



TOPPS

**BIOPURIFIKACIJA – BIOLOŠKA RAZGRADNJA FFS -
RAZGRADNJA OSTANKOV FFS PRI UPORABNIKU**

TOPPS je evropski projekt namenjen izobraževanju in usposabljanju uporabnikov fitofarmaceutskih sredstev (v nadaljevanju FFS) za zmanjšanje točkovnega onesnaženja voda. Projekt poteka že več let v 17 evropskih državah in si prizadeva za vključevanje čim širšega kroga zainteresiranih udeležencev. Financirata ga Evropska komisija - okoljski program LIFE - in Evropsko združenje fitofarmaceutske industrije – ECPA.

Kratice **TOPPS** pomenijo v angleškem jeziku: **T**rainning the **O**perators to **P**revent **P**ollution from point **S**ources. - ali po slovensko: usposabljanje uporabnikov FFS za preprečevanje točkovnega onesnaženja.

CILJ projekta TOPPS

je zmanjšanje onesnaženja vodnih virov zaradi uporabe FFS. V ta namen so pripravljena navodila za dobro prakso varstva rastlin, izobraževanje uporabnikov in demonstracije – in to na območju cele Evrope.

Vsebina:

- 1. Uvod**
- 2. Razmere na kmetiji**
- 3. Predelava kemikalij in tekočin**
- 4. Oblikovanje bioloških čistilnih sistemov**
- 5. Velikost bioloških čistilnih sistemov**
- 6. Zmes aktivnih snovi**
- 7. Priprava substrata**
- 8. Postopki sorpcije in degradacije**
- 9. Izlitje**
- 10. Mešanica substrata po uporabi**
- 11. Odločanje o primernem sistemu biopurifikacije - biološke razgradnje**

Zahvala

Literatura

Namen tega priročnika:

Namen tega priročnika je seznaniti kmete, svetovalce in upravne delavce o možnostih za preprečevanje onesnaženja površinskih voda s fitofarmacevtskimi sredstvi (FFS) s pravilnim ravnanjem med polnjenjem in čiščenjem čistilnih naprav. Projekt TOPPS je določil postopke dobre prakse za preprečevanje točkovnega onesnaženja s FFS skupaj s postopki za ravnanje s tekočimi ostanki, ki so kritična točka celotnega procesa.

(Razlaga pojma ostanki: to je tekočina onesnažena s FFS, ki ostane po čiščenju na njivi kakor tudi na kmetijskem obratu - tekočina od čiščenja, polnjenja in postopkov vzdrževanja)

V večini držav so navodila za ravnanje z ostanki FFS pomanjkljiva, saj je bilo to področje dosedaj deležno premalo pozornosti. Prepričani smo, da potrebujejo uporabniki jasna navodila. Splošna navodila so preohlapna in zato predstavljamo v tem priročniku priporočila, ki temeljijo na izkušnjah strokovnjakov iz različnih držav.

1. Uvod v operativni del biopurifikacijskih sistemov

a. Vodna direktiva

Vse članice EU so dosedaj že vključile svoja določila Vodne direktive (2000/60/EC) v svojo nacionalno zakonodajo. Cilj te direktive je izboljšati in varovati stanje voda tako, da bo do leta 2027 kakovost voda označena z minimalno oceno "dobro stanje voda".

Vodna direktiva, ki je bila sprejeta leta 2003, določa časovne okvirje, v katerih morajo biti doseženi določeni cilji. Začenja s popisom stanja (določitev odgovornih organov, določitev in popis vodnih območij) in nadaljuje z uvedbo monitoringa, postavitvijo načrtov ravnanja na posameznih porečjih, poročanjem o rezultatih za vodna območja, določanjem meril za izboljšanje kakovosti voda in rednimi pregledi stanja (vsakih 6 let).

Vodna direktiva ima tako imenovane hčerinske direktive – za podtalnice (2006/118/EC), ki je vstopila v veljavo v januarju 2009 in direktivo za površinske vode (direktiva o okoljskih standardih kakovosti - stopi v veljavo 2010). Te hčerinske direktive določajo cilje za kakovost podtalnice in površinskih vod. Tako podtalnica kakor tudi površinske vode se uporabljajo za pripravo pitne vode v Evropi. Standard za pitno vodo znaša 0,1 µg/l za FFS (98/88EC). Ta vrednost je enaka 1 g aktivne snovi na 10 milijonov litrov vode in je tako v bistvu nična toleranca za pitno vodo. Da bi dosegli ta strogi cilj, je potrebno uvesti veliko lokalnih ukrepov kakor tudi ukrepe dobrega varstva rastlin. V primeru prekoračitve predpisanega standarda, lahko države članice prepovejo uporabo določenega FFS in s tem kmetijstvu zmanjšajo obseg razpoložljivih ukrepov za varstvo rastlin.

b. Poti onesnaženja vode s FFS

1.) Točkovno onesnaženje

Točkovno onesnaževanje je običajno povezano z ravnanjem s FFS – predvsem polnjenjem rezervorajev škropilnic in čiščenjem in ravnanjem z ostanki FFS. Ostanki FFS so kontaminirane tekočine, ki so ostale v škropilnici po nepopolnem čiščenju na njivi ali pa odpadki, ki nastanejo pri razlitju FFS na kmetiji po

čiščenju notranjosti in zunanosti škropilnice na kmetiji. Na podlagi študij je ugotovljeno, da predstavlja točkovno onesnaženje od 40 do 90% onesnaženja voda s FFS.

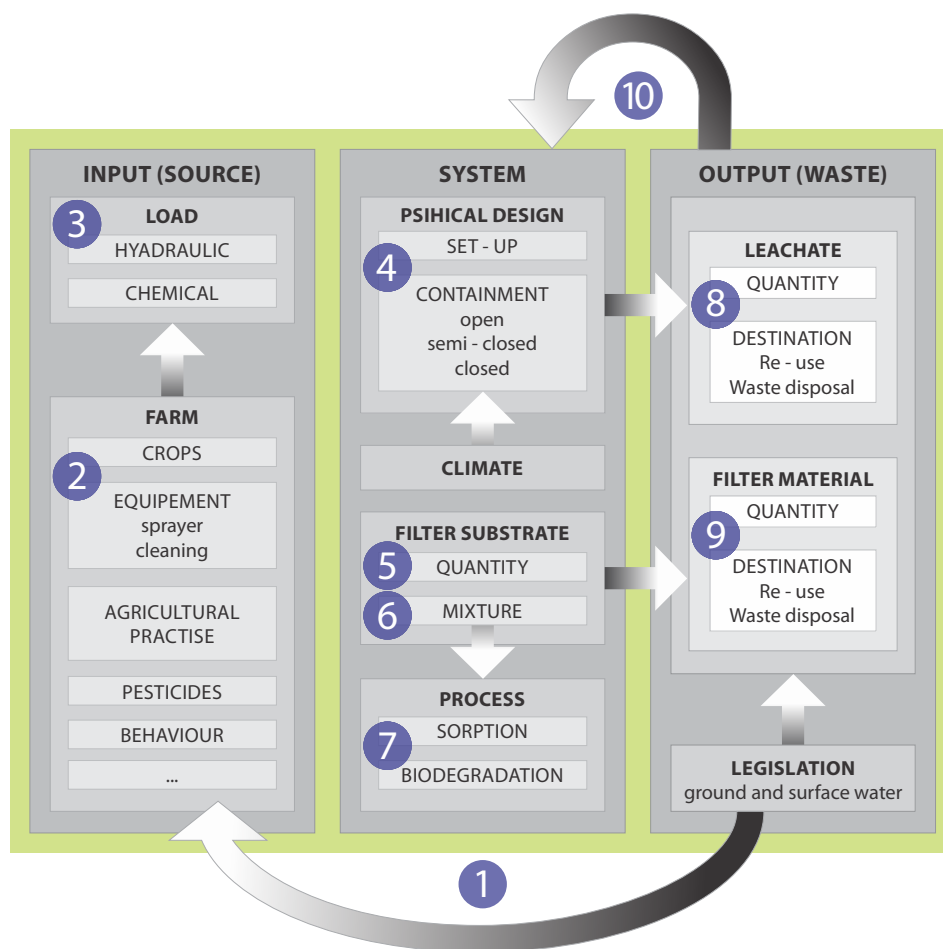
2.) Razpršeni viri

Razpršeni viri onesnaženja s FFS predstavljajo onesnaženje s FFS med njihovo uporabo na njivi/nasadu. Kritične točke so onesnaženja zaradi drifta, na drenažnih sistemih in erodiranih tleh.

c. Biopurifikacijski sistemi - sistemi za biološko razgradnjo

I.) Princip

S sistemi biološke razgradnje z uporabo prilagojenih mikoroorganizmov dosežemo biološko razgradnjo aktivnih snovi FFS. Te sisteme lahko postavimo sami glede na specifične okoliščine kmetije. Nepravilna velikost in nepravilno ravnanje pa lahko odločilno vplivajo na učinkovitost teh sistemov. Zaradi tega je potrebno pazljivo upoštevati ta navodila. Raziskave so pokazale, da lahko z biopurifikacijskim sistemom v optimalnih razmerah dosežemo razgradnjo od 95% do 99% FFS.



Slika 1: Shematski prikaz operacijskega sistema biopurifikacije.
(Vir: DeWilde et al.2007).

II.) Sistemi Biobed

Biobed je površina namenjena polnjenju in čiščenju škropilnic. Pri uporabi sistema Biobed je zelo pomembno, da se se škropilnica po uporabi očisti na njivi in da se v sistem Biobed vključi samo preostala razredčena konataminirana tekočin, ki je ni bilo mogoče poškropiti oz. uporabiti na njivi. Tako lahko dosežemo boljše rezultate ob uporabi manjših in cenejših sistemov.

Priporočeni sistemi Biobed (Torstensson et al., 1997&2000; Basford et al., 2004) morajo biti zaprti zato, da preprečijo prehajanje FFS v podtalnico. V osnovi so to vkopane ali površinske konstrukcije, ki zbirajo in predelujejo kontaminirano tekočino. Zaprti sistemi Biobed so napolnjeni z aktivnim substratom sestavljenim iz humusa (vsebuje naravne mikoorganizme, ki razkrojijo FFS), šote in slame.



Slika 2: Biobed (vir: Visavi)



slika 3: Biobac (vir: Mybatec)

Biobed sistemi morajo biti zagrajeni iz neprepustnih materialov kot npr. beton ali trda plastika in morajo biti na zgornji strani odprti. Zaprti Biobed sistemi morajo omogočiti, da lahko zbrana odpadna tekočina izhlapi. V nekaterih pokajinah imajo Biobed sisteme pokrite s travo zato, da s transpiracijo zmanjšajo količino zbrane tekočine. V nekaterih pokrajinah uporabljajo Biobed tudi za polnjenje in čiščenje škropilnic tako, da le ta stoji na Biobedu (slika 2). Običajno uporabljajo Biobed v kombinaciji z posebnim mestom polnjenja in čiščenja škroplnic, od koder se lahko razlita in zbrana tekočina neposredno spelje na Biobed ali predhodno shrani v posebni posodi in spelje na biobed (slika 3). Pri taki gradnji lahko obremenimo Biobed enakomerno po vsej površini in tekom celega leta. V pokrajinah z obilnimi padavinami in nalivi je priporočljivo Biobed pokriti zato, da se prepreči zasičenost in razlitje Biobeda. Obstaja več različic Biobedov: tam, kjer je uporaba FFS majhna in ne obstaja nevarnosti razlitja uporabljajo odprte Biobede; dobra praksa varstva rastlin pa ne glede na to priporoča zaprte sisteme.

