



RECUPA: RECirculatie zonder Uitspoeling of Puntlozing tijdens de opkweek van Aardbeiplanten op trayvelden

INVENTARIS VAN BESCHIKBARE TECHNOLOGIEËN VOOR VERSCHILLENDE ZUIVERINGSSTAPPEN

Studie uitgevoerd in het kader van RECUPA (RECirculatie zonder Uitspoeling of Puntlozing tijdens de opkweek van Aardbeiplanten op trayvelden).

Auteurs:

Dr. Ir. Nawara S. – Proefstation voor de Groenteteelt

M. Sc. Berckmoes E. – Proefstation voor de Groenteteelt

Ing. Baets D. – Proefcentrum Hoogstraten

Ir. Melis P. – Proefcentrum Hoogstraten

Het project RECUPA is gefinancierd binnen het Interreg V programma Vlaanderen-Nederland, het grensoverschrijdend samenwerkingsprogramma met financiële steun van het Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling.



Projectpartners



Met steun van



Provincie Noord-Brabant



AGENTSCHAP
INNOVEREN &
ONDERNEMEN



Vlaanderen
is ondernemen



5.1.1 INLEIDING

Deze tekst omvat de inventarisatie van technologieën die de recirculatie van water en nutriënten op trayvelden voor aardbei en het mobiele gotensysteem voor bladgewassen bevorderen. Binnen deze inventarisatie staan de ontsmettingstechnologieën centraal. Ontsmetting van het recirculerend water is noodzakelijk om verspreiding van pathogenen via het water te vermijden en om de waterkwaliteit te garanderen. Dit leidt tot een efficiënter water- en nutriëntengebruik en een verminderde afvoer van nutriënten naar het milieu. Voorfiltratie van het te ontsmetten water is vaak noodzakelijk opdat de ontsmettingstechnologie zo efficiënt mogelijk werkt. Deze inventarisatie omvat daarom ook een luik rond verschillende voorfiltratietechnieken. In de inventarisatie zijn momenteel geen technieken opgenomen voor de (selectieve) verwijdering van voedingselementen of residuen van gewasbeschermingsmiddelen. Wat deze laatste betreft wordt verwacht dat dit verwijdering van uit waterstromen aan belang zal winnen binnen het watermanagement van zowel trayvelden als MGS-systemen. Daarom zal bij de bespreking van de ontsmettingstechnologieën ook dieper ingegaan worden op hun capaciteiten om ook gewasbeschermingsmiddelen te verwijderen.

Voor de selectie van de desinfectie- of ontsmetting technologieën en de filtratietechnologieën voor opname in de inventaris werden reeds een aantal criteria beoordeeld. De belangrijkste criteria zijn:

- Mogelijkheid om met grote (wisselende) debieten om te gaan (neerslag trayvelden)
- Hoge efficiëntie voor verwijdering van schimmel(sporen)
- Behandeling van waters met slechte transmissiewaarde.

Een exacte lijst van selectiecriteria voor de teelt van aardbei op trayvelden en van sla op het mobiele gotensysteem is respectievelijk terug te vinden in Output 5.2a. In Output 5.2.b en 5.2.c worden de technologieën geëvalueerd volgens deze criteria voor respectievelijk de teelt van aardbei op trayvelden en de teelt.

Zowel voor de ontsmetting als voor de voorfiltratietechnologieën wordt een niet-limitatief overzicht van technologieën, d.i. de technologieën met het meest potentieel voor praktische toepassing op aardbei trayvelden of voor op de sla op mobiele gotensystemen beschreven.

5.1.2 ONTSMETTING

Tabel 1 geeft een zeer beknopte beschrijving gegeven van het werkingsprincipe van de technologie en een overzicht van de belangrijkste voor- en nadelen.

5.1.3 VOORFILTRATIE

In tabel 2 wordt een overzicht gegeven van verschillende voorfiltratietechnieken en hun voor- en nadelen. Een goede voorfiltratie is van cruciaal belang voor een optimale werking van een ontsmettingstechnologie. Het vermindert namelijk de organische belasting. Zonder voorfiltratie kunnen technologieën sneller verstopt raken, kan het noodzakelijk zijn om hogere concentraties chemische middelen voorontsmetting toe te voegen, of is de ontsmetting op zich minder efficiënt.

5.1.4 REFERENTIES

De betrokken technologieën werden reeds eerder uitgebreid beschreven binnen initiatieven zoals het thematische netwerk FERTINNOWA¹ (H2020, 2016-2018), de EMIS-databank,

¹ Thompson, R., Delcour, I., Berckmoes, E. en Stavridou, E. The Fertigation Bible: Technologies to optimise fertigation in intensive horticulture. Horizon 2020 grant No 689687



Tabel 1 Overzicht van de voordelen en nadelen van verschillende ontsmettingstechnologieën

Naam	Voordelen	Nadelen
Ontsmetting op basis van oxidatie		
<p>Ozon (Figuur 1)</p> <p><i>Ozon wordt gemaakt via een ozongenerator op basis van elektriciteit en lucht. Vervolgens wordt het ozongas opgelost in de te behandelen waterstroom. De werking gebeurt o.b.v 2 mechanismen:</i></p> <p>1.) <i>Direct oxidatie: ozon (O₃) bindt zich aan organisch materiaal (vb. micro-organismen), wanneer dit de ozonmoleculen opneemt valt het uiteen in kleinere moleculen</i></p> <p>2.) <i>Geavanceerde oxidatie: ozon wordt in het water omgezet naar hydroxylradicalen (OH[•]) (sterker oxidans dan ozon), dewelke reageren met organisch materiaal. Vorming van deze hydroxylradicalen kan gestimuleerd worden met behulp van UV.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Verhoogt de zuurstofconcentratie in het water - Sterk oxidans, breekt alle organische materie af waaronder ook groeiremmende stoffen en gewasbeschermingsmiddelen - Korte contacttijden zijn voldoende voor afdodende werking (10-30 min) - Geen effect op eigenschappen water zoals pH en temperatuur 	<ul style="list-style-type: none"> - Ozongas in verhoogde concentraties is toxisch voor de plant en mens. De gevoeligheid is teeltafhankelijk. - Puntontsmetting, zeer beperkte nawerking door beperkte stabiliteit afbraak ozon en hydroxylradicalen - Niet selectief - Voorfiltratie noodzakelijk om deel organische belading uit water te verwijderen - Vorming van toxische nitrosamines wanneer ozon onvoldoende opgebruikt is. - Continue energiekost om ozon te genereren via ozongenerator - Bij minder frequent gebruik vervuiling op redoxsensoren wat leidt tot foute dosering - Bij aanwezigheid bromide kan bromaat gevormd worden - Mogelijks aanslag van ijzerchelaten - Lage dosissen inactiveren sommige virussen, sporen en cysten niet
<p>Peroxide (Figuur 2)</p> <p><i>Bij breking van de verbinding tussen de twee zuurstofatomen ontstaan OH-radicalen met een sterke oxidatieve activiteit dewelke reageren met andere substanties. Ondertussen worden ook nieuwe radicalen geproduceerd waardoor een kettingreactie van radicalen ontstaat. Omdat peroxiden onstabiel zijn worden stabilisatoren toegevoegd (vb. zilvernitraat). In praktijk wordt meestal waterstofperoxide gebruikt.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Verhoogt de zuurstofconcentratie in het water - Systeemontsmetting (ook leidingen) - Ook efficiënt tegen biofilmen in leidingen - Eenvoudig gebruik (enkel doseerpomp), geen installatie door gespecialiseerd bedrijf nodig - In combinatie met ozon en/of UV kunnen peroxides ingezet worden om gewasbeschermingsmiddelen af te breken 	<ul style="list-style-type: none"> - Kan fyto-tox veroorzaken. De gevoeligheid voor fyto-tox is teeltafhankelijk. - Risico op vorming van toxische bijproducten - Effectiviteit afhankelijk van concentratie en contacttijd, pH, katalysator en temperatuur. - Goede opvolging van concentratie nodig via bvb. sensor om fluctuaties in volume en vuilvracht op te vangen



