

0543

Experiment *Helofytenfilters* *Gelderland*

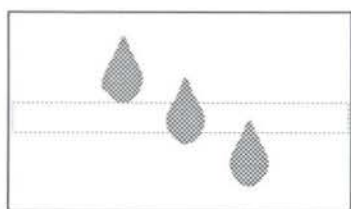
Individuele zuivering van
huishoudelijk afvalwater en melkspoelwater



Gemeente Aalten
Gemeente Lichtenvoorde
Gemeente Winterswijk
Provincie Gelderland
Stichting Individuele Behandeling Afvalwater
Mourits BioBouw
Waterschap Rijn en IJssel

Experiment Helofytenfilters Gelderland

Individuele zuivering van
huishoudelijk afvalwater en melkspoelwater



Gemeente Aalten
Gemeente Lichtenvoorde
Gemeente Winterswijk
Provincie Gelderland
Stichting Individuele Behandeling Afvalwater
Mourits BioBouw
Waterschap Rijn en IJssel

Voorwoord

Voor u ligt het rapport van het 'Experiment Helofytenfilters Oost Gelderland', een project dat tot stand gekomen is op initiatief van de STIBA (Stichting Individuele Behandeling Afvalwater) in Winterswijk. De STIBA heeft in januari 1994 een projectaanvraag ingediend bij de Gedeputeerde Staten van Gelderland. Na goedkeuring hiervan is het project uitvoerbaar geweest dank zij de ondersteuning (zowel personeel, materieel, als ook financieel) door de gemeenten Aalten, Lichtenvoorde, en Winterswijk alsook het Waterschap Rijn en IJssel en de afd. Milieu en Water van de Provincie Gelderland.

Er zijn uiteindelijk hebben 16 deelnemers bereid gevonden om een bijdrage te leveren aan dit project. Naast een 6-tal bestaande filters zijn er 10 nieuwe systemen aangelegd. Langs deze weg bedanken we de deelnemers voor hun inzet en betrokkenheid in de afgelopen drie jaar.

In het experiment zijn enerzijds 14 helofyten-zandfilters, aangelegd volgens het AWA - concept, onderzocht. AWA is de Arbeitsgemeinschaft für Wasser und Abwasser in Osnabrück die sinds 1985 reeds 3000 van deze systemen in gebruik heeft in Niedersachsen, BRD. Anderzijds vond onderzoek plaats bij een tweetal filters volgens een gemodificeerd Krefelder-principe.

De 14 helofyten-zandfilters werden aangelegd door de firma BCS b.v. Winterswijk, onder begeleiding van de STIBA, de 2 gemodificeerde Krefelder - systemen werden aangelegd op initiatief van, en door Mourits BioBouw b.v. Halle.

We willen bij dezen eenieder bedanken die een positieve bijdrage geleverd heeft aan het tot stand komen van deze eindrapportage, met name de heer André Oosterkamp, die in het kader van zijn afstudeer opdracht aan de Universiteit Twente, de basis gelegd heeft voor het tot stand komen van dit rapport.

Na de afronding van het project is verdere monitoring van de systemen belangrijk. Dit kan nog belangrijke inzichten geven in de werking op de lange termijn.

De in dit rapport gebruikte afkortingen zijn toegelicht in bijlage 10.

De begeleidingscommissie van het Experiment helofytenfilters Gelderland

Winterswijk, najaar 1998

Voor informatie kunt u terecht bij het waterschap Rijn en IJssel in Doetinchem,
tel. 0314 - 369369

Inhoudsopgave

1.	SAMENVATTING	9
1.1	Het onderzoek	9
1.2	De werking van helofyten-zandfilters:	10
1.3	De werking van het combi-rietveld:	11
1.4	Belangrijkste aanbevelingen	12
2.	INLEIDING	13
2.1	Algemeen	13
2.2	Experiment Helofytenfilters	13
2.3	Inhoud van het rapport	13
3.	PROBLEEMSTELLING	15
4.	DOELSTELLINGEN	17
5.	ONDERZOEKSVRAGEN	19
6.	BELEID EN REGELGEVING	21
7.	ONDERZOEK	25
7.1	Gegevens bewoners	25
7.2	Soort afvalwater	25
7.3	Monsternamen, Analyses	25
8.	BESCHRIJVING VAN DE SYSTEMEN	27
8.1	Zuiveringsprocessen in helofytenfilters	27
8.1.1	Biologische processen	27
8.1.2	Fysische processen	28
8.1.3	Chemische processen	28
8.2	Ontwerp van het zuiveringssysteem	28
8.2.1	De voorzuivering	29
8.3	Opbouw en werking van de systemen	29
8.3.1	Het Helofyten -zandfilter	29
8.3.2	Het Combi-rietveld	31

9.	ONDERZOEKSRESULTATEN	33
9.1	Resultaten helofyten -zandfilters	33
9.1.1	Biologisch Zuurstof Verbruik (BZV) en Chemisch Zuurstof Verbruik (CZV)	33
9.1.2	Stikstof	34
9.1.3	Fosfaat	39
9.1.4	E. coli	41
9.1.5	pH	42
9.1.6	Zware metalen	42
9.1.7	Temperatuur	43
9.1.8	Sulfaat en chloride	43
9.1.9	Invloed van neerslag	43
9.2	Resultaten combi-rietveld	44
9.2.1	Biologisch Zuurstof Verbruik (BZV) en Chemisch Zuurstof Verbruik (CZV)	44
9.2.2	Stikstof	45
9.2.3	Fosfaat	47
9.2.4	E. coli	48
9.2.5	Zuurgraad (pH)	48
9.3	Beoordeling resultaten BZV/CZV, stikstof, fosfaat en bacteriologie	48
9.3.1	Het helofyten -zandfilter voor huishoudelijk afvalwater	48
9.3.2	Helofyten -zandfilter voor huishoudelijk afvalwater en melkspoelwater	49
9.3.3	Combi-rietveld voor huishoudelijk afvalwater	50
10.	ERVARINGEN UIT HET ONDERZOEK	51
10.1	Gebruiksvriendelijkheid, ervaringen gebruikers	51
10.2	Opstart problemen	51
10.3	Winterperiode	51
10.4	Overige problemen	52
10.5	Controle door de overheid	52
10.6	Onderhoud en controle door de gebruiker of derden	52
11.	KOSTEN VAN HELOFYTENFILTERS	53
11.1	Kosten van een helofyten -zandfilter	53
11.1.1	Aanlegkosten van het helofyten -zandfilter	54
11.1.2	Aanlegkosten van het combi-rietveld	55
11.1.3	Onderhoudskosten	55
11.1.4	Kosten van beheer en controle	55
11.2	Kosten van verbetering van de denitrificatie bij helofyten- zandfilters	56

12. HERGEBRUIK VAN HET GEZUIVERDE AFVALWATER	57
12.1 Mogelijke toepassingen	57
12.2 Effect op de lozing.	57
12.3 Besparingen door hergebruik	58
13. CONCLUSIES	59
14. AANBEVELINGEN	61
LITERATUUR	63
MONDELINGE INFORMATIE	64

1. Samenvatting

1.1 Het onderzoek

In het onderzoek “Experiment Helofytenfilters” zijn twee typen filters onderzocht:

- Het verticale helofyten/zandbedfilter volgens de ontwerpnormen van de AWA (Arbeitsgemeinschaft für Wasser und Abwasser). Hiervan werden 14 filters aangelegd door BCS b.v., onder begeleiding van STIBA (Stichting Individuele Behandeling Afvalwater)
- Het oorspronkelijke Krefelder-systeem met drie horizontale compartimenten gevuld met grind werd door Mourits BioBouw in overleg met de STIBA gewijzigd in een eerste vertikaal bedreven compartiment met daarachter een tweetal horizontale compartimenten en in overleg met Joost v.d. Plicht (Waterschap Rijn en IJssel) aangevuld met een recirculatie principe. Van dit nieuwe Combi-rietveld zijn er een tweetal aangelegd door Mourits BioBouw b.v. te Halle.
- De systemen zijn gedurende drie jaar gevolgd en op waterkwaliteit bemonsterd

Acht verticale helofyten -zandfilters zijn belast met huishoudelijk afvalwater en zes met huishoudelijk afvalwater en afvalwater vanuit de melkstal. Twee combi-rietveld systemen zijn belast met huishoudelijk afvalwater.

De doelstelling van het experiment is het onderzoeken van de mogelijkheden van helofytenfilters als alternatief voor riolering in Gelderland. Hierbij wordt getoetst aan bestaand beleid, wetgeving en literatuurgegevens.

In het rapport wordt ingegaan op de analyseresultaten, deels is alleen gekeken naar effluent resultaten. Daar waar zowel influent als effluent bemonsterd werden, is echter ook naar zuiveringsrendementen gekeken. Daarnaast zijn de praktijkervaringen die in het experiment zijn opgedaan van belang. Ook is er aan de hand van literatuurgegevens geprobeerd de resultaten te verklaren en meer inzicht te krijgen in de verschillende processen die in een helofytenfilter plaatsvinden.

Uit het experiment is gebleken dat helofytenfilters goed in staat zijn huishoudelijk afvalwater te zuiveren. Het afvalwater uit de melkstal, wat bestaat uit spoelwater uit de melkput en de melkinstallatie, bleek in het begin enige problemen te geven. Het reinigingswater uit de melkput gaf vanwege de aanwezige mestresten te vaak verstoppingen en is daarom afgekoppeld. Het spoelwater uit de melkinstallatie (zonder de eerste spoeling) is vergelijkbaar met huishoudelijk afvalwater. Dit water kan wel gezuiverd worden met een helofytenfilter.

Beheer en controle zijn belangrijk voor de werking van een helofytenfilter. Hoewel dit tot een minimum beperkt kan blijven is een actieve betrokkenheid van de gebruiker bij het filter gewenst.

In een evaluatiebijeenkomst werd door alle deelnemers aangegeven dat ze zeer tevreden waren over het functioneren van het systeem. Na enige startproblemen zijn de systemen na ruim drie jaar ‘volwassen’ en goed beheersbaar.

De aanlegkosten van een helofytenfilter bestaan voornamelijk uit vaste kosten. Clustering van verschillende woningen kan de kosten per woning verlagen. Specifieke omstandigheden en eisen van de bewoner zijn de grootste onzekerheden in de kosten.

In Gelderland is de toepassing van helofytenfilters mogelijk in de "(zeer) kwetsbare gebieden" indien aan bepaalde emissie-eisen, die in het Gelders Milieuplan vermeld staan, kan worden voldaan. Het gaat hier met name om een norm voor N-totaal en P-totaal, waarbij men zich dient te realiseren dat deze normen afgeleid zijn van de normen zoals ze gelden voor RWZI's, n.l. effluent - eisen in concentraties.

1.2 De werking van helofyten-zandfilters:

In het onderzoek zijn de volgende parameters onderzocht:

Het Biologisch Zuurstof Verbruik (BZV) en het Chemisch Zuurstof verbruik (CZV)

De zuivering bij een verticaal helofyten -zandfilter bestaat voornamelijk uit de omzettingen waarbij zuurstof gebruikt wordt. Deze processen verlopen goed bij de verticale helofyten -zandfilters waardoor de belasting van het milieu en met name van oppervlaktewater voorkomen wordt: BZV / CZV-waarden reduceren meer dan 95% in de verticale helofyten -zandfilters.

Stikstof

Het omzettingspercentage van ammonium (NH_4) ligt bij de helofyten -zandfilters voor huishoudelijk afvalwater tussen 95 - 98 %, het gemiddelde bij de systemen met melkspoelwater ligt lager, op gemiddeld 90 %.

De concentraties N-totaal in het influent en effluent bij de helofyten -zandfilters zijn vrij hoog. Het influent bestaat uit afvalwater dat niet is verdund met hemelwater. Bij deze filters vindt nitrificatie nagenoeg volledig plaats. De N-verwijdering ligt rond de 40 %. De onvolledige denitrificatie wordt mede veroorzaakt doordat het nog zeer jonge systemen betreft, waar de ontwikkeling van anaërobe zones in het zandbed en organisch materiaal nog onvoldoende aanwezig zijn. Bij één helofyten -zandfilter wordt het effluent via een hergebruikcircuit teruggevoerd in de septic-tank.

Fosfaat

Het helofyten -zandfilter kan het fosfaat binden door het ijzerhoudend zand dat in de filters is toegepast. Bij 9 van de 14 filters ligt het fosfaat binnen de gestelde GMP-norm. Bij gebruik van fosfaathoudend reinigingsmiddel in de melkstal kan de P-concentratie in het verzamelde afvalwater stijgen tot 8 maal de concentratie van gemiddeld huishoudelijk afvalwater. Het helofyten -zandfilter heeft niet voldoende bindingscapaciteit heeft om deze hogere concentratie afdoende te verwijderen.

Beheer

Beheer en controle van de verticale helofyten -zandfilters beperkt zich tot een onderhoudsbeurt in de lente: het maaien en afvoeren van het riet, inspectie van het verdeelsysteem op verstoppingen, controle van aanwezigheid van slib in de pompput en de werking van de pomp. Het systeem blijkt weinig onderhoudskosten met zich mee te brengen. Dit wordt bevestigd door de ervaringen die met dit systeem in Duitsland zijn opgedaan. [1].

Belangrijkste conclusies met betrekking tot de werking van helofyten -zandfilters:

De helofyten -zandfilters zijn inzichtelijke en goed te controleren door influent /effluent analyse toe te passen. Er vindt een goede zuivering plaats van het afvalwater: de zuiveringsrendementen voor BZV, CZV en NH_4 liggen zeer hoog, op ca. 90-95 %.

De N-totaal norm zoals voor IBA+ gesteld in het GMP werd bij deze filters niet gehaald vanwege een te geringe denitrificatie. De fosfaatextractie was bij 9 van de 14 filters goed, bij 5 filters werd de GMP-norm voor IBA+ niet gehaald.

Wanneer men echter de systemen toetst aan de IBA-richtlijn van het VROM/KIWA (22), n.l.: door middel van jaarlijkse analyses van CZV en NH_4 , middels een cuvetten test, werken alle aan het project deelnemende systemen goed. Ook volgens de voorgestelde CUWVO-norm (2^e concept IBA-systemen augustus 1998 [24]) voldoen de onderzochte systemen aan de gestelde normen.

Het is daarom van belang om de resultaten uit dit experiment te gebruiken om te komen tot goede emissie normen voor IBA-systemen voor kleine lozers. Er dient meer aandacht besteed te worden aan lozingen in termen van vrachten N en P. Daarnaast in welke hoedanigheid de N-fractie geloosd wordt (NH_4 of NO_3), daar dit namelijk wezenlijk is voor het effect op het milieu. Meting van hoeveelheid influent en effluent kan hier inzicht geven. Bij dit onderzoek zijn géén debieten gemeten. Bij een vervolgonderzoek kan door meting van de debieten en het meten van de concentratie de totale vracht van de geloosde afvalstoffen worden bepaald.

1.3 De werking van het combi-rietveld:

De zuivering van het afvalwater middels het combi-rietveld vindt plaats door zuivering met behulp van lava en grind en een aërobe proces in het eerste verticale compartiment.

De BZV en CZV -waarden worden ook in dit systeem met 90 tot 98 % teruggebracht.

Ten aanzien van de verwijdering van NH_4 zien we bij dit systeem een rendement van 40% (van gemiddeld 14 mg NH_4 /liter naar 8 mg NH_4 /liter). De slechtere verwijdering van ammonium wordt waarschijnlijk veroorzaakt door een relatief korte aërobe fase. Gevolg hiervan is wel dat het N-totaal gehalte aanzienlijk lager ligt dan bij de riet-zandfilters vanwege een goede denitrificatie. Het effect van recirculatie is dat er een goede afbraak van N-totaal plaatsvindt.

Bij het combi-rietveld ligt het fosfaatgehalte binnen de gestelde GMP - norm. Het mechanisme dat hiervoor verantwoordelijk is kan nog niet worden aangegeven. Het is mogelijk dat het fosfaat gebonden aan slib in de verschillende compartimenten achterblijft.

Beheer en controle van een combi-rietveld komt overeen met die van het helofyten -zandfilter met toevoeging van regeling van de recirculatie voor de winter en zomer periode.

Belangrijkste conclusies t.a.v. het combi-rietveld:

Het combi-rietveld zoals in dit experiment onderzocht is een nieuw IBA-systeem. Omtrent zuiveringsmechanismen zijn een aantal vragen onbeantwoord. Opvallend is de lage concentratie aan ammonium in het influent, terwijl in het effluent het gehalte relatief hoog is en nitraat daarentegen nauwelijks aanwezig is. In het systeem vindt een goede stikstof-verwijdering plaats van ruim 60%. Het fosfaat wordt in het systeem weggevangen.

Het aantal geteste combi-systemen, (twee), maakt het moeilijk om daadwerkelijk conclusies te trekken. Om inzicht te krijgen in het zuiveringsrendement dient het influent gemeten te worden vóór toevoeging van het recirculerende effluent en moet de verhouding tussen recirculatie en werkelijke hoeveelheid influent bekend zijn. Kijkt men echter naar de effluënten in mg/liter dan voldoen de geteste systemen aan de huidige KIWA/ VROM/ CUWVO -norm.

1.4 Belangrijkste aanbevelingen

Met betrekking tot de helofyten -zandfilters verdienen de volgende zaken nog aandacht:

- a. Door het toepassen van recirculatie kunnen er hogere verwijderingspercentages van N-totaal worden gehaald. Bij de aangelegde helofyten -zandfilters kan dit, voor zover er geen hergebruik plaatsvindt, op een eenvoudige manier, zonder al te veel kosten, worden gerealiseerd.
- b. Melkspoelwater kan, in combinatie met huishoudelijk afvalwater, goed in een helofytenfilter worden afgebroken . Door het toepassen van reinigingsmiddelen zonder fosfaat voorkomt men dat de totale fosfaat-adsorptiecapaciteit binnen een korte tijd is bereikt.

Ten aanzien van de twee geteste combi-rietvelden kan in een vervolgonderzoek nog antwoord op de volgende vragen worden gegeven:

- a. Hoe wordt de mate van recirculatie bepaald en geregeld ?
- b. Hoe kan de nitrificatie worden verbeterd ?
- c. Hoe vindt de fosfaatverwijdering plaats ?

Voor beide systemen kan in een vervolgonderzoek door meting van de debieten en het meten van de concentratie de totale vracht van de geloosde afvalstoffen worden bepaald. Met het meten van influent en effluentdebieten kan meer inzicht worden verkregen in de hoeveelheid verdamping, de werkelijke belasting van de filters en de werkelijke geloosde vuilvracht.

Toetsing van de onderzochte systemen aan de ontwikkelde normen kan pas werkelijk plaatsvinden wanneer de landelijke normen (CUWVO) en de daarvan afgeleide provinciale normen definitief zijn vastgesteld.