Sistemi Biobed imajo običajno 10-30 m³ mešanice aktivnega substrata. Uporabljajo jih običajno na večjih kmetijskih obratih za predelavo večjih volumnov kontaminirane tekočine. Več manjših kmetij pa uporablja skupni Biobed. Po 6-8 letih uporabe Biobeda je potrebno zamenjati substrat. Splošno priporočilo je, da se substrat raztrosi po njivi. Takšno priporočilo je uradno veljavno le v nekaterih državah – sicer je potrebno preveriti, ali je to dovoljeno.

III.) Biofilter sistemi

Princip delovanja Biofiltra je podoben Biobedu. Pri uporabi sistema Biofilter je zelo pomembno, da se škropilnica očisti po uporabi na njivi in da se v sistem Biofilter vključi samo preostala razredčena konataminirana tekočina, ki je ni bilo mogoče poškropiti oz. uporabiti na njivi. Tako lahko dosežemo boljše rezultate ob uporabi manjših in cenejših sistemov.



Slika 4: biofilter (CRAw)



Slika 5: modificiran biofilter (pcfruit)

Biofilter (Pussemier et al., 2044) je sestavljen iz 2 do 3 kontejnerjev ali vsebnikov (IBC) velikosti 1 m³, ki so postavljeni drug na drugega in napolnjeni s podobnim aktivnim substratom kot Biobed. (slika 4). Biofilter sistem je možno spremeniti (Debaer & Jaeken, 2006) s sposameznimi vodoravnimi enotami, ki imajo za pospeševanje razgradnje in evaporacije posajene rastline in ki jih postavimo na tla (slika 5). Sistemi Biofilter so v glavnem manjši in imajo manjšo količino substrata (2-5 m³). Za razgradnjo večje količine onesnažene vode lahko postavimo paralelne Biofilter sisteme. Odpadno vodo zberemo na mestu določenem za čiščenje in polnjenje in jo nato prečrpamo na vrh Biofiltra. Biofiltri so odprti sistemi, ki omogočajo zbiranje razlite tekočine. To tekočina lahko ponovno prečrpamo na vrh Biofiltra ali pa jo po purifikaciji poškropimo skupaj z neselektivnim herbicidom. Modularna postavitev Biofiltra je fleksibilna, poceni in ne zahteva veliko prostora. Koncept zbiranja odpadne tekočine in njenega shranjevanja ter prečrpavanja okoli 30 l dnevno na Biofilter omogoča odstranjevanje odpadne tekočine skozi daljše obdobje in preprečuje kopičenje ostankov. S tem postopkom stalno dovajamo vlago v sistem Biofiltra in tako omogočamo delovanje mikroorganizmov in s tem razkroj FFS.

Biofilter se lahko enostavno prekrije in tako prepreči dostop deževnice.

Podobno kot Biobed, je potrebno tudi Biofiltru dodajati nov substrat. Biofilter lahko uporabljamo 6-8 let - po tem je priporočljivo zamenjati substrat. Splošno priporočilo je, da se substrat raztroši po njivi. Takšno priporočilo je uradno veljavno le v nekaterih državah – sicer je potrebno z lokalnimi oblastmi preveriti, ali je to dovoljeno.

2. Razmere na kmetijskem obratu

Izbor biopurifikacijskega sistema za posamezen obrat je odvisen od specifičnih razmer tega obrata - predvsem od količine odpadne vode in kemikalij. Izbor je odvisen od vrste gojenih rastlin in števila škropljenj ter s tem povezanim številom čiščenja škropilnih naprav. Prav tako je poleg ravnanja uporabnika pomembna tudi vrsta škropilne naprave in s tem povezana količina ostanka. Konvencionalne škropilnice imajo večjo količino preostale onesnažene vode v svojem notranjem sistemu, nasprotno pa imajo pršilniki onesnaženje večje na zunanosti naprave. Poleg tega pa vplivajo na količino ostanka velikost napeljav in škropilnih letev kakor tudi konstrukcija rezervoarja. Kapaciteta rezervoarja čistilne vode in dostopnost do vode za izpiranje prav tako vplivajo na količino FFS na in v škropilnici po škropljenju in čiščenju na njivi. Za doseganje dobre prakse varstva rastlin so najprimernejše škropilnice z minimalnim ostankom znotraj škropilne naprave in primerno velikim rezervoarjem čistilne vode, saj je tako količina preostale količine kontaminirane vode najmanjša.

3. Vpliv kemikalij in tekočine

Pred postavitvijo biopurifikacijskega sistema je potrebno poznati okvirne koncentracije FFS in količino kontaminirane tekočine tekom sezone. Poleg razlitja/raztresenja FFS pred uporabo so največji viri onežnaženja voda notranji in zunanji ostanki FFS po škropljenju.

Evropski standard EN 12761 določa minimalne zahteve za škropilne naprave. Pomembno je predvsem določilo v zvezi z maksimalnim volumnom preostale tekočine v škropilnici – imenovano ISO 13440. Skupni volumen preostale količine v škropilnici je definiran kot volumen škropilne brozge, ki je ni možno med potekom škropljenja izločiti. Določi se, ko pritisk v manometru pade za 25%. Priporočene maksimalne vrednosti EN 12761-2 za njivske škropilnice in EN 12761-3 za pršilnike so prikazane v tabeli 1 in 2.

tabela 1

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

tabela 2

Total residual volume in l (EN 12761-2)		
Tank volume	%	Total litres
400	4	16
800	3	24
1500	2	30

Za preračun količine razredčene škropilne brozge lahko služi EN 12761. Za preračun je potrebno tudi upoštevati tehnične podatke škropilnice o skupni preostali količini škropilne brozge. Raziskave kažejo velike razlike med skupno količino preostanka pri različnih škropilnicah.

Poleg teh podatkov je potrebno upoštevati tudi čiščenje škropilne naprave. Večina izvajalcev škropljenja očisti svojo škropilnico na kmetijskem obratu, vendar pa raziskave kažejo, da je zunanje onesnaženje škropilnice učinkovitejše očistiti na njivi – kar še posebej velja za pršilnike. Evropski standard posebej poudarja pomen velikosti čistilnega rezervoarja. Ta bi naj imel za njivske škropilnice velikost vsaj 10% volumna rezervoarja škropilnice ali pa vsaj 10 kratnik volumna preostanka v škropilni napravi.

Kmetje bi morali upoštevati te EN standarde. Raziskave namreč kažejo, da veliko škropilnih naprav ne izpolnjuje teh zahtev. Uporaba vode iz čistilnega rezervoarja mora biti učinkovita – zato je priporočljivo opraviti zunanje čiščenje škropilnice na njivi skladno s priporočili dobrega varstva rastlin za zmanjšanje tveganja za onesnaženja okolja.

Na osnovi raziskave ETAM so Dabaer et al. 2008 opozorili na pomen razredčenja preostale škropilne brozge s trikratnim izpiranjem. Pri njivskih škropilnicah se je tako vsebnost kemikalije pri izpranju zmanjšala za faktor 72 : neizprano (2900g aktivne snovi) in trikrat izprano (40g aktivne snovi). Postopek izpiranja ima tako pomemben vpliv na količino preostale kemikalije in na obseg „dela“ sistema za biološko razgradnjo.

Pri pršilnikih je največje onesnaženje s kemikalijami največje na njihovi zunanosti. Odvisno od konstrukcije pršilnika, zračnega sistema, vrste šob in kapacitete zraka znaša zunanja onesnaženost med 0,33% in 0,83% uporabljene količine FFS (Balsari, 2006/ISO-tests).

Primer: Sadjar uporabi povprečno 25kg aktivne snovi /ha v 1 letu; zunanje onesnaženje škropilne naprave ja med 82,5g/ha in 207,5 g/ha.

Količina kemikalije, ki jo mora razgraditi sistem biološke razgradnje po testih ETAM na njivskih škropilnicah (94 testiranih škropilnic) je odvisna od vrste škropilnice in načina čiščenja. Na primeru 20 čiščenj na kmetijskem obratu in koncentraciji 1000g aktivne snovi v 250 l/ha lahko z trikratnim izpiranjem zmanjšamo količino kemikalij za razgradnjo za 2860 g (Vir: Drbaer et al.2008).

Pri njivskih škropilnicah je zunanje onesnaženje med 0,01% in 0,1% od uporabljene količine FFS za naprave brez zračne podpore in do 0,47% za škropilnice z zračno podporo (Wehmann,/ISO testi). Na poljedelskih površinah, kjer je poraba povprečno 1,5kg aktivne snovi/leto, je zunanje onesnaženje do 1,5 g/ha pri konvencionalni škropilnici in do 7,5 g/ha za škropilnice z zračno podporo.

Čiščenje škropilne naprave na polju bistveno zmanjša obremenitev sistema biopurifikacije - še posebej

pri pršilnikih (zunanje onesnaženje je v praksi zelo različno).

Primer: Pri nizkem pritisku (4bari) lahko očistimo baker s škropilnice takoj pri uporabi 2,55 l vode/m² (Debear et al.), pod pogojem, da je ostanek škropilne brozge še vlažen. Pri čiščenju po 10 urah po škropljenju lahko očistimo le 70% bakra, po 20 urah pa je uspešnost čiščenja pri nizkem tlaku le še 40% pri uporabi enake količine vode. Enak učinek čiščenja po 10 urah sušenja dosežemo s 5 kratno količino vode pri nizkem tlaku (12,75 l/m²). Pri povprečnem pršilniku z ocenjeno površino 10 m² potrebujemo 100 l vode več kadar čistimo doma na kmetiji v primerjavi s čiščenjem v nasadu (25,5 l v nasadu, 127,5 l na kmetiji).

Čiščenje pod visokom tlakom lahko dodatno poveča učinek in zmanjša količino potrebne vode (slika 6 in 7). Morebitni ostanki FFS na škropilnih napravah so izpostavljeni vremenskim razmerah in jih lahko dež izpere, kar povzroči točkovno onesnaženje. Čiščenje škropilnih naprav na njivi/nasadu je pomembno zato, da zmanjšamo tveganje za točkovno onesnaženje voda in s tem zmanjšamo tudi potrebno kapaciteto sistema za biopurifikacijo na kmetiji.

a.) Sistemi za biopurifikacijo/povzetek

Sistemi biološke razgradnje so zadnji korak pri preprečevanju tveganja za točkovno onesnaženje voda s FFS.

