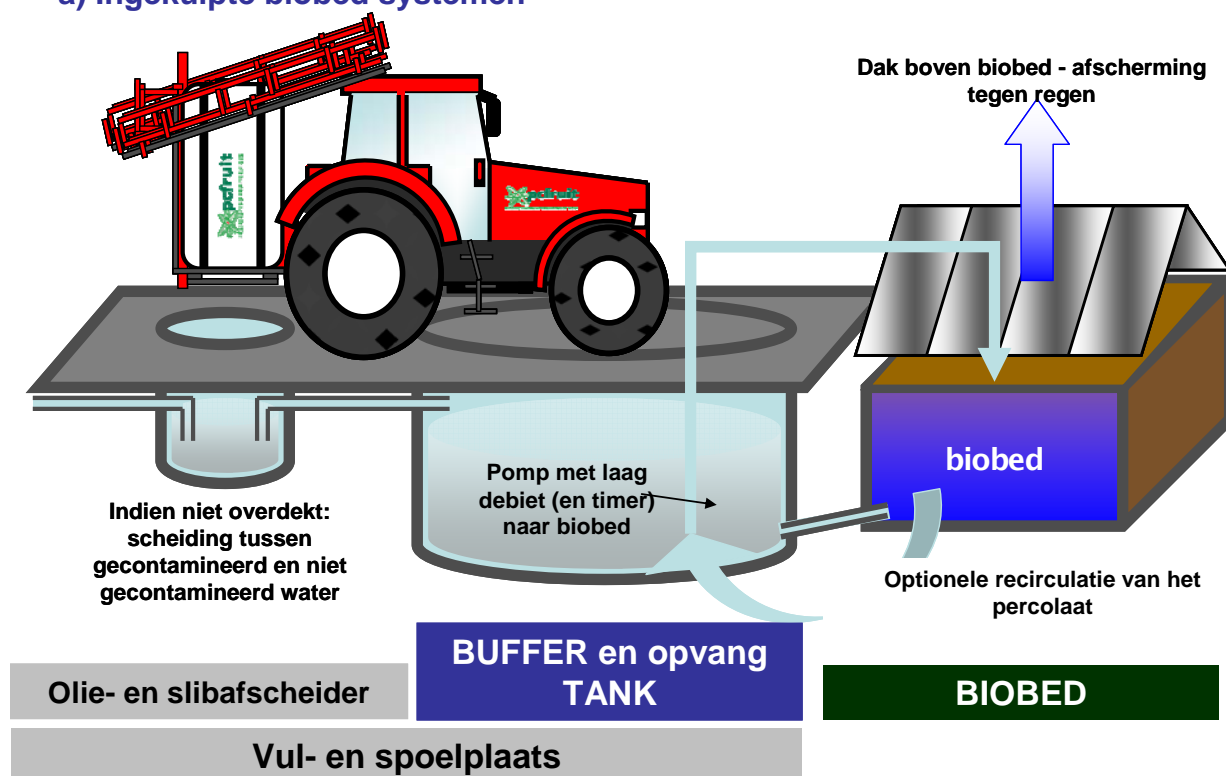


Fig. 30: Schematische voorstelling van de constructie en uitrusting van een modern ingekuipt (=lined) biobed. Gecontamineerde vloeistoffen worden gescheiden van regen en modder. De buffertank en het opvangvat bieden de mogelijkheid om de hydraulische en chemische lading van de vul- en spoelplaats te spreiden in de tijd. Mogelijke verzadiging kan vermeden worden door het biobed te voorzien van een afdak tegen regen, door te draineren en het mogelijke percolaat te recirculeren (Bron: pcfruit).