2. Inleiding

2.1 Algemeen

In de afgelopen jaren is gebleken dat volledige riolering van het buitengebied zeer kostbaar is. Als alternatief hiervoor is een IBA-systeem (Individuele Behandeling Afvalwater) mogelijk. In de jaren tachtig is door het ministerie van VROM een groot aantal alternatieven bestudeerd [12]. Helofytenfilters in de vorm zoals nu worden besproken zijn toen niet getest. Met dit experiment wordt nagegaan of helofytenfilters een eenvoudig en goed alternatief kunnen zijn om het afvalwaterprobleem in het buitengebied het hoofd te bieden. Voordat toepassing op grote schaal kan plaatsvinden zijn er echter meer gegevens en inzichten nodig. In Nederland zijn daarom ook in de afgelopen jaren verschillende onderzoeken gestart om de waarde van helofytenfilters als alternatief voor riolering te bepalen.

In Gelderland wordt in het Gelders Milieu Plan aangegeven onder welke voorwaarden het mogelijk is IBA-systemen toe te passen als alternatief voor riolering.

2.2 Experiment Helofytenfilters

In 1995 heeft de STIBA(Stichting Individuele Behandeling Afvalwater) in samenwerking met de Provincie Gelderland, de gemeenten Aalten, Lichtenvoorde en Winterswijk en het Waterschap Rijn en IJssel (destijds Zuiveringsschap Oostelijk Gelderland) het "Experiment Helofytenfilters" van start laten gaan. Mourits BioBouw uit Halle, dat de twee combi- rietvelden heeft aangelegd, heeft ook deelgenomen aan de begeleidingscommissie. Doel van dit experiment is om over een periode van drie jaar gegevens te verzamelen bij een aantal helofytenfilters. Door de ervaringen en resultaten uit dit experiment is er meer inzicht verkregen in de mogelijkheden en werking van deze filters.

2.3 Inhoud van het rapport

In het rapport wordt ingegaan op de wetgeving en het bestaande beleid in de provincie Gelderland die op helofytenfilters van toepassing zijn. Verder worden de belangrijkste resultaten uit het "Experiment Helofytenfilters" gepresenteerd en besproken. Aan de hand van literatuur worden de resultaten geanalyseerd. Hierna worden overige aspecten van helofytenfilters zoals beheer, onderhoud en kosten behandeld. Op basis van de resultaten uit het "Experiment Helofytenfilters" en literatuur wordt aangegeven of helofytenfilters een alternatief kunnen zijn voor riolering in Gelderland.

3. Probleemstelling

Sinds geruime tijd is duidelijk dat het volledig rioleren van het buitengebied geen haalbare zaak is. De kosten van rioleren zijn hoog en de milieuwinst verschilt per gebied.

Om de keuze tussen een IBA en riolering te kunnen maken in Gelderland wordt er een afweging gemaakt op basis van de laagste maatschappelijke kosten. Als een gebied in aanmerking komt voor een IBA dan zullen de totale maatschappelijke kosten van een IBA ten opzichte van riolering bepalend zijn voor de keuze tussen deze alternatieven. Om deze afweging te kunnen maken zijn een aantal aspecten van belang.

Dit experiment is gestart om na te gaan of helofytenfilters in staat zijn ook in Nederland afvalwater op een verantwoorde manier te zuiveren. De motivatie om dit experiment op te zetten kwam voort uit gegevens verkregen van de AWA [1], die sinds 1985 reeds 3000 van deze filters in Niedersachsen, BRD heeft aangelegd en bemonsterd alsook om te komen tot een kostenvergelijking van IBA's versus riolering in het buitengebied. Nieuwe gegevens worden uit dit experiment verkregen ten aanzien van het effect van recirculatie van het effluent bij de twee combi -rietvelden. Tevens wordt in dit experiment de inzet van helofyten -zandfilters bij melkveehouderijen getest. Het is namelijk van groot belang te achterhalen of deze systemen ook hier inzetbaar zijn.

Verder zullen aspecten als beheer en onderhoud van groot belang zijn voor de werking van het filter en kunnen dus niet zonder meer buiten beschouwing worden gelaten. Ook moet duidelijk zijn hoe hoog de totale maatschappelijke kosten van een helofytenfilter zijn.

4. Doelstellingen

In dit onderzoek zal worden ingegaan op de werking en toepassingsmogelijkheden van helofytenfilters binnen het in Gelderland vastgestelde beleidskader. Om de mogelijkheden voor de helofytenfilters aan te geven wordt er in dit rapport ingegaan op bestaande wetgeving en beleid. Verder is literatuur geraadpleegd om aan de hand van reeds aanwezige kennis de resultaten van dit experiment te verklaren.

Ook heeft dit experiment tot doel inzicht te verkrijgen in aanlegkosten en beheer van helofytenfilters, alsook het inschatten van hergebruik-mogelijkheden en de invloed van het gezuiverde afvalwater op bodem dan wel oppervlaktewater.

5. Onderzoeksvragen

Als uitwerking van de doelstelling zijn de volgende onderzoeksvragen geformuleerd:

1. Hoe functioneren helofytenfilters in de praktijk onder Nederlandse omstandigheden bij verschillende soorten belastingen en gebruik ?

Het gaat hierbij om achtereenvolgens:

- a. Helofyten -zandfilters belast met huishoudelijk afvalwater
 - b. Helofyten -zandfilters belast met een combinatie van huishoudelijk afvalwater en melkspoelwater
 - c. Een combi -rietveld belast met huishoudelijk afvalwater.
2. Wat is de invloed van de voorzuivering op het resultaat van het hele systeem ?
 3. Wat zijn de kosten van aanleg en beheer van helofytenfilters ?
 4. Hoe betrouwbaar en bedrijfszeker zijn de onderzochte filters en welke invloed heeft dit op de mogelijke toepassing ?
 5. Welke beheersaspecten spelen een rol bij de toepassing van helofytenfilters ?
 6. Welke aspecten zijn van belang bij de keuze tussen de aanleg van helofytenfilters (IBA's) en riolering ?
 7. Hoe functioneren de helofytenfilters op langere termijn ?
 8. Hoe worden IBA's beoordeeld ?

6. Beleid en regelgeving

Beleid en wetgeving die van toepassing zijn op Helofytenfilters, zijn onder andere vastgelegd in:

- Wet Milieubeheer
- Gelders Milieuplan (GMP)
- Het Lozingenbesluit bodembescherming
- Het Lozingenbesluit WVO (Wet Verontreiniging Oppervlaktewater) huishoudelijk afvalwater

Recent zijn de volgende aanvullende richtlijnen ontwikkeld:

- VROM/KIWA aanvulling IBA-richtlijn, handleiding helofytenfilters
- VROM/KIWA Basisdocument Attestering IBA's
- CUWVO rapport IBA-systemen (zie ook bijlage 9)

Volgens de Wet Milieubeheer draagt de gemeente zorg voor de doelmatige inzameling en transport van het afvalwater dat vrijkomt binnen de gemeente. Bij doelmatigheid kunnen de kosten als belangrijkste criterium worden genoemd. Omdat de kosten van rioleren enorm kunnen oplopen voor sommige aansluitingen kunnen Gedeputeerde Staten van de provincie de gemeente ontheffing verlenen van de zorgplicht voor bepaalde aansluitingen die niet binnen de afstandsgrens voor verplichte riolering vallen. De ontheffingen worden in dit geval dan gebaseerd op het ontheffingenbeleid van de Provincie Gelderland. Het Provinciaal ontheffingenbeleid heeft de volgende uitgangspunten:

- Huidig wettelijk kader (zorgplicht, doelmatigheid)
- Gelijke kansen (riolering en IBA-systemen)
- Draagvlak (objectief, eenvoudig)

Het belangrijkste criterium volgens het GMP zijn de totale maatschappelijke kosten (investeringen en exploitatie). Ook wordt de milieuwinst genoemd. Als de kosten voor riolering hoger zijn, kan worden volstaan met een IBA-systeem. De ontheffing wordt verleend op basis van de ligging van het betreffende pand in een functie-gebied, de afstand tot bestaande of geplande riolering en de aanleg kosten van riolering versus IBA. Op basis van dit beleid zal de gemeente de afweging moeten maken waar gerioleerd gaat worden en waar zij ontheffing zal aanvragen en hoe met de IBA-systemen zal worden omgegaan.

Als de lozing in de bodem plaatsvindt dan is het Lozingenbesluit bodembescherming van toepassing. Als de lozing op het oppervlaktewater plaatsvindt dan is het Lozingenbesluit WVO huishoudelijk afvalwater van toepassing. Het Lozingenbesluit bodembescherming is niet van toepassing in situaties waarbij een vloeistof in de bodem wordt gebracht via een rietveld [18]. De handleiding helofytenfilters voor IBA - systemen van het ministerie van VROM dient als richtlijn voor vergunningverleners.

Lozingen waarbij het zogenaamde melkspoelwater in dezelfde IBA behandeld wordt als het huishoudelijk afvalwater vallen juridisch gezien onder een bedrijfsmatige lozing en dus niet onder de WVO huishoudelijk afvalwater. Voor lozing op het oppervlaktewater betekent dit vergunningplicht. Lozingen in de bodem van het gezuiverde melkspoelwater vallen volgens het lozingenbesluit bodembescherming onder overige lozingen.

In het GMP worden vier mogelijkheden aangegeven afhankelijk van de kwetsbaarheid.

Tabel 1 emissie-eisen op basis van het GMP[14], in oplopende kwetsbaarheid

Categorie	Lozing bodem	Lozing oppervlaktewater	Emissie-eisen Stikstof N mg/l	Emissie-eisen Fosfor P mg/l
A: septictank	rest	n.v.t.	(60)	(6)
B: IBA-	FII, FIII, FIV + regionale beïnvloedingsgebied kwelafhankelijke natuur	FI, FII, FIII	30	4
C: IBA+	FV	FIV, te beschermen verspreide waardevolle wateren + beïnvloedingsgebied kwel- afhankelijke land en waternatuur	15	1
D: Rioleren	milieubeschermings- gebieden cat. 2	FV, zwemwaterfunctie	n.v.t.	n.v.t.

Uitleg omtrent de afkortingen:

F staat voor Functiegebieden: FI = water voor landbouw, FII = water voor landbouw en niet-kwelafhankelijke natuur, FIII = water voor landbouw en kwelafhankelijke natuur, FIV = water voor landbouw en kwelafhankelijke land- en waternatuur, FV = Water voor natuur van hoogste ecologische niveau(HEN).

De gebiedsgerichte emissie-eisen zoals die in het GMP zijn geformuleerd, geven gemeenten de ruimte om zelf te bepalen of en wanneer rioleren gewenst is.

Maatgevend zijn de te behalen milieudoelen. De provincie heeft een checklist opgesteld op basis waarvan die afwegingen gemaakt kunnen worden en er besluiten kunnen vallen. Of de aanleg van een IBA mogelijk is, kan worden bepaald aan de hand van de checklist. Overweegt een gemeente een IBA-systeem aan te (laten) leggen dan moet de IBA aan de emissie-eisen voldoen. Voldoet de IBA aan de gestelde eisen, dan is de vraag naar de (jaarlijkse) kosten relevant. IBA's mogen in principe niet duurder zijn dan rioleren. Voor de afweging tussen-riolering en IBA's is deze kostenvergelijking dus essentieel. Hiervoor is een berekenings-methodiek ontwikkeld. Deze methode gaat uit van drie principes: * de draagkracht van het milieu, * gelijke kansen voor riolering en IBA's, * laagst maatschappelijke kosten. Het Gelders Milieu Plan wordt in 1999 geëvalueerd.

In de Handleiding Helofytenfilters van VROM/KIWA [22] wordt de richtlijn van de bouw een IBA-systeem aangegeven en wordt de richtlijn voor het zuiveren van huishoudelijk afvalwater en de bedrijfsvoering (onderhoud en controle) vastgelegd.

Dit kan geschieden door de gebruiker (inspectie van putten en het jaarlijkse onderhoud) of door de leverancier. Geadviseerd wordt om éénmaal per jaar een technische controle op het gehele systeem uit te voeren, aangevuld met een beperkte (bijv. cuvettest) analyse op CZV en ammonium. Aangezien de bron (huishoudelijk afvalwater en melkspoelwater) bekend is, is voornoemde bepaling voldoende om aan te tonen dat het systeem naar behoren functioneert.

De definitieve uitwerking van controle en handhaving moet echter nog door gemeenten en waterschappen gemaakt worden. De genoemde documenten: basisdocument attestering [23] en de aanbevelingen van het CUWVO -rapport [24] kunnen daarbij als leidraad dienen. In bijlage 9 is een overzicht weergegeven van de voorgestelde CUWVO toetsingsnormen.

7. Onderzoek

In het experiment zijn twee typen filters te onderzoeken: het helofyten -zandfilter en het combi-rietveld.

- Het eerste type is aangelegd volgens de richtlijnen van de AWA [1], echter in plaats van ijzer vijlsel werd gekozen voor ijzerhoudend zand (STIBA).
- het tweede type is een ontwerp naar het Krefelder principe gemodificeerd door Mourits BioBouw in overleg met de STIBA, (toevoegen verticaal eerste compartiment) en het Waterschap Rijn en IJssel (toepassing van recirculatie).

In het onderzoek zijn een aantal reeds bestaande filters betrokken en zijn een aantal nieuw aangelegd. Een overzicht is gegeven in tabel 2.

7.1 Gegevens bewoners

De aan het onderzoek deelnemende huishoudens en bedrijven hebben door middel van een logboek de temperatuur, hoeveelheid neerslag en bijzonderheden bijgehouden.

7.2 Soort afvalwater

In het onderzoek is de werking bij twee categorieën afvalwater onderzocht, enerzijds huishoudelijk afvalwater en anderzijds huishoudelijk afvalwater tezamen met reinigingswater van de melktank en de melkinstallatie. Het melkspoelwater bestaat uit het reinigingswater van de melktank én het spoelwater van de melkinstallatie zonder de eerste spoeling. De eerste spoeling bevat veel melkresten waardoor het filter overbelast kan worden. Deze eerste spoeling kan gebruikt worden als voedsel voor varkens of kalveren. Zonder deze eerste spoeling is dit spoelwater vergelijkbaar met huishoudelijk afvalwater. Eén van de filters is belast met het afvalwater van een mini-camping (alleen in het zomerseizoen).

Een overzicht van de onderzochte filters is opgenomen in bijlage 1.

7.3 Monsternamen, Analyses

Bij acht filters zijn influent en effluent bemonsterd. Bij de overige zes filters is alleen het effluent bemonsterd. Het effluent is bemonsterd om de kwaliteit van het geloosde water te bepalen. Het influent is bemonsterd om inzicht te krijgen in de zuiveringsrendementen van helofytenfilters.

Tabel 2 *Overzicht van de filters en bemonstering*

	Influent en effluent	Effluent
Helofyten -zandfilters, huishoudelijk afvalwater	H1, H2, H3, H4	H5, H6, H7, H8
Helofyten -zandfilters huishoudelijk afvalwater + melkspoelwater	HM1, HM2	HM3, HM4, HM5, HM6
Combi-rietveld, huishoudelijk afvalwater	C1, C2	

Bij de combi-filters kan het gemeten influent niet direct gebruikt worden om het zuiveringsrendement te bepalen omdat er bij dit systeem recirculatie wordt toegepast. Het gerecirculeerde water komt in de pompput terecht waardoor er menging met het afvalwater plaatsvindt. Hierdoor treed er dus verdunning van het werkelijke influent op. Bij het helofyten-zandfilter H2 wordt door hergebruik via de toiletten de afbraak van totaal-N bevorderd..

Monsternamen van het effluent heeft bij alle helofyten -zandfilters plaatsgevonden na het verticale gedeelte. Bij de combi rietvelden heeft de bemonstering van het effluent aan het einde van het gehele systeem (verticaal + horizontaal) plaatsgevonden.

De analyses van de watermonsters zijn uitgevoerd door het STERLAB van het Waterschap Rijn en IJssel en zijn geanalyseerd op de volgende stoffen:

4x per jaar:

BZV, CZV, Kjeldahl N, ammonium, nitriet, nitraat, orthofosfaat, totaal fosfor, pH, Chloride en Sulfaat (monsternamen: januari, april, juli en oktober)

1x per jaar:

zware metalen en E. coli (monsternamen: oktober '96, oktober '97, januari '98 (alleen metalen))

Voor een overzicht van de parameters wordt verwezen naar bijlage 3.

BZV, CZV en Kjeldahl-N zijn een maat voor zuurstofverbruikende processen en vormen bij lozing op het oppervlaktewater een belasting voor het milieu. Grote concentraties kunnen zuurstofloosheid in het water veroorzaken.

Concentraties stikstof en fosfor zijn een maat voor de eutrofiëring. Deze zijn voornamelijk van belang bij lozing op het oppervlaktewater. N-totaal is de maat voor de totale hoeveelheid stikstof. Deze bestaat uit de som van Kjeldahl N, nitriet en nitraat. P-totaal is de totale hoeveelheid fosfor in fosfaat.

De gehalten E. coli zijn in de bemonstering opgenomen om een indicatie te krijgen of hergebruik, bijvoorbeeld als drinkwater voor vee, mogelijk is. Ook kunnen deze waarden voor de kwaliteit van het oppervlaktewater van belang zijn.

De concentraties zware metalen zijn van belang voor lozing op het oppervlaktewater en voor ophoping in de bodem en het filter. Normaal gesproken zijn de concentraties in het huishoudelijk afvalwater zeer laag. Wel is het koper gehalte in Oost Gelderland vrij hoog vanwege het koperen waterleidingensysteem van het Waterbedrijf Gelderland.

8. Beschrijving van de systemen

Alvorens de opbouw van de zuiveringssystemen te behandelen, zullen eerst kort de processen die in het filter plaatsvinden besproken worden.

8.1 Zuiveringsprocessen in helofytenfilters

De werking van het filter bestaat uit een groot aantal complexe processen. De volgende processen vinden plaats:

- biologische processen (afbraak, vastlegging en omzetting)
- chemische/fysische processen (adsorptie, verdamping)

In de volgende paragrafen zal hier kort op worden ingegaan om later de werking en de analyseresultaten te kunnen verklaren.

8.1.1 Biologische processen

De biologische processen die in het filter plaatsvinden zijn: opname door riet, opname door biomassa (bacteriën), omzettingen door bacteriën, adsorptie en vastlegging.

Invloed riet

Het water wordt snel afgevoerd langs de stengels en wortels van het riet. Dit heeft als effect dat de toplaag sneller opdroogt, waardoor er zuurstofrijke zones ontstaan rondom de wortels. De bacteriën die in de toplaag van de bodem rondom de wortels leven zetten hier de organische en anorganische stoffen met behulp van zuurstof om. In de omringende zuurstof-arme zones vinden omzettingen plaats waarbij geen zuurstof gebruikt wordt. Het riet zal enige voedingsstoffen opnemen waardoor deze uit het systeem verwijderd worden. De invloed van deze verwijdering op de grote hoeveelheid stoffen in het afvalwater is relatief klein en daarom niet van wezenlijk belang. Verder worden zware metalen en andere schadelijke stoffen uit het filter opgenomen waardoor deze met het riet afgevoerd kunnen worden.