Slika 6 in 7: čiščenje na njivi/nasadu (vir:pcfriut in LKW-NRW).



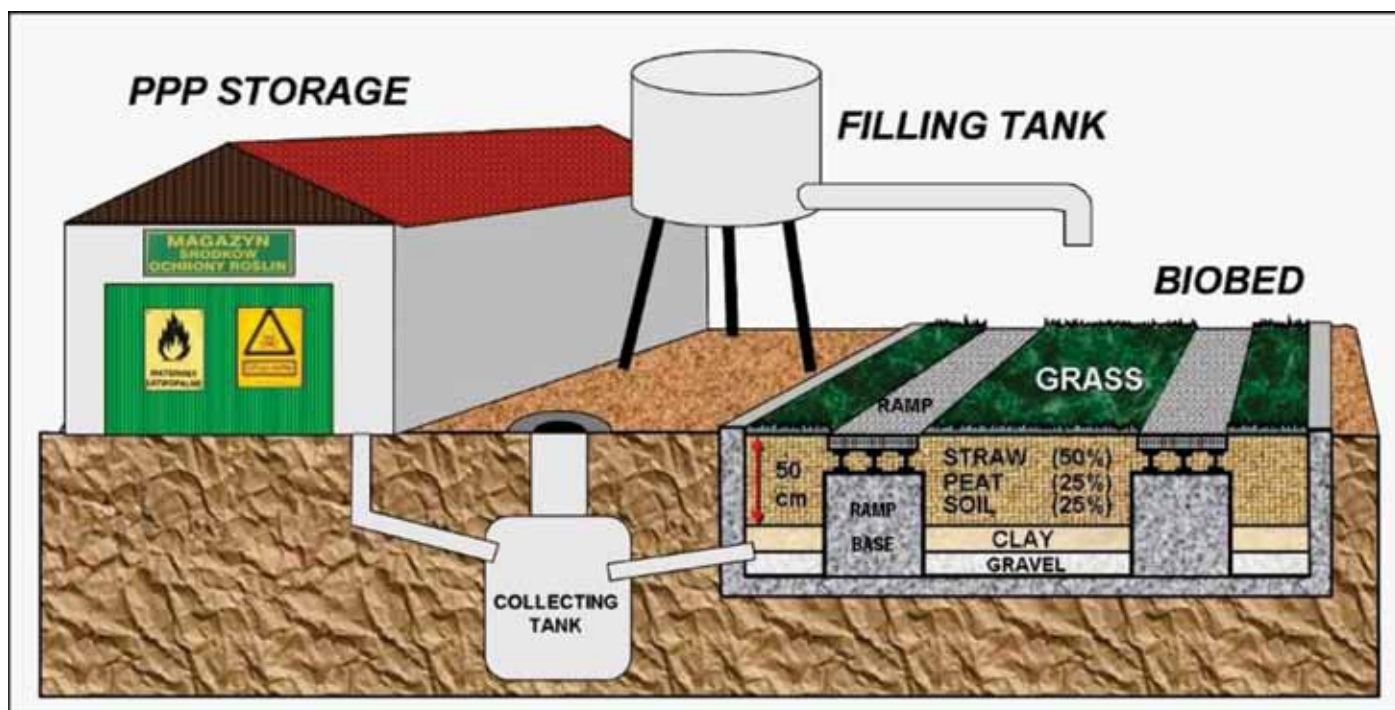
Velikost sistema biološke razgradnje je predvsem odvisna od količine kemikalij, ki jih uporabljamo. Pri majhnih količinah kontaminirane tekočine z nizko koncentracijo tekočin v povezavi s čiščenjem škropilnice na njivi/nasadu in majhnemu številu škropljenj potrebujemo majhen Biofilter. Pri velikih količinah kontaminiranih tekočin visokih koncentracij potrebujemo velik sistem za biopurifikacijo z dražjo infrastrukturo – kot npr. poseben prostor za polnjenje in čiščenje. Tak sistem je potreben, kadar škropilnih naprav ne čistimo na njivi/nasadu in kadar opravimo veliko število čiščenj na kmetijskem obratu. Najprimernejši sistem v tem primeru je Biobed. Kmetje imajo tako možnost večji del postopkov za preprečevanje točkovnega onesnaženja preusmeriti na njivo/nasad in si s tem zmanjšati višino investicije na kmetiji kakor tudi dela z FFS in čiščenja.

4. Vrste biopurifikacijskih sistemov

Integriran prostor za polnjenje in čiščenje omogoča različne delovne procese in preprečuje tveganja v zvezi z ravnanjem s FFS na kmetiji (slika 8). Vsa razsuta sredstva in razlite kontaminirane tekočine se lahko zbere in predela.

a) Direktno ali ločeno mesto polnjenja in čiščenja

Mesto čiščenja in polnjenja je lahko neposredno na Biobedu ali v neposredni bližini. Primer kombiniranega Biobeda in mesta čiščenja/polnjenja je prikazan na slikah 9 in 10. V tem primeru mora imeti Biobed dovolj močno ogrodje, da lahko nanj zapelje traktor s polno škropilnico. Najprimernejši pokrov za tak sistem je travna ruša, ki zagotavlja stalno primerno vlažnost in preprečuje evapotranspiracijo. Ker se kontaminirana količina izliva na Biobed neposredno iz škropilnice, je težko doseči njeno enakomerno porazdelitev. V nekaterih sistemih se nad Biobed razprostrejo samo škropilne letve (slika 11).



Slika 8: Shematski prikaz integriranegasistema za polnjenje in čiščenje

Podobno gradnjo lahko uporabimo za sistem Biofilter, kjer zbrano kontaminirano tekočino speljemo direktno na Biofilter. (slika 12). Takšna postavitev omogoča boljšo porazdelitev kontaminirane tekočine po celem seistemu. Vendar pa travni pokrov ni primeren za Biofilter (tekočina kontaminirana s herbicidi bi uničila travo). Biofilter mora biti zavarovan pred padavinami in mora omogočati cirkulacijo zbrane tekočine, da ne pride do izsušitve vrhnje plasti ob nerednih polnitvah. Prikaz na sliki 12 omogoča notranje čiščenje rezervoarja. Razlitja, ki nastanejo med polnjenjem in zunanjim čiščenjem pa je potrebno zbrati posebej in jih nanesti na Biofilter.

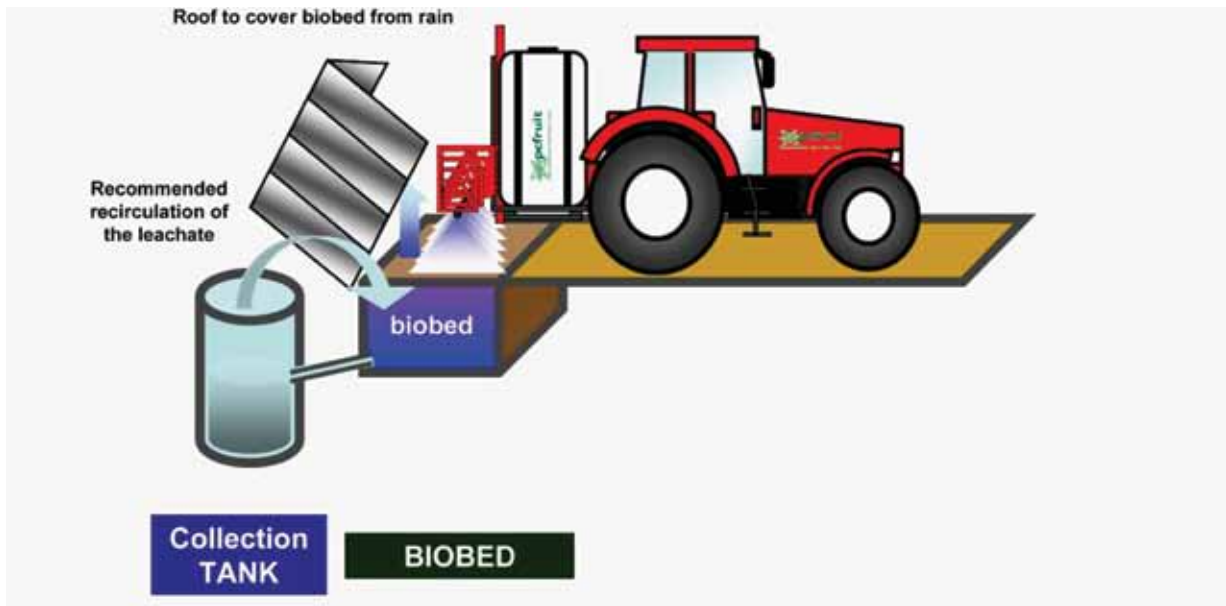
Posebna mesta čiščenja in polnjenja škropilnic morajo biti nepreustna za za kontaminirane tekočine s FFS, ki mora biti speljana direktno ali indirektno v sistem biološke razgradnje (slike 13, 14 in 15).

To posebno mesto polnjenja in čiščenja omogoča, da lahko kontaminirano tekočino sprva zberemo v zbirni rezervoar in jo nato izpraznimo v sistem biloške razgradnje. To omogoča, da se kontaminirana tekočina sčasoma enakomerno porazdeli po biopurifikacijskem sistemu. V primeru da mesto polnjenja in čiščenja ni zavarovano pred padavinami je potrebno narediti poseben obvod, ki preprečuje, da bi deževnica prišla v sistem biološke razgradnje.