b) Biofilter systemen

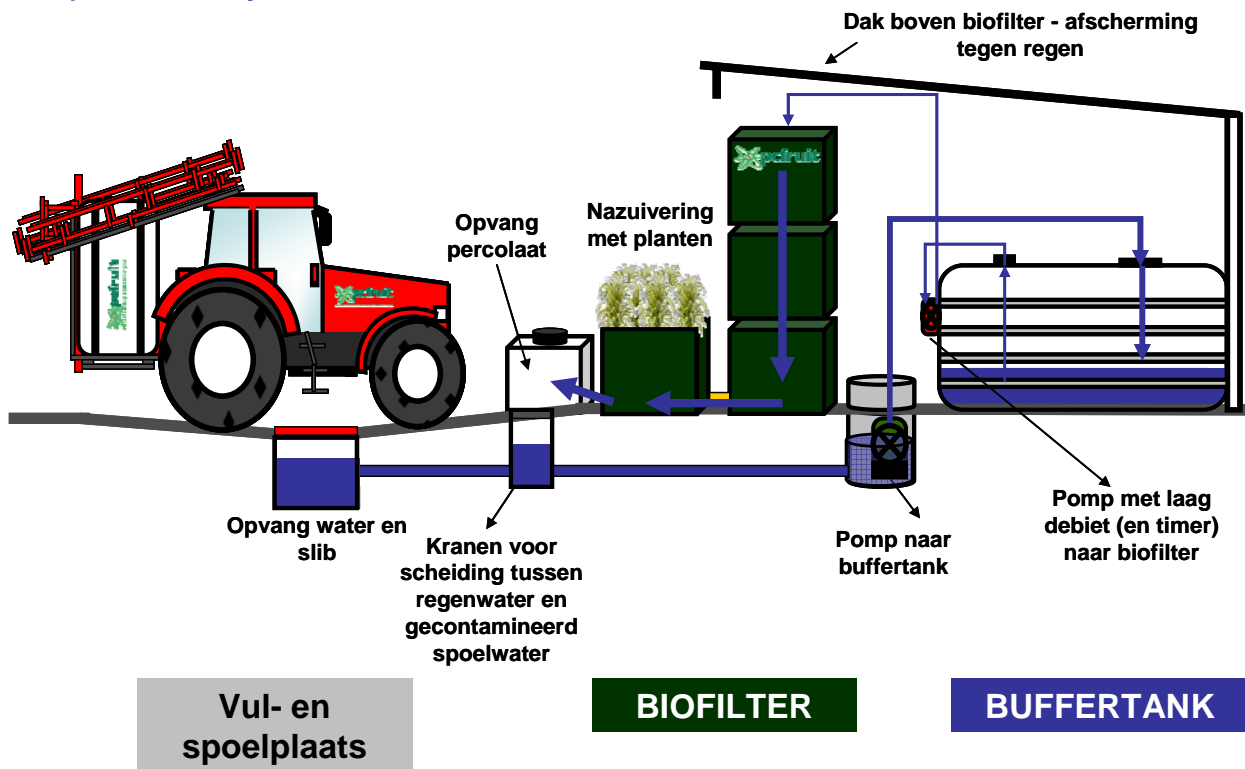


Fig. 31: Een niet-overdekte vul- en spoelplaats uitgerust met een overdekte gemodificeerde biofilter bestaande uit 3 + 1 units. Scheiding van het regenwater en het gecontamineerde reinigings- en spoelwater wordt bekomen door een kleppen systeem. Gecontamineerde oplossingen worden in een buffertank van 4000 liter gepompt. Vanuit de buffertank wordt dagelijks 25 liter op de bovenste unit van de biofilter gepompt. Dit systeem werd in 2007 geladen met 6300 liter, hiervan werd 4000 liter percolaat opgevangen en 2300 liter water werd verdampt (Debaer et al.,2007) (Bron: pcfuit).

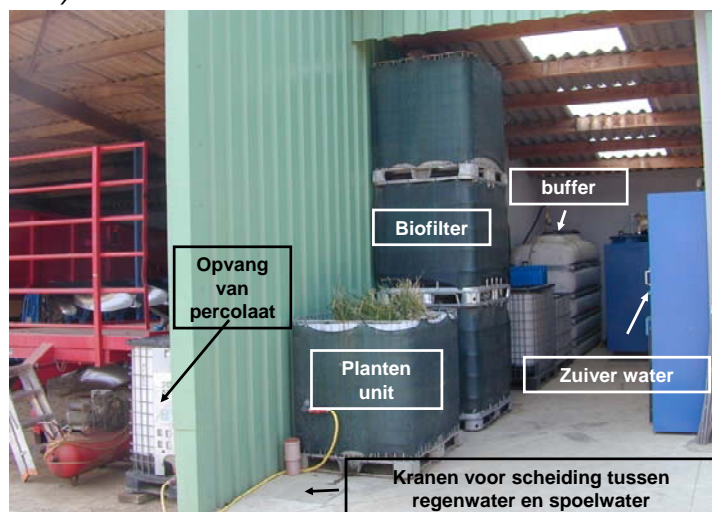


Fig. 32: Een geïntegreerde vul- en spoelplaats uitgerust met een gemodificeerde biofilter bestaande uit 3 + 1 units, zoals schematisch weergegeven in figuur 31. De overloop van de plantenunit bevindt zich juist beneden de wortelzone van de planten. Het overblijvende percolaat wordt opgevangen (Bron: pcfuit).

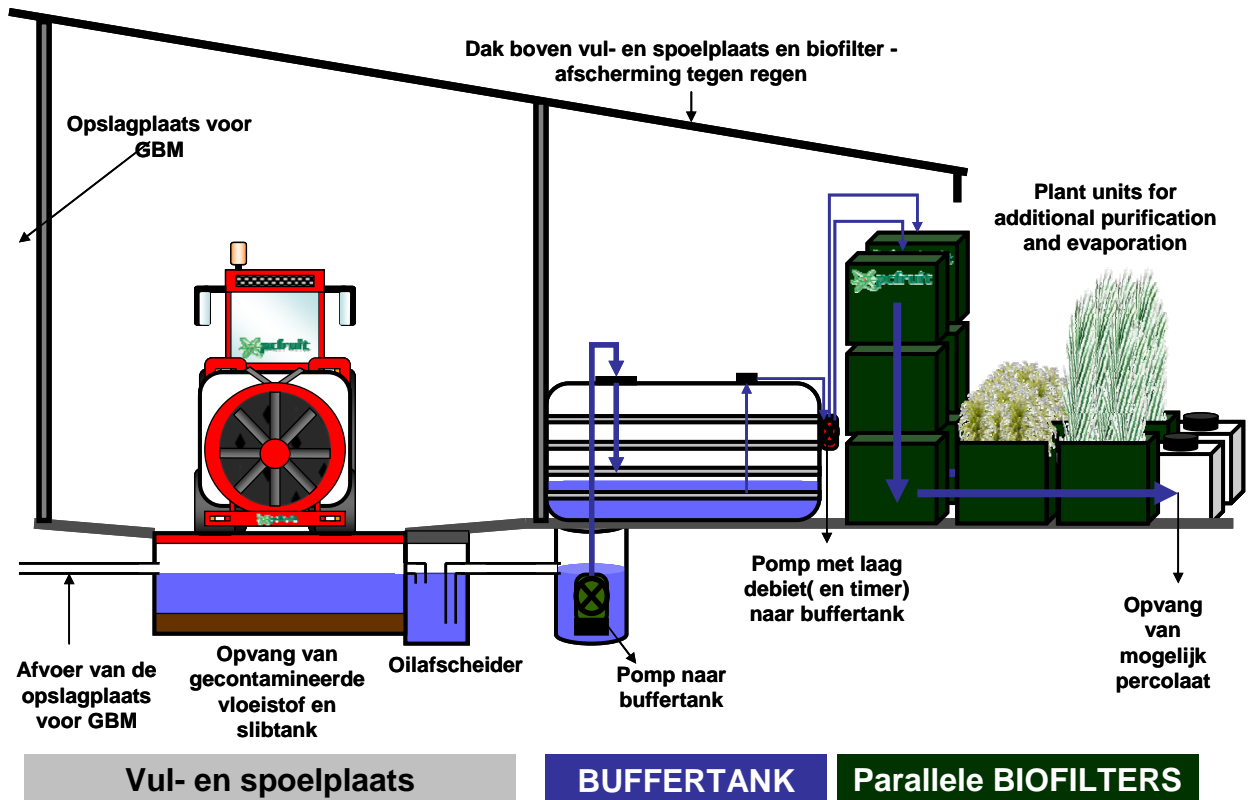


Fig. 33: Een geïntegreerde vul- en spoelplaats uitgerust met 2 parallelle gemodificeerde biofilters elk bestaande uit 3 + 2 units. Zowel de vul- en spoelplaats als de biofilters (behalve de planten bakken) zijn overdekt om te vermijden dat er regenwater in het systeem terecht komt. Het overblijvende percolaat wordt opgevangen (Bron: pcfruit).