Naam	Voordelen	Nadelen
<p>Chlorinatie (Figuur 3)</p> <p><i>Natrium/calciumhypochloriet of chloorgas worden onmiddellijk in het te behandelen water geïnjecteerd, daar zal het afbreken tot hypochloriet ionen (OCl⁻). Bij lagere pH wordt HOCl gevormd, dewelke een sterker oxidans is. Bij een pH van 6 is 97% aanwezig onder vorm van het sterkere oxidans HOCl.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Kan gecombineerd worden met ozon en/of UV voor een efficiëntere ontsmetting - Betere ontsmettende werking dan waterstofperoxide - Lage kost - Systeemontsmetting (ook leidingen) - Ook efficiënt tegen biofilmen in leidingen 	<ul style="list-style-type: none"> - Sommige micro-organismen hebben een enzyme peroxygenase, hetgeen waterstofperoxide afbreekt - Kan fyto-tox veroorzaken. De gevoeligheid voor fyto-tox is teeltafhankelijk. - Effectiviteit afhankelijk van contacttijd en micro-organisme. Werking is pH afhankelijk: bij lagere pH wordt HOCl gevormd (ipv OCl⁻) dewelke een sterker oxidans is - Vorming chloraat (toxisch, overschrijden MRL) - Materiaal moet bestand zijn tegen corrosie - Niet efficiënt bij hoge organische stof concentraties in het water.
<p>Fotokatalytische oxidatie (Figuur 4)</p> <p><i>Inerte niet-toxische katalysatoren (vb. titaniumoxide TiO₂) worden gebruikt in combinatie met zuurstof (afkomstig van de lucht), water en UV-A licht (vb. zonlicht) om OH-radicalen te creëren dewelke oxiderend zijn.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Oxideert alle organische stoffen, dus ook groei-inhibitoren en gewasbeschermingsmiddelen - Verhoogt de zuurstofconcentratie in het water - Er komen geen tussenproducten bij - Geen additieven nodig 	<ul style="list-style-type: none"> - Aanwezigheid van UV-A (zonlicht) noodzakelijk voor werking - Partikels of sterke kleur kunnen lichtinval beperken - Oppervlakte nodig dat gecoat is met TiO₂ (vb. teeltgoot) - Beperkte hoeveelheid contaminanten per hoeveelheid gecoat oppervlak - Gecontroleerde procescondities noodzakelijk (waterfilm dikte) - Risico op vorming van toxische bijproducten - Corrosief-resistent materiaal noodzakelijk - Momenteel niet toegestaan binnen glastuinbouwsector volgens Europese regelgeving
<p>Ontsmetting op basis van fysische processen</p>		



Naam	Voordelen	Nadelen
<p>UV (Figuur 5)</p> <p><i>UV-C licht is een deel van het spectrum uitgestraald door de zon maar wordt tegengehouden door de ozonlaag. UV-C licht beschadigt het DNA van micro-organismen. In de waterzuiveringsindustrie worden UV-C lampen gebruikt om te desinfecteren.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Laag energieverbruik - Kan op zich gebruikt worden of in combinatie met vb. H₂O₂ voor efficiëntere reactie (ook afbraak gewasbeschermingsmiddelen) - Effectiviteit onafhankelijk van pH 	<ul style="list-style-type: none"> - Vereist minimale transmissiewaarde van het water. Verminderde werking bij aanwezigheid zwevend materiaal en gekleurd water (uitspoeling koko's, ijzer, ...) - Lamp heeft korte periode nodig om op te warmen vooraleer deze op volle capaciteit werk (en er dus voldoende ontsmetting is). - Puntontsmetting - Zuivering van grote debieten vereist meer UV-lampen (groter + kostelijker) - Breekt ook ijzerchelaten af (zeker bij hoge pH) - Levensduur lamp vermindert aanzienlijk bij aan/uitzetten lamp
<p>UV-LED (Figuur 6)</p> <p><i>UV-C licht is een deel van het spectrum uitgestraald door de zon maar wordt tegengehouden door de ozonlaag. Het beschadigt het DNA van micro-organismen. In de waterzuiveringsindustrie worden UV-C lampen gebruikt om te desinfecteren.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - UV-LED-Lampen hebben een langere levensduur dan deze van traditionele UV, ze zijn compact en robuust. - LED-lampen zijn minder gevoelig voor discontinue werking (aan-afzetten). - Volledige intensiteit en werking vanaf aanzetten - Compact en robuust 	<ul style="list-style-type: none"> - Momenteel enkel beschikbaar voor lage debieten (tot 3m³/u) - Momenteel niet energie-efficiënt, echter in volle ontwikkeling en biedt dan potentieel - Puntontsmetting
<p>Ultrasoon (Figuur 7)</p> <p><i>Ultrasone golven kunnen op 3 manieren inwerken op micro-organismen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> i.) <i>scheuren van het membraan van de vacuole,</i> ii.) <i>induceren van stress in water hetgeen reproductie bemoeilijkt en</i> iii.) <i>trillingen op de wand van buizen en tanks vermijden de aanhechting van partikels, hetgeen een voedingsbodemp is voor biofilms.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - Geen toevoeging van chemische middelen aan water - Eenvoudige installatie 	<ul style="list-style-type: none"> - Werking wordt sterk beïnvloed door aantal bochten en vertakkingen in systeem - Meerdere toestellen nodig voor systeemontsmetting - Resultaten tonen een schimmelafdoding aan bij langdurige behandeling (uren) - Vereist langere contacttijden bij stromend water (i.v.m stilstaand water)



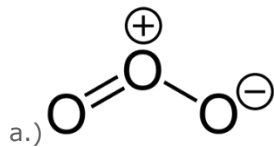
Naam	Voordelen	Nadelen
<p>Thermische desinfectie (Figuur 8)</p> <p><i>Water wordt gedurende 30 seconden op 95°C opgewarmd via een warmtewisselaar (conductie). Wanneer het water afkoelt (tot een temperatuur van 25-30°C) geeft het warmte af dewelke via een warmtewisselaar gebruikt wordt om het niet gedesinfecteerde water op te warmen.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Geen fyto-tox - Gemakkelijk op te schalen 	<ul style="list-style-type: none"> - Efficiënter bij toevoegen van ander ontsmettingsmiddel (weliswaar in lagere concentratie dan normaal) - Puntontsmetting - "steriel water": bij herbesmetting van dit water in de leidingen kan deze besmetting excessief groeien. - Oplossing wordt idealiter aangezuurd tot pH 4 om calciumcarbonaat neerslag te vermijden - Vereist veel energie om water op te warmen - Maandelijkse reiniging noodzakelijk - Opwarming gietwater (+5°C t.o.v. instroom) wat ook leidt tot verminderd zuurstofgehalte van gietwater -
Ontsmetting op basis van biologische processen		
<p>Trage zandfilter (Figuur 9)</p> <p><i>Fysische en biologische reiniging van het water, deze laatste zorgt voor de desinfectie. Een biologische actieve laag wordt gevormd uit gunstige micro-organismen aanwezig in het te behandelen water, deze groeien op het zand en inhiberen de groei van ongunstige pathogenen.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Lage operationele en onderhoudskosten - Eenvoudig systeem - Verwijdert succesvol bepaalde schimmels (vb. <i>Pythium</i>, <i>Phytophthora</i>, ...) en bepaalde bacteriën (<i>Xanthomonas spp.</i>, <i>Pseudomonas spp.</i>, ...) - Behoudt van gunstige micro-organismen 	<ul style="list-style-type: none"> - Hoge initiële installatiekosten doordat filter opgevuld met worden met gewassen zand - Heeft enkele weken tijd nodig om op te starten - Werking afhankelijk van temperatuur, zuurstofconcentratie, waterflow, microbiële species en species diversiteit - Neemt veel oppervlakte in (optimale zuivering bij 100 l/m²/u) om een groot debiet te kunnen zuiveren - Niet effectief tegen o.a. <i>Fusarium</i>, virussen, nematoden, ... - Wanneer de filter niet in gebruik is moet deze toch onder water staan om uitdroging van de micro-organismen te vermijden