Zand/Grind/Lava

Als filtermateriaal is zand, grind of lava gebruikt. De belangrijkste functie van zand, grind, en lava is het vasthouden van zwevende deeltjes. Verder ontstaat op het oppervlak van de zand-, grind-, en lavakorrels een laagje waarop bacteriën kunnen leven. In de zandfilters zullen ten opzichte van grind- en lavafilters meer bacteriën aanwezig zijn door het grotere oppervlak van de kleinere zandkorrels. Bij de helofyten-zandfilters wordt gekozen voor zand met een korrelgrootte van 100- 500 micrometer met een mediaan van 300. De keuze van de korrelgrootte zorgt voor de juiste passage snelheid van het afvalwater in het filter.

Bacteriën en micro-organismen

De in de bodem voorkomende bacteriën en andere organismen in het filter zorgen voor de afbraak en omzettingen van verschillende stoffen in het afvalwater. Deze bacteriën gebruiken dit als voedsel of gebruiken omzettingen om aan energie te komen.

Ziekteverwekkers en bacteriën uit het afvalwater worden op verschillende manieren verwijderd. In het algemeen zullen ze verwijderd worden doordat ze de concurrentie met de micro-organismen in het filter niet overleven. Belangrijkste factoren voor verwijdering zijn de korreldiameter en de verblijfstijd.

8.1.2 Fysische processen

Zuurstofopname

In het helofyten -zandfilter wordt er zuurstof in het filter gebracht door een laagje water van enkele centimeters gelijkmatig op het filter te brengen. De lucht die zich in de bovengrond bevindt wordt hierdoor in het filter “geperst”. Door de zuigende werking van het zakkende water wordt tevens nieuwe zuurstofrijke lucht in het filter “gezogen”.

Bij het combi-rietveld wordt het afvalwater eerst omhoog gespoten om vervolgens over het lavagesteente te vloeien. Door het contactoppervlak wordt optimaal zuurstof aan het water toegevoegd. In de winter worden deze bevoelingsbuizen in de winterstand gedraaid om bevroering te voorkomen.

Verdamping

Een gedeelte van het water wat op het filter gebracht wordt zal verdampen. Deze verdamping bestaat uit een combinatie van bodemverdamping en verdamping door het riet. Deze verdamping kan vooral in de groeiperiode, en gedurende de hele zomer een groot gedeelte van het water betreffen, vooral omdat het water meestal een relatief hoge temperatuur heeft. Verder zijn voor de verdamping de temperatuur van de lucht, straling van de zon en de windsnelheid van groot belang. Naast water zal een gedeelte van de vluchtige stoffen verdampen.

Invloed van regen.

Het regenwater heeft tot gevolg dat er een verdunning optreedt. Dit heeft echter tot gevolg dat de verblijfstijd ook wordt verkleind. Het netto resultaat is dat in het effluent geen belangrijk effect te meten is. Dit bleek onder andere uit metingen van de STIBA.

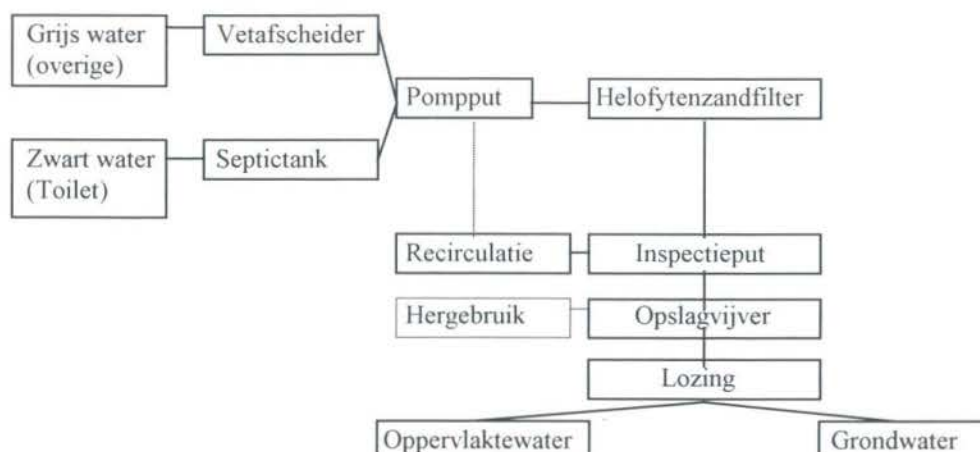
8.1.3 Chemische processen

De belangrijkste chemische processen zijn de adsorptieprocessen. Hierbij gaan verschillende stoffen een binding aan waardoor ze in het filter achterblijven. Ook ontstaat op het oppervlak van het grind en zand een laagje biomassa waaraan een aantal stoffen geabsorbeerd kan worden.

8.2 Ontwerp van het zuiveringssysteem

Het zuiveringssysteem omvat een voorzuivering en een helofytenfilter. Het afvalwater komt na de voorzuivering in een pompput terecht. Hierna wordt het water via een pomp op het filter gebracht. Na doorstroming van het filter komt het in een inspectieput terecht waarna het geloosd wordt in een vijver of op het oppervlaktewater. Ook kan het water in de bodem geïnfiltrerd worden of opgeslagen worden voor hergebruik.

Figuur 1 *Schematische weergave van de zuivering*



8.2.1 De voorzuivering

De voorzuivering bestaat uit een septictank van ca. 3 m³ per wooneenheid voor het zwarte afvalwater en een vetafscheider voor het grijze afvalwater. Het zwarte afvalwater is het water uit het toilet en dient een bepaalde tijd in de septictank te verblijven om zo de vaste deeltjes te laten bezinken zodat het filter niet verstopt raakt. Het grijze afvalwater is het overige afvalwater. De vetresten worden hieruit verwijderd via een vetafscheider om verstopping van het filter te voorkomen. De verblijftijd in - en de werking van de voorzuivering is van belang voor het functioneren van het helofytenfilter.

De voorzuivering is bij 7 systemen volledig gescheiden: septictank voor het toilet en vetafscheider voor het grijze afvalwater. Bij de overige systemen is dit niet gebeurd vanwege praktische problemen of de kosten. Het scheiden van het afvalwater is ideaal maar niet noodzakelijk. Zonder scheiding van grijs en zwart water is een grotere septictank nodig, en er kan meer slibvorming optreden in de septictank.

8.3 Opbouw en werking van de systemen

In deze paragraaf worden de onderzochte zuiveringssystemen beschreven.

8.3.1 Het Helofyten -zandfilter

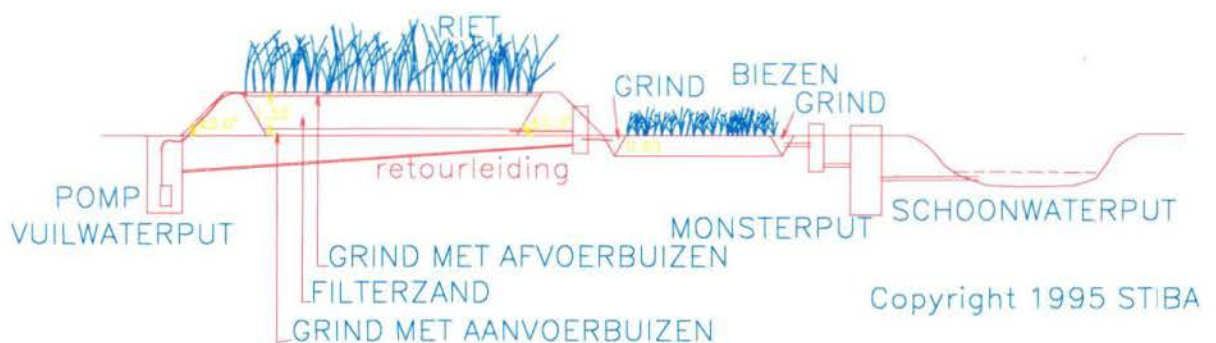
Het eerste type filter is een helofyten -zandfilter. Deze bestaat uit een verticaal doorstroomd systeem waarbij het water aan de bovenkant door middel van buizen twee maal per dag gelijkmatig over het oppervlak verspreid wordt. Het water infiltreert en stroomt verticaal door de bodem waar biologische afbraakprocessen en omzettingen plaats vinden. Het filter bestaat uit een grindlaag waarin de aanvoerbuizen geplaatst zijn, hierna gevolgd door een zandpakket. Dit is ijzerhoudend zand dat als functie heeft het fosfaat in het afvalwater voor lange tijd te binden. In dit zand is riet geplaatst dat een aantal functies heeft. Ten eerste zorgt het riet via de wortels voor zuurstoftoevoer naar de bodem. Verder kunnen afstervende wortels dienen als voedsel voor bacteriën en zorgt het riet voor een isolatie van het filter in de winter. Het onderste gedeelte van het filter bestaat uit een laag grind waarin drainagebuizen zijn geplaatst om het water af te voeren.

Tussen het zand en het grind wordt tegenwoordig worteldoek geplaatst om te voorkomen dat de wortels van het riet de drainagefunctie kunnen verstoren. Bij de filters in het onderzoek is dit niet gebeurd. In de 'Handleiding helofytenfilters voor IBA-systemen' is dit voorschrift opgenomen. Ook is daarin aangegeven dat het filter van de omgeving afgescheiden dient te worden met 1 mm rubberfolie.

Na het filter loopt het water naar een put. De afvoerbuys is zo geplaatst dat er onder in het filter ongeveer twintig centimeter water blijft staan. Dit voorkomt het oxideren van het ijzer waardoor verstopping van de drainagebuizen voorkomen wordt. Ook creëert dit een anaërobe zone waar denitrificatie kan plaatsvinden.

Belangrijkste ontwerpnormen van de STIBA: 3 - 4 m²/ i.e.(inwoner equivalent), korreldikte 100-500 micron, mediaan 300, minimaal 15 kg ijzer/m³.

Figuur 2: doorsnede verticale helofytenzandbedfilter (STIBA)



Vertikaal-Horizontaal Filter met Opslagvijver

Filtersubstraat

Het filtersubstraat in deze zandfilters bestaat uit ijzerhoudend zand. Onder in het filter wordt het zand vermengd met stro om in de startfase, zolang het riet nog niet volgroeid is, organische stof te leveren voor denitrificerende bacteriën. Als substraat wordt zand met een zodanige korreldigtheid gebruikt dat verstopping van het filter wordt voorkomen, maar anderzijds de passagesnelheid van het afvalwater niet te groot is (ca. 3 dagen). Het zand bevat van nature ijzer en heeft in tegenstelling tot ijzertoevoeging een veel groter oppervlak en is dus beter beschikbaar voor adsorptie en vastlegging van fosfaten. Tijdens het aanleggen van de filters zijn twee monsters genomen om de hoeveelheid ijzer te bepalen. Het eerste monster bevatte 45-50 kg ijzer/m³, het tweede monster bevatte 11-12 kg. Het eerste type zand is lokaal gewonnen en hiervan is onbekend in welke mate het zand verzadigd was met fosfaat. Het tweede type zand is gebruikt in de reeds aangelegde filters en komt uit een zeer diepe zandgroeve. De reden hiervoor is dat het zand niet met fosfaat vervuild kan zijn door de landbouw. De in het onderzoek aangelegde filters zijn gevuld met het tweede type zand met toevoeging van zand uit ijzerzandbanken met een heel hoog ijzergehalte. Het zand bevat dus meer dan 11-12 kg ijzer. Als beplanting werd in alle filters de *Phragmites Australis/Communis* gebruikt (5-10 stuks per m²).

Tabel 3 *Overzicht filtersubstraat*

Bestaande Helofyten -zandfilters (STIBA)	H4	> 25 kg Fe /m ³ (fijner zand)
Bestaande Helofyten -zandfilters (BCS b.v.)	H2, H3, H8, H6	zand, ca. 12 kg Fe/m ³
Aangelegde filters (STIBA)	H1, H5, HM5, HM1, HM4, H7, HM2, HM3, HM6	zand, >12 kg Fe/m ³
Combi -rietvelden (Mourits BioBouw b.v.)	C1, C2	lava, grind, (geen ijzer)

8.3.2 *Het Combi-rietveld*

Het Combi-rietveld ontleend zijn naam aan de combinatie van een verticaal - en horizontaal doorstroomd bekken. In het verticale bekken moet nitrificatie plaatsvinden. In de horizontale bekkens kan dan denitrificatie plaatsvinden. Het lavagesteente in het verticale bekken wordt bevoeid door middel van diverse waterfonteinjes, waardoor het afvalwater zuurstof kan opnemen. In de winter levert deze stand van de buizen bevroeringsgevaar op en daarom worden de bevoeiingsbuizen dan een halve slag gedraaid zodat de openingen naar onderen gericht zijn. De horizontale doorstroombekkens zijn gevuld met fijn grind en staan vol water tot ca. 5 cm onder de bovenkant van het grindpakket. Het hele systeem inclusief de recirculatie werkt op één pomp. De benodigde oppervlakte bedraagt circa 5 m² /i.e. Alle drie de compartimenten worden voorzien van verschillende soorten moeras/ rietplanten (helofyten) zoals mattenbies, gele iris en lisdodde, afgestemd op de specifieke zuiveringsstappen.

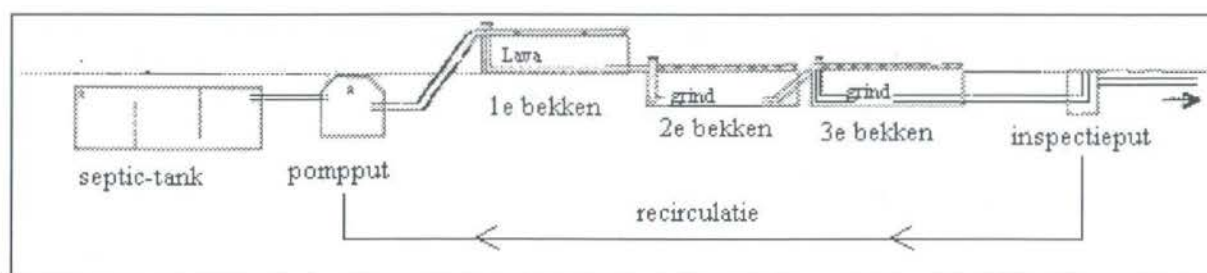
Recirculatie

De mate van recirculatie kan geregeld worden door middel van een kraan. De recirculatiebuis is zo geplaatst dat het water onder natuurlijk verval terugstroomt naar de pompput. De recirculatie heeft drie effecten:

- de denitrificatie wordt vergroot
- de pieken in het influent (vuilbelasting) worden afgevlakt waardoor de kans op verstoringen kleiner is
- de stroomsnelheid kan verhoogd worden wat in vorstperioden en bij langdurige afwezigheid zoals vakantie van belang is

Tijdens dit experiment werd het systeem bedreven met een “zomer- en winterstand” om de mate van recirculatie te regelen.

Figuur 3 *Doorsnede combi-rietveld (Mourits BioBouw b.v.)*



9. Onderzoeksresultaten

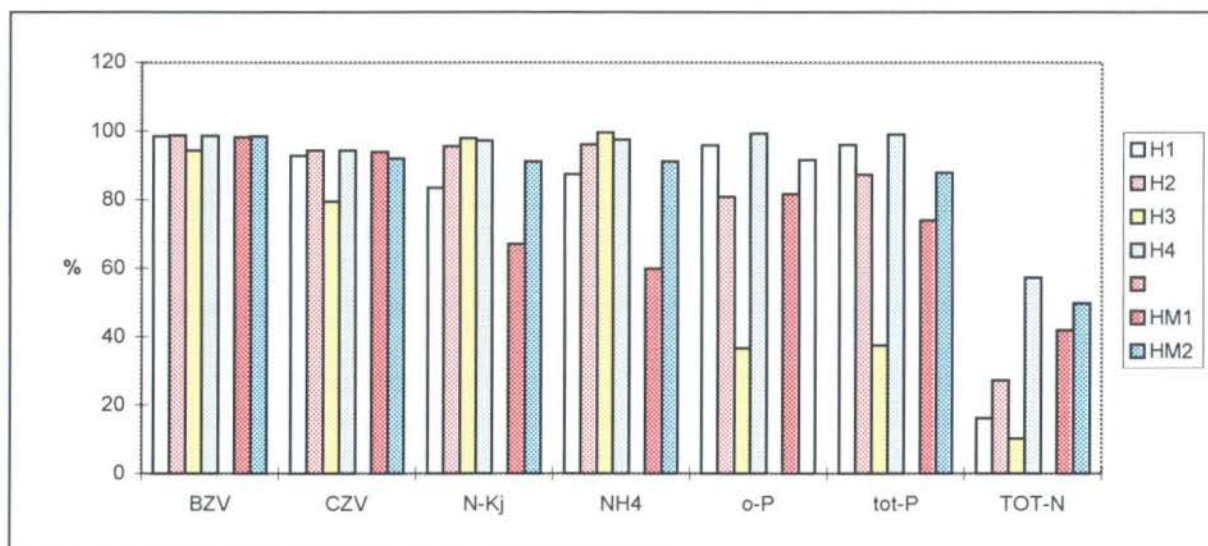
Er zijn in de periode tussen oktober 1995 en juli 1998 metingen verricht aan veertien helofyten -zandfilters en twee combi -rietvelden. De resultaten van de metingen en verder onderzoek worden gepresenteerd in drie delen:

1. helofyten-zandfilters voor huishoudelijk afvalwater
2. helofyten-zandfilters voor huishoudelijk afvalwater gecombineerd met melkspoelwater
3. combi -rietvelden

9.1 Resultaten helofyten -zandfilters

Om een globale indruk te geven van zuivering met behulp van de verticale helofyten-zandfilters zijn de gemiddelde zuiveringsrendementen in onderstaande figuur weergegeven.

Figuur 4 Zuiveringsrendementen van helofyten -zandfilters



Voor de verklaring van de afkortingen zie bijlage 3.