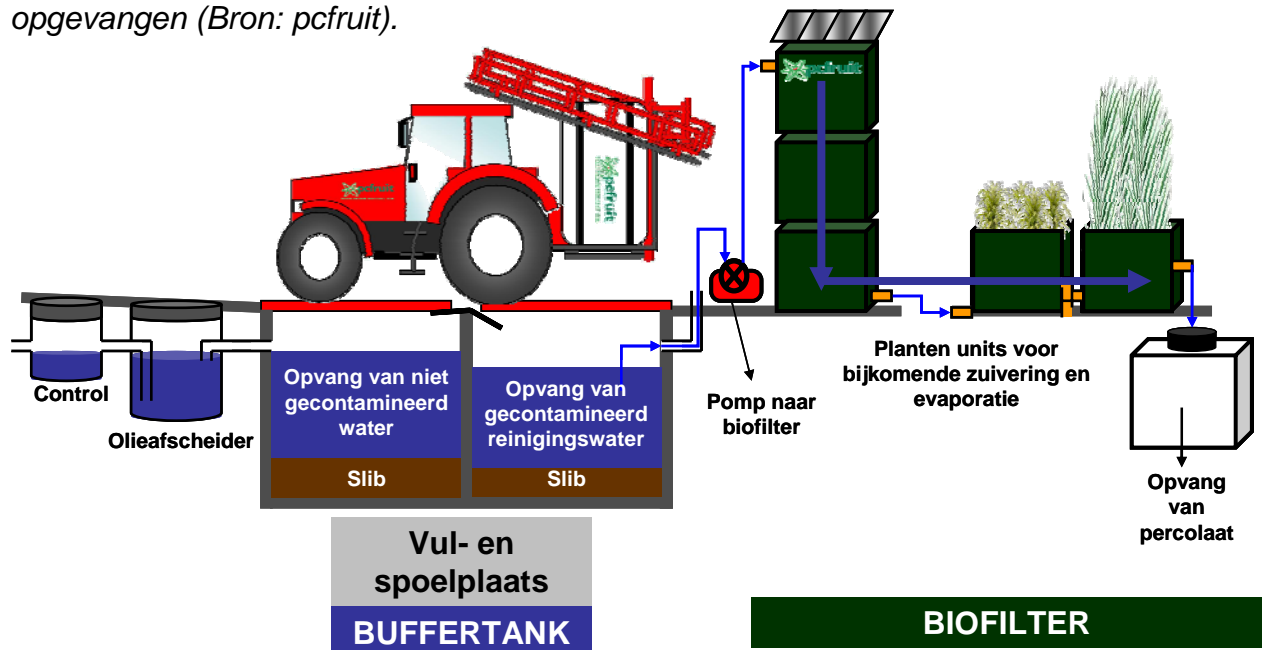


Fig. 34: Vul- en spoelplaats uitgerust met een gemodificeerde biofilter bestaande uit 3 + 2 units. Regen en gecontamineerd spoel- en reinigingswater wordt gescheiden door 2 buffertanken onder de vul- en spoelplaats. De gecontamineerde vloeistoffen worden op de bovenste unit van de biofilter gepompt mbv een door een timer gecontroleerde pomp. Het overblijvende percolaat wordt opgevangen (Bron: pcfruit).



Fig. 35 en 36: Om een optimale vochtigheidsgraad te bekomen in de 2 bovenste units van de biofilter, wordt een verzadigde zone behouden op de bodem van de unit zodat het water door capillaire krachten kan stijgen. Dit kan bekomen worden door de afvoer van de unit te koppelen aan een leiding die naar boven wordt gebogen en die bovenaan in contact staat met de lucht en aan het andere uiteinde in contact met de volgende unit. De hoogte van de verzadigde zone wordt dan bepaald door de hoogte van de naar boven gebogen leiding. Men kan verschillende hoogtes creëren (links) of een verzadigde zone op 300 liter zoals op de rechter figuur weergegeven (Bron: pcfruit).

5. Dimensionering van biozuiveringssystemen

De hoeveelheid substraatmengsel dat nodig is om een bepaald volume gecontamineerde vloeistof te behandelen, in zowel een open als geloten systeem, werd reeds besproken in hoofdstuk 4, sectie IV.

Voor gesloten systemen is de capaciteit afhankelijk van de verdamping door het substraatmengsel om verzadiging te vermijden. Voor een open systeem is de filter efficiëntie van belang (Pussemer *et al.*, 2004; Pigeon *et al.*, 2005; Debaer *et al.*, in voorbereiding). Er bestaat echter een verkeerde opvatting dat biobeds (gesloten systemen) meer gecontamineerde vloeistof kunnen behandelen dan biofilters (open systemen). Dit misverstand is waarschijnlijk te wijten aan het feit dat biobeds bestempeld worden als grote systemen met een groter volume actief substraatmengsel in vergelijking met de kleinere biofilters. Hetzelfde volume actief substraatmengsel in een open systeem kan echter grotere hoeveelheden gecontamineerde vloeistof behandelen als het percolaat wordt opgevangen en gerecirculeerd. Goed gedimensioneerde open systemen met planten kunnen zelf zero output systemen worden zonder achterblijvend percolaat.

Onder alle condities is het uiteraard belangrijk dat de chemische en hydraulische input zo klein mogelijk is. Aan de output zijde van het systeem moeten de vloeibare en vaste restfracties beperkt worden door een correcte dimensionering op basis van de behoeften van het specifieke bedrijf.

Het voornaamste principe van zuivering is niet enkel een reductie van de concentratie, maar ook de afbraak van GBM. Bij de planning en opstelling van

biozuiveringssystemen is het dus belangrijk om een goed evenwicht tussen de input en output van het systeem te bekomen.