Naam	Voordelen	Nadelen
<p>Biofiltratie (Figuur 10)</p> <p><i>Zelfde principe als trage zandfilter maar</i></p> <p><i>i) ander dragermateriaal (meestal pozzulaan),</i></p> <p><i>ii) continue luchtcirculatie hetgeen zuurstof in het systeem brengt en voor een grotere reactietijd tussen micro-organismen en het te behandelen water zorgt.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Lage operationele en onderhoudskost - Eenvoudig systeem - Bevordert de gunstige micro-organismen - Werking tegen Phytophthora spp. , Fusarium spp. ... 	<ul style="list-style-type: none"> - Enkel optimale ontsmetting indien (microbiologische) kwaliteit te ontsmetten water constant is; een veranderende microbiële gemeenschap in het water heeft invloed op zowel de gunstige micro-organismen als op de aanwezige pathogenen - Meer onderhoud bij hogere belasting - Wanneer de filter niet in gebruik is moet deze toch onder water staan om uitdroging van de micro-organismen te vermijden - Werking afhankelijk van temperatuur, zuurstofconcentratie, waterflow, microbiële species en species diversiteit - Neemt veel oppervlakte in (optimale zuivering bij 100 l/m²/u) om een groot debiet te kunnen zuiveren - Werking verstoord bij veranderende waterstroom - Meer onderhoud bij hogere belasting (tenzij dynamische filter)
<p>Ontsmetting op basis van membranen (Figuur 11)</p> <p><i>Membraanscheidingstechniek waarbij deeltjes groter dan de poriëgrootte van het membraan worden tegengehouden. Regelmatige terugspoeling is nodig om het membraan proper te houden. Afhankelijk van de grootte van het membraan spreekt men van ultrafiltratie > nanofiltratie > omgekeerde osmose.</i></p>		
<p>Ultrafiltratie (0,1µm – 0,01 µm)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Pathogenen worden fysiek uit water verwijderd (geen resterend afgedood DNA, ...) - Nutriënten blijven behouden 	<ul style="list-style-type: none"> - Vereist voorfiltratie (microfiltratie voldoet) - Zouten (Na en Cl) blijven in water aanwezig



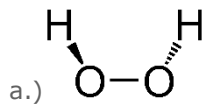
Naam	Voordelen	Nadelen
	<ul style="list-style-type: none">- Geen toevoeging van chemische middelen aan water	<ul style="list-style-type: none">- Werking afhankelijk van exacte grootte pathogeen en exacte poriegrootte membraan- Reststroom gecreëerd door terugspoelen membraan, kan gereduceerd worden tot 2%- Neemt veel oppervlak in (optimale flow tussen 100 en 350 l/m²/u afh. van al dan niet luchtcirculatie)
Nanofiltratie (10 nm – 1 nm)	<ul style="list-style-type: none">- Pathogenen worden fysiek uit water verwijderd (geen resterend afgedood DNA, ...)- Behoud van éénwaardige elementen- Geen toevoeging van chemische middelen aan water	<ul style="list-style-type: none">- Verwijdert ook meerwaardige zouten en kleine opgeloste stoffen die vervolgens terug aangevuld moeten worden in water
Omgekeerde osmose (<1nm)	<ul style="list-style-type: none">- Pathogenen worden fysiek uit water verwijderd (geen resterend afgedood DNA, ...)- Verwijdert ook ionen zoals bvb. natrium uit het water- Gemakkelijk op te schalen- Geen toevoeging van chemische middelen aan water	<ul style="list-style-type: none">- Geen selectieve verwijdering, verwijdert zouten en nutriënten die vervolgens terug aangevuld moeten worden in water voor recirculatie- Concentraatstroom die kan oplopen tot 50% volume van het behandelde water



b.)



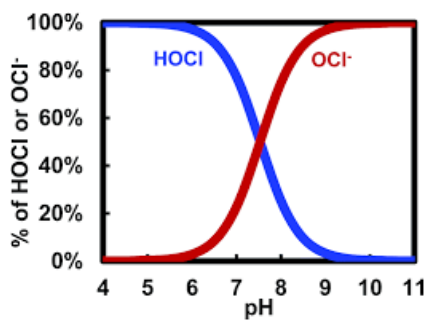
Figuur 1 a.) Chemische weergave van ozon (O_3), b.) Ozoninstallatie voor waterbehandeling in de tuinbouw (bron: www.glastuinbouwwaterproof.nl)



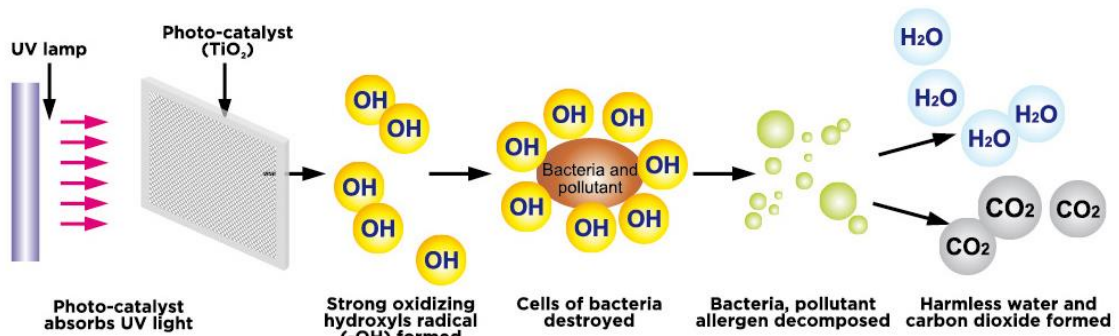
b.)



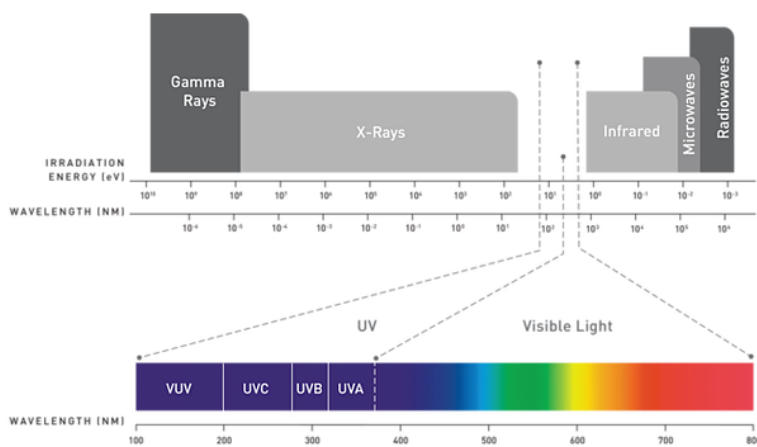
Figuur 2 a.) chemische weergave van waterstofperoxide, b.) meetpaneel om de waterstofperoxideconcentratie te monitoren (bron: Prominent Belgium S.A., N.V)



Figuur 3 pH afhankelijkheid van de actieve componenten HOCl en OCl^- die voor de desinfectie zorgen. HOCl is een sterker oxidans dan OCl^- (bron: Qin et al. 2015).



Figuur 4 Principe van fotokatalytische oxidatie. UV-A kan afkomstig zijn van zonlicht of van een UV-lamp. (bron: <https://www.bwell-inter.com/16641704/photocatalytic-oxidation-pco>)



a.)



b.)