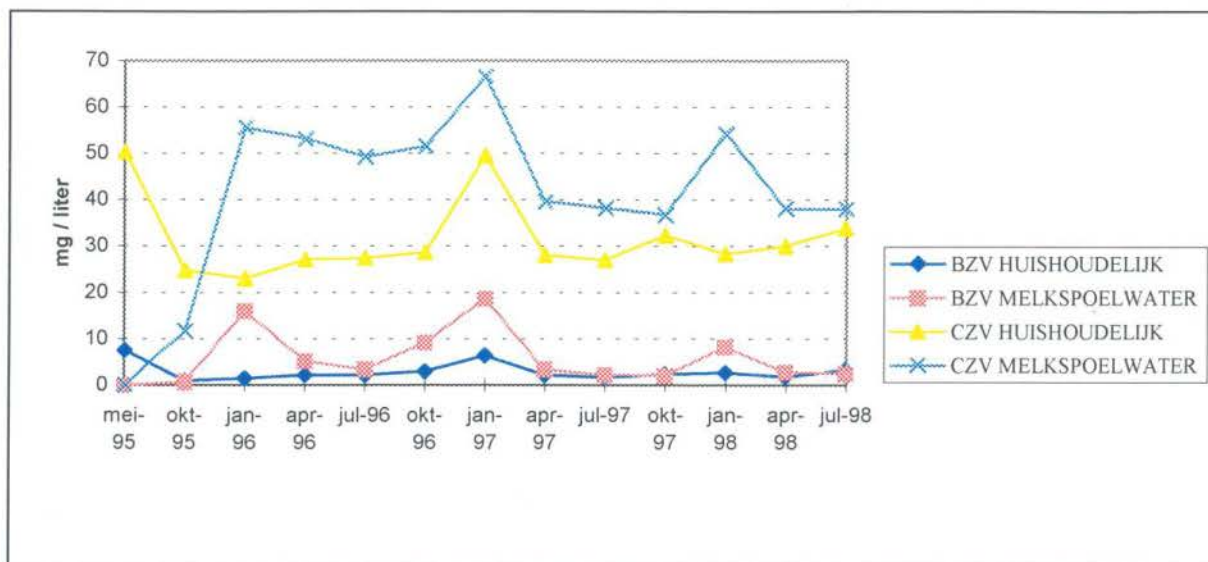
Men dient zich te realiseren dat bij het beoordelen van de analyses van de verticale systemen die onderzocht zijn puur onverdund afvalwater gezuiverd wordt, zonder recirculatie en bijmenging van grote hoeveelheden hemelwater, zoals dit het geval is bij RWZI's. Het betreft daarbij een 14-tal systemen en er kunnen dan ook conclusies getrokken worden omtrent biologische zuiveringsprocessen (BZV, CZV, NH₄, PO₄). Om evenwel inzicht te krijgen in de lozing van rest-afvalstoffen (geloosde grammen stikstof fosfaat etc.) in het milieu, is meting van hoeveelheden influent en effluent noodzakelijk. Er is duidelijk te zien dat een extreem hoge verwijdering van BZV/ CZV tot gevolg heeft dat het gevormde nitraat niet meer afgebroken kan worden, waardoor het rendement op het totaal-N bij ca. 40% blijft steken.

9.1.1 Biologisch Zuurstof Verbruik (BZV) en Chemisch Zuurstof Verbruik (CZV)

De zuurstof verbruikende afbraak en omzettingen blijkt zeer goed te verlopen. Verstoringen van dit proces treden alleen op bij verstoringen van het filter. Controle van het systeem door bepaling van b.v. CZV kunnen verstoringen van de zuivering opsporen.

In figuur 5 zijn de resultaten van zowel de BZV als de CZV emissie gedurende het experiment weergegeven. Er is onderscheid gemaakt tussen puur huishoudelijk afvalwater én huishoudelijk afvalwater + melkspoelwater.

Figuur 5 BZV en CZV in het effluent van helofyten -zandfilters



Wanneer het CZV gaat stijgen is dit een aanwijzing voor verstopping van het systeem (c.q. overbelasting).

Bij één helofyten -zandfilter is er in 1996/1997 sprake geweest van verstopping hetgeen direct in een stijging van het CZV te zien was. De overige helofyten -zandfilters laten een goede reductie zien van het CZV/BZV. In de winter is de microbiologische activiteit minder door de lagere temperaturen. Hierdoor kunnen de processen theoretisch iets minder goed verlopen. Ondanks de

strengere winters in '96 en '97 zijn de effecten hiervan in de in dit experiment geteste systemen niet terug te vinden in de analyses.

Bij de grafieken BZV en CZV is het getrimd gemiddelde (zonder hoogste en laagste waarde) gebruikt, dit is gedaan om het verstorende effect van één door bijvoorbeeld verstopping slecht werkend systeem te elimineren.

9.1.2 Stikstof

Voor stikstof zijn de twee belangrijkste processen in het filter de nitrificatie en de denitrificatie. Als deze processen beiden plaatsvinden wordt stikstof uit het afvalwater verwijderd.

In het ongezuiverde afvalwater is de belangrijkste vorm van stikstof het ammonium. Nitriet en nitraat komen slechts in hele lage concentraties voor.

Nitrificatie

Nitrificatie is een microbiologisch proces waarbij ammonium (NH_4) omgezet wordt in nitraat (NO_3). Tijdens deze omzetting wordt eerst nog het giftige nitriet (NO_2) gevormd. De hoeveelheid ammonium in het effluent geeft dus aan in hoeverre de nitrificatie heeft plaatsgevonden. Een hoog ammonium in het effluent betekent vrijwel altijd ook een verhoogd nitrietgehalte. Nitrificatie vindt bij een zandfilter ongeveer in de bovenste dertig tot veertig centimeter plaats [3]. De hydraulische belasting en de frequentie van bevoeiing zijn van belang voor het rendement van de nitrificatie en de denitrificatie.

Voorwaarden voor een goede nitrificatie:

- Microbiële activiteit (afhankelijk van temperatuur en aantal bacteriën)
- Goede zuurstofvoorziening
- Voldoende koolstofbronnen

In figuur 6 is de ammonium-fractie gedurende de projectperiode weergegeven van de helofyten-zandfilters.

Figuur 6 *Gemiddelde ammoniumgehalten in het effluent van helofyten-zandfilters*

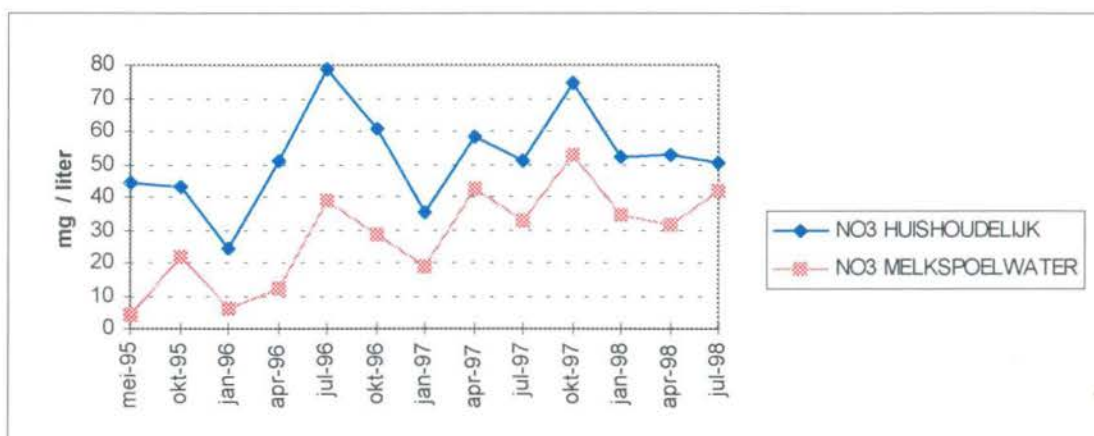


In de loop van het experiment blijken de ammoniumgehalten lager te worden dat wil zeggen dat de nitrificatie in de helofyten-zandfilters gedurende het experiment steeds beter is gaan verlopen.

In figuur 4, waarin de zuiveringsrendementen van o.a. ammonium is weergegeven, kunnen we zien dat ammonium voor 80 - 95 % is omgezet. Een laag ammoniumgehalte betekent een goede nitrificatie. In helofyten -zandfilters verloopt de omzetting van ammonium na een periode van ongeveer twee jaar nagenoeg volledig. De volgroeide rietwortels beginnen dan, naast de wijze van bevoeien, ook een positief effect te krijgen op de zuurstofvoorziening.

In figuur 7 zijn de gemiddelde nitraatgehalten in het effluent van helofyten -zandfilters weergegeven.

Figuur 7 Nitraatgehalten in effluent van helofyten -zandfilters



Denitrificatie

Denitrificatie is de omzetting van nitraat in stikstof gas (N_2) en lachgas (N_2O). Concentraties van N-totaal in het effluent geven aan of denitrificatie heeft plaatsgevonden als bekend is dat nitrificatie heeft plaatsgevonden.

Voorwaarden voor een goede denitrificatie zijn:

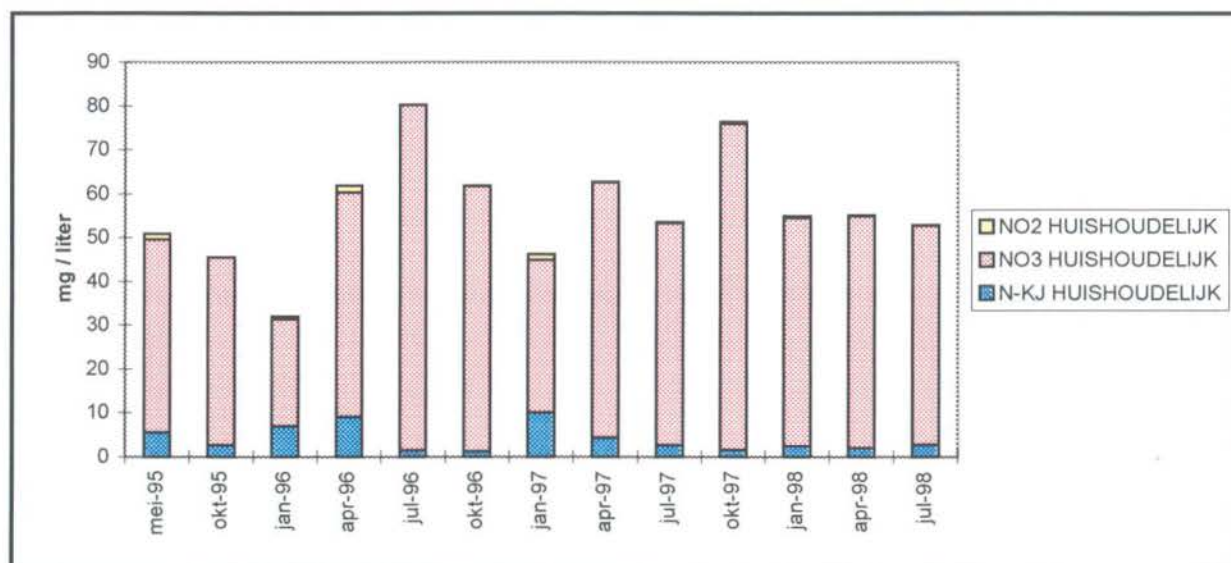
- Voldoende organische stof of Pyriet (FeS_2)
- Zuurstof armoede
- Geschikte temperatuur en pH

N-Totaal

Het N-totaal bij de helofyten -zandfilters wordt voor het belangrijkste deel bepaald door de nitraatfractie. De filters hebben de eerste jaren na ingebruikname nog een te gering denitrificerend vermogen om de nitraatfractie te verwijderen. Mogelijke verklaringen voor de matige denitrificatie bij de verticale helofyten -zandfilters:

- IJzerconcentraties zijn te hoog waardoor de redox-potentiaal groter is dan die van nitraat waardoor ijzer eerder gereduceerd wordt (en mogelijk uitspoelt)
- Te weinig organische stof over na de nitrificatie
- Het zijn zuurstofrijke filters, welke ook in aanleg als zodanig gepland zijn.
- Het betreft hier nog relatieve jonge oxidatie- bedden, waar anaërobe milieus nog te weinig ontwikkeld zijn.

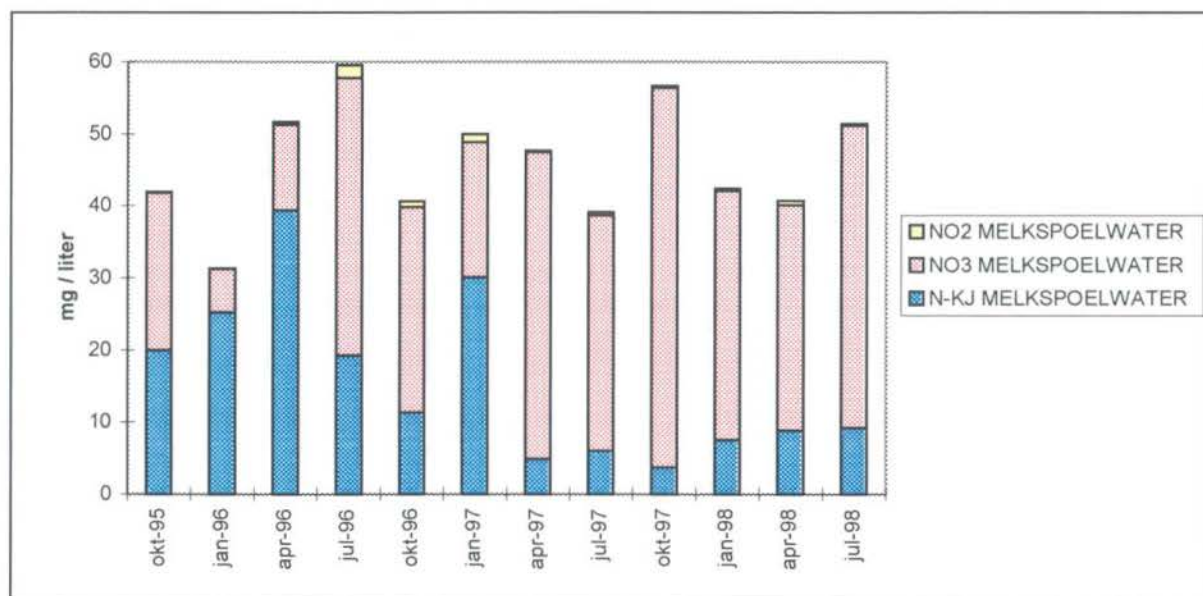
Figuur 8 Gemiddelde concentratie N-totaal effluent helofyten -zandfilters voor huishoudelijk afvalwater



Uit de bovenstaande grafiek blijkt nogmaals dat de nitrificatie in de helofyten-zandfilters goed verloopt: het grootste deel van het N-totaal bestaat uit nitraat. Echter in het anaërobe deel van het systeem ontbreken nog de juiste omstandigheden om nitraat goed af te breken.

Onderstaande figuur laat de relatie zien tussen de diverse vormen van stikstof die aanwezig zijn in het gezuiverde water van helofyten -zandfilters voor huishoudelijk afvalwater + melkspoelwater.

Figuur 9 Gemiddelde N-totaal in mg per liter in het effluent van helofyten -zandfilters voor huishoudelijk afvalwater + melkspoelwater

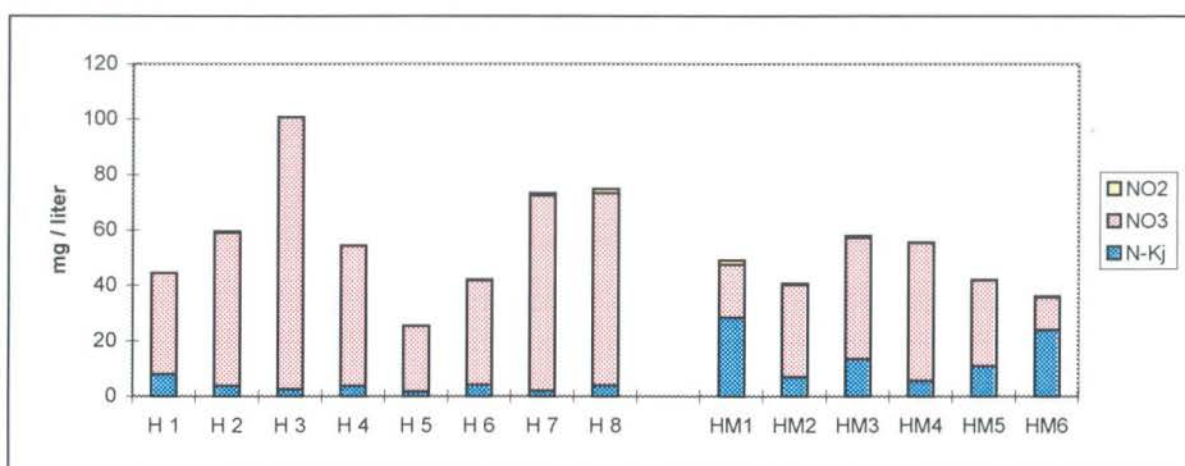


Opmerkelijk is dat het Kjehtdal -N aandeel, dat voor het grootste deel uit ammonium bestaat, in het effluent van de filters op melkveebedrijven met name in het eerste jaar van het experiment beduidend groter is dan dat van de filters met uitsluitend huishoudelijk afvalwater. Zie ook figuur 10.

Dit duidt op iets meer anaërobe omstandigheden in het systeem. Dit kan veroorzaakt zijn door een iets grotere belasting van het systeem en de verstopping van twee van de zes systemen in een deel van het eerste jaar.

In figuur 10 is de totaal-N fractie weergegeven per filtersysteem.

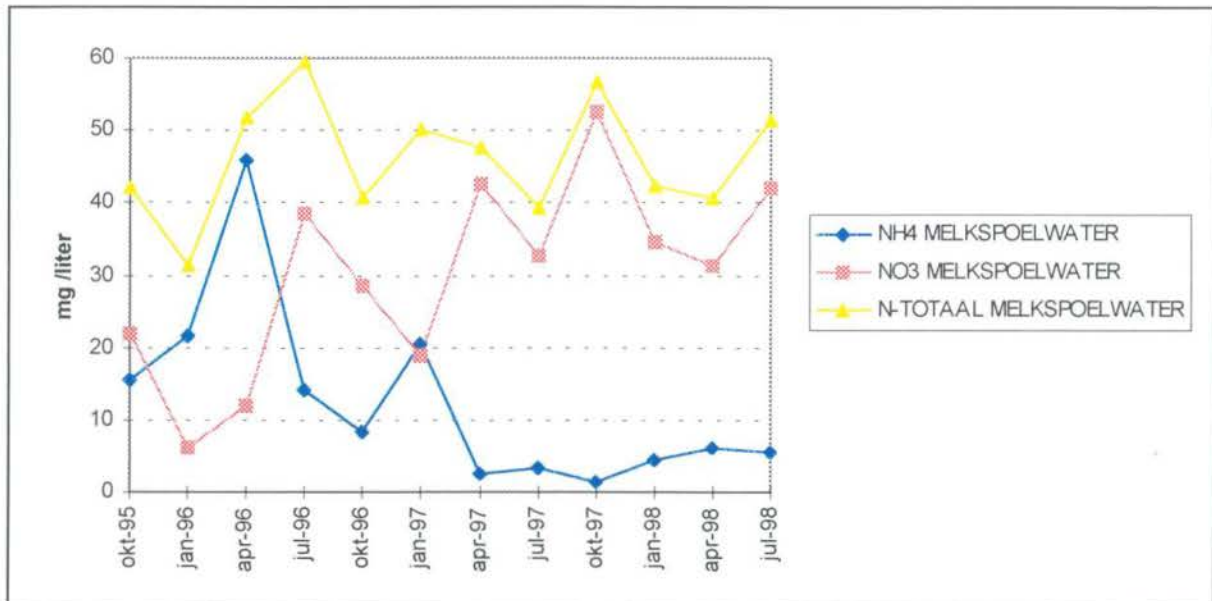
Figuur 10 Gemiddelde concentratie N-totaal effluent helofyten -zandfilters per systeem



Bij het systeem H1 is een grote voormalige mestkelder als voorzuivering in gebruik. De lange verblijfstijd van het influent in de mestkelder is er de oorzaak van dat het BZV reeds laag is vóór het afvalwater in het filter komt. Voor een goede denitrificatie is aanwezigheid van voldoende BZV een voorwaarde. Op het systeem H5 groeit vrijwel geen riet. Ook is dit filter het laagst belaste filter uit het onderzoek. De reden hiervan is dat het filter gedimensioneerd is op een onregelmatige belasting van 1 m³ afvalwater afkomstig van een hobbymatige palingkwekerij. Wat hier opvalt is dat N-totaal vrij laag is vergeleken bij de overige helofyten -zandfilters. Alleen een meting van influent kan omtrent mogelijke oorzaken uitsluiten geven. Ook kan het veel grotere oppervlak en/of de langere verblijfstijd voor een betere denitrificatie zorgen. Opvallend is het gemiddeld lagere N-totaal bij de filters die met huishoudelijk afvalwater + melkspoelwater bevoeid zijn. Het gemiddelde N -totaal in het effluent bij huishoudelijk afvalwater is 56 milligram per liter. In het effluent bij huishoudelijk afvalwater + melkspoelwater is het N-totaal 46 milligram per liter. Er vindt hier een betere denitrificatie plaats.