Figuur 37 toont enkele voorbeelden van de input en output van een gesloten systeem (biobed), een open systeem (biofilter) en een open zero output systeem (gemodificeerde biofilter)

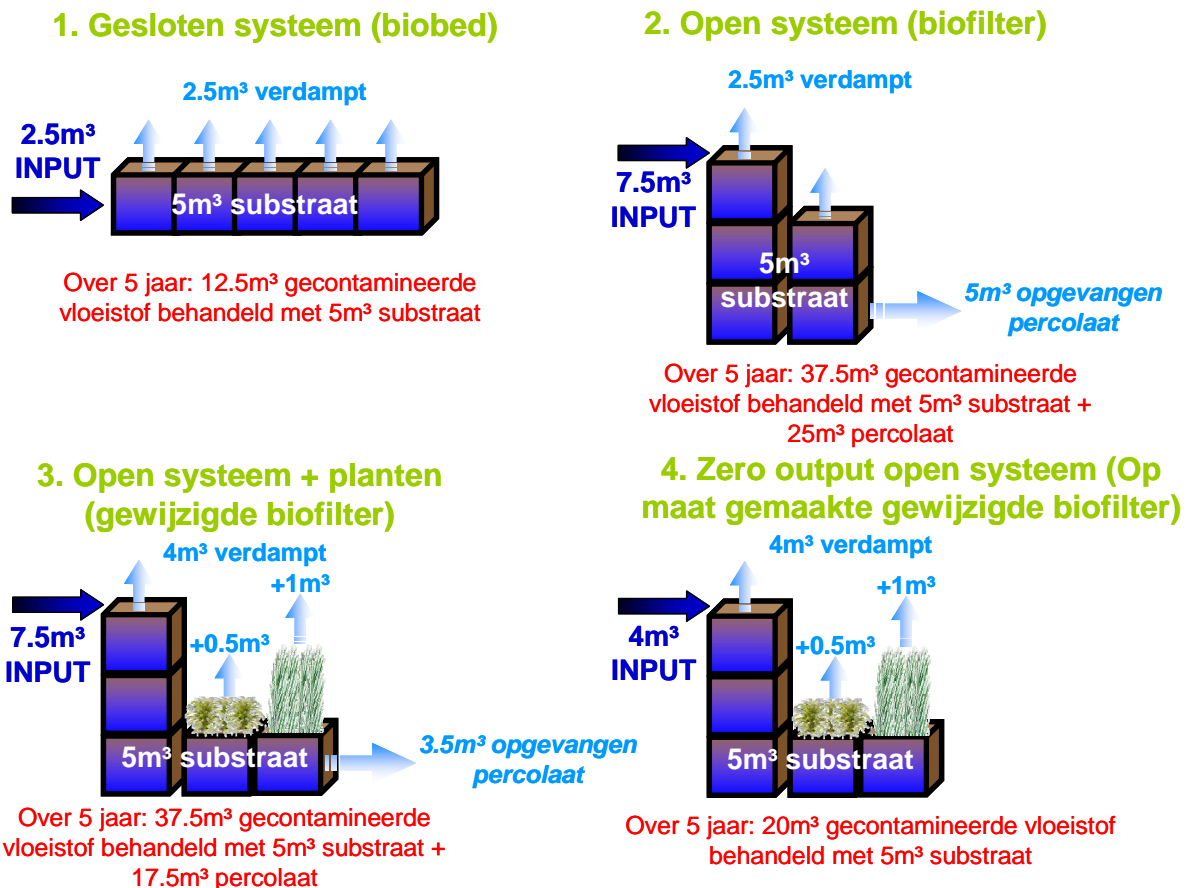


Fig. 37: Voorbeelden voor het dimensioneren van een biozuiveringssystemen (Bron: pcfruit):

- 1 Een klassiek biobed waarbij grote volumes actief substraat mengsel vereist zijn
- 2 Een klassieke biofilter met een groot volume percolaat dat moet worden hergebruikt in het veld of moet worden gerecirculeerd.
- 3 Een voorbeeld van een systeem waarbij er planten worden gebruikt om de verdamping van het overtollige water te bevorderen. Dit is enkel mogelijk voor open dwarsstroomsystemen. (2,5+0,5+1=4m³). Ervaring met dergelijke systemen heeft aangetoond dat de zuivering in de eerste 3 units niet volstaat voor de planten om te kunnen overleven indien onverdunde spuitresten op het systeem worden gebracht (geen reiniging in het veld).
- 4 Een voorbeeld van een open systeem met zero output dat de hoogste capaciteit en efficiëntie heeft voor het behandelen van gecontamineerde vloeistoffen. Voor grote volumes gecontamineerde vloeistof is het fysisch ontwerp echter meer eisend.

6. Actief substraatmengsel (verschillende substraten en hun functie)

Oorspronkelijk bestond het substraatmengsel in de biozuiveringssystemen uit 50% stro, 25% potgrond en 25% grond van het bedrijf. Verschillende studies hebben zowel de verhoudingen in het mengsel als het gebruik van alternatieve substraten voor een optimale afbraak van GBM bestudeerd.

I) Grond van het bedrijf – bron van micro-organismen

De grond van het toepassingsveld is een essentiële component in het substraatmengsel omdat hierin de micro-organismen aanwezig zijn die instaan voor de afbraak van GBM. Deze micro-organismen kunnen schimmels of bacteriën zijn die de GBM gebruiken als een koolstofbron voor hun voeding. Het is belangrijk om de grond te gebruiken van het desbetreffende bedrijf omdat de micro-organismen die hierin aanwezig zijn, aangepast zijn aan de GBM die gebruikt worden in het veld. De grond van het bedrijf is de enige component in het substraatmengsel die niet kan vervangen worden door een alternatief. De verhouding of de hoeveelheid grond kan echter wel gereduceerd worden zonder verlies in afbraakefficiëntie. Dit kan een voordeel zijn indien de substraten na gebruik niet in het veld mogen verspreid worden, maar moeten verwerkt worden door een erkend bedrijf.

II) Stro

Stro doet dienst als een bijkomende voedingsbron voor de micro-organismen. Stro is een ligninebron die essentieel is voor micro-organismen die lignine degraderende enzymen produceren. Deze enzymen kunnen een breed spectrum aan GBM afbreken. Daarnaast is stro ook een N-bron hetgeen resulteert in een goede C/N voor de degraderende bacteriën. Door de snelle mineralisatie van het stro in het actieve substraatmengsel is er jaarlijks een verlies van 10% substraat. Daarom moet er na elk seizoen stro aan het systeem worden toegevoegd.

III) Kokos chips

Kokos chips is een C-bron die (gedeeltelijk) kan gebruikt worden ter vervanging van stro. Het zorgt voor een goede waterhuishouding en een goede beluchting van het substraat. Actieve substraatmengsels met kokos chips of schors mineraliseren veel trager dan mengsels met stro. Hierdoor moet men jaarlijks minder substraatmengsel aanvullen. Vervangen van stro met kokos heeft geen effect op de afbraakefficiëntie.