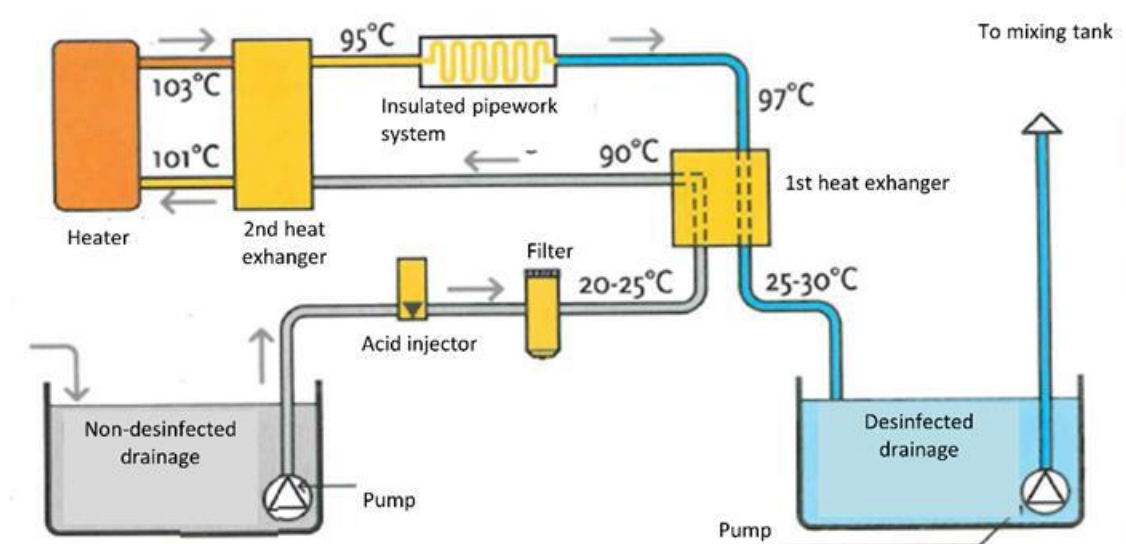
Figuur 5 a.) UV-C licht (desinfectans) in het spectrum uitgestraald door de zon, dit licht wordt tegengehouden door de ozonlaag (bron: www.aquisense.com). b.) Opstelling van een UV-ontsmetting in de tuinbouw.



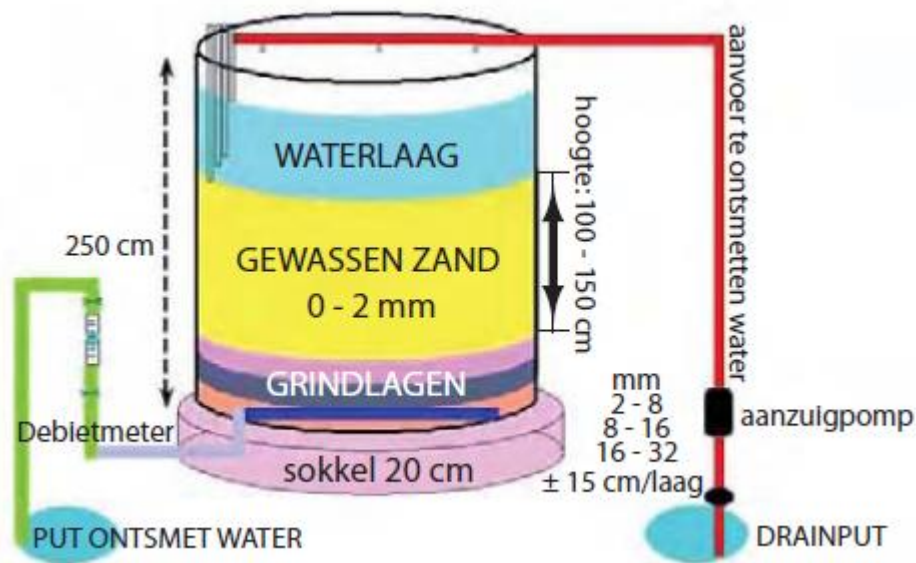
Figuur 6 UV-C LED is compacter en robuuster i.v.m UV -C licht uit kwartsbuizen, heeft bovendien een onmiddellijke werking en verliest niet in levensduur bij aan-uitschakelen. De energie-efficiëntie en potentiële te zuiveren waterdebieten zijn momenteel echter laag (bron: www.aquisense.com).



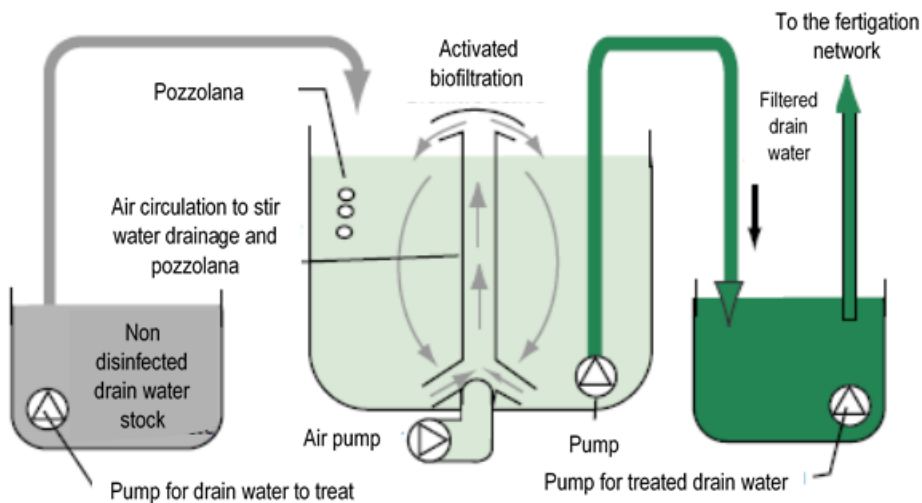
Figuur 7 Een toestel dat ultrasonische golven produceert kan in een waterreservoir of in leidingen geplaatst worden en zo zorgen voor desinfectie (bron: www.thomas-electronics.be).



Figuur 8 Thermische desinfectie van drainwater (bron: CTIFL, 2002)

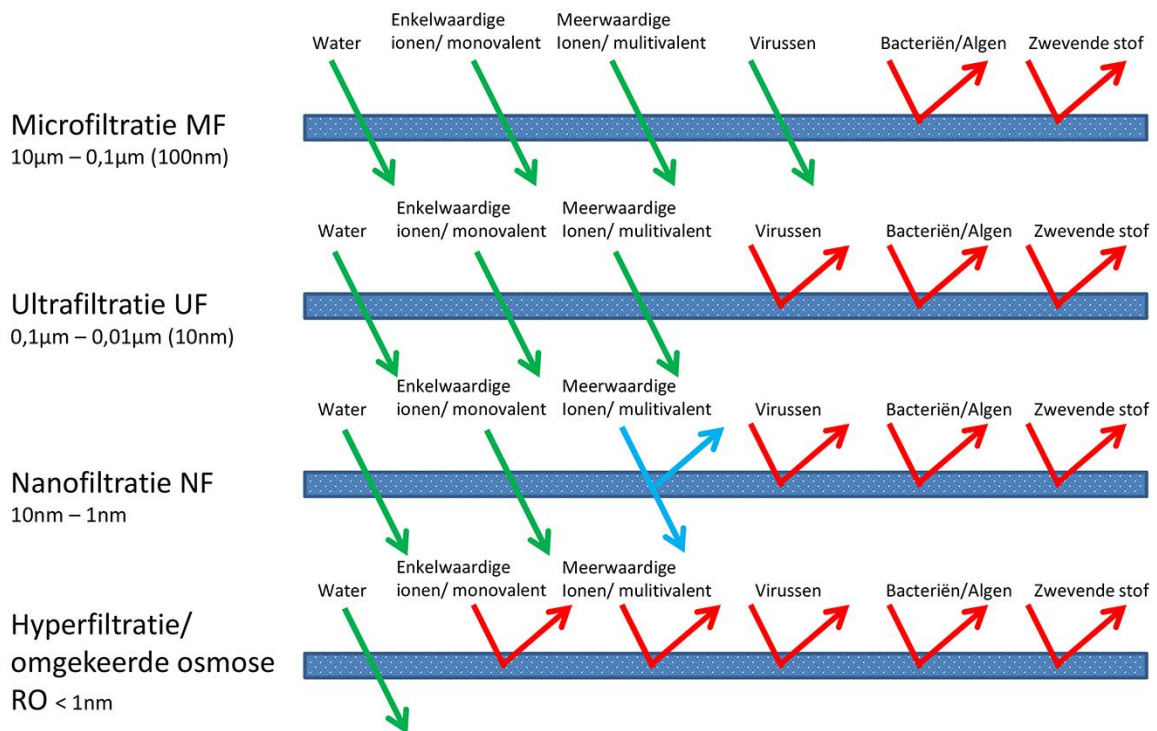


Figuur 9 Opbouw van een trage zandfilter met een zandlaag en 3 grindlagen (bron: www.waterportaal.be)



Source : Ctifl, 2002

Figuur 10 Werkingsschema van een actieve biofiltratie (met luchtcirculatie) (bron:CTIFL, 2002)



© Logisticon Water Treatment b.v.