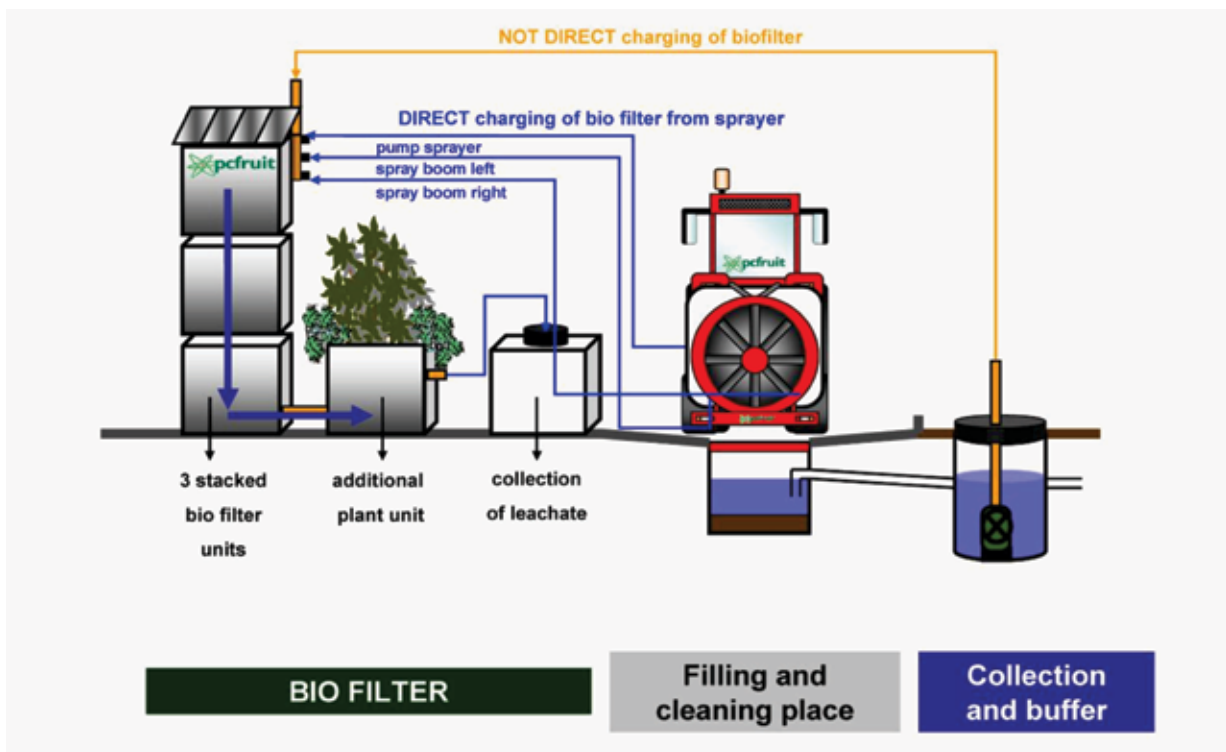
Raziskave so pokazale, da lahko razlitja FFS na mestu polnjenja škropilnic zelo dolgo odteka v površinske vode. Zato je potrebno v primeru, kadar ne moremo zajeti vseh padavin, temeljito očistiti mesto polnjenja škropilnih naprav. Sistem biopurifikacije je vedno potrebno zaščititi pred padavinami, še posebno tam, kjer padavine lahko prepojiijo sistem.



Slika 9: Tračnice preko Biobeda (vir: Visavi) Slika 10 : Vožnja preko rešetke na Biobedu



Slika 11: Shematski primer Biobeda, ki ga uporabljamo kot direktno mesto čiščenja. Škropilne letve so nameščene nad Biobedom, tako da lahko zberemo vse razredčene odpadne ostanke FFS.



Slika 12: Shematski prikaz direktnega in indirektnega polnjenja sistema biološke razgradnje. Direktno polnjenje omogoča polnjenje sistema z rezredčenimi ostanki notranjega čiščenja škropilnic. Indirektno polnjenje biološkega sistema iz posebnega ločenega mesta polnjenja in čiščenja pa omogoča čiščenje vseh odpadnih tekočin.



Slika 13: Ločeno mesto polnjenja in čiščenja s pripomočki za čiščenje, odpadne kontaminirane tekočine so speljane v biopurifikacijski sistem (Vir: DAAS)



Slika 14 in 15: Posebno mesto čiščenja in polnjenja škropilnic, ki je betonirano. Kontaminirane odpadne tekočine so speljane v biopurifikacijski sistem preko rešetk (desno) ali betoniranega žleba (levo)(vir: ADAS).

Vedno je potrebno zagotoviti, da ima mesto polnjenja in čiščenja primeren padec ali pa zaščitni rob, ki preprečuje razlivanje kontaminirane tekočine v okolico.

b) Vmesni ali zbirni rezervoar

Vmesni rezervoar je kljub temu, da predstavlja dodaten strošek, priporočljiv, saj omogoča časovno enakomerno ravnanje z zbrano odpadno tekočino. Velikost vmesnega rezervoarja naj ustreza letni količini zbrane odpadne tekočine. Glede na klimatske razmere, je biopurifikacijski sistem aktiven od 200

do 300 dni na leto. Nizke zimske temperature upočasnijo delovanje sistema. Čiščenje pa po drugi strani ni enakomerno porazdeljeno skozi leto. Za optimalno delovanje je potrebno dovajati vodo in kemikalije enakomerno skozi vse leto, saj tako omogočimo stalno delovanje biološkega sistema razgradnje.

Primer: če imamo na leto 5000 l odpadne tekočine je aktivni čas delovanja sistema 200 dni (med 15-20 °C) – dnevno je potrebno vnašati 25 l tekočine v sistem. V povezavi z vmesnim rezervoarjem deluje sistem optimalno – dimenzije sistema so manjše. Za dnevno polnjenje sistema z majhnimi količinami potrebujemo črpalko z majhnim pretokom v kombinaciji z elektronskim timerjem (občasno delovanje) ali pa dozirno črpalko (stalno delovanje) (slike 16 in 17).

Kadar ostankov škropilne brozge ne moremo razredčiti in jih poškopiti po njivi, jih lahko odstranimo v vmesni rezervoar, kjer jih dodatno razredčimo. Razredčene raztopine se namreč razgrajujejo bolje.

c) Odprt oz. zaprt sistem

Na sliki 18 je shematska predstavitev zaprtega in odprtega sistema Biobed.

Zaprti sistem je sistem, v katerem odpadna voda oz. tekočina zapusti sistem z izhlapevanjem. 1 m³ substrata evapira povprečno 400-500 l tekočine v enem letu – odvisno od klimatskih razmer. To pomeni, da potrebuje zaprti sistem za razgradnjo 1000 l odpadne tekočin 2 m³ substrata. (Podatki slonijo na izkušnjah v Belgiji, kjer je povprečna temperatura 11°C in znašajo povprečne padavine 800 mm na leto). Priporoča se posvet s strokovnjaki o letni evaporaciji in lokalnih razmerah.

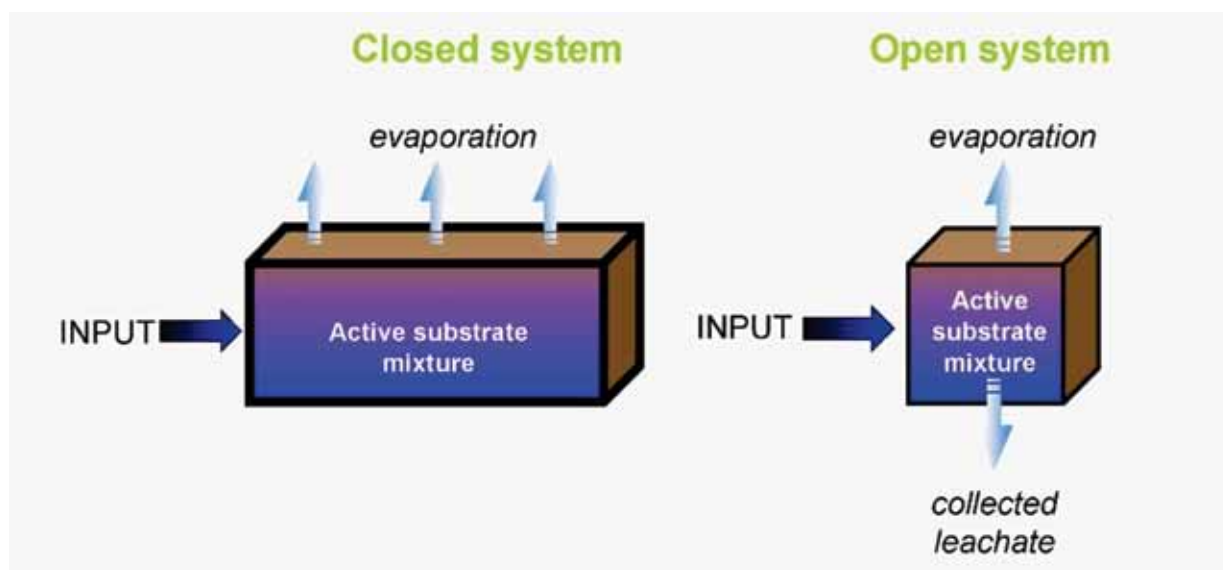
V zaprtem sistemu obstaja nevarnost, da se bo v primeru nizkega izhlapevanja in/ali bolj kontaminirane tekočine sistem zasilil ali razlil. Zasičenje bo vplivalo na absorpcijo FFS na aktivni substrat in povzročilo iztekanje kontaminirane tekočine (Fogg et al, 2004). Zasičenje lahko preprečimo tako, da sistem zavarujemo pred padavinami in časovno porazdelimo dotok tekočine v sistem.

Največja prednost odprtega sistema je, da ne prihaja do razlivanja tekočine - vendar samo v primeru kadar je izhlapevanje večja od količine tekočine, ki jo vnašamo v sistem.



Sliki 16 in 17: primer 4000 l PE vmesnega rezervoarja in podzemnega betoniranega vmesnega rezervoarja velikosti 5000 l v bližini mesta polnjenja in čiščenja škropilnic – s posebnim ločevalnim ventilom za deževnico (vir:pcfriut).

Odperti sistem je nekak pretočni sistem, pri katerem del vode izhlapi, preostali izcedek vode pa se zbere. Odprt sistem lahko predela 1,5m³ kontaminirane tekočine z 1m³ substrata – od tega 0,5m³ vode izhlapi, preostane pa 1m³ izcedne vode. Odprt sistem tako lahko predela bolj kontaminirano tekočino z isto količino aktivnega substrata pri tem, da je potrebno izcedno tekočino zbrati v poseben rezervoar. To izcedno vodo lahko uporabimo kot tekočino za pripravo škropilne brozge neselektivnih herbicidov ali pa jo vrnemo v sistem biopurifikacije. Z uporabo vegetacije lahko dodatno izboljšamo razgradnjo in izhlapevanje. Najboljše rezultate dosežemo pri optimalni vlažnosti – 95% in enakomernem polnjenju sistema.



Slika 18: shematski prikaz zaprtega in odprtega sistema

d) Oprema za polnjenje biopurifikacijskega sistema

Kontaminirano tekočino je potrebno enakomerno porazdeliti po površini biopurifikacijskega sistema. Možnih je več tehničnih rešitev. Kot je razvidno s slike 19 se kontaminirana tekočina razporedi po površini biopurifikacijskega sistema s pomočjo kovinske plošče. Na sliki 20 je prikazana možnost porazdelitve kontaminirane tekočine s perforirano cevjo. Za dobro porazdelitev lahko uporabimo škropilne šobe kot je prikazano na sliki 21. Poleg škropilnih šob, ki jih lahko uporabljamo v malih ali velikih sistemih, lahko uporabimo tudi perforirane cevi (slika 22) ali kapljični namakalni sistem Basford et al. 2004).

Za redno polnjenje sistema biološke razgradnje potrebujemo rezervoar, v katerem imamo shranjeno kontaminirano tekočino.

e) Zatesnitev sistema

Biopurifikacijski sistemi morajo biti zatesnjeni z neprepustnim materialom. Običajno so strani sistema Biobed zgrajene iz betona ali plasike EPDM (slika 23) ali PE (slika 24). Sistemi Biofilter so običajno veliki 1m³ in so običajno IBC vsebniki iz PE. Življenjska doba plastike je veliko krajša od betona. Vsebniki bodo tako pod vplivom svetlobe zdržali okoli 10 let.



Slika 19 in 20: Porazdelitev kontaminirane tekočine po površini s pomicjo kovinske plošče (levo, vir Craw) ali z zaokroženo preluknjano cevjo (desno, vir pcfriut).