IV) Turf

Turf is een substraat dat vele bindingsplaatsen voor GBM heeft. Het zorgt voor het behoud van goede aerobe condities in combinatie met een goede vochtigheid door de watervasthoudende capaciteit. Turf is echter niet geschikt als ruw materiaal.

V) Potgrond

Potgrond heeft dezelfde functies en eigenschappen als turf en kan dus als alternatief voor turf gebruikt worden in het actief substraatmengsel. Potgrond bevat vaak witte en zwarte turf, maar vaak wordt de turf gedeeltelijk of volledig vervangen door kokos.

VI) Koemest

Mest is een bijkomend substraat om de N-bron te verhogen door toevoeging van nitraat. Onderzoek heeft aangetoond dat de afbraak van GBM vergroot door toevoeging van mest (Genot *et al.*, 2002). Dit is vooral het geval voor bacteriële

afbraak. Studies waar de afbraak hoofdzakelijk gebeurde door schimmels toonde aan dat een beperkte beschikbare stikstofbron de micro-organismen stimuleerde om GBM af te breken (Castillo *et al.*, 2008). Een richtlijn voor de C/N verhouding in de matrix is 10 tot 20.

7. Menging van de substraten

Oorspronkelijk bestond het mengsel van een biozuiveringssysteme uit 50% stro, 25% turf en 25% grond van het bedrijf. Uit onderzoek is echter het volgende gebleken:

- De grond van het bedrijf is de meest geschikte fractie om het systeem te inoculeren, maar kan gereduceerd worden tot minder dan 5% zonder enig verlies in afbraakcapaciteit (Sniegowski *et al.*, 2007). De reductie van deze fractie zorgt zelfs voor een toename van de retentie van de GBM en bijgevolg ook een toename in biodegradatie (De Wilde *et al.*, in voorbereiding).
- Alternatieven zoals kokos chips en potgrond gemengd in verschillende verhoudingen in het actief substraatmengsel beïnvloeden de retentie niet (De Wilde *et al.*, in voorbereiding).
- Toevoegen van 5 tot 10% koemest vergroot de retentie en afbraak van GBM in het actieve substraatmengsel (Genot *et al.*, 2002; De Wilde *et al.*, in voorbereiding).

Figuur 38 toont verschillende mogelijkheden voor de actieve substraatmengsels die gebaseerd zijn uit bovenstaande onderzoeksresultaten. Door het stro in de bovenste unit te vervangen door kokos chips wordt het systeem gebufferd. In de volgende unit wordt de fractie met de grond van het bedrijf gereduceerd met 5-10% en de fractie potgrond wordt vergroot tot 40%. Door toevoeging van 5-10% koemest kan de potgrond met 30-35% gereduceerd worden. De bodem van de plantenunits wordt best bedekt met een laag kokos schors (10%) met daarop 80-90% potgrond

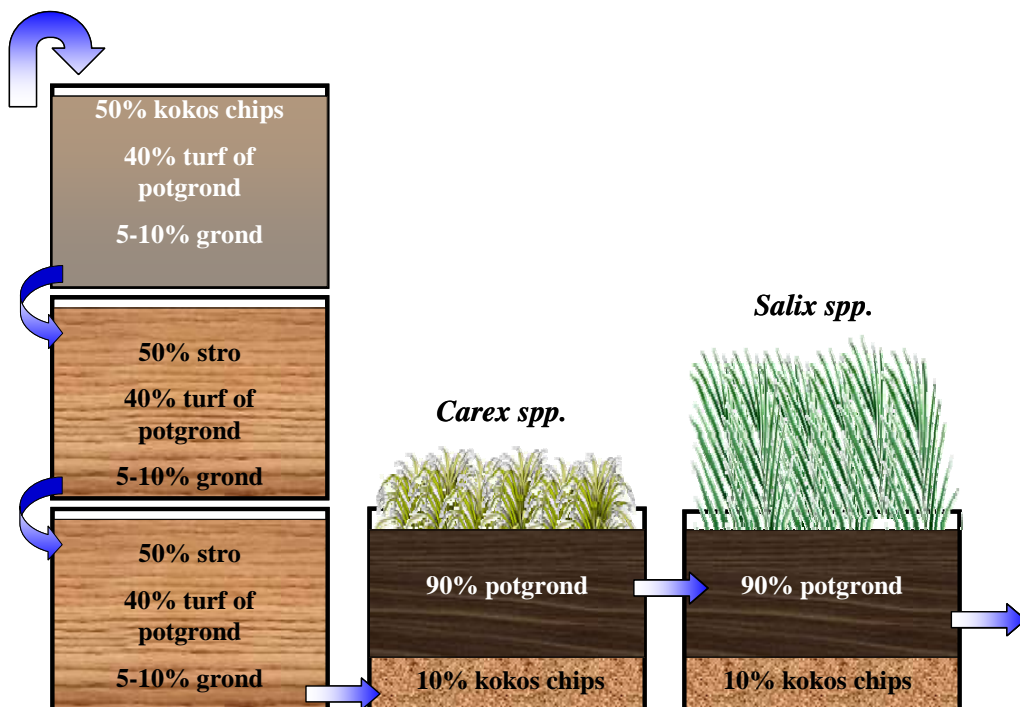


Fig. 38: Voorbeeld van actieve substraatmengsels in een gemodificeerde biofilter (Bron: pcfruit).

De verhoudingen van de substraten zijn steeds uitgedrukt in volume. Om een zo homogeen mogelijk mengsel te bekomen is het best dat de maximale grootte van de deeltjes in het mengsel 2-4 cm is, in het bijzonder voor stro. Een goede menging van het filtersubstraat kan bekomen worden door gebruik te maken van een betonmolen.

a. Vullen van het biozuiveringssysteem met het substraatmengsel

Vullen van het biozuiveringssysteem met het actieve substraat is een gebalanceerd proces. Als het mengsel goed is aangedrukt dan is de retentie hoog omdat de gecontamineerde vloeistof traag binnendringt en er een lange contacttijd is tussen de gecontamineerde vloeistof en het mengsel. Daarentegen is er in een compact mengsel weinig beluchting hetgeen noodzakelijk is voor de aerobe afbraak van GBM. Indien het mengsel echter niet is samengedrukt is de retentie laag, zeker als de gecontamineerde vloeistoffen niet goed verspreid zijn en er snel uitloging optreedt. Mengsels die een kleinere hoeveelheid grond bevatten en dus een grotere hoeveelheid turf of potgrond, zijn beter belucht zelfs wanneer het mengsel goed is aangedrukt.