Figuur 11: Ontsmetting op basis van membraanfiltratie, deeltjes groter dan de cut-off diameter van het membraan worden tegengehouden. Afhankelijk van de grootte van de membranen spreekt men van microfiltratie > ultrafiltratie > nanofiltratie > omgekeerde osmose. (bron: www.logisticon.com)



Tabel 2 Overzicht van de voordelen en nadelen van verschillende voorfiltratietechnieken, alsook hun gebruikelijke cut-off diameter en debieten

Naam	Cut-off	Debiet	Voordelen	Nadelen
Hydrocycloon (Figuur 12) <i>Partikels worden gescheiden van het water door middelpuntvliedende kracht.</i>	50 µm	230-360 m ³ /u (diameter van 0.8 m)	<ul style="list-style-type: none"> - Enkel een pomp nodig om de vortex te creëren - Geen afvalwater - Geen bewegende delen 	<ul style="list-style-type: none"> - Verwijdt enkel zand en de zwaardere partikels - Onvoldoende zuivering voor desinfectie met UV, trage zandfiltratie of ultrafiltratie - Slibvorming
Papierbandfiltratie (Figuur 13) <i>Filtering over papier o.b.v. gravitatie. Bij verstopping schuift het papier automatisch door zodat een proper deel beschikbaar wordt voor filtering.</i>	tot 1 µm	Variabel: 2-50 m ³ /u	<ul style="list-style-type: none"> - Geen afvalwater - Geen mechanische bewegende delen - Al het water kan herbruikt worden - Geen onderbreking van filterproces bij doorschuiven papier - Kan in combinatie met trilzeef als zeftoren gebruikt worden 	<ul style="list-style-type: none"> - Papierverbruik creëert afvalstroom, kan beperkt worden door vb. voorafgaand een trilzeef te plaatsen - Bij een platte papierbandfilter zonder randen kan er overflow van het water zijn zonder dat het gefilterd is
Snelle zandfiltratie (Figuur 14) <i>Filtratie o.b.v. zand of een ander granulaair medium. Water gaat gravitair of onder druk doorheen het medium. Regelmatig terugspoelen is noodzakelijk om verstopping te vermijden.</i>	20-50 µm	Afhankelijk van oppervlakte zandfilter: flow = 4-12m ³ /u/m ²	<ul style="list-style-type: none"> - Eenvoudige technologie 	<ul style="list-style-type: none"> - Produceert spoelwater dat indien het nutriënten bevat, correct verwerkt moet worden - Filtratie wordt onderbroken tijdens terugspoelen - Zand moet elke 3-5 jaar vervangen worden
Disc filter (Figuur 15) <i>Deze filter is opgebouwd uit verschillende op elkaar gestapelde plastieken schijven. Wanneer water het systeem inkomt worden de</i>	Afhankelijk van de ring (vb. variatie tussen 55-400 µm)	Afhankelijk van aantal discs	<ul style="list-style-type: none"> - Compacte installatie 	<ul style="list-style-type: none"> - Produceert spoelwater dat correct verwerkt moet worden - Bij hoge zandconcentraties te snelle verstopping



Naam	Cut-off	Debiet	Voordelen	Nadelen
<p><i>schijven samengedrukt en gaat het water doorheen de schijf van waaruit het door een centrale cilinder afgevoerd wordt. Vuile partikels blijven achteraf op de groeven.</i></p>				
<p>Self-cleaning Automatic Filter (SAF) (Figuur 16)</p> <p><i>Bij deze techniek komt het water via een grof scherm de filter binnen. Het water verlaat de filter door het passeren van het meerlagig fijnfilterscherm. Het heeft een automatische spoelcyclus die het filterproces niet verstoort.</i></p>	10-800 µm	7-400 m ³ /u	<ul style="list-style-type: none"> - Spoeling onderbreekt filterproces niet - Automatisch spoelen - Hoge capaciteit - Compact toestel - Relatief weinig spoelwater 	<ul style="list-style-type: none"> - Produceert spoelwater dat correct verwerkt moet worden
<p>Trommelzeef (Figuur 17)</p> <p><i>Water komt het midden van een trommelzeef binnen. Wanneer de trommel draait valt het water naar beneden en worden de partikels tegengehouden door een zeef. Door de draaibeweging worden de partikels opwaarts geduwd, bovenaan de trommel worden ze weggewassen als sludge.</i></p>	Variërend, afhankelijk van zeefgrootte meestal tussen 0.25 en 2.5 mm	Afhankelijk van grootte, typisch tussen 10-300 m ³ /u	<ul style="list-style-type: none"> - Kan grote volumes water behandelen (vereist dan veel plaats) 	<ul style="list-style-type: none"> - Zonder vacuüm wordt een reststroom gecreëerd die geconcentreerd is in partikels - Grote systemen indien grote debieten gehaald willen worden
<p>Trommelzeef met vacuüm (Figuur 18)</p>	Variërend, meestal tussen 0.25 en 2.5 mm	Afhankelijk van grootte,	<ul style="list-style-type: none"> - Kan grote volumes water behandelen (vereist dan veel plaats) 	<ul style="list-style-type: none"> - Grote systemen indien grote debieten gehaald willen worden