Slika 21 on 22: Porazdelitev kontaminirane tekočine po površini s pomočjo škropilnih šob (levo, vir POVLT) ali s preluknjanimi cevmi (desno, vir Bayer CropScience).



Slika 23on 24: Alternativa za beton , Biobef je lahko zatesnjen tudi z plastčno folijo kot EPDM (levo, vir ADAS) in PE vsebniki (desno, vir Mybatec).

f) Zaščita pred dežjem in/ali pred krogotokom dežja in nekontaminirane tekočine

Pri čiščenju in polnjenju škropilnic na za to določenem mestu je potrebno biopurifikacijski sistem zaščititi pred dežjem. Kadar ima biopurifikacijski sistem rastlinski pokrov, mora biti odprt ali pa pokrit s prozornim materialom, ki prepušča dovolj svetlobe. Primeri pokritega biopurifikacijskega sistema so prikazani na slikah 3,4,22,24,30,31 in 35. Pokriti sistemi bodo preprečili dostop padavinam in razlitje zaradi prenapolnjenosti.

Vso nekontaminirano vodo iz mesta čiščenja in polnjenja ne smemo vlivati v sistem zaradi zgoraj navedenih razlogov.

Raziskave kažejo, da se FFS, ki jih razlijemo na betoniranih tleh polnjenja, zaradi padavin počasi izperejo. Zaradi tega je potrebno vso razlito kontaminirano tekočino po opravljenem delu previdno počistiti, saj jo moramo v nasprotnem primeru prenesti skupaj z deževnico v sistem biopurifikacije.

g) Drenaža

Odperti sistemi – Biofilter - potrebujejo na dnu vsake enote drenažni sistem, ki omogoča prehajanje tekočine v drugo enoto oz. v zbirni rezervoar. Najučinkovitejša je uporaba drenažne cevi prikazane na sliki 25. Uporaba drenažne cevi bo zagotovila učinkovito drenažo ob tem pa bo preprečila, da bi delčki aktivnega substrata zamašili hidravlični sistem ali ventile. Drenažne cevi lahko uporabljamo tudi za sistem Biobed. Na sliki 8 je prikazana uporaba grobega peska v kombinaciji s šoto. Šota znatno upočasni drenažo, presušena šota pa oblikuje razpoke na substratu.



Slika 25: uporaba drenažne cevi na dnu Biofiltra

h) Rastlinski pokrov

Rastlinski pokrov ima lahko veliko prednosti. Na Biobedu, ki ga polnimo neposredno, omogoča rastlinski pokrov enakomerno vlažnost in izsušitev ob tem, da lahko odvečna voda izhlapi. (slike 2,8,9,26). Koreninski sistem izboljša pogoje za razvoj mikroorganizmov, ki razgrajujejo FFS. Kontaminirana tekočina, ki jo nanašamo na Biobed, je lahko fitotoksična, kadar je premalo razredčena. Prav tako je priporočljiv rastlinski pokrov tudi pri sistemu Biofilter - še posebej tam, kjer je koncentracija FFS (predvsem herbicidov) dovolj nizka, da omogoča preživetje rastlinam (slika 27). Raziskave kažejo, da so šaši (*Carex* spp.) bolj odporni na herbicide, grmovnice in drevesa (*Salix* spp.- vrba) pa pospešujejo izločanje vode. (Debaer et.al., 2007). *Carex* spp. (šaš) poveča izhlapevanje za 500l /m² poraščene površine na leto, vrba pa poveča izhlapevanje za okoli 1000 litrov na leto. Pri uporabi primernih rastlin lahko imajo odprti sistemi izravnano vodno bilanco.

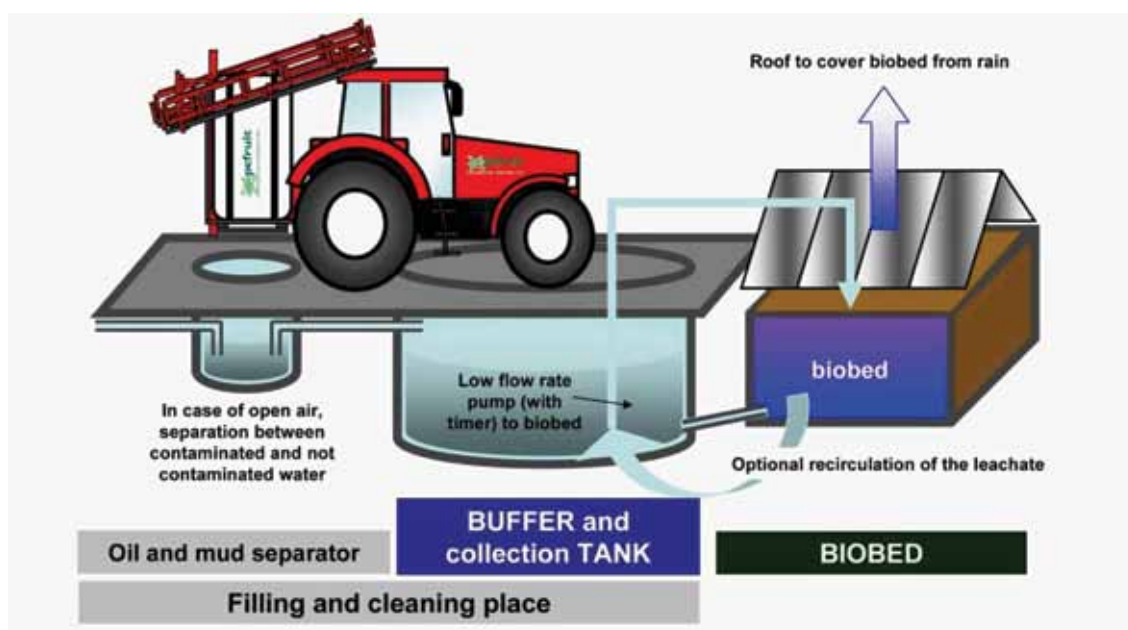


Slika 26 in 27: Rastlinski pokrov na vrhu Biobeda, ki ga polnimo od zgoraj (levo, vir Visavi) in šaš na zadnji enoti prilagojenega Biofiltra (desno, vir pcfriut).

Pri izboru rastlin za rastlinski pokrov moramo paziti, da preprečimo zanos plevela na njive. Izbrati moramo neinvazivne vrste rastlin, ki so nestrupene in niso namenjen prehrani. Kadar v kontaminirani tekočini nimamo herbicidov, lahko uporabimo dvokalične grmovnice, kadar pa so v tekočini pristoni herbicidi, ki imajo delovanje na enokaličnice in dvokaličnice, uporabimo šaš ali vrbo.

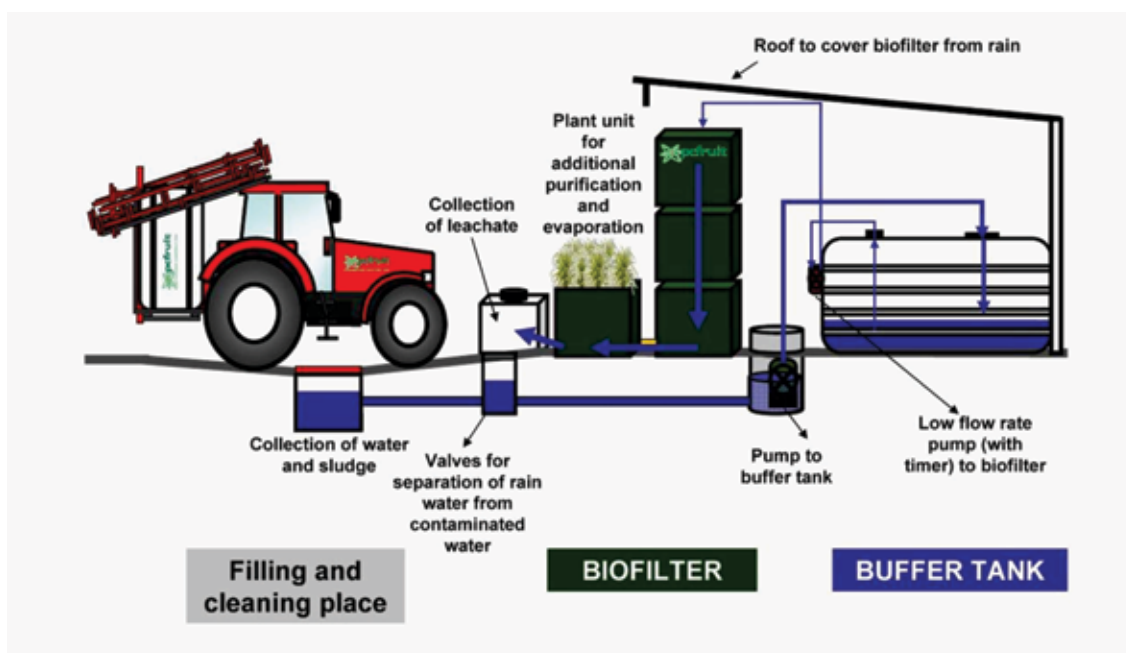
j) Primeri

I. neprepustni / zatesnjeni sistemi



Slika 28: Shematski pregled izgradnje sodobnega neprepustnega sistema Biobed. Kontaminirana tekočina je ločena od dežja in blata. Vmesni rezervoar, v katerem se zbira odpadna tekočina od polnjenja in čiščenja, omogoča časovno enakomerno polnjenje sistema. Zasičenje sistema se preprečuje s pokrivalom pred padavinami, drenažo in recirkulacijo izcedne vode (vir:pcfriut).