In figuur 11 is de relatie tussen ammonium, nitraat en totaal-N weergegeven van de filters bij de melkveebedrijven.

figuur 11 De relatie tussen ammonium, nitraat en totaal-N bij bevoeiing met huishoudelijk afvalwater + melkspoelwater

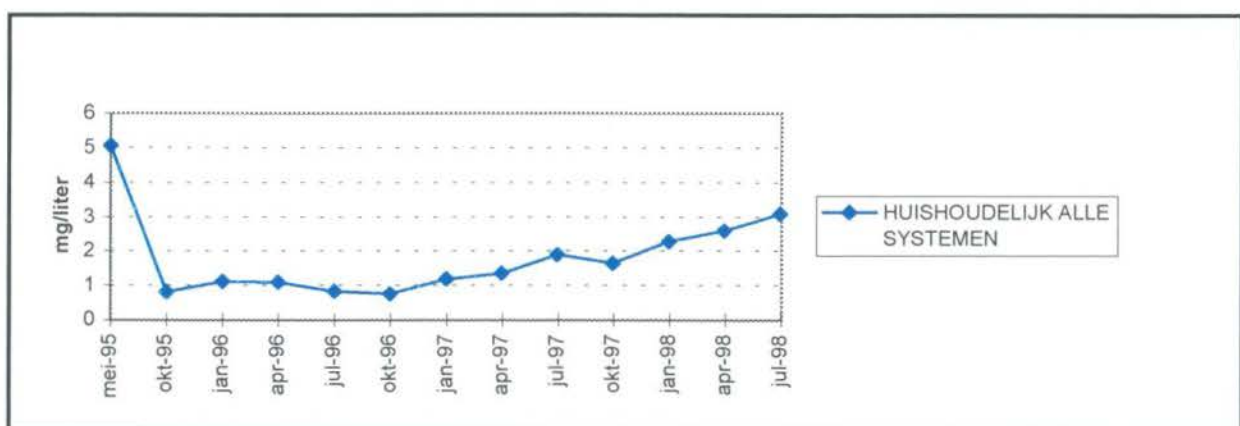


Opvallend is dat in de koude winters van '96 en '97 de totaal stikstof in het effluent van de filters lager was bij een tegelijkertijd hoger ammonium- en lager nitraatgehalte. Bij een wat slechtere nitrificatie blijkt de totaal N lager te zijn.

9.1.3 Fosfaat

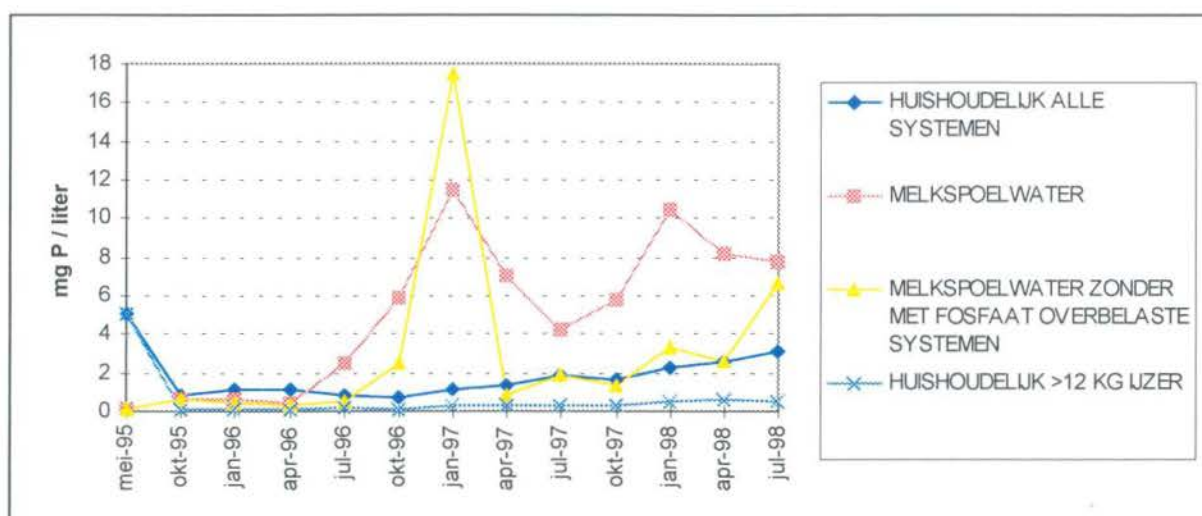
De hoeveelheid fosfor wordt aangeduid met P-totaal. Dit bestaat uit organisch en anorganisch fosfor. Organisch fosfor kan door micro-organismen omgezet worden in anorganisch fosfaat. In het effluent bleek P-totaal voornamelijk uit orthofosfaat te bestaan.

Figuur 12 Gemiddelde concentratie P-totaal effluent



De concentratie van P-totaal bevindt zich op een laag niveau (ca. 1 à 2 mg per liter). Gemiddeld geeft de weergegeven grafiek een lichte stijging te zien. Of deze stijging doorzet, zal in de komende jaren door steekproefsgewijze bemonstering moeten blijken. Er blijken duidelijke verschillen te bestaan in de fosfaatgehalten in het effluent bij verschillende soorten afvalwater.

Figuur 13 *P-totaal bij verschillende soorten afvalwater*



In de bovenstaande figuur is een scheiding gemaakt tussen filters met de diverse zandsoorten. Bij 6 van de 14 helofyten-zandfilters filters zien we een lichte stijging van het fosfaat in het effluent. Mogelijk is dit een stabilisering van de systemen na een extreem hoge vastlegging of het is een gedeeltelijke uitspoeling van eerder vastgelegd fosfaat.

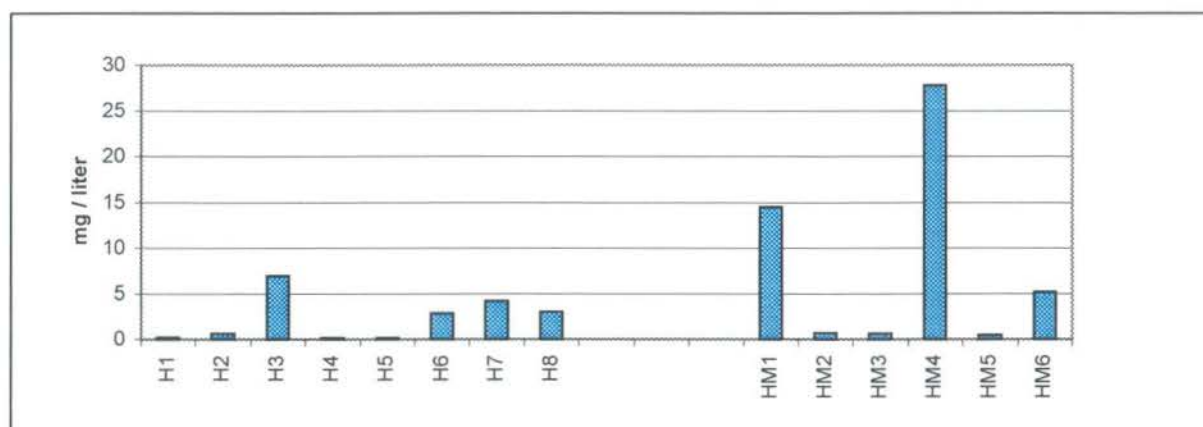
Een verklaring voor een mogelijk afnemende binding van fosfaat kan zijn:

- Het aanwezige ijzer is niet in zijn geheel beschikbaar voor de fosfaatbinding. In de literatuur wordt onder andere de volgende benadering gebruikt voor de fosfaatbinding: het fosfaatbindend vermogen komt overeen met 0,4 deel van de met ammoniumoxalaat extraheerbaar ijzer en aluminium [1]
- Het met water verzadigde gedeelte verlaagt de adsorptiecapaciteit. IJzer(III) wordt hier gereduceerd tot ijzer(II) wat hierdoor kan uitspoelen. Ook worden ijzersulfiden gevormd die de fosfaten veel minder goed binden. De adsorptiecapaciteit in de verzadigde zone is dan slechts 5-10%[2]. Het intermitterend bevoelen van de helofyten -zandfilters zorgt voor afwisseling van anaërobe en aërobe omstandigheden waardoor er tijdelijk een verzadigde zone ontstaat. Hierdoor neemt de adsorptiecapaciteit naar verwachting af als bij het vorige punt
- Het ontstaan van preferente stroombanen waardoor minder contact ontstaat tussen afvalwater en ijzerhoudend zand.
- Een te hoge zuurgraad (pH). Hierdoor is ijzer niet in voldoende mate in een geschikte vorm aanwezig om het fosfaat te adsorberen
- Stabilisering van het proces na een periode van extreme binding
- Uitspoeling na een periode van vastlegging

Hoe lang fosfaat met behulp van ijzerhoudend zand gebonden kan worden is op basis van de gegevens en bovengenoemde factoren moeilijk vast te stellen. Hiervoor zou eigenlijk over een veel langere periode metingen moeten plaatsvinden. Voorlopige berekeningen op basis van hoeveelheden ijzer en extrapolatie van gegevens geven een indicatie dat fosfaatbinding vijf tot tien jaar mogelijk is. Dit zal echter met behulp van metingen bepaald moeten worden zolang de theoretische inzichten niet voldoende zijn.

In figuur 14 zijn de gemiddelde fosfaatemissies in de onderzoeksperiode weergegeven.

Figuur 14 Gemiddelde fosfaatemissies per filtersysteem in mg per liter



Zoals uit deze figuur blijkt is de concentraties van P-totaal bij sommige helofyten -zandfilters in het effluent structureel hoger dan bij andere. Bij twee systemen wordt dit veroorzaakt door spoelwater van de melkinstallatie. Dit bevat soms veel fosfaat uit het gebruikte zure reinigingsmiddel waarin fosforzuur verwerkt is. Bij één systeem is de voorzuivering zo groot dat er een aantal stoffen in het afvalwater ontbreken die essentieel zijn voor het vrijmaken van het fosfaat in het afvalwater en bij drie systemen is de ijzerconcentratie blijkbaar te laag om een goede fosfaatbinding te kunnen krijgen. Hoewel bij HM1 en HM4 tijdelijk is overgegaan naar een fosfaatarm reinigingsmiddel, is dit in het effluent bijna niet terug te vinden. Dit komt waarschijnlijk door de grote hoeveelheden fosfaat die zich in de voorzuivering en het zandbed hebben opgebouwd. De afwijkingen van H3, H6 en H8 zijn veroorzaakt door een andere kwaliteit van het filterzand.

9.1.4 *E. coli*

Wanneer het gezuiverde water wordt hergebruikt geven het aantal *E. coli* bacteriën een indicatie of het gezuiverde water geschikt kan zijn. In bijlage 5 wordt ingegaan op de mogelijkheden voor hergebruik. Voor *E. coli*(44°) geldt dat het aantal bepalingen te klein is om een wezenlijk oordeel van de kwaliteit te geven. Ter indicatie: de normen voor drinkwater voor vee worden vrijwel nooit overschreden

Tabel 4 Waarden *E. coli* in het effluent

aantal metingen	<i>E. coli</i> (44°) MPN/ml
29	0,2-17
3	>40

Omdat de gehalten *E. coli* alleen in oktober bepaald zijn met een gemiddeld lagere temperatuur dan in de zomer is dit geen goed beeld voor het hele jaar. Wel kan er voorzichtig gesteld worden dat de gehalten over het algemeen laag zijn: Van de 32 metingen zijn er 29 die voldoen aan de AMK-norm voor oppervlaktewater. Dit betekent dat het effluent uit helofytenfilters over het algemeen (90%) bacteriologisch schoon is. Er kan echter een filter tussen zitten waar dit niet het geval is (10%).

Voor oppervlaktewater wordt in de AMK (algemene milieukwaliteit) een waarde van 20 MPN/ml aangegeven.

9.1.5 pH

Over het algemeen is bij de helofyten -zandfilters het influent neutraal tot licht basisch. Het effluent is neutraal tot licht zuur. Dit betekent dat als gevolg van afbraak de pH van het water verandert. De voornaamste reden hiervoor is dat bij nitrificatie H^+ -ionen vrijkomen die bodemverzuring tot gevolg kunnen hebben. Als het nitraat dat hierbij vrijkomt opgenomen wordt door planten worden echter ook weer H^+ -ionen opgenomen. In het helofytenfilter zijn de hoeveelheden nitraat veel groter dan het riet kan opnemen waardoor er dus bodemverzuring kan optreden. Daarnaast kan het CO_2 dat vrijkomt bij de afbraak van organische stof zorgen voor verzuring. Dit geeft een indicatie dat de zuurstoftoevoer niet voldoende is bij filters waar het effluent licht zuur is. Omdat de bodem ook nog een buffercapaciteit heeft tegen verzuring zullen eerst nog een aantal andere mechanismen optreden die van belang zijn voor de werking van het helofyten -zandfilter. Eerst zal kalk voor zover dit in de bodem aanwezig is in oplossing gaan zodat de zuurgraad in eerste instantie gelijk blijft. Aangezien er in de bodem waarschijnlijk weinig tot geen kalk aanwezig is zullen stoffen in het afvalwater of andere mechanismen een rol spelen. Een volgend mechanisme is de silicaatverwerking en uitwisseling van kationen. Deze capaciteit is bij bodems afhankelijk van de hoeveelheid en zal bij zand en grindfilters waarschijnlijk vrij beperkt zijn. Vervolgens kan aluminiumhydroxide in oplossing gaan om als buffer te dienen. Deze stof is waarschijnlijk ook bijna niet aanwezig.

9.1.6 Zware metalen

In het onderzoek zijn alleen de zware metalen in het effluent gemeten. Over het algemeen zullen zware metalen uitspoelen of worden opgenomen door het riet. Ook kunnen ze in het slib in de septictank of aan organisch materiaal gebonden worden.

Tabel 5 *Gemiddelde concentraties zware metalen (in microgrammen per liter) in huishoudelijk afvalwater op basis van literatuurgegevens [7] en gemeten concentraties.*

Metaal	DeWaal, Malefijt	STORA	VROM	Gemeten huishoudelijk [$\mu g/l$]	Gemeten huish + melksp. [$\mu g/l$]
Arseen (As)				6,8	27,8
Cadmium (Cd)	1	1,1	<0,5	0,3	0,4
Chroom (Cr)	1,7	4,5	<10	1,7	9,3
Koper (Cu)	183	147	<150	24,2	30,4
Kwik (Hg)				0,03	0,04
Nikkel (Ni)	4,4	11	1-100	13,9	30,4
Lood (Pb)	30	20	<50	5,3	7,2
Zink (Zn)	244	183	<250	18,1	47,2

Zoals uit bovenstaande tabel blijkt is er heel moeilijk aan te geven hoeveel zware metalen er door het zuiveringssysteem (septictank en helofytenfilter) verwijderd worden. Het grootste gedeelte zal waarschijnlijk in het slib in de septictank achterblijven. Ophoping van detergents, microverontreinigingen en vastleggen van zware metalen in het filter zal in het begin nauwelijks aan de orde zijn omdat deze gemakkelijk kunnen uitspoelen. Na verloop van tijd zal er humusvorming gaan plaatsvinden waardoor een gedeelte van deze stoffen in het filter kan worden vastgehouden. Bij een aantal bedrijven is de concentratie van verschillende metalen incidenteel (veel) hoger, dit is waarschijnlijk te wijten aan de gebruikte reinigingsmiddelen.

Er blijkt een duidelijke correlatie te bestaan tussen uitspoeling van arseen en fosfaat. Dit is af te lezen uit tabel 6.

Tabel 6 *Correlatie concentratie P-totaal en arseen*

Filter	Meting	Arseen [$\mu\text{g/l}$]	P-totaal effluent [mg/l]
H7	Okt 96	<0,5	0,09
	Okt 97	6,3	1,2
	Jan 98	24	3,9
H2	Okt 96	1,5	0,2
	Okt97	3,9	0,86
	Jan98	5,4	1,6
Correlatie			0,98

Waarden die in dit onderzoek zijn gevonden liggen tussen kleiner dan 0,5 tot 85 microgram arseen per liter. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat er in het ijzerhoudend zand ook arseen aanwezig is. Ook worden vaak in de praktijk grote hoeveelheden arseen in oerzandbanken gevonden [1] waardoor toepassing van dit zand niet altijd mogelijk is.

Bij de melkveebedrijven liggen waarden voor zware metalen gemiddeld hoger. Dit is mogelijk te wijten aan de reinigingsmiddelen die gebruikt worden.

Ook is de kwaliteit van het leidingwater (met name koper en zinkgehalten) van belang bij deze beoordeling, echter gezien het feit dat binnen het project geen metingen aan het leidingwater zijn gedaan, kan hier niet verder op ingegaan worden.

9.1.7 *Temperatuur*

De temperatuur van het influent kan tijdens koude periode zakken tot 5°. In warme perioden kan het water een temperatuur van ongeveer 18° graden bereiken. De gemiddelde temperatuur is ongeveer 13°. [4,b]

Deze temperatuur bepaalt voor een groot gedeelte de bodemtemperatuur en dus ook de biologische activiteit in het filter. Het verschil tussen influent en effluent is ongeveer drie graden. De temperatuur van het water, temperatuur van de lucht en wind zijn de belangrijkste invloeden op de temperatuur van het filter. De temperatuur blijkt invloed op de nitrificatie en denitrificatie te hebben (figuur 11, blz 29). Daarna is de verwijdering van BZV gevoelig voor de temperatuur (figuur 5, blz 25). De invloed op de concentraties CZV bleek slechts in de hele koude perioden (zoals jan '97) enige invloed te hebben. Er bleek ook nog enige invloed op de P-totaal verwijdering te zijn. Seizoensinvloeden waarbij uitspoeling of vastlegging van bepaalde stoffen plaats vindt lijken op helofytenfilters niet van toepassing te zijn.