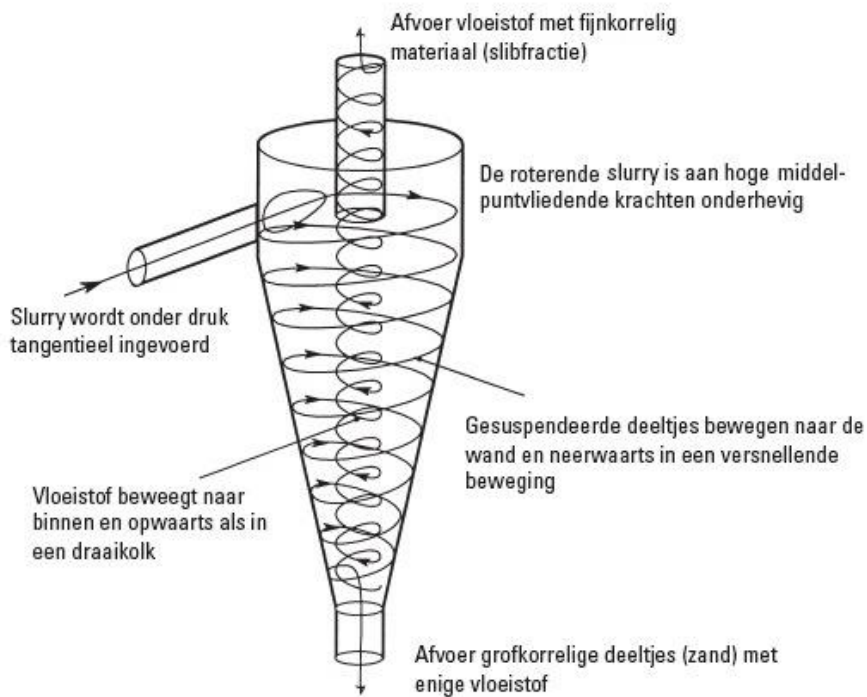
Naam	Cut-off	Debiet	Voordelen	Nadelen
<i>In het midden van de trommel bevindt zich een vacuÿmpomp. Vuil water komt de trommelzeef binnen, de vacuÿmpomp zorgt ervoor dat proper water doorheen de trommel gezogen wordt en vuile deeltjes blijven achter als vast afval.</i>		typisch tussen 10-300 m ³ /u	<ul style="list-style-type: none"> - Enkel vast afval en een propere waterstroom 	
Microfiltratie (Figuur 19) <i>Membraanscheidingstechniek waarbij deeltjes groter dan de poriëgrootte van het membraan worden tegengehouden. Regelmatige terugspoeling is nodig om het membraan proper te houden.</i>	0.1-10 µm	Modulair, eenvoudig uit te breiden	<ul style="list-style-type: none"> - Vereist geen pomp - Verwijdert geen opgeloste stoffen - Verwijdert bacteriën (afhankelijk van exacte cut-off) 	<ul style="list-style-type: none"> - Produceert spoelwater tijdens terugspoelen dat correct verwerkt moet worden - Niet selectief - Terugspoelen onderbreekt filterproces
Trilzeef (Figuur 20) <i>Het water wordt over de trilzeef gestuurd. Trillingen zorgen voor schudden van de zeef waardoor de effectieve filtering van partikels plaatsvindt en hetgeen ervoor zorgt dat de vuile vaste fractie opwaarts beweegt en wordt opgevangen in een bak.</i>	Verschillende types, tot 20 µm	Afhankelijk van grootte toestel variërende debieten	<ul style="list-style-type: none"> - Geen reststroom - Functioneert enkel op perslucht en elektriciteit - Kan in combinatie met papierbandfilter als zeftoren gebruikt worden 	<ul style="list-style-type: none"> - Lawaai - Kan grotere deeltjes verkleinen - Filterefficiëntie sterk afhankelijk van druk die trilzeef aanstuurt
Zeefbocht (Figuur 21) <i>Drainwater wordt naar de ingang van de filter gepompt, vervolgens gaat het water gravitair doorheen de filter,</i>	Verschillende types, variërend tussen 150 µm-5mm	Afhankelijk van grootte zeef en selectiviteit kan debiet	<ul style="list-style-type: none"> - Geen terugspoeling → al het water wordt hergebruikt - Eenvoudig - Hoge capaciteit - Fysisch proces obv zwaartekracht 	<ul style="list-style-type: none"> - Af en toe reinigen met tuinslang noodzakelijk - Enkel geschikt om grotere partikels te verwijderen, onvoldoende voor desinfectie



Naam	Cut-off	Debiet	Voordelen	Nadelen
<p><i>partikels worden tegengehouden.</i></p>		gaan tot 1000 m ³ /u		
<p>Doekenfilter (Figuur 22)</p> <p><i>Schijven bedekt met een doek zorgen voor een filterende werking. Door de zwaartekracht gaat het water doorheen de doek waarna het via het midden van de schijf afgevoerd wordt. Als het waterniveau in de tank te hoog wordt vindt een spoeling plaats. Grotere partikels bezinken en worden op regelmatige tijdstippen weggepompt.</i></p>	>5-10µm	1 unit: 10-570 m ³ /u	<ul style="list-style-type: none"> - Kan grote volumes behandelen - Grote recovery 	<ul style="list-style-type: none"> - Neemt veel plaats in - Produceert spoelwater tijdens terugspoelen dat correct verwerkt moet worden -
<p>Floating air systeem (Figuur 23)</p> <p><i>Lucht is opgelost in water bij een druk van 5-7 bar. Wanneer water gesatureerd met lucht vrijgezet wordt in de floating unit worden kleine bellen van 20-100µm gevormd. Partikels kunnen zich aan deze bellen hechten waardoor ze lichter wegen dan water. Ze stijgen op tot aan het oppervlak waar een schraper ervoor zorgt dat ze onder vorm van modder afgevoerd worden. Vlokkingsmiddelen kunnen eventueel vooraf al</i></p>	ongekend	ongekend	Geen filtermateriaal	<ul style="list-style-type: none"> - Modder/slib - Schaal en kost hiermee gepaard kunnen oplopen door eerder kleine te behandelen volumes



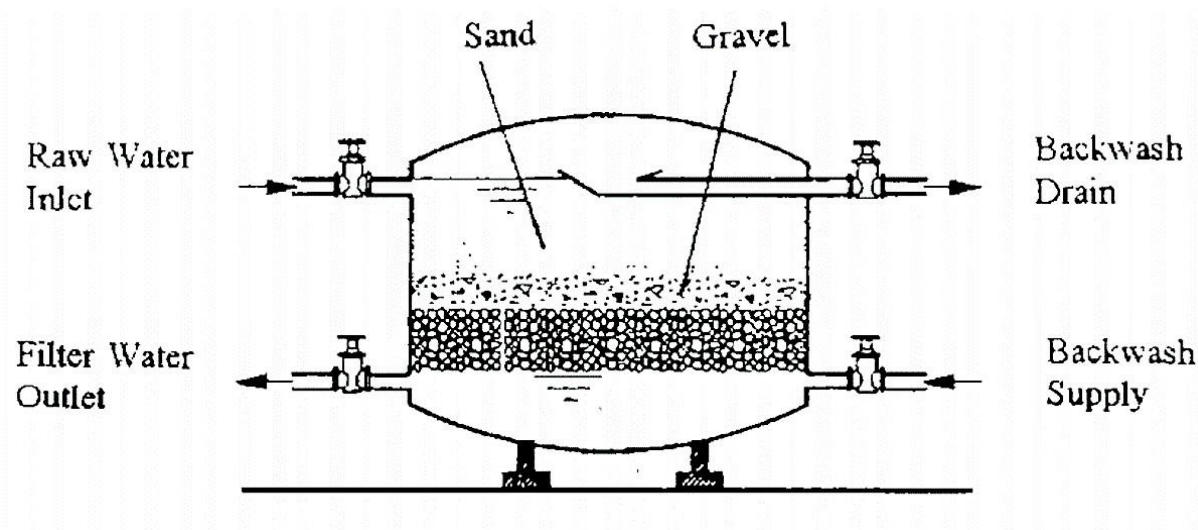
Naam	Cut-off	Debiet	Voordelen	Nadelen
<i>toegevoegd worden zodat grotere partikels gevormd worden</i>				
Fotokatalytisch membraan (Figuur 24) <i>Een TiO₂ membraan houdt de partikels tegen, het achtergebleven vuil wordt m.b.v. licht en de TiO₂ laag gezuiverd tot CO₂ en water (door reactief zuurstof).</i>			<ul style="list-style-type: none">- Geen spoeling van het membraan nodig- Ook ontsmettingstechnologie	<ul style="list-style-type: none">- Restricties om concentraat af te voeren



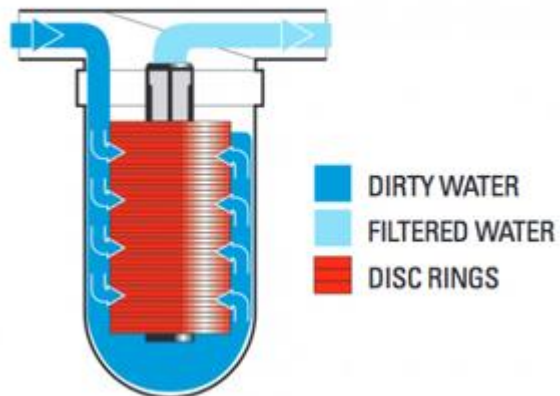
Figuur 12 Bij een hydrocyclus worden partikels afgescheiden van het water door middel van de middelpuntvliedende kracht (bron: www.bodemrichtlijn.nl)



Figuur 13 Papierbandfilter als voorfiltratie in de tuinbouw.