b. Onderhoud van de actieve matrix

Naarmate het systeem langer in gebruik is zal de totale koolstof voorraad en biologische activiteit verminderen door mineralisatie van de actieve matrix. Mineralisatie is afhankelijk van de samenstelling en de grootte van de deeltjes van de verschillende substraatcomponenten. Een mengsel dat 50% gehakseld stro bevat zal het actief substraat mengsel jaarlijks met ongeveer 10 cm doen afnemen. Om dit te compenseren moet er jaarlijks of om de twee jaar nieuw materiaal worden toegevoegd en gemengd. Behoud steeds een minimale filterdiepte van meer dan 60 cm. Na enkele jaren moet het substraatmengsel volledig worden vervangen omdat het volledig is uitgeput. In het zuiden van Zweden wordt aangeraden om het actieve substraatmengsel om de 5-6 jaar te vervangen (Torstensson , 2000)

8. Sorptie en biodegradatie

Internationaal onderzoek heeft aangetoond dat onder verschillende en vaak niet optimale condities 93% van de GBM die op het systeem werden gebracht, werden afgebroken. Gemiddeld werd 4% van de GBM teruggevonden in het percolaat en 3% bleef achter in het actieve substraatmengsel. Bij optimale condities werd meer dan 99% van de GBM vastgehouden in het biozuiveringssysteem en afgebroken, met uitzondering van enkele mobiele GBM.

a. Principe

De controle en optimalisatie van biozuiveringsprocessen is complex en afhankelijk van veel factoren. Deze factoren omvatten o.a. het bestaan van microbiële populaties die de GBM kunnen afbreken. Omgevingsfactoren zoals type grond, temperatuur, pH, de aanwezigheid van zuurstof en andere elektronen acceptoren en nutriënten beïnvloeden eveneens de efficiëntie van de afbraak (Vidali, 2001). Een andere belangrijke beperking is de toegankelijkheid van de pesticiden voor de micro-organismen (bioavailability -Thompson, 2001). Biodegradatie van organische componenten is meestal beperkt tot de situatie waarbij de GBM zijn opgelost in het

bodemvocht dat de micro-organismen omgeeft. De micro-organismen bevinden zich dus in een dunne waterlaag op het oppervlak van de substraatdeeltjes. De biodegradatie van micro-organismen zal daarom toenemen door het oppervlak van het substraat te vergroten zonder verlies van biologische beschikbaarheid door microporiën (klei) (fig. 39).

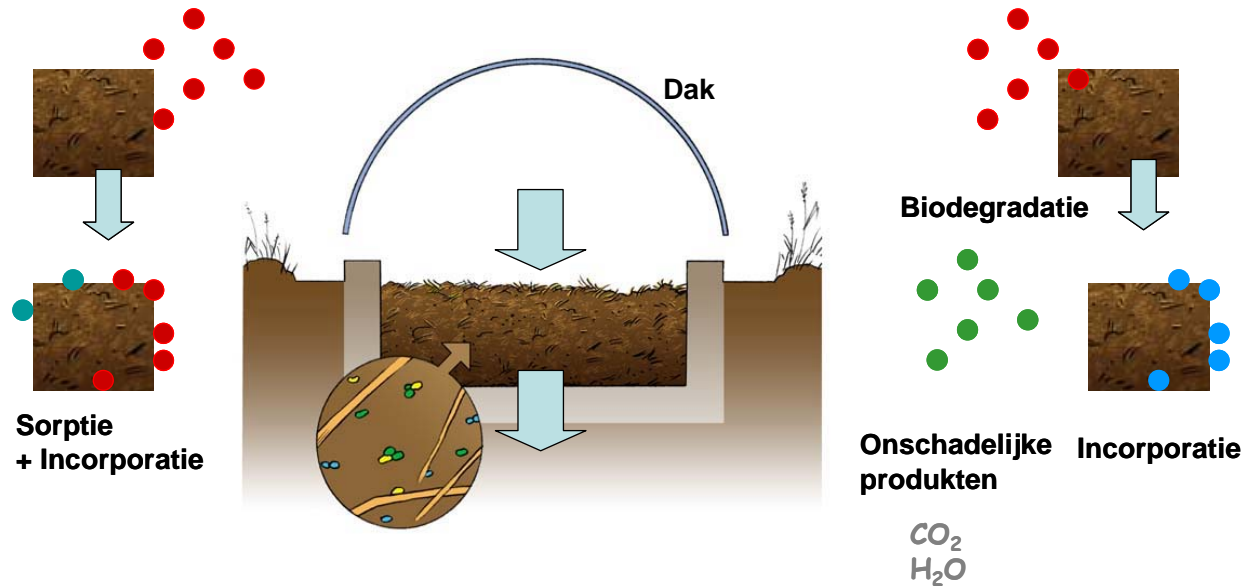


Fig. 39: De 2 chemische processen die betrokken zijn bij de biozuivering van GBM. Links worden sorptie en incorporatie voorgesteld. Rechts wordt de biodegradatie van GBM voorgesteld, dit treedt op na sorptie van GBM aan het oppervlak en breek de GBM af (Bron: Bayer CropScience en KULeuven).

b. Belangrijke factoren die sorptie en degradatie beïnvloeden

De invloed van verschillende factoren op de afbraak van GBM werd bestudeerd.

- Hoge concentraties GBM kunnen biodegradatie beperken (Fogg *et al.*, 2003). Daarom is het zoals reeds eerder werd aangeraden belangrijk om het spuittoestel in het veld te reinigen en enkel verdunde spuitoplossingen met een biozuiveringssysteem te behandelen.
- Een mengsel van GBM kan de afbraak in de bodem inhiberen, de afbraak in het actieve substraatmengsel wordt echter niet gehinibeerd door mengsels van GBM. Dit suggereert dat biozuiveringssystemen een hele waaier aan GBM mengsels kunnen afbreken (Fogg *et al.*, 2003).
- Het vochtgehalte in een biozuiveringssysteem is essentieel voor de biozuiveringsprocessen (optimaal vochtgehalte 95%). Verzadiging (vochtgehalte 100%) kan echter leiden tot uitloging van de GBM (Fogg *et al.*, 2004). Uitloging van mobiele GBM kan vermeden worden door de diepte van het biozuiveringssysteem te vergroten of door verzadiging van het substraat tegen te gaan.
- Herhaaldelijk gebruik van een bepaald pesticide gedurende meerdere seizoenen kan resulteren in een toenemende afbraak omwille van de adaptatie van de micro-organismen (Fournier *et al.*, 2004).