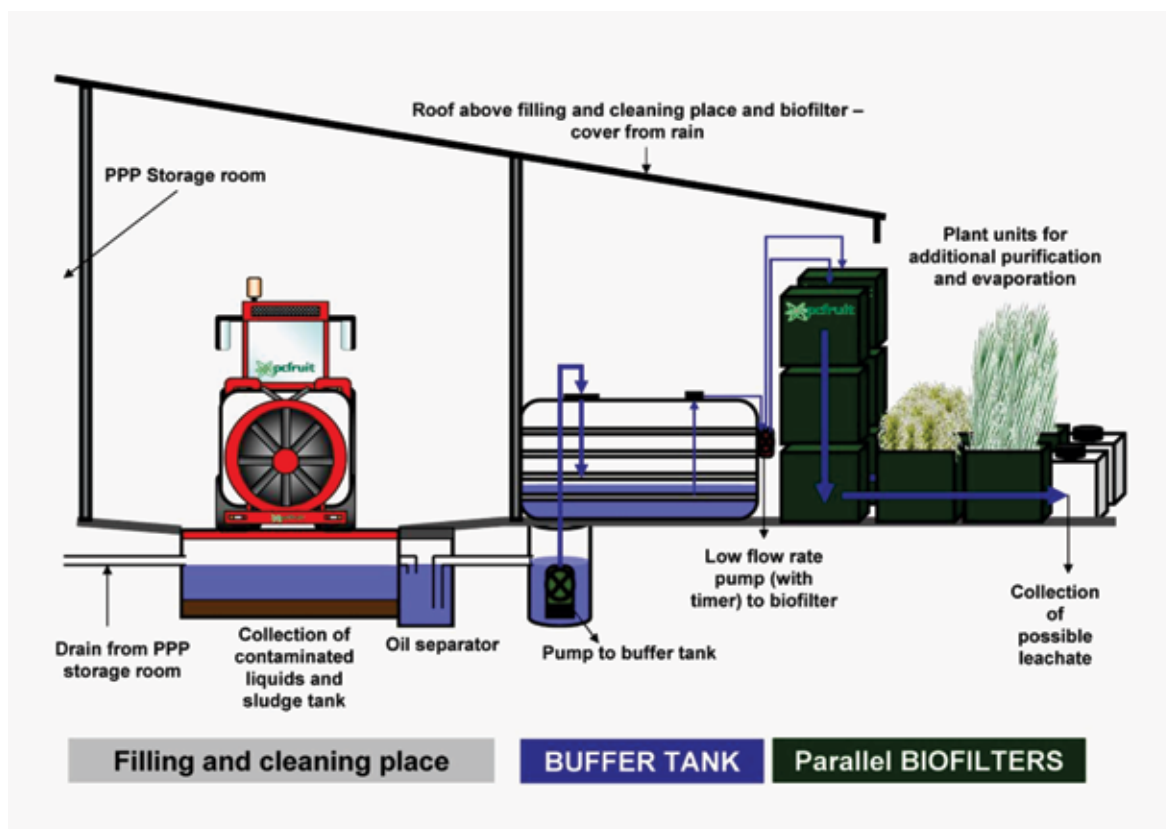
II. Primeri sistema Biofilter



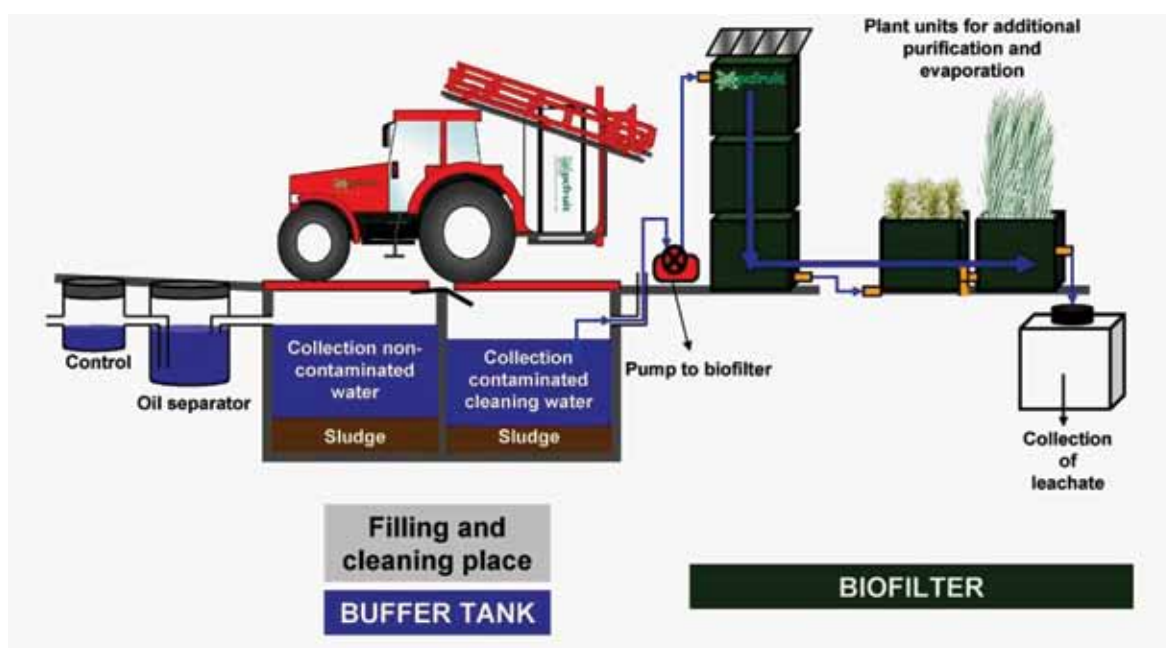
slika 29: Mesto polnjenja in čiščenja (na odprtem) s pokritim prirejenim Biofiltrom iz 3+1 enot (vir:pcfriut). Ločitev čiste deževnice od umazane vode omogoča poseben ventil. Kontaminirano tekočino prečrpa v 4000 l velik vmesni rezervoar. Iz njega se dnevno prečrpa 25 litrov na vrh Biofiltra. V l 2007 so v tem sistemu predelali 6300 litrov tekočine: zbrali so 4000 l izcedne tekočine, 2300 l tekočine je izhlapelo. (Debaer et al., 2007).



Slika 30: Integrirano mesto polnjenja in čiščenja z modoficiranim Biofiltrom z 3+1 enoto, predstavljeno že na sliki 29 (vir: pcfriut). Drenaža proti razlitju v enoti z rastlinskim pokrovom je nameščena na višini korenin določene rastline. Vsa odcedna tekočina se zbira v poseben rezervoar.



Slika 31: Integrirano mesto polnjenja in čiščenja je opremljeno z 2 paralelno modificiranimi biofiltroma z 3+2 enotama (vir:pcfruit). Mesto čiščenja in polnjenja in oba Biofiltra (razen enoti z rastlinskim pokrovom) so pod streho, ki ščiti sistem pred dežjem. Vsa odcedna tekočina se zbira v poseben rezervoar.



Slika 32: Mesto polnjenja in čiščenja je opremljeno z modificiranim Biofiltrom 3+2 enoti (vir:pcfruit). Deževnica in kontaminirana tekočina od čiščenja se zbira v dveh rezervoarjih pod čistilnim mestom. Kontaminirana tekočina se s pomočjo časovno programirane črpalke prečrpa na vrh Biofiltra. Vsa odcedna tekočina se zbira v poseben rezervoar.



Slika 33 in 34: Za zagotavljanje optimalne vlažnosti na zgornjih dveh enotah modificiranega Biofiltra je na spodnji strani enote prirejen predel zasičenja, ki omogoča, da se s pomočjo kapilarne sile vlage dvigne. To dosežemo tako, da odtok posamezne enote povežemo z gumijasto cevjo, ki jo upognemo navzgor. Tako nastane zračni kanal, ki je usmerjen na vrh posamezne enote. Višina predela zasičenja je odvisna od višine navzgor usmerjene cevi. Lahko imamo več predelov zasičenja (levo ali samo en predel za 300 l (desno). Upognjena cev je povezana z naslednjo enoto in v njej razporeja izcedno tekočino (slike 19 - 22). Ostale pipe na enoti, ki jih vidimo na sliki, so namenjene za odvzemanje vzorcev iz sistema ali za izpraznitev sistema pred zimo, ter za zaščito pip pred zmrzaljo.

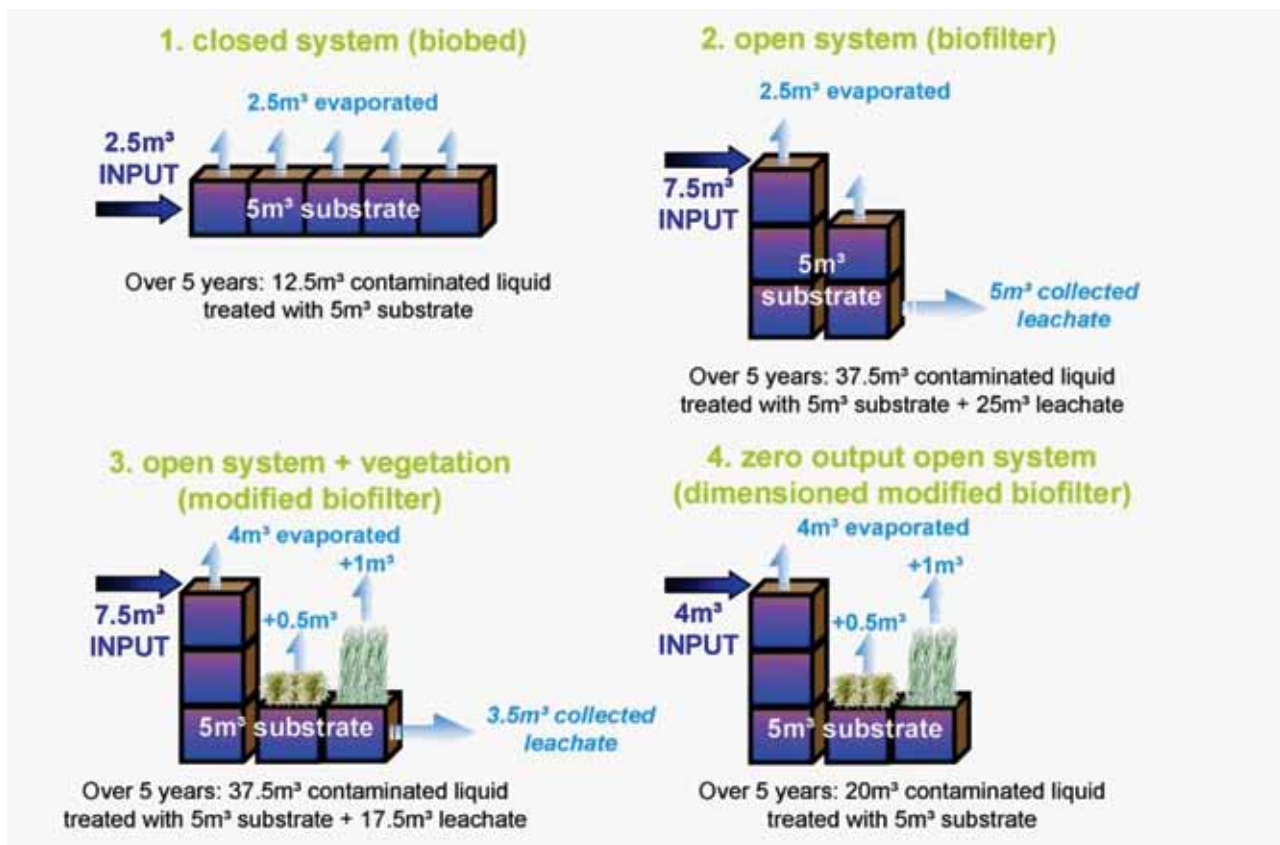
5. Velikost biopurifikacijskega sistema

Količina potrebnega substrata za predelavo določene količine kontaminirane tekočine za odprti ali zaprti sistem je bila obravnavana v poglavju 4/IV.