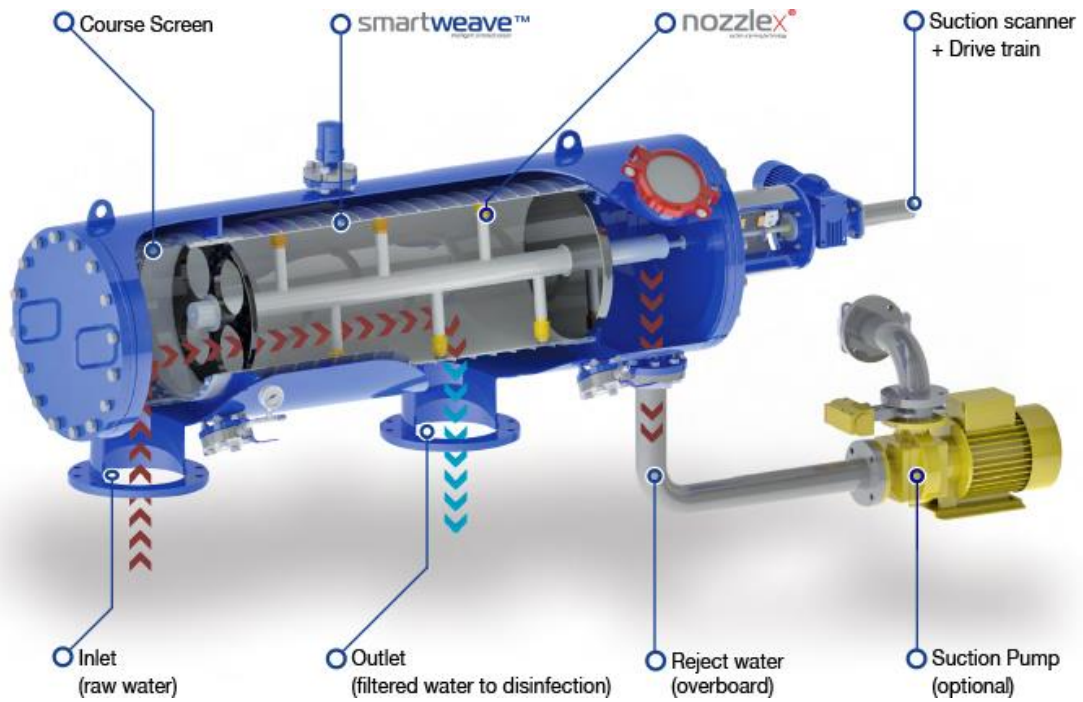
Figuur 14 Schematisch overzicht van de werking van een snelle zandfilter.
(bron: https://www.who.int/water_sanitation_health/hygiene/emergencies/fs2_14.pdf)



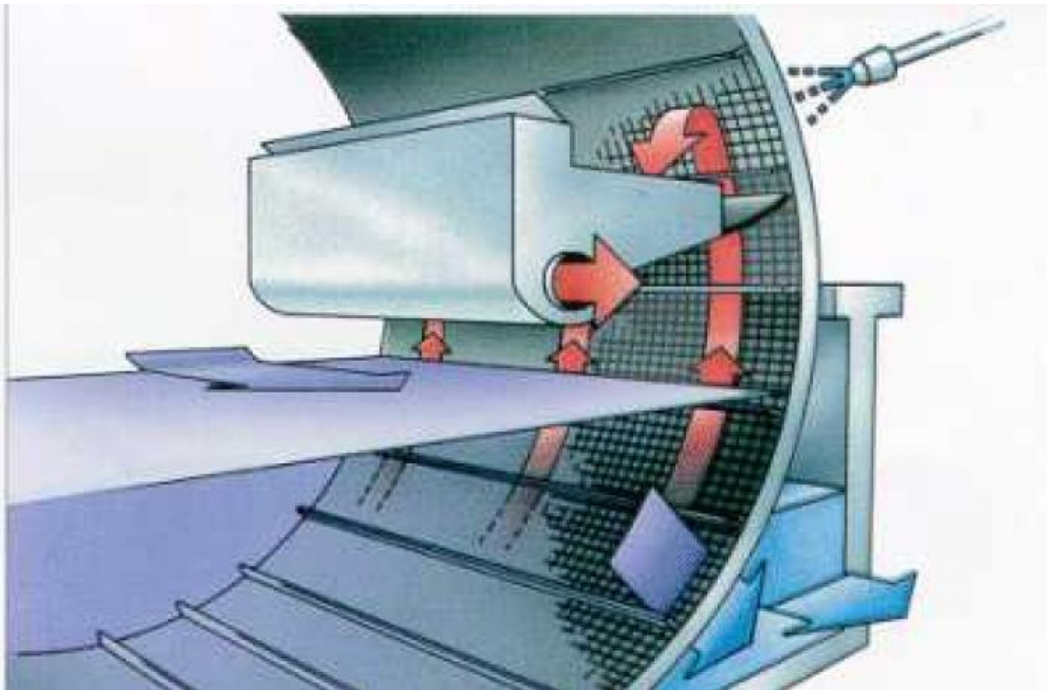
Figuur 15 Schematische weergave van een disc filter (bron: www.shop.landwater.com.au)



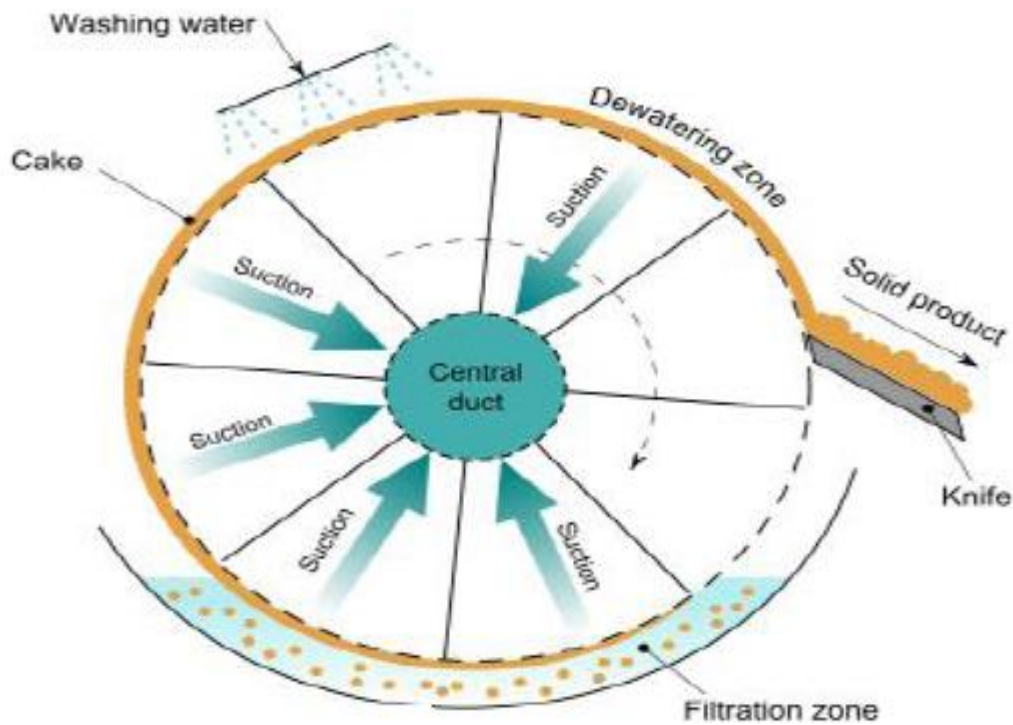
RECUPA: RECirculatie zonder Uitspoeling of Puntlozing tijdens de opkweek van Aardbeiplanten op trayvelden



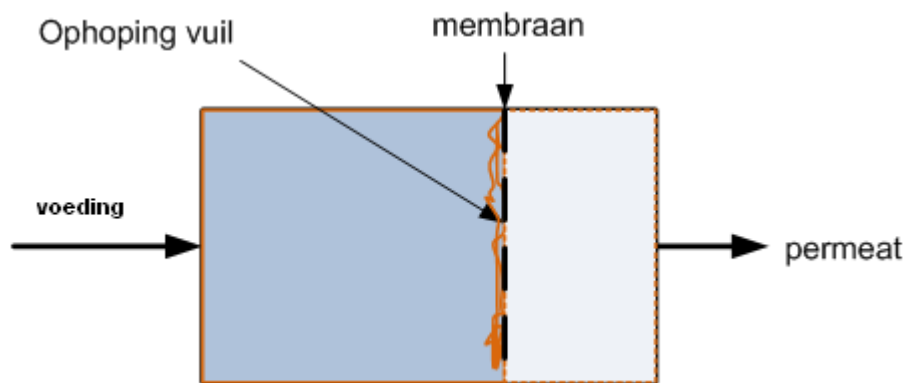
Figuur 16 Illustratie van een SAF filter (bron: www.filtersafe.net)