9.1.8 *Sulfaat en chloride*

De gehalten van sulfaat en chloride zijn gemiddeld iets hoger in het effluent dan in het influent. Een mogelijke verklaring voor de verhoogde sulfaatfractie is: eiwitten die zwavel bevatten worden afgebroken waarbij sulfaat vrij komt, zure regen en reductie door S[I] van Pyriet.

9.1.9 *Invloed van neerslag*

De regenhoeveelheid is gemeten tijdens diverse regenperiodes, en het effluentgehalte aan CZV, ammonium en nitraat eenmaal tijdens, en drie dagen na de regenval. Bij de berekende verdunning met 32 mm water per m2 (er vanuitgaande dat regenwater H₂O is) op ca. 120 mm

afvalwater (in drie dagen) waren de gemeten waarden niet wezenlijk afwijkend van de berekende waarden.

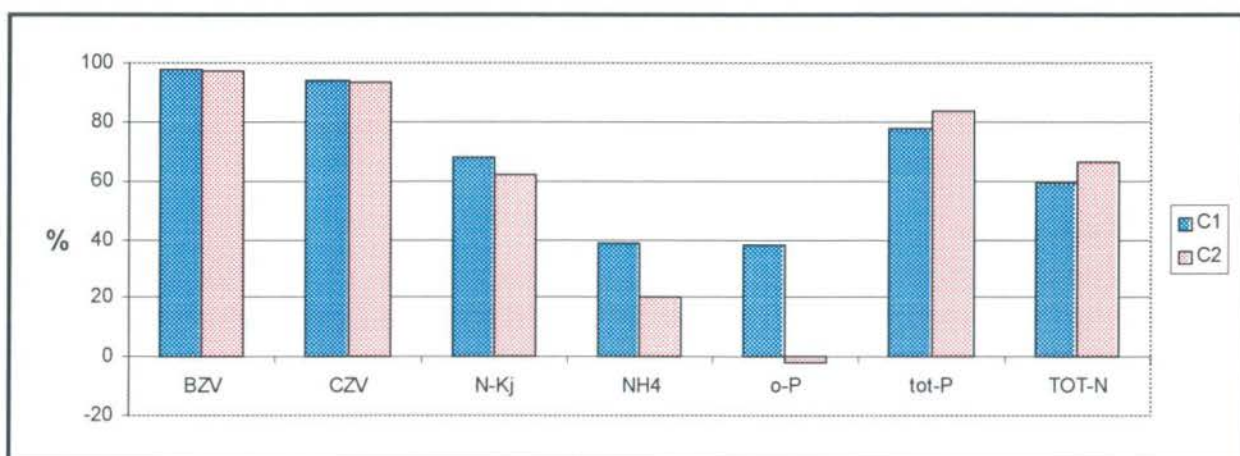
9.2 Resultaten combi-rietveld

Veel processen in het combi-rietveld zijn vergelijkbaar met die in het helofyten -zandfilter. In dit hoofdstuk worden dan ook voornamelijk de afwijkende resultaten behandeld.

Het ammoniumgehalte ligt vergeleken met de helofyten -zandfilters met huishoudelijk afvalwater hoger en het nitraatgehalte ligt lager. Wat de feitelijke oorzaak hiervan is, is niet geheel duidelijk. De belangrijkste verschillen zijn: de combi-filters hebben in verhouding een kleinere zuurstofrijke zone en een grotere zuurstofarme zone. Over het algemeen zien we bij de combi-rietvelden in de loop van de tijd, net als bij de helofyten -zandfilters een lichte stijging van de rendementen.

De rendementen van de combi -rietvelden zijn de gemeten waarden (verschil tussen influent en effluent). Echter dit zijn niet de werkelijke rendementen van de zuivering van huishoudelijk afvalwater. Het gemeten influent is namelijk huishoudelijk afvalwater verdund met recirculant.

Figuur 15 Rendementen combifilters



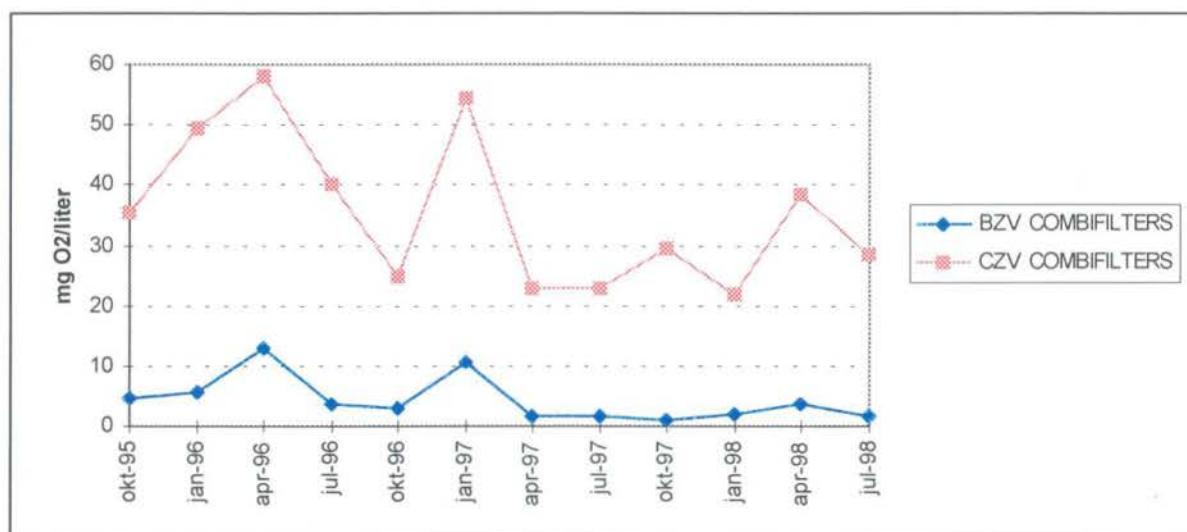
In bovenstaande figuur zien we globaal hetzelfde beeld als bij de helofyten -zandfilters. Als de extremen worden weggelaten is er een lichte algemene stijging te zien van de rendementen. Dit is overigens kenmerkend voor alle biologische systemen.

9.2.1 Biologisch Zuurstof Verbruik (BZV) en Chemisch Zuurstof Verbruik (CZV)

Zuurstof verbruikende processen blijken ook hier goed te verlopen. Daar het eerste relatief kleine compartiment met lava brokken gevuld is, is er aan de ene kant geen gevaar voor verstopping, aan de andere kant is recirculatie noodzakelijk om voldoende contacttijd te realiseren van het afvalwater met bacteriën en zuurstof.

In figuur 16 zijn de BZV en CZV emissies van de combi -rietvelden weergegeven.

Figuur 16 BZV en CZV emissie in het effluent van combi -rietvelden

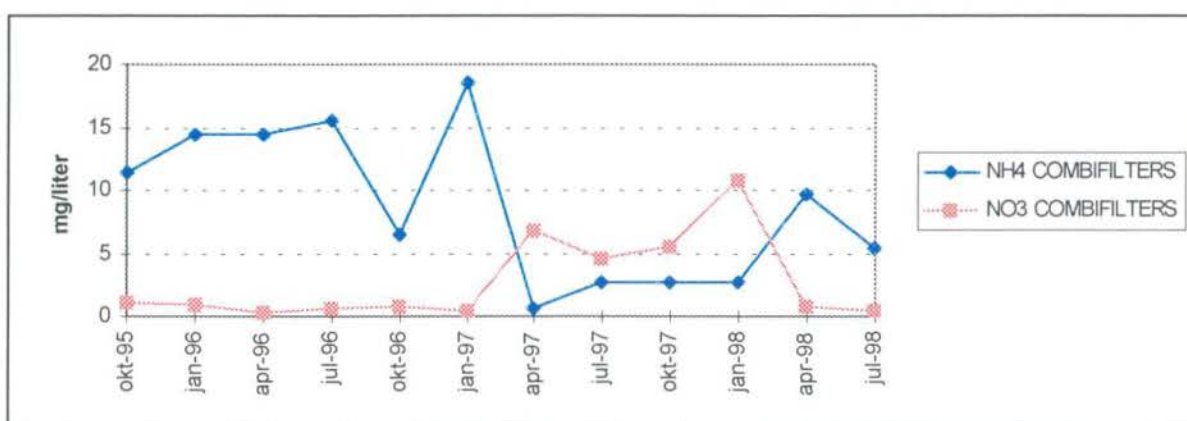


Het lage rendement in januari 1997 is veroorzaakt door bevrozing van één van de filters. De gemiddelde BZV en CZV emissies uit de combi -rietvelden zijn zeer gering.

9.2.2 Stikstof

Wanneer we naar het effluent kijken, kunnen we concluderen dat er een goede verwijdering van stikstof plaats vindt. Het rendement N-totaal is gemiddeld hoger dan 60%.

Figuur 17 Ammonium- en nitraatgehalten in het effluent van combi -rietvelden



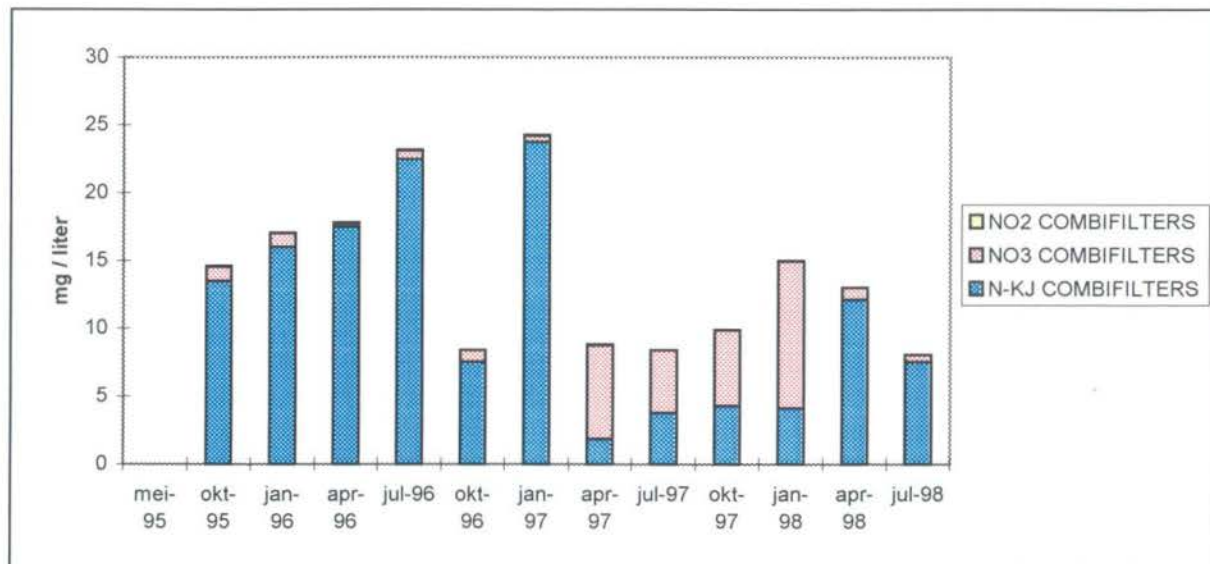
Nitrificatie en denitrificatie

Ammonium wordt door nitrificatie omgezet in nitraat. In de combi -rietvelden blijkt de nitrificatie niet volledig te verlopen, hoewel deze in de loop van de onderzoeksperiode wel verbeterd is. Het nitraatgehalte is als gevolg van de nitrificatie in '97 en '98 toegenomen. De nitrificatie is waarschijnlijk verbeterd door het beter functioneren van het verticale eerste compartiment van het zuiveringssysteem. Pas na de nitrificatie kan denitrificatie optreden. Hierdoor kan het totaal- N gehalte in het effluent dalen. De denitrificatie in het combi -rietveld vindt plaats in de zuurstof-arme delen van het systeem. Dit zijn de twee horizontale grind -waterbekkens én de influent-put waarnaar het recirculatie water teruggevoerd wordt.

N-Totaal

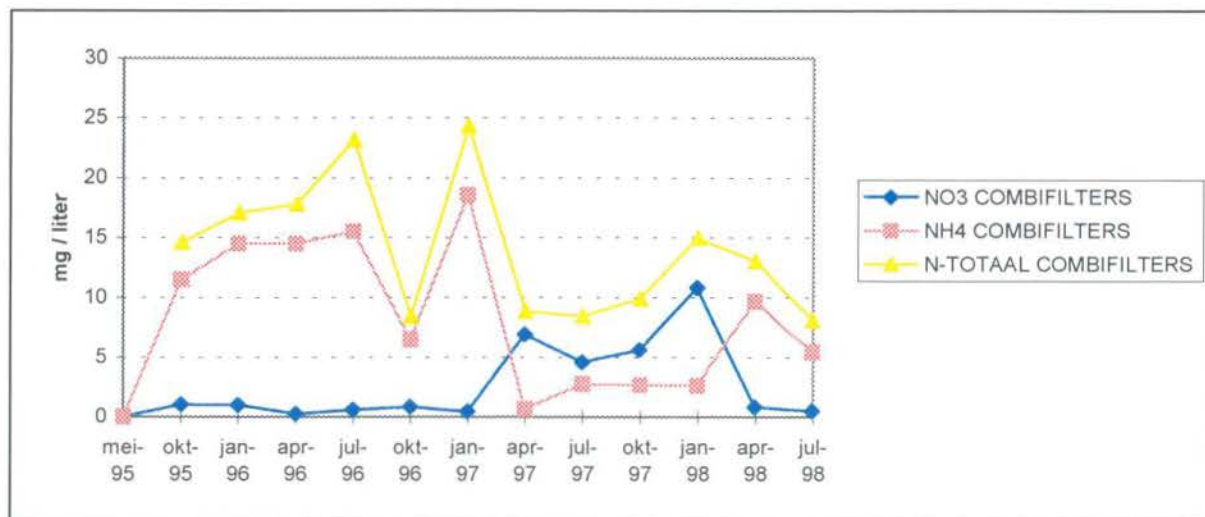
In figuur 18 is het totaal- N gehalte in het effluent van de combi-rietvelden weergegeven.

Figuur 18 Totaal N gehalte in het effluent van combi-rietvelden



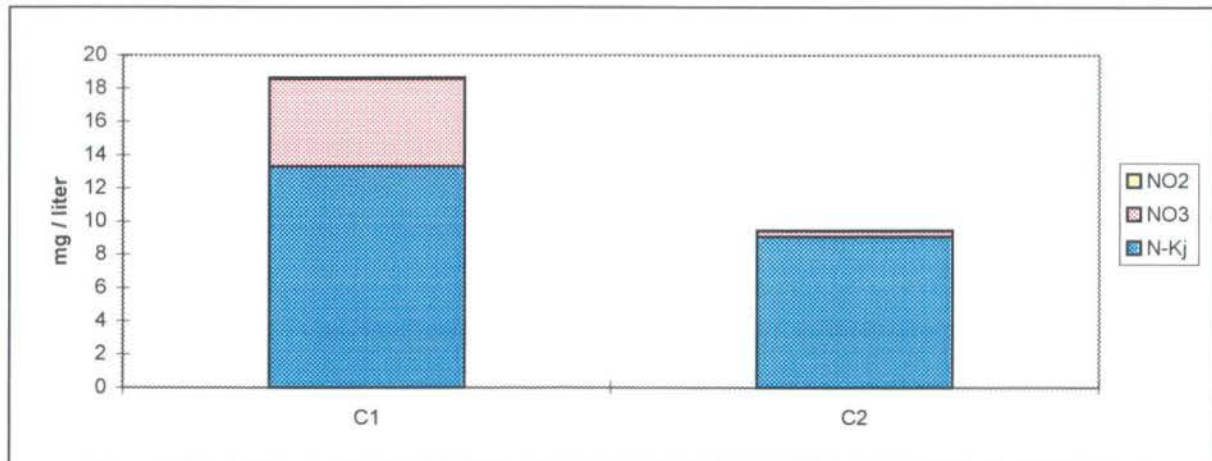
Het totaal N gehalte in het effluent van de twee onderzochte Combi-rietvelden is ca. 14 milligram / liter. Hiervan is een opmerkelijk groot deel Kjeldahl stikstof (voornamelijk ammonium).

Figuur 19 De relatie tussen ammonium, nitraat en totaal-N bij Combi-rietvelden



Het N-totaal bij het combi-rietveld wordt voor in het begin van de onderzoeksperiode voor een belangrijk deel bepaald door het ammoniumgehalte. In '97 en '98 is de nitraatfractie meer bepalend voor het totaal-N gehalte.

Figuur 20: Gemiddelde concentratie N-totaal effluent Combi -rietveld per systeem



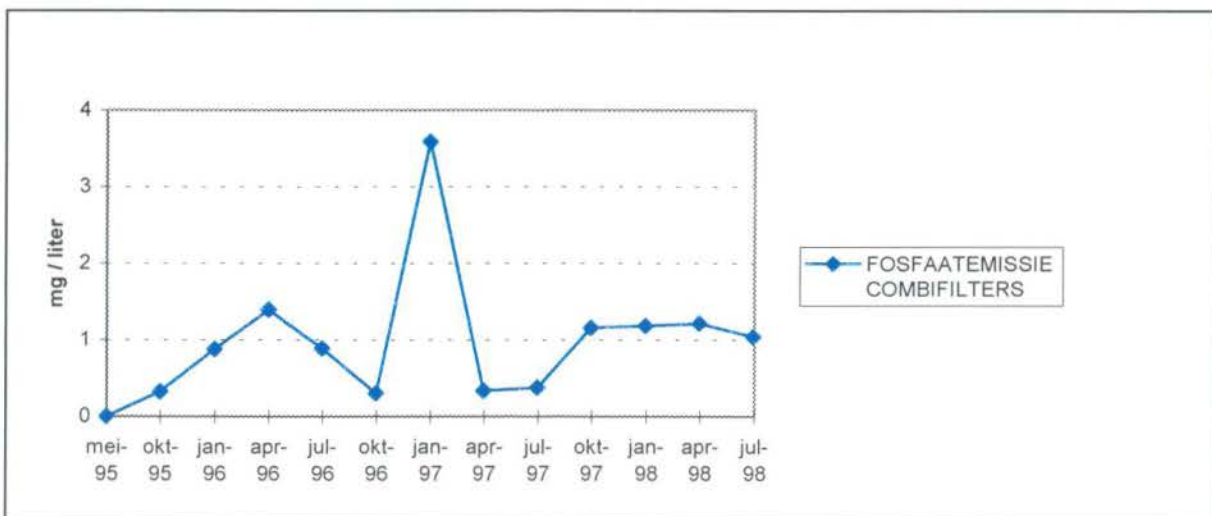
Het totaal- N niveau bij de Combi-rietvelden is laag.

9.2.3 Fosfaat

Hoewel er bij het combi-rietveld geen ijzer toegevoegd is blijkt het fosfaat toch gebonden te worden in het systeem. De reductie van fosfaat bedraagt gemiddeld 86%.

In figuur 21 is de P-emissie uit de combifilters weergegeven.

Figuur 21 P-emissie in het effluent van combi -rietvelden



Hoewel het riet een kleine hoeveelheid fosfaat zal opnemen, zal het grootste gedeelte toch op een andere manier uit het water verwijderd worden. Een mogelijkheid is dat het fosfaat wordt opgenomen door biomassa of slib dat zich in de filters bevindt. Daarnaast heeft het lavageesteente mogelijk invloed op de binding van fosfaat.