Pri zaprtih sistemih je pri določanju velikosti potrebno izhajati iz možnosti izhlapevanja za preprečevanje zasičenosti substrata. Pri odprtih sistemih je pomembna učinkovitost filtra (Pussemier et al., 2005, Debaer et al., v pripravi). Na splošno velja napačno prepričanje, da so sistemi Biobed (zaprti sistemi) sposobni predelati več kontaminirane tekočine. To lahko povežemo s tem, da so Biobedi postavljeni kot veliki sistemi, ki uporabljajo več aktivnega substrata kot majhni sistemi Biofilter. V bistvu pa enak volumen aktivnega substrata v odprtem sistemu lahko predela več kontaminirane tekočine, če preostalo izcedno tekočino zberemo in recikliramo. Odprti sistemi, ki so pokriti z rastlinskim pokrovom, so lahko pri primerni velikosti brez preostale izcedne tekočine.

Ne glede na sistem pa je pomembno upoštevati, da naj bo količina kontaminirane tekočine, namenjena predelavi, čim manjša. Na izhodu strani sistema naj bodo tekoči in trdi ostanki čim manjši, kar dosežemo s primerno velikostjo sistema.

Glavni namen biopurifikacije je razgradnja FFS in ne samo zmanjšanje njihove koncentracije. Zaradi tega je pri načrtovanju sistema potrebno uravnotežiti vnos in iznos iz sistema. To najlažje pojasni primer zaprtega sistema (Biobed) in odprtega sistema (Biofilter) kot tudi modificiran odprti sistem (modificiran Biobed), ki je brez ostanka tekočine – glej slika 35.



Slika 35: Primeri načrtovanja velikosti biopurifikacijskega sistema

- 1: predstavlja tipični Biobed sistem, ki potrebuje veliko substrata.
- 2: je tipičen sistem Biofilter, ki ima veliko preostale izcedene tekočine, ki jo porabimo na njivi ali pa recikliramo.
- 3: primer vpliva rastlinskega pokrova na povečanje izhlapevanja odvečne vode, ki je možen samo v odprtem navzkrižno pretočnem sistemu ($2,5 + 0,5 + 1 = 4\text{m}^3$). V predstavljenem primeru je preživetje rastlin v enoti 4 in 5 po izkušnjah ogroženo, kadar se v sistem v enote 1-3 polni nerazredčena škropilna brozga (kadar ni čiščenja na njivi).
- 4: prikazuje, da je lahko sistem primerne velikosti z rastlinskim pokrovom brez preostale izcedne tekočine, ki lahko učinkovito predela velike količine kontaminirane tekočine. Vendar pa je oblikovanje sistema za velike količine zahtevno (vir: pcfriut).

6. Aktivni substrat – različni substrati in njihova vloga

Osnovna mešanica aktivnega substrata za biopurifikacijo sestoji iz 50% slame, 25% šote in 25% humusa. Primerno mešanico in uporabo alternativnih substratov za najboljšo razgradnjo FFS so preučevali v različnih študijah.

a) Humus- vir mikroorganizmov

Humus iz površin, kjer smo že prej uporabljali FFS in ki ga vmešamo v aktivni substrat, vsebuje potrebne mikroorganizme za razgradnjo FFS. Mikroorganizmi v humusu so ali glive ali bakterije. FFS upoorabljajo kot vir ogljika za svojo prehrano. Pomembno je, da uporabimo humus iz kmetijskega obrata, saj so

mikroorganizmi v njem že prilagojeni na FFS, ki jih uporabljamo. Humus je edina sestavina substrata, ki je nenadomestljiva. Delež oz. količino humusa lahko zmanjšamo, ne da bi ta izgubil sposobnost razgradnje. To je pomembno takrat, kadar izrabljenega substrata ne smemo raztrositi, temveč ga moramo sežgati (Takrat, kadar ni priporočil oz. navodil v zvezi z biopurifikacijskimi sistemi).

b) Slama

Slama je dodaten vir prehrane za mikroorganizme. Slama je vir lignina, ki ga mikroorganizmi potrebujejo za tvorbo encimov, ki razgrajujejo lignin. Ti encimi razgrajujejo veliko število FFS. Slama, ki je tudi vir dušika, omogoča dobro razmerje med C in N za bakterije. V aktivnem substratu se slama razgrajuje zelo hitro, tako da je potrebno letno nadomestiti okoli 10% slame. Slamo je tako potrebno vsako leto po koncu sezone dodajati v sistem.

c) Kokosova slama

Tudi kokosova vlakna so lahko (delno) dober vir ogljika in s tem zamenjava za slamo. So zračna in imajo dobro sposobnost zadrževanja vode. Mešanica aktivnega substrata s kokosovimi vlakni oz. odpadki se razgrajuje počasneje kot slama in je zato ni potrebno vsako leto dopolnjevati. Zamenjava slame s kokosovimi vlakni ne vpiva na učinkovitost razgradnje.

d) Šota

Šota nudi veliko različnih možnosti za adsorbcijo FFS. Je zračna in zadržuje vlago. Uporaba šote se ne priporoča, ker se ne uvršča med trajnostne surovine.

e) Zemlja za rože

Zemlja za rože ima enake lastnosti in delovanje kot šota in jo lahko nadomesti v aktivnem substratu. Zemlja za rože pogosto vsebuje belo in črno šoto, včasih pa vsebuje namesto šote kokosove ostanke.

f) Kravji gnoj

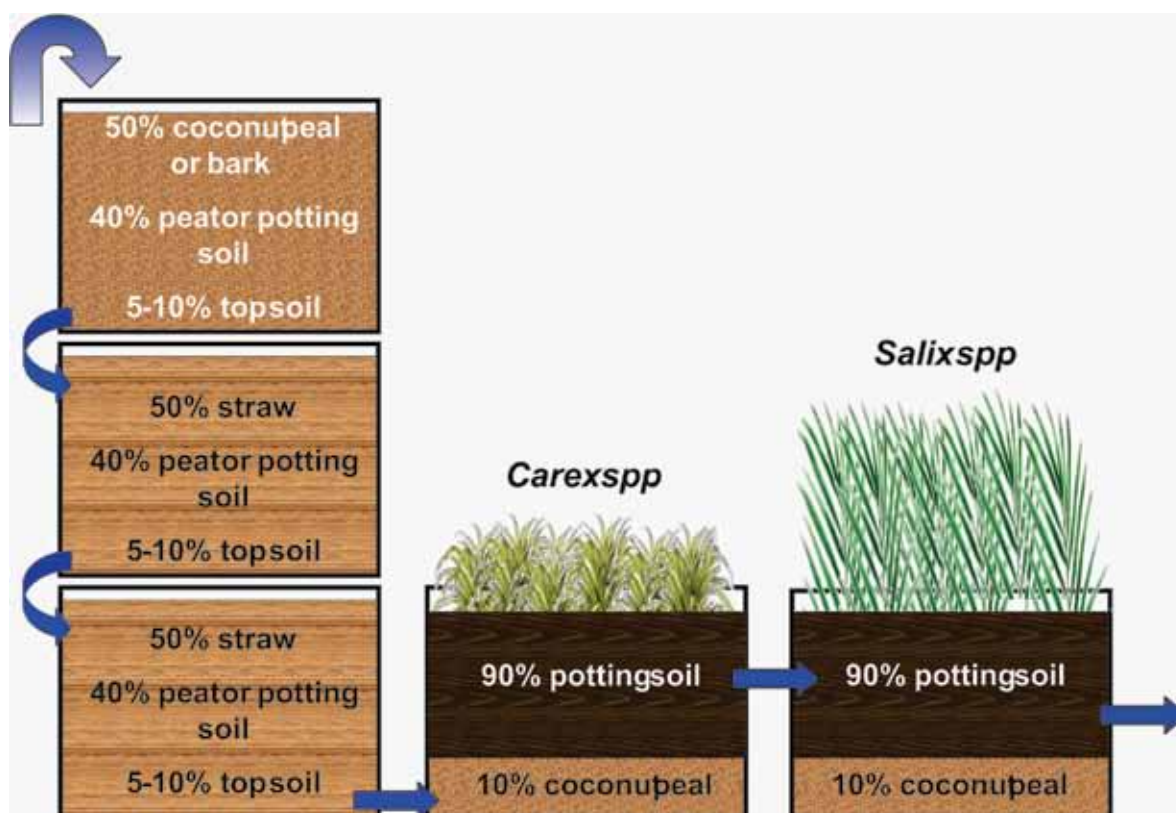
Kravji gnoj predstavlja dodaten vir dušika. Raziskava (Genot et al.,) je pokazala, da dodajanje gnoja lahko pospeši razgradnjo FFS – še posebej pri razgradnji z bakterijami. Raziskava, pri katerih so FFS razgrajevale glive, pa je pokazala, da nizka vsebnost dušika zaradi lakote pospeši razkroj FFS. (Castillo et al.,) Načelomanaj velja, da naj bo razmerje C/N v substratu 10:20.

7. Priprava substrata

Običajna sestava aktivnega susbstra v Bioedu je: 50% slame, 25% šote in 25% humusa. Nove raziskave pa kažejo da je najbolje aktivni substrat s humusom inokulirati (cepiti). Na ta način lahko zmanjšamo količino humusa do 5% brez posledic na kapaciteto razgradnje (Sniegowski et al.,). Zmanjšanje humusa

lahko celo poveča zadrževanje FFS v sistemu in s tem biorazgradnjo (De Wilde et al.,v pripravi). Alternativni substrati kot so kokosova vlakna in zemlja za rože v različni deležih v mešanici aktivnega substrata ne vplivajo na zadrževanje FFS (De Wilde et al.,v pripravi). Dodatek 5 do 10 % kravjega gnoja lahko poveča zadrževanje in razkroj FFS znotraj mešanice aktivnega substrata (Genot et al.,2002; De Wilde et al.,v pripravi).

Slika 36 prikazuje različne mešanice aktivnega substrata glede na zadnje raziskave. Z zamenjavo slame na vrhni enoti modificiranega Biofiltra s kokosovimi vlakni dobimo pufer za cel sistem. V naslednji enoti je količina humusa zmanjšana na 5-10%, zemlja za rože oz. šota pa povečana na 40%, kar poveča zadrževanje FFS in njihovo razgradnjo. Z dodatkom 5-10% kravjega gnoja lahko zmanjšamo količino zemlje za rože/šote na 30-35%. Enote z rastlinskim pokrovom naj imajo za boljšo drenažo na dnu 10% kokosovih vlaken in 80-90% zemlje za rože na vrhu, zmešane z 0-10% kravjega gnoja.



Slika 36: primer mešanice aktivnega substrata v modificiranem Biofiltru (vir: pcfriut).