Figuur 17 Schematische weergave van de werking van een trommelzeef (bron: www.filtreren.eu)



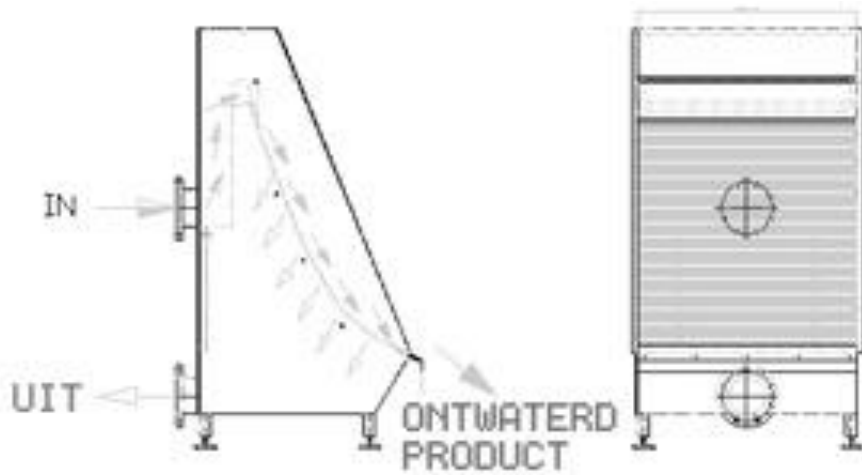
Figuur 18 Trommelzeef met vacuüm (bron: www.wikipedia.org)



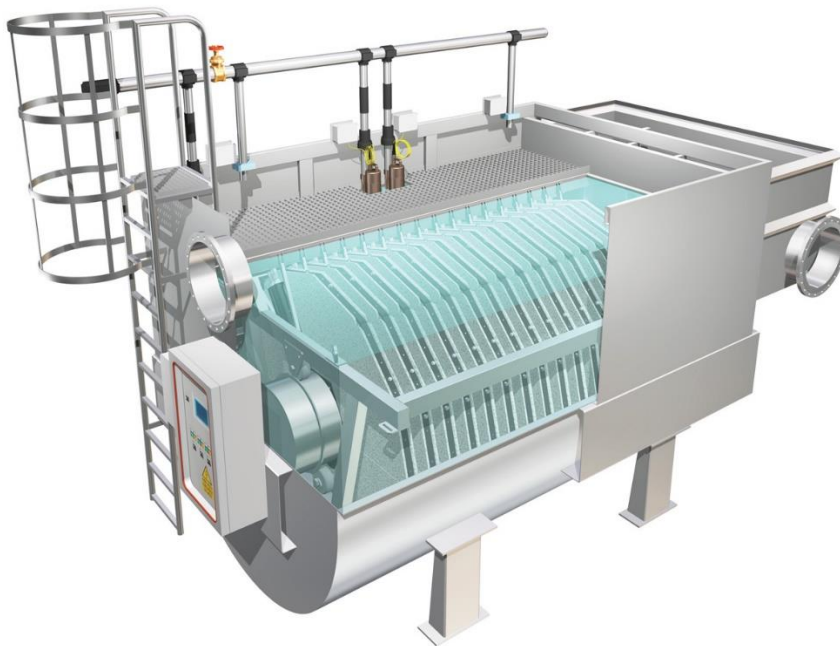
Figuur 19 Schematisch overzicht van de werking van dead-end microfiltratie. De partikels accumuleren op het membraan, bij spoeling wordt het membraan gereinigd en ontstaat er een afvalstroom (bron: www.envaqua.nl)



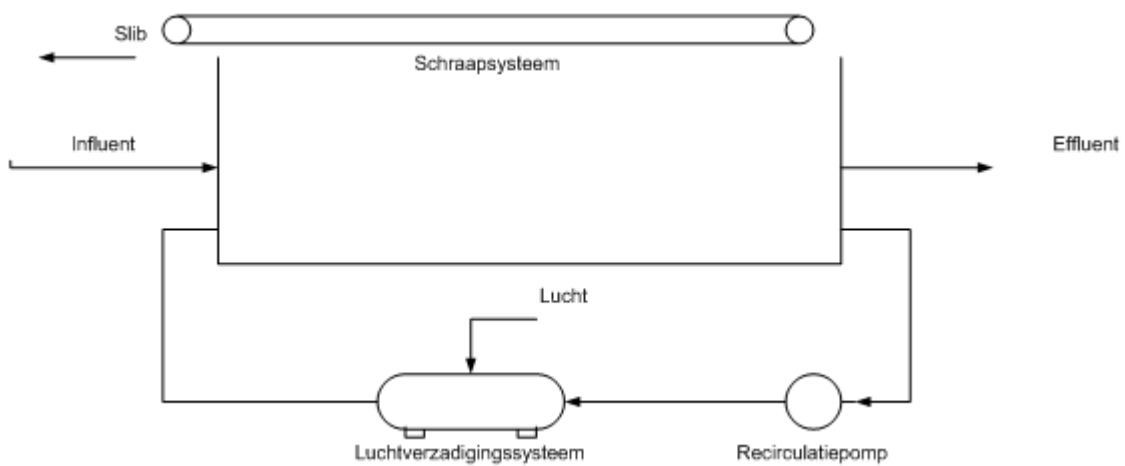
Figuur 20 Trilzeef in de tuinbouw. Vast afval wordt door het trillen afgevoerd naar het uiteinde van de zeef waarna het kan worden opgevangen in een bak.



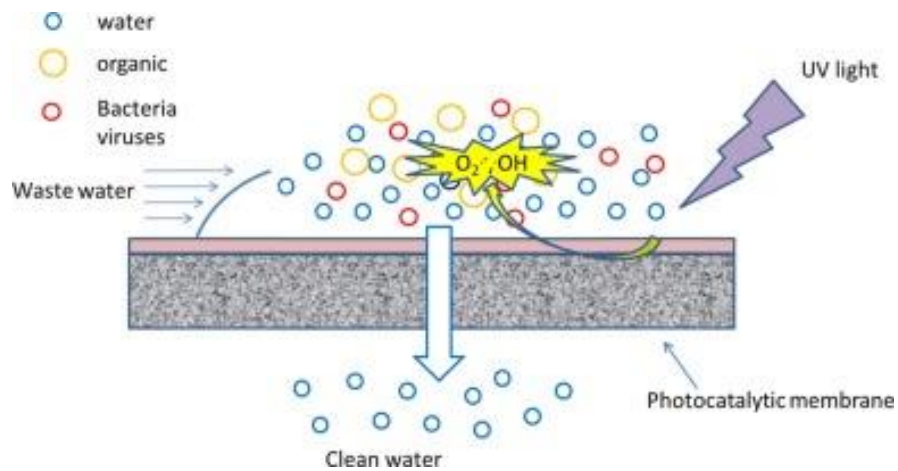
Figuur 21 Schematische weergave van een zeefbocht (Bron: www.waterportaal.be)



Figuur 22 Illustratie van een doekenfilter (Bron: www.waterprojectsonline.com)



Figuur 23 Processchema van Floating Air System (Bron: <https://emis.vito.be/nl/techniekfiche/flotatie-door-middel-van-lucht>)



Figuur 24 Overzicht van de werking van een fotokatalytisch membraan. (bron: Zhang et al., 2014, Recent progresses on fabrication of photocatalytic membranes for water treatment, Catalysis today, 230, pp.47-54).