Afwijkend van de helofyten -zandfilters is het aandeel ortho-fosfaat in het totaal-fosfaat. Daar waar bij de helofyten -zandfilters het totaal fosfaat bijna volledig uit ortho-fosfaat bestaat, ligt de verhouding bij de combi -rietvelden heel anders. De oorzaak hiervan is niet duidelijk.

9.2.4 *E. coli*

Bacteriologisch voldoen ook de twee geteste combi-rietvelden aan de AMK-norm voor oppervlaktewater

9.2.5 *Zuurgraad (pH)*

Bij het combi-rietveld is het zowel het influent, als het effluent ongeveer pH-neutraal. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat door de recirculatie het neutrale tot basische influent neutraal wordt. Verder worden de H^+ -ionen die bij nitrificatie vrijkomen bij denitrificatie weer weggevangen.

9.3 Beoordeling resultaten BZV/CZV, stikstof, fosfaat en bacteriologie

9.3.1 *Het helofyten -zandfilter voor huishoudelijk afvalwater*

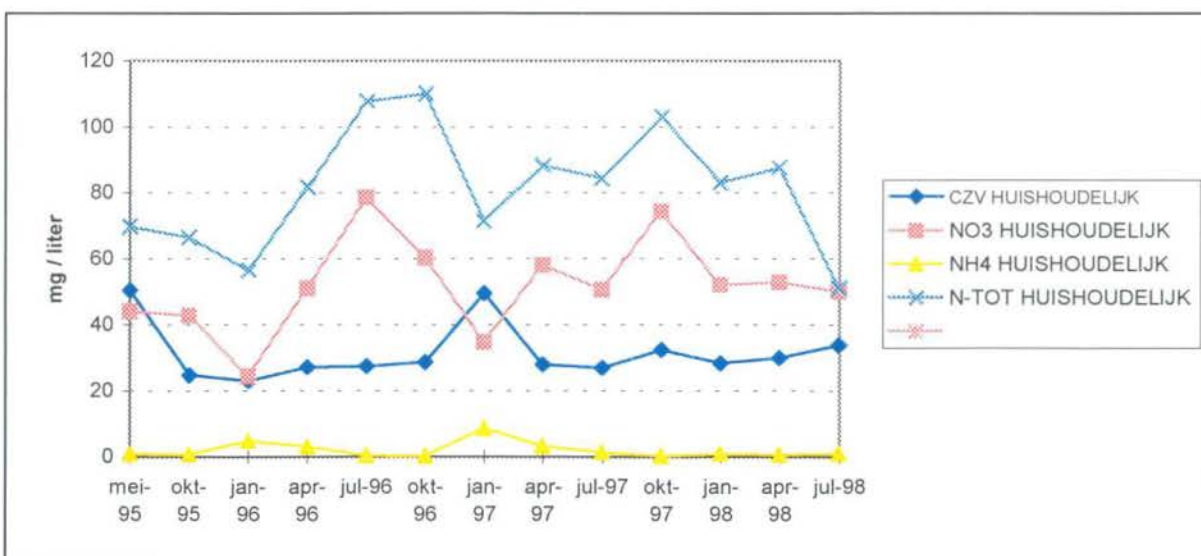
Bij de helofyten -zandfilters is de verwijdering van BZV, CZV en ammonium bijna volledig. Afbraakprocessen met behulp van zuurstof verlopen zoals vanuit literatuur gegevens aangegeven werd. Met name in de aanloopperiode werd een tijdelijke stijging gezien van het ammonium in het effluent tengevolge van een tijdelijk slechtere doorlaatbaarheid van de zandbodem door verdichting. Nadat de rietplanten zich in het eerste en tweede jaar hebben ontwikkeld is de doorlaatbaarheid sterk verbeterd.

De systemen hebben in de eerste jaren na ingebruikneming nog een te gering denitrificerend vermogen om de nitraatfractie te verwijderen omdat er nog onvoldoende anaërobe zones met voldoende organisch materiaal aanwezig zijn. Dit organisch materiaal zal in de toekomst afkomstig zijn van de afstervende helofytenwortels. Conclusies omtrent het denitrificerende vermogen van deze systemen kunnen dan ook pas in de verdere toekomst getrokken worden.

Denitrificatie (afbraak van nitraat) blijkt voor deze systemen zonder recirculatie een bovengrens van rond veertig procent te hebben.

Onderstaande figuur geeft weer dat de samenstelling van de N-totaal als gevolg van de omstandigheden sterk kan veranderen.

Figuur 22: *De relatie tussen ammonium, nitraat, totaal-N en CZV bij een helofyten -zandfilter bevoeid met huishoudelijk afvalwater*



Het CZV gehalte is laag. De in het filter gevormde nitraat kan onvoldoende worden afgebroken doordat de denitrificerende bacteriën onvoldoende voeding meer hebben. In januari '97 is het CZV 35% hoger dan het gemiddelde en het ammonium heeft een concentratie die viermaal hoger is dan het gemiddelde. Het totaal stikstofgehalte blijft echter lager te zijn. Op dat moment is er kennelijk een betere denitrificatie.

De conclusie is gerechtvaardigd dat er voor een goede denitrificatie in het algemeen te weinig CZV over is. Wanneer een deel van het effluent gerecirculeerd wordt via de pompput kan daar de nog aanwezige nitraat gedenitrificeerd worden, vanwege de zuurstofarme situatie aldaar en de aanwezigheid van voldoende BZV.

De vastlegging van fosfaat met ijzerhoudend zand blijkt bij 8 van de 14 helofyten -zandfilters na drie jaar nog goed te werken. Bij 6 verticale filters is na drie jaar een stijging te constateren. Bij drie filters is de oorzaak (hoge concentraties door reinigingsmiddel in het influent) bekend. Bij drie andere is nog geen directe oorzaak te vinden. Niet duidelijk is of deze stijging blijvend is of dat er na enige tijd een stabilisatie plaatsvindt. Wel is duidelijk dat de filters die zand met ca. 12 kg /m³ aan ijzer bevatten een lagere capaciteit hebben. Het is echter de vraag of dit vanuit milieuoogpunt van belang is als men de totale hoeveelheid fosfaat die dagelijks in de bodem geloosd wordt, zou bepalen. In de landelijke regelgeving wordt alleen in de zeer kwetsbare gebieden een norm gesteld voor fosfaatlozingen via IBA's, dus fosfaatbinding is slechts voor een beperkt aantal IBA's van belang.

9.3.2 Helofyten -zandfilter voor huishoudelijk afvalwater en melkspoelwater

Zuivering van dit afvalwater komt nagenoeg overeen met de zuivering van alléén huishoudelijk afvalwater. Alleen het afvalwater van de melkput bleek niet gereinigd te kunnen worden met behulp van een helofytenfilter. Voornaamste oorzaak hiervan was een te grote hoeveelheid mest in het afvalwater.

De concentraties van N-totaal in het effluent zijn hier gemiddeld iets lager dan bij gezuiverd huishoudelijk afvalwater en het ammoniumgehalte is hoger. Verklarende factor is waarschijnlijk een verdunning door de vrij grote hoeveelheid relatief schoon water die uit de melkinstallatie komt.

Bij de melkveebedrijven wordt voor reiniging van de melkinstallatie vaak een fosfaathoudend reinigingsmiddel gebruikt. Door gebruik van dit soort middelen wordt de fosfaat-adsorptiecapaciteit binnen korte tijd verbruikt. Voor de overige parameters kan gesteld worden dat de resultaten niet veel verschillen van uitsluitend huishoudelijke afvalwaterlozingen. Wel was de werking van sommige filters in de eerste twee jaar door de wisselende belasting minder stabiel. Dit lijkt zich na drie jaar gestabiliseerd te hebben.

Concluderend kunnen we stellen dat in helofyten -zandfilters:

- BZV en CZV nagenoeg volledig verwijderd worden
- De verwijdering van N-totaal matig is (tot ca. 40%) door een te geringe denitrificatie.
- Fosfaat gedeeltelijk tot goed verwijderd wordt, mogelijk slechts voor bepaalde duur gebonden wordt aan het ijzer in het zandfilter, en gedeeltelijk als bouwstof door het riet gebruikt wordt.
- Het effluent van de systemen bacteriologisch schoon is.

9.3.3 *Combi-rietveld voor huishoudelijk afvalwater*

BZV en CZV worden in het Combi-rietveld goed verwijderd, op een vergelijkbaar niveau als bij de helofyten -zandfilters. Het totaal- N gehalte in het effluent is relatief laag zodat geconcludeerd kan worden dat er een goede denitrificatie heeft plaatsgevonden. Dit wordt veroorzaakt door de toegepaste recirculatie, en de relatief grote verblijfstijd in de anaërobe horizontale compartimenten in het systeem.

Wel blijkt er uit de gemeten waarden (o.a. uit vergelijk van het Kjeldahl -N van het influent / effluent) een laag omzettingsspercentage voor ammonium van rond de 40 %, terwijl de totaal- N reductie boven 60% ligt. Om de mate van nitrificatie te kunnen meten is een analyse direct nadat het afvalwater door het verticale compartiment gestroomd is aan te bevelen.

Bij het combi-rietveld is het mechanisme waardoor fosfaat verwijderd wordt nog onduidelijk, de reductie is echter hoog. Ook hier weten we niet wat de werkelijke fosfaatbelasting vanuit een echt influent is. Mogelijk wordt het fosfaat opgeslagen in het slib van de verschillende compartimenten totdat het systeem verzadigd is.

Of deze fosfaatbinding voor langere tijd mogelijk is, is nu nog onduidelijk.

Het volgen van dit systeem over meerdere jaren is gewenst om het daadwerkelijk rendement en slibaangroei te bepalen.

Concluderend kunnen we stellen dat in het combi-rietveld:

- BZV en CZV nagenoeg volledig verwijderd wordt.
- nader onderzoek wenselijk is om meer grip te krijgen op het proces van nitrificatie.
Kijken we naar het totaal-N in de gemeten effluenten dan zien we lage waarden en voldoen de systemen aan de eisen.
- een goede denitrificatie plaatsvindt.
- het fosfaat goed wordt weggevangen.
- het effluent van de systemen bacteriologisch schoon is.

10. Ervaringen uit het onderzoek

10.1 Gebruiksvriendelijkheid, ervaringen gebruikers

De gebruikers zijn gemotiveerd begonnen aan het experiment. Als positieve punten van het helofytenfilter worden genoemd: zuivering van eigen afvalwater als bijdrage om vervuiling van het milieu te voorkomen, hergebruik mogelijkheden en weinig onderhoud. Het helofytenfilter wordt door gebruikers beschouwd als een simpel en effectief systeem om hun eigen afvalwater te zuiveren. Vooral het heldere en reukloze effluent wordt hiervoor als het bewijs gezien.

De gebruikers hebben in een gezamenlijke evaluatiebijeenkomst unaniem aangegeven dat ze na drie jaar nog steeds enthousiast zijn over het zuiveringssysteem. Het systeem blijkt betrouwbaar te zijn en goed te functioneren. Naast de effectieve zuivering scoren met name de hergebruik- en waterbesparings- mogelijkheden hoog. Wel moet er op de pomp nog een signaleringssysteem worden aangebracht voor het geval deze een keer dienst zou weigeren. In bijlage 6 is het resultaat van de enquête weergegeven die gehouden op de evaluatiebijeenkomst met de gebruikers.

10.2 Opstart problemen

In de eerste fase van de ingebruikneming is het verticale helofyten / zandbedfilter gevoelig voor verstoppingen. Een goede voorzuivering is essentieel. De septictank mag niet te groot en niet te klein zijn, een voldoende grote vetafscheider voor het grijze water en een scheiding van grijs en zwart afvalwater zijn belangrijk om slibvorming te voorkomen. Wanneer het riet met haar sterke wortelstelsel na ca. drie jaar volledig is ontwikkeld blijkt het helofyten -zandfilter geen verstoppingsproblemen meer te kennen.

10.3 Winterperiode

In de winter kan er in het eerste jaar een ijslaag gevormd worden boven op het filter. De infiltratie kan onder de ijslaag doorgaan, echter het systeem krijgt minder zuurstof. Tijdens het experiment bleek dit een aantal malen voor te komen in het eerste winterseizoen na aanleg bij gebrek aan voldoende begroeiing. Een goede oplossing hiervoor lijkt het afdekken van het filter met stro om zo het filter te isoleren. Door het stro blijft er toch voldoende ventilatie mogelijk. Ook sneeuw heeft een goede warmte isolerende werking dit samen met de rietbegroeiing. Verder is de ligging van het filter van belang. Bij voorkeur wordt het filter geplaatst op een zonnige plek waar de wind niet een te grote invloed heeft op de temperatuur van het filter.

Bij een aantal filters zijn de buizen gedurende het onderzoek boven het grind geplaatst. Dit heeft als voordeel dat het water eerst via het grind infiltreert zodat er nog zwevende deeltjes verwijderd kunnen worden. Hierdoor wordt de kans op verstopping van het filter kleiner. Ook wordt op deze manier de inspectie van de buizen mogelijk en wordt het reinigen van de buizen vergemakkelijkt. Door de isolerende werking van sneeuw en riet alsook door de gemiddelde afvalwater- temperatuur van 5 á 10 graden Celsius, is kans op bevriezing van het bevoeiings-systeem nauwelijks aanwezig. Ook is het met name hiervoor van belang dat de infiltratiebuizen op afschot naar de pompput aangelegd zijn zodat het systeem direct na de pompbeurt volledig leegloopt. De plaatsing van de buizen boven het grind verhoogt wel het bevroeringsrisico. Bij plaatsing onder het grind komt het waterniveau gedurende het pompen tijdelijk boven de buizen, mocht het water dan bevriezen vormt er zich een laagje ijs boven de

buis in het grind. Deze ijslaag kan dan groeien en een extra isolatie vormen terwijl de infiltratie onder de ijslaag gewoon door kan gaan.

Bij het Combi-rietveld is de regelbare recirculatie het belangrijkste wapen tegen het bevroeringsgevaar. Door een constante circulatie van het water door alle drie de bekkens valt het systeem nooit 'dood', met uitzondering van een pompstoring natuurlijk. Bij langdurige afwezigheid, bijvoorbeeld tijdens een wintervakantie, is dit van groot belang. In de twee horizontale bekkens bevindt het waterniveau zich zowel 's zomers als 's winters 5-8cm onder het grindoppervlak zodat bevroeren niet direct gevaar loopt.

10.4 Overige problemen

Bij de melkveebedrijven was de voornaamste reden van verstoppingen de mest die via de melkput op het filter terechtkwam. Door afkoppeling van de melkput richting gierkelder zijn de meeste problemen opgelost. Het niet werken van de pomp is een ander voorkomend probleem wat meestal geen verdere problemen hoeft te geven als dit tijdig gesignaleerd wordt. Bij de filters wordt meestal een waarschuwingssysteem aangelegd zodat storingen gesignaleerd kunnen worden. Verder is het van belang dat de pompput voldoende volume heeft zodat er tijd is voor reparatie of vervanging van de pomp.

Ook kan er verstopping onder in het filter optreden bij de ijzerhoudende zandfilters door het achterwege laten van een zwanenhals bij de uitmonding van de afvoerdraains van het effluent. Bij leegloop van deze drains kan het ijzer met lucht gaan oxideren wat leidt tot roestneerslag op de drains waardoor deze kunnen dichtslibben.

10.5 Controle door de overheid

Gemeenten, provincie en waterkwaliteitsbeheerders zijn belast met het toezicht en de controle op lozingen via IBA-systemen. Op de lozingen zal met name toezicht en controle uitgeoefend worden door toezichthouders van gemeenten en waterschappen. De wijze waarop deze controle zal plaatsvinden dienen de gemeenten en het waterschap nog nader uit te werken. Hierbij kan het CUWVO -rapport IBA-systemen als leidraad dienen.

10.6 Onderhoud en controle door de gebruiker of derden

Als het filter goed onderhouden wordt kan het goed functioneren en kan overlast voorkomen worden. Het onderhoud zal voornamelijk bestaan uit de volgende onderdelen:

- Zorg dragen voor een goede voorzuivering door middel van schoonmaak werkzaamheden (leidingen, pompput, septictank en vetvangput), indien bij inspectie van de pompput de voorzuivering onvoldoende is. Dit blijkt bij aanwezigheid van een drijfslag.
- Reparaties c.q. vervanging van de vuilwaterpomp bij disfunctioneren
- Maaien van het riet in maart of begin april.
- De controle bestaat uit controle van de pomp, influent, effluent en het filter. Een bewoner kan dit voor het grootste gedeelte zelf doen, maar kan ook een contract afsluiten met een gespecialiseerd bedrijf. Daarbij kan in sommige gevallen een jaarlijkse analyse nodig zijn van CZV en ammonium middels een eenvoudige cuvettest (Handleiding Helofyten-filters VROM/KIWA, april 1998 [22]).

11. Kosten van helofytenfilters

Om te bepalen of een helofytenfilter ook financieel interessant is als alternatief voor riolering zal in dit hoofdstuk worden ingegaan op de kosten van een helofytenfilter. Hierbij worden de totale maatschappelijke kosten bekeken die van belang zijn om de afweging te kunnen maken tussen een helofytenfilter en riolering.

11.1 Kosten van een helofyten -zandfilter

De maatschappelijke kosten van een helofyten -zandfilter bestaan uit de volgende onderdelen:

- Investeringskosten
- Onderhoudskosten en aanpassingen(calamiteiten)
- Kosten voor beheer en controle

De investeringskosten kunnen worden opgesplitst in:

1. Voorzuivering
2. Vaste kosten van het systeem
3. Kosten per vierkante meter filter
4. Aansluitingskosten

- ad 1 De kosten van de voorzuivering zullen als bestaande voorzuivering niet afdoende is bij gebruik van een nieuwe septictank en vetafscheider ongeveer f 3000,- tot f 3500,- voor een woning bedragen. Als scheiding van grijs en zwart water niet mogelijk is dan kan er ook gebruik worden gemaakt van een grotere septictank. Dit betekent echter wel dat deze dan vaker geleegd zal moeten worden. Bij een gescheiden systeem kan de septic tank één keer in de vijf tot tien jaar gereinigd worden en bij een niet gescheiden systeem moet dit één keer per jaar gebeuren afhankelijk van feitelijke slibaangroei. De kosten van de voorzuivering blijken in de praktijk een redelijk constant gegeven onafhankelijk van het aantal inwoners per woning. Bij een lozing vanuit een melkinstallatie komt hier een vetafscheider bij.
- ad 2 De vaste kosten van het systeem bestaan uit de kosten voor de voorzieningen die bij elk helofytenfilter gemaakt moeten worden. Hieronder vallen onder andere de pomp, pompregeling, onderhoudskosten, pompput en inspectieput. Ook hiervoor geldt dat bij verschillen in het aantal bewoners niet een grote verandering in de kosten zullen geven.
- ad 3 De kosten van het filtersysteem zelf zijn variabel. Per leverancier zullen de kosten per vierkante meter kunnen verschillen. De kosten per vierkante meter nemen echter wel af met de oppervlakte van het filter omdat de verliezen kleiner worden. Zo is bij een groter oppervlak minder materiaal per vierkante meter nodig. Ook zijn de kosten van de man- en kraan-uren per vierkante meter lager.
- ad 4 De aansluitingskosten zijn moeilijk vast te stellen door de spreiding hierin. Zo is het mogelijk dat door kleine afstanden de kosten laag zullen zijn en bij grote afstanden en obstakels de kosten een groot aandeel van de investeringen kunnen zijn. Hierin zullen lokaal enorme verschillen bestaan. Gemiddelde zullen deze kosten rond de duizend gulden liggen.