Deleži substrata so vedno navedeni v volumnu. Za pripravo homogene mešanice je najprimernejša velikost delcev med 2-4 cm. (npr.slama dolžine 4 cm). Substrat najboljše premešamo z mešalcem za beton.

a. Polnjenje biopurifikacijskega sistema z mešanico substrata

Polnjenje zatesnjenega sistema z mešanico aktivnega substrata je uravnotežen proces. Če je mešanica dovolj stisnjena, bo zadrževanje FFS zaradi počasnega pronicanja dolgo, saj bo kontakt kontaminirane tekočine s substratom dolgotrajen. Vendar pa ima stisnjena mešanica substrata premalo zraka za aerobno razgradnjo FFS. Po drugi strani pa v nestisnjnem substratu ne pride do zadrževanja FFS, še posebej če je nanos kontaminirane tekočine neenakomeren. Obstaja nevarnost izcejanja kontaminirane tekočine iz sistema. Mešanice, ki vsebujejo več šote oz. zemlje za rože so bolj zračne, tudi če je substrat stisnjen.

b. Trajanje aktivnega substrata

Po daljši uporabi se vsebina skupnega ogljika in mikrobiološka aktivnost zaradi mineralizacije aktivnega substrata zmanjšata. Mineralizacija aktivnega substrata je odvisna od sestave in velikosti delcev sestavin substrata. Mešanica, ki vsebuje 50% delcev slame bo mineralizirala in zmanjšala količino aktivnega substrata za približno 10 cm letno. To izgubo je potrebno vsako leto ali vsako drugo leto nadomestiti z dodajanjem sveže slame, ki jo zmešamo med ostali substrat. Globina filtra naj bo vedno vsaj 60 cm. Po nekaj letih je potrebno zaradi izčrpanosti celo mešanico zamenjati. Torstensson (2000) je za razmere južne Švedske ugotovil, da je potrebno substrat zamenjati vsakih 5-6 let.

8. Absorpcijski in biorazgradnji procesi

Mednarodne raziskave kažejo, da je s pomočjo različnih in pogosto neoptimalnih postopkov biopurifikacije razgrajenih 93% FFS, ki jih damo v postopek razgradnje. Le v povprečju 4% FFS se izloči v odcedni vodi, 3% FFS pa ostanejo v substratu. Pod optimalnimi pogoji lahko z biopurifikacijo zadržimo in razgradimo 99% FFS razen nekaj posebno mobilnih FFS.

a) Princip

Nadzor in optimizacija biopurifikacijskega sistema je zelo kompleksen sistem z mnogo različnimi faktorji. Med te faktorje štejemo prisotnost populacije mikroorganizmov sposobnih razgradnje. Okoljski faktorji kot vrsta tal, temperatura, pH, prisotnost kisika ali drugih akceptorjev elektronov, in prisotnost hranil, vplivajo na učinkovitost razgradnje. (Vidali, 2001). Naslednji pomemben faktor je razpoložljivost FFS za mikroorganizme (biološka razpoložljivost-Thompson, 2001). Biološka razgradnja organske komponente nastopi takrat, kadar so FFS raztopljeni v talni vlagi, ki obdaja mikroorganizme. Z drugimi besedami: proces poteka znotraj vodnega filma, ki obdaja površino delcev substrata in v katerem so mikroorganizmi. Zaradi tega se s povečanjem površine substrata poveča tudi biološka razgradnja, razen kadar se ta zaradi mikropor v šoti ne zmanjša (slika 37).



Slika 37: Dva kemijska procesa prisotna pri biološki razgradnji FFS. Na levi sta prikazani sorbcija in inkorporacija. Na desni strani je prikazana biološka razgradnja FFS, ki nastopi po sorbciji FFS v substrat, kjer se nato FFS razgradi (vir: Bayer CropScience in KULeuven).

b. Pomembni faktorji, ki vplivajo na sorbcijo in biodegradacijo

Vpliv različnih faktorjev na biološko razgradnjo FFS:

- Visoka koncentracija FFS lahko omeji biološko razgradnjo (Fogg et al., 2003). Zaradi tega je za optimalno delovanje potrebno očistiti škropilnico že na njivi in v biopurifikacijski sistem vnesti le preostalo raztopljeno škropilno brozgo.
- Razgradnja mešanice različnih FFS v humusu je lahko zmanjšana, v mešanici substrata pa ne. To nakazuje, da lahko biopurifikacijski sistemi razgradijo širok obseg mešanic FFS (Fogg et al., 2003).
- Primerna količina vlage v biopurifikacijskem sistemu je zelo pomembna za delovanje sistema (optimalno 95%). Nasičenost sistema (100% vlaga) pa lahko povzroči iztekanje FFS in je povezano z vnašanjem tekočine v sistem. (Fogg et al., 2004). Za preprečitev odtekanja FFS iz sistema je potrebno povečati globino sistema ali pa preprečiti nasičenje sistema.
- Pri uporabi istih FFS v daljšem obdobju – več sezon – se zaradi prilagoditve mikroorganizmov biopurifikacija poveča.

9. Iztekanje tekočine (izcejanje)

Izcedno tekočino je potrebno skrbno zbrati. Izcedne tekočine se ne sme odstraniti v površinske vode ali v njihovo bližino. Glede na veljavne predpise in lego kmetijskega obrata imate naslednje možnosti:

- Izcedno tekočino vrnite ponovno v biopurifikacijski sistem (poveča se izhlapevanje)
- Izcedno tekočino uporabite pri aplikaciji neselektivnih herbicidov na njivi.
- Izcedno tekočino poškopite po njivi - upoštevamo varnostni pas do površinskih vod
- V zadnji razgradnji fazi razlijte izcedno površino po zaraščeni površini, kjer izhlapi
- Odstranite v uradni sistem odstranjevanja odpadnih FFS – če ne obstajajo druge uradne veljavne možnosti

10. Mešanica substrata po uporabi

Mešanico substrata je potrebno po nekaj letih uporabe (6do 8 let) v celoti zamenjati. Glede na veljavne predpise in lego kmetijskega obrata imate naslednje možnosti:

- Substrat raztresite s trosilnikom po njivi. Preostala FFS se bodo razgradila na njivi.
- Za eno ali dve leti kompostirajte substrat na pokriti – neprepustni površini – in preprečite izcejanje vode iz kompostnika. Dvakrat letno substrat obrnite – primerna vlažnost substrata bo pospešila razgradnjo FFS. Po 1-2 letnem kompostiranju lahko substrat raztresete po njivi.
- Če aktivnega substrata ne moremo odstraniti na opisan način z raztrosenjem po njivi, ga lahko prepustimo pooblaščenemu odstranjevalcu odpadkov, ki poskrbi za njegov sežig.

11. Odločitev o primernem biopurifikacijskem sistemu

V nadaljevanju so predstavljene predvsem ocene iz Belgije. Odločitev je odvisna predvsem od klimatskih razmer in lokalnih priporočil oz. predpisov. Pri odločitvi upoštevajte naslednja vprašanja, ki bodo osvetlila vaše specifične potrebe:

a. Biopurifikacijski sistem bo moral predelati veliko tekočine z visoko koncentracijo FFS (brez čiščenja na njivi)

Kadar imamo imamo vsako leto okoli 10000 l kontaminirane tekočine in nimamo možnosti čiščenja škropilnih naprav na njivi je najbolje uporabiti sistem Biobed.

- Za vsakih 1000 l kontaminirane tekočine potrebujemo 2m³ aktivnega substrata.
- Kontaminirano tekočino je potrebno vnašati v sistem enakomerno po površini skozi vse leto
- Sistem je potrebno zavarovati pred dežjem in nekontaminiranimi tekočinami. Tako preprečimo nasičenje sistema in izscejanje iz istema.

b. Vnašanje kontaminirane tekočine neposredno v biopurifikacijski sistem

V primeru kadar kontaminirane tekočine ne morete začasno hraniti v posebnem rezervoarju in kadar je nastanek kontaminirane tekočine tekom leta neneakomeren je najbolje uporabiti zatesnjen Biobed primerne velikosti glede na vnos tekočine.

- Za vsakih 1000 l tekočine potrebujemo 2m³ aktivnega substrata
- Tekočino je potrebno po substratu enakomerno prazdeliti. Ob zunajih straneh je potrebno preprečiti odtekanje tekočine iz sistema
- Dovajanje tekočine v sistem je neenakomerno. Za preprečitev izsušitve zgornje plasti in s tem ustavitve izhlapevanja je potrebna recirkulacija. Z dovajanjem večjih količin kontaminirane tekočine v sistem lahko pride do izcejanja. Recirkulacija bo omogočila razgradnjo izcedka.
- Sistem je potrebno zavarovati pred dežjem in nekontaminiranimi tekočinami. Tako preprečimo nasičenje sistema in izscejanje iz istema.

c. Aktivnega substrata ne smemo nedovoljeno po uporabi raztresti po njivi

Sistemi Biobed imajo višjo vsebnost aktivne substance. Če aktivnega substrata ne moremo odstraniti na predpisan način po njivi, ga lahko prepustimo pooblaščenemu odstranjevalcu odpadkov, ki poskrbi za zažig substrata. Ta način odstranitve je zelo drag. Zaradi tega je linijski Biofilter v prednosti pred običajnim Biobedom.

d. Biološki sistem razgradnje bo predeloval manjše količine raztopljene kontaminirane tekočine (čiščenje škropilnih naprav na njivi), ki jo dovajamo indirektno v sistem

Na leto pridelamo manj kot 10000 l kontaminirane tekočine na kmetijskem obratu – oz. škropilne naprave po uporabi očistimo na njivi. Izcedno tekočino lahko, če je dovoljeno, odstranimo na njivi. Optimalna izbira je uporaba linijskega Biofiltra primerne velikosti glede na tekočino, ki jo mora predelati.

- Za vsakih 1500 l tekočine je potrebno 1 m³ aktivnega substrata. Iz te količine nastane 1000 litrov izcedne tekočine v primeru, da ne uporabljamo dodatne enote z rastlinskim pokrovom. Izcedno količino zberemo in uporabimo pri aplikaciji neselektivnih herbicidov.
- Sistem je potrebno zavarovati pred dežjem in nekontaminiranimi tekočinami. Tako preprečimo nasičenje sistema in izcejanje iz istega. Če imamo enoto z rastlinskim pokrovom, je potrebno rastlinam zagotoviti dovolj svetlobe.
- Vnašanje kontaminirane tekočine naj bo tekom leta enakomerno razporejeno po površini aktivnega substrata. Kontaminirano in izcedno tekočino zberemo in hranimo v posebnem rezervoarju. S črpalko, ki ima sistem doziranja in majhen pretok ali z običajno črpalko, ki ima vgrajeno elektronsko časovno krmilo dosežemo, da se bo sistem enakomerno dnevno polnil z malimi količinami kontaminirane tekočine (okoli 30 l).
Primer: 5000 l na leto v 200 dneh = 25 l/dan.
- Za izdelavo biološkega sistema je najbolje uporabiti črne rezervoarje ali pa IBC vsebnike. Ustvarili bodo več toplote, ki pospeši mikrobiološko aktivnost.
- Če je polnjenje sistema časovno neenakomerno se priporoča, da se spodnjo polovico Biofiltra pusti prepojeno s tekočino in s tem omogoči, da ostane substrat vlažen.
- Zasaditev rastlin v Biofilter zmanjša količino izcedne tekočine oz. jo lahko v celoti zmanjša.

Literatura

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. (in preparation).

Pesticide-primed Soils as Supplement for On-farm Biofilters to improve Pesticide-Contaminated-Wastewater Treatment.

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.