9. Percolaat

Het percolaat moet altijd worden opgevangen. LOOS HET PERCOLAAT NOOIT IN OF IN DE NABIJHEID VAN OPPERVLAKTEWATER. Afhankelijk van de wetgeving en de specifieke situatie op het bedrijf, zijn volgende bestemmingen en handelingen mogelijk:

- Re-circulatie van het percolaat over het biozuiveringssysteem. Hierdoor zal de verdamping toenemen.
- Hergebruik van het percolaat voor niet-selectieve herbiciden toepassingen in het veld.
- Verspreiding van het percolaat in het veld rekening houdend met de bufferzonereglementering voor het oppervlaktewater.
- Verdamping van het percolaat door in de laatste zuiveringsstap gebruik te maken van planten
- Indien er geen andere wettelijk toegelaten mogelijkheden zijn, dan moet men het percolaat laten verwerken door een erkende firma.

10. Uit gebruik genomen substraatmengsels

Na enkele jaren dienst te hebben gedaan, moet het substraatmengsel volledig vervangen worden (6 tot 8 jaar). Afhankelijk van de wetgeving en de specifieke situatie op het bedrijf, zijn volgende bestemmingen en handelingen mogelijk:

- Verspreid het gebruikte substraatmengsel met een mestverspreider over een veld zodat achtergebleven GBM in het veld verder kunnen worden afgebroken.
- Composteer het substraatmengsel gedurende 1 à 2 jaar op een overdekte ondoorlaatbare structuur en vermijd uitloging naar water. Door het composterende substraat 2 maal per jaar te mengen en het vochtig te houden zullen achtergebleven GBM worden afgebroken. Na 1 à 2 jaar compostering kan het substraat veilig verspreid worden over het veld.
- Indien er geen andere wettelijk toegelaten mogelijkheden zijn, dan moet men het substraat laten verwerken door een erkende firma.

11. Richtlijnen voor het praktische gebruik van biozuiveringssystemen

De volgende richtlijnen zijn hoofdzakelijk gebaseerd op onderzoek dat in België werd uitgevoerd. Wijzigingen kunnen noodzakelijk zijn naargelang het klimaat en lokale aanbevelingen/wetgeving. Beschouw de volgende vragen als richtlijn om het vereiste systeem aan te passen aan de specifieke situatie op uw bedrijf.

a. Het biozuiveringssysteem moet grote volumes sterk geconcentreerde oplossingen behandelen (geen reiniging in het veld)

Jaarlijks wordt er meer dan 10.000 liter gecontamineerd water geproduceerd op het bedrijf en er is weinig of geen mogelijkheid om het spuittoestel in het veld te reinigen en te spoelen. In een dergelijke situatie is het aangeraden om een **ingekuipt biobed systeem** te gebruiken dat is afgestemd op de hydraulische input.

- Voor elke 1000 liter hydraulische input is 2m³ actief substraat nodig.
- Zorg dat de input wordt verspreid in tijd en volume. Zorg er ook voor dat de input goed verdeeld wordt over het oppervlak van het actieve substraat.

- Vermijd dat regen en niet-gecontamineerd water in het systeem terecht komen. Hierdoor wordt oververzadiging en uitloging van het actieve substraat vermeden.
- b. De gecontamineerde vloeistoffen worden rechtstreeks geladen op het biozuiveringssysteem**

Er is geen mogelijkheid om de gecontamineerde vloeistoffen tijdelijk op te slaan in een buffertank en de hydraulische en chemische belasting is niet gelijkmatig verspreid over het jaar. De beste optie is om gebruik te maken van een **ingekuipt biobed systeem** dat is afgestemd op de hydraulische input.

- Voor elke 1000 liter hydraulische input is 2m³ actief substraat nodig.
- Zorg er voor dat de input goed verspreid is over het oppervlak van de actieve matrix. Vermijd bevloeiing op de randen van het systeem.
- Laden van het systeem gebeurt zeer onregelmatig. Recirculatie is waarschijnlijk noodzakelijk om te vermijden dat de bovenste laag uitdroogt waardoor de verdamping en de biozuiveringsprocessen stoppen. Door het systeem telkens met grote ladingen te belasten kan uitloging van GBM door het actieve substraat gebeuren. Recirculatie zorgt voor voldoende zuivering van het percolaat.
- Vermijd dat regen en niet-gecontamineerd water in het systeem terecht komen. Hierdoor wordt oververzadiging en uitloging van het actieve substraat vermeden.

c. Het actieve substraat kan na gebruik niet op een wettelijke manier verspreid worden in het veld

Biobedsystemen hebben een grotere hoeveelheid actief substraat. Als het wettelijk niet is toegestaan om het actief substraat te verspreiden in het veld, dan moet men het substraat laten verwerken door een erkend bedrijf hetgeen vrij kostelijk kan zijn. In een dergelijke situatie is het dus beter om een voor een biofiltersysteem te kiezen omdat hier minder substraatmengsel in aanwezig is.

d. Het biozuiveringssysteem moet kleine volumes of verdunde gecontamineerde oplossingen behandelen die onrechtstreeks op het biozuiveringssysteem worden geladen (reinigen in het veld)

Jaarlijks wordt er minder dan 10.000 liter gecontamineerde vloeistof geproduceerd op het bedrijf en/of het spuittoestel wordt in het veld gespoeld en gereinigd. Het percolaat kan hergebruikt worden of indien toegestaan verspreid worden in het veld. De beste optie is om gebruik te maken van een **biofilter systeem** dat is afgestemd op de hydraulische input.

- Voor elke 1500 liter hydraulische input is 1m³ actief substraat nodig. Indien geen bijkomende plantenunits worden gebruikt, resulteert dit jaarlijks in 1000 liter percolaat. Dit percolaat kan worden opgevangen en hergebruikt worden in het veld.
- Vermijd dat regen en niet-gecontamineerd water in het systeem terecht komen. Hierdoor wordt oververzadiging en uitloging van het actieve substraat vermeden. Indien er plantenunits worden gebruikt, zorg dan dat deze voldoende licht hebben.

- Zorg dat de input gelijkmatig wordt verspreid over de actieve matrix zowel in tijd en als volume. Vang de gecontamineerde vloeistoffen op in een buffertank. Gebruik een doseringspomp of een pomp met elektronische timer om het systeem dagelijks te laden met kleine hoeveelheden (ongeveer 30 l). Bijvoorbeeld: jaarlijks 5000 l over een periode van 200 dagen = 25 liter per dag.
- Gebruik bij voorkeur zwarte containers of IBCs om een biofilter te maken. Dit zorgt voor extra warmte hetgeen de micro-organismen stimuleert.
- Indien de biofilter onregelmatig wordt geladen (timer), dan is het aangeraden om een verzadigde zone te behouden in het onderste gedeelte van de unit zodat de actieve matrix steeds voldoende bevochtigd is.
- Gebruik planten om de hoeveelheid percolaat te verminderen en maak een zero output zodat het recyclen van percolaat niet nodig is.

Acknowledgements

Deze brochure over het praktische gebruik van biozuiveringssystemen werd samengesteld door Christof Debaer van pcfruit vzw, gebaseerd op onderzoekservaring en onderstaande referenties van relevante wetenschappelijke en praktische studies.

Referenties

Balsari, P., Marucco, P., Oggero, G. (2006). "External contamination of sprayers in vineyards." *Aspects of Applied Biology* **77**: 215-221.

Basford, W. D., Rose, S.C., Carter, A.D. (2004). "On-farm bioremediation (biobed) systems to limit point source pesticide pollution from sprayer mixing and washdown areas." *Aspects of Applied Biology*. **71**: 27-34.

Castillo, M. d. P., von Wirén-Lehr, S., Scheunert, I., Torstensson, L. (2001). "Degradation of isoproturon by the white rot fungus *Phanerochaete chrysosporium*." *Biol Fertil Soils* **33**: 521-528.

De Wilde, T., Spanoghe, P., Debaer, C., Ryckeboer, J., Springael, D., Jaeken, P. (2007). "Overview of on-farm bioremediation systems to reduce the occurrence of point source contamination." *Pest Manag Sci* **63**: 111-128.

De Wilde, T., Mertens, J., Simunek, J., Sniegowski, K., Ryckeboer, J., Jaeken, P., Springael, D. & Spanoghe, P. In preparation. Characterizing pesticide sorption and degradation in macro scale biopurification systems using column displacement experiments.

Debaer, C., Jaeken, J. (2006). "Modified bio filters to clean up leftovers from spray loading and cleaning; experience from pilot installations." *Aspects of Applied Biology* **77**: 247-252.

Debaer C., Springael D., Ryckeboer J., Spanoghe P. & Jaeken P. 2007. The use of plants for optimization of a biofilter system used for bio purification of spray

remnants. *Oral Communication on 2nd Biobed Workshop* 11-12 December 2007, Ghent.

Debaer C., Springael D., Ryckeboer J., Spanoghe P., Balsari P., Taylor WA. & Jaeken P. 2008. Volumes of residual of sprayers and their International Standards: impact on farm water treatment systems. *Aspect of Applied Biology* **84**: pp. 193 – 199. International Advances in Pesticide Application 2008, Robinson College, Cambridge, UK.

Debaer C., Rutten N., Springael D., Ryckeboer J., Spanoghe P. & Jaeken P. In preparation. Influence of different surface treatments, volumes of cleaning water and dry time on the removal of external copper contamination on PE surfaces of a sprayer.

Debaer C., Rutten N., Springael D., Ryckeboer J., Spanoghe P. & Jaeken P. In preparation. Modified biofilters used in practise: chemical and hydraulic load, retention efficiency and optimized evaporation of leachate by plants.

Fogg, P., Boxall, A.B.A., Walker, A. (2003). "Degradation of Pesticides in Biobeds: The Effect of Concentration and Pesticide Mixtures." *J. Agric. Food. Chem.* **51**(18): 5344-5349.

Fogg, P., Boxall, A.B.A., Walker, A., Jukes, A. (2004). "Leaching of Pesticides from Biobeds: Effect of Biobed Depth and Water Loading." *J. Agric. Food. Chem.* **52**(20): 6217-6227.

Fournier, J. C. 2004. A survey of INRA studies on biobeds. *European Biobed Workshop*, 28-29 September, Malmö, Sweden.

Franssens, V., De Rocker, E. & Debaer C., In preparation. Risk of point source contamination by PPP in the Demer catchment area: results of a questionnaire on spray equipment, operator behaviour and farm infrastructure.

Genot, P., Van Huynh, N., Debongnie, Ph., & Pussemier, L. 2002. Effects of addition of straw, chitin and manure to new or recycled biofilters on their pesticides retention and degradation properties. *Med Fac Landbouww Univ Gent* **67**: 117-128.

Pigeon, O., De Vleeschouwer, C., Cors, F., Weickmans, B., De Ryckel, B., Pussemier, L., Debongnie, Ph., Culot, M. (2005). "Development of biofilters to treat the pesticides wastes from spraying applications." *Comm. Appl. Biol. Sci.* **70**(4): 1003-1012.

Pussemier, L., De Vleeschouwer, C., Debongnie, Ph. (2004). "Self-made biofilters for on-farm clean-up of pesticides wastes." *Outlooks on Pest Management* **April 2004**: 60-63.

Sniegowski, K., Ryckeboer J., Spanoghe P, Jaeken P. and Springael D. 2007. Use of pesticide-primed agricultural soils for bioaugmentation of lab-scale on-farm bioremediation systems treating pesticide contaminated waste water. Poster

presentation at 13th PhD-symposium on Applied Biological Sciences, Leuven, 17/10/2007.

Thompson, I. P., Singer, A.C., Bailey, M.J. (2001). Improving the exploitation of microorganisms in environmental clean-up. *Pesticide Behaviour in Soils and Water*, BCPC Symposium Proceedings No. 78: 197-204.

Torstensson, L., Castillo, M.dP. (1997). "Use of biobeds in Sweden to minimize environmental spillages from agricultural spraying equipment." *Pesticide Outlook* **8**(3): 24-27.

Torstensson, L. (2000). "Experiences of biobeds in practical use in Sweden." *Pesticide Outlook* **11**(5): 206-211.

Vidali, M. (2001). "Bioremediation. An overview." *Pure Appl. Chem.* **73**: 1163-1172.

Wehmann, H. J. (2006). "Cleaning of sprayers; an emerging ISO standard that is critical to environmental interests." *Aspects of Applied Biology* **77**: 31-38.