Verder zal het water geloosd moeten worden. Zo kan er direct in de sloot of via een infiltratievoorziening in de bodem geloosd worden(bestaande lozingsmethode). Ook is het

mogelijk in een vijver te lozen en eventueel een voorziening te maken voor hergebruik van gezuiverd water. De kosten hiervan zijn afhankelijk van de wensen van de bewoner en hier is dus geen vast bedrag voor te geven.

11.1.1 Aanlegkosten van het helofyten -zandfilter

In de volgende tabel zijn de kosten gegeven voor de tijdens het project aangelegde filters. De kosten zijn exclusief voorzuivering. Er is gebruik gemaakt van milieuvriendelijk PE wat betreft de folie en verdeelsysteem.

Tegenwoordig wordt er een betere folie, worteldoek en een andere pompregeling gebruikt, waardoor de huidige kosten per systeem bij nieuwe aanleg circa 1000 gulden hoger liggen.

In tabel 7.1 zijn de investeringskosten weergegeven die voor de aangelegde filters in dit onderzoek nodig waren. Hieruit blijkt dat de kosten per wooneenheid sterk afhangen van het aantal aangesloten eenheden.

Tabel 7.1 Kosten van helofyten -zandfilters

systeem	effluent van	totaal investeringskosten	aantal eenheden	kosten per eenheid
H5	1 woning plus viswater	11.400	1,2	9500
H7	2 woningen, 6 personen	7.950	2	3975
H1	3 woningen plus kantine bedrijf	13.700	3,5	3915
HM3	melkveebedrijf, woning plus minicamping (zomerperiode)	25.650	5 ?	5130
HM5	melkveebedrijf met 4 woningen	23.400	5	4680
HM4	melkveebedrijf plus woning	10.760	2	5380
HM3	melkveebedrijf plus 2 woningen	11.385	3	3795
HM1	melkveebedrijf plus woning	14.100	2	7050
HM2	melkveebedrijf plus woning	10.910	2	5455

Het melkveebedrijf en een woning worden beide als een eenheid beschouwd.

De investeringskosten variëren van ca. f 3800,- tot f 9500,- per eenheid (exclusief de voorzuivering). De AWA [1] heeft cijfers gepubliceerd die overeenkomen met bovenstaande kostenberekening.

De investeringskosten voor een helofyten -zandfilter bedragen volgens een rapport van het Van Hall Instituut [19] tussen de acht en zestien duizend gulden.

11.1.2 Aanlegkosten van het combi-rietveld

In tabel 7.2 zijn de investeringskosten weergegeven die voor de aangelegde filters in dit onderzoek nodig waren.

Tabel 7.2 Kosten van de Combi-rietvelden

Systeem	effluent van	investeringskosten	per eenheid
C 1	1 woning, 4 personen	8150	8150
C 2	1 woning, 6 personen	11.800	11800

Ook hier geldt dat in bovenvermelde bedragen de voorzuivering niet is meegerekend. Tijdens het onderzoek zijn diverse verbeteringen aangebracht waardoor de aanlegkosten nu met ca. f 1000 gestegen zijn.

Het systeem is duurder dan een helofyten -zandfilter door een andere wijze van aanleg en het gebruik van duurere materialen zoals EPDM-rubberfolie, lava, grind en PE buizen.

11.1.3 Onderhoudskosten

De onderhoudskosten zijn voor een deel afhankelijk van het ontwerp en optredende calamiteiten.

Na 5 à 7 jaar zal mogelijk de vuilwaterpomp een keer vervangen moeten worden.

De onderhoudswerkzaamheden bestaan globaal uit: maaien van het riet, schoonmaken van de buizen, en inspectie van de vuilwaterpomp.

De kosten die ontstaan als gevolg van problemen zijn meestal gering als de bewoner deze problemen zelf kan oplossen. Als er hiervoor een bedrijf moet worden ingeschakeld kunnen de kosten worden verhoogd met de voorrijkosten en uurloon. De materiaalkosten zullen in de meeste gevallen tot een minimum beperkt kunnen blijven. Ook kunnen onderhoudscontracten afgesloten worden met de leverancier van het filter of met een hierin gespecialiseerd bedrijf. Kosten die hiervoor berekend zullen worden zijn nog onbekend. Uit eigen ervaring (STIBA) blijkt dat het jaarlijkse onderhoud zo'n twee uur aan tijd vergt (maaien van het riet, controle functioneren vuilwaterpomp en verdeelsysteem op verstopping). Daarnaast is er een maandelijks controle van ongeveer 10 minuten nodig op het functioneren van het verdeelsysteem en de kwaliteit van het afvalwater in de pompput.

11.1.4 Kosten van beheer en controle

Om te bepalen of een helofytenfilter naar behoren functioneert zal regelmatig controle moeten plaatsvinden. Deze controle kan in eerste instantie door de bewoner zelf gebeuren. Hierbij kan er gedacht worden aan het controleren van de het effluent op helderheid en kleur die een eerste indicatie geven of het filter goed functioneert. Verder zijn er kosten voor handhaving, analyses en keuringen. Dit zal, afhankelijk van de wijze waarop het beheer geregeld wordt, uiteenlopende getallen kunnen opleveren. Wanneer de richtlijn van het ministerie van VROM gevolgd worden blijven deze beperkt tot een jaarlijkse controle van het systeem op CZV en ammonium middels een eenvoudige cuvetten test.

11.2 Kosten van verbetering van de denitrificatie bij helofyten-zandfilters

Bij alleen het verticale filter is de denitrificatie matig. Om dit te verbeteren is horizontale naschakeling en/of recirculatie noodzakelijk.

Door een horizontaal compartiment achter het verticale filter aan te leggen kan een verbetering van de denitrificatie bereikt worden. Dit vergt echter een relatief hoge investering van meer dan f 2000.

Door recirculatie toe te passen bij helofyten-zandfilters kan met een kleine investering (ca. f 300) een hoger denitrificatie-rendement gehaald worden.

12. Hergebruik van het gezuiverde afvalwater

12.1 Mogelijke toepassingen

Het gezuiverde water van een helofytenfilter is uitstekend geschikt voor een aantal toepassingen:

1. Toiletspoeling
2. Reinigingswater melkstal
3. Beregening
4. Wasmachinewater
5. andere toepassingen waarbij geen drinkwaterkwaliteit noodzakelijk is

De toepassing als drinkwater voor vee is een optie, echter met een aantal voorbehouden:

De meeste filters leveren gemiddeld gesproken drinkwaterkwaliteit voor vee, echter afwijkingen in de kwaliteit zijn niet zichtbaar en controles van het water zijn relatief duur.

De hoeveelheid gezuiverd water is nooit afdoende om aan de vraag als drinkwater te voldoen, bijmenging van ander water is noodzakelijk. Er zijn in de praktijk combinaties van gezuiverd afvalwater en opgevangen regenwater die zo ingezet kunnen worden als veedrinkwater (zie ook bijlage 5).

12.2 Effect op de lozing.

Door hergebruik toe te passen wordt de feitelijke lozing verminderd, in zowel volume als vracht:

Hierbij schetsen we wat de invloed van hergebruik bij de gebruikers van filter H2 ongeveer kan zijn.

In een woning wordt circa 33% van het gebruikte water gebruikt voor de toiletspoeling, Als hiervoor gezuiverd afvalwater gebruikt wordt, wordt de lozing met 33% verminderd.

Gegevens:

- Woning met 4 personen, totaal 600 liter afvalwater per dag
- Totaal-N concentratie effluent IBA : 40 mg/liter
- Toiletspoeling 200 liter per dag

Lozing (bij 'geen verdamping') zonder hergebruik (600 maal 0,04) 24 gram N per dag.

Lozing bij hergebruik als toiletspoeling (400 maal 0,04) 16 gram N per dag

Langdurig hergebruik bij filter H2 laat geen grote afwijkingen zien in het influent, alleen chloride en sulfaat zijn iets hoger dan het gemiddelde van alle filters.

Ondanks de ongeveer volledige recirculatie van de N-totaal zien we geen stijging van het totaal N. Dit betekent dat de er een goede denitrificatie plaatsvindt door recirculatie via de toiletspoeling.

Hergebruik en verdamping hebben wel invloed op de samenstelling van het effluent.

In bijlage 4 wordt berekend wat deze invloed kan zijn.

12.3 Besparingen door hergebruik

Door hergebruik van het gezuiverde afvalwater kan jaarlijks een aanzienlijk bedrag op de waterrekening bespaard worden.

Bij de gebruikers van het filter HM3 wordt het gezuiverde water 's zomers hergebruikt als toiletpoelwater voor de minicamping. Hiermee worden honderden kuubs water bespaard.

Bij de gebruikers van het filter HM4 wordt al het water hergebruikt voor het reinigen van de melkstal en de varkensstallen. Dit geeft een besparing op de waterrekening van ongeveer 350 m³ per jaar. Dit betekent een besparing van een bedrag van ca. f 875,- per jaar.

Bij de gebruikers van filter HM5 wordt dagelijks zelfs ca. 3 m³ gezuiverd afvalwater hergebruikt. Op dit bedrijf wordt een besparing op leidingwater gerealiseerd van ca. 1050 m³ per jaar. Dit komt overeen met een bedrag van ongeveer f 2625,- per jaar.

13. Conclusies

Met behulp van helofytenfilters is het mogelijk om individueel huishoudelijk afvalwater of vergelijkbaar afvalwater, zoals melkspoelwater, te zuiveren. De zuurstofverbruikende processen verlopen vrijwel volledig, waardoor belasting van het milieu tot een minimum wordt terug gebracht ten opzichte van een ongezuiverde lozing of lozing via een septictank. Voor het beschermen van de zeer kwetsbare gebieden lijkt dit dan ook een goed alternatief wanneer riolering te duur is.

Op de korte termijn functioneren de helofytenfilters na een korte opstart periode vrij constant. In het eerste jaar van ingebruikname kan de hydraulische capaciteit van het helofyten - zandfilter teruglopen door tijdelijke verstopping van het systeem. Het riet vergroot de hydraulische capaciteit weer door de rietwortels (helofyten) die de grond openhouden. Hierbij kunnen er preferente stroombanen ontstaan die mogelijk de fosfaatadsorptiecapaciteit nadelig beïnvloeden. Door de relatief korte periode van het experiment is het lange termijneffect op de hydraulische capaciteit en de fosfaatbinding niet goed vast te stellen.

Met helofytenfilters is het mogelijk om de zuurstof verbruikende processen vrijwel volledig te laten plaatsvinden. Ook kan fosfaat vrijwel geheel verwijderd worden. Verwijdering van N-totaal blijft bij helofyten-zandfilters beperkt tot ca. 40% en bij het Combi-rietveld een gemiddelde bovengrens te hebben van ruim zestig procent. Door recirculatie kan de stikstof-verwijdering sterk worden verbeterd. Voornaamste oorzaak van de matige verwijdering van NO₃ bij de helofyten-zandfilters is het gebrek aan BZV, organisch materiaal en anaërobi in de diepere lagen van het filter. Hoewel toxische stoffen in het huishouden slechts in kleine concentraties voorkomen zal de bewoner door het lozingsgedrag hiermee rekening moeten houden. Zo zal de bewoner bijvoorbeeld ter bescherming van de septictank geen of heel weinig chloor moeten gebruiken voor de reiniging van het toilet, om daarmee de septictank niet te belasten en het anaërobe proces ervan te verstoren.

Zelfs bij extreme kou, zoals de winters van '96 en '97, kunnen helofytenfilters goed blijven functioneren mits er in het jaar van aanleg, enige isolerende maatregelen worden genomen.

Helofytenfilters zijn over het algemeen goed functionerende en betrouwbare systemen. Voor de toepassing van de filters is de betrouwbaarheid groot genoeg als aan de volgende punten voldaan kan worden:

- voldoende onderhoud, controle (vooral bij koude perioden);
- de bewoner een verantwoord lozingsgedrag heeft;
- voldoende voorzuivering en een niet te krappe dimensionering.

In het onderzoek bleken de verschillende filters, ondanks de strenge winters van '96 en '97, goed te kunnen functioneren. Het ammonium bleek in de winterperiode iets minder goed te worden omgezet. De winter '98 laat dit overigens niet zien. Bij de overige parameters zijn er slechts minimale verschillen te zien. Tijdens het experiment zijn een paar bevriezingen gemeld die waarschijnlijk voorkomen hadden kunnen worden door het filter af te dekken. Belangrijkste reden voor het bevroren was dat het riet nog niet volgroeid was en daardoor geen isolatie kon bieden tegen de kou, en het naar boven laten spuiten van het water. Dit probleem is later opgelost door de bevoeiingsbuizen een halve slag te draaien. Bevriezingen betekenen

niet dat het systeem niet meer werkt, de bevvriezmg van het water vindt altijd plaats op het hoogste waterniveau tijdens het pompen. Als de vorst langer duurt kan bij het helofyten - zandfilter een ijslaag gevormd worden in de grindlaag. De infiltratie blijft echter normaal doorgaan, zij het dat door de ijslaag er minder zuurstof in het zandpakket kan komen. In het Combi-rietveld wordt ijsvorming tegengegaan door recirculatie.

Ondanks dat er bij individuele zuiveringen tijdelijke piekbelastingen kunnen optreden blijken deze de processen in het filter niet erg te verstoren. Wel zal een goede voorzuivering middels een bij voorkeur meer-kamer septictank met voldoende dimensie (0.5-1 kuub/i.e.) aanwezig moeten zijn om verstoppingen van het filter te voorkomen.

Bij de filters waar ook de melkput op het filter was aangesloten bleek dit tot verstopping te leiden wanneer mestresten allemaal in de pompput terechtwamen. Afskoppeling van de melkput blijkt dan noodzakelijk omdat de toplaag van het filter met veel organisch materiaal belast werd en de hydraulische capaciteit kleiner werd tot verstopping toe. Het melkspoelwater van de melkinstallatie blijkt wel goed met behulp van een helofytenfilter gezuiverd te kunnen worden mits de eerste spoeling, met veel melkresten, niet op het filter terechtkomt. Er kan met de voorspoeling gemakkelijk één à twee liter melk uit de melkinstallatie meekomen. Twee liter melk vertegenwoordigt een vervuilingswaarde van ca. 3 i.e.. Melk wordt, door het relatief hoge vet- en eiwitgehalte slecht afgebroken. Veel melk op het filter zal verstopping kunnen veroorzaken. Op één van de helofyten-zandfilters is gedurende het experiment per ongeluk een hoeveelheid melk gekomen. Dit zorgde toen ook voor een gedeeltelijke verstopping van het systeem. Ervaringen uit experimenten in andere provincies onderstrepen deze ervaring.

De kosten van een helofytenfilter bestaan voor een groot gedeelte uit vaste kosten die onafhankelijk zijn van het aantal bewoners. Clustering van verschillende woningen kan de kosten per woning verlagen. Specifieke omstandigheden en eisen van de bewoner zijn de grootste onzekerheden in de kosten.

Een belangrijk aspect bij de keuze tussen riolering en helofytenfilters zijn de te maken kosten voor beheer, controle en onderhoud. Deze zullen bij gemeente of waterschap duidelijk in kaart moeten worden gebracht om de afweging te kunnen maken. Wanneer men hierbij de richtlijn van het ministerie VROM/KIWA (april 1998) [22] volgt, zijn deze te overzien.

Voor een effectief beheer en een gemakkelijke controle is het van belang als filters op de juiste manier, met een correcte dimensionering worden aangelegd, goed gebruikt en onderhouden worden. Dit is in de meeste gevallen voldoende om de werking van het filter te garanderen. De Handleiding Helofytenfilters voor IBA-systemen van het ministerie VROM/KIWA [22] zal hierbij een belangrijk rol spelen.

Als algemene conclusie kunnen we stellen dat in Gelderland helofyten-zandfilters en combi-rietvelden een bruikbaar alternatief voor riolering vormen.

14. Aanbevelingen

Als aan de emissie-eisen uit het Gelders Milieuplan getoetst wordt zal er bij helofytenfilters rekening gehouden moeten worden met hergebruik voor toilet en verdamping ten opzichte van gesloten IBA-systemen. De invloed op concentraties in het effluent kan relatief groot zijn maar de milieubelasting wordt niet groter.

Ook moet bij controle rekening gehouden worden met de fluctuaties die kunnen optreden.

Om meer inzicht te krijgen in samenhang van bepaalde parameters worden de volgende suggesties en aanbevelingen gedaan:

1. Het meten van influent en effluentdebieten om meer inzicht te krijgen in de hoeveelheid verdamping, de werkelijke belasting van de filters en de werkelijke geloosde vuilvracht.
2. Om meer inzicht te krijgen moet ook het influent beter aan het effluent gerelateerd kunnen worden. Dit betekent dat de metingen met een bepaalde tussentijd gedaan moeten worden. Deze periode zou idealiter gelijk moeten zijn aan de verblijftijd van het water in het filter. In bijlage 8 is een indicatieve berekening opgenomen.
3. Het bepalen van de invloed van het riet op de hydraulische capaciteit en op het optreden van preferente stroombanen.
4. Het meten van het effect van recirculatie met name op de stikstofverwijdering.
5. Het monitoren van de filters op lange termijn om de fosfaatadsorptiecapaciteit en de arseenemissie te kunnen bepalen.
6. Het vaststellen van de juiste beoordelingsnormen van kleinere - (< 10 i.e) en grotere IBA-systemen (> 10 i.e.). Hierbij dient in het bijzonder aandacht besteed te worden aan de feitelijke lozing: hoe groot zijn de lozingshoeveelheden (vrachten) en wat is de aard van de afvalstoffen.

Bij klasse 3 IBA -systemen (CUWVO) wordt bijvoorbeeld nog steeds voorbijgegaan aan het verschil in milieueffect van de feitelijke lozing. De lozingseis aan stikstof ligt nog steeds op het totaal-stikstof. Aan totaal-stikstof is niet te zien in welke hoedanigheid de stikstof aanwezig is. Een gehalte van 60 mg/liter aan totaal stikstof kan vrijwel voor 100% bestaan uit ammonium, maar ook uit 100% nitraat.

Een lozing van 60 mg ammonium betekent een veel zwaardere belasting voor het milieu dan 60 mg nitraat. Nitraat is een voedingsstof, die mits in overmaat aanwezig wel een belasting geeft, ammonium is echter omdat hieruit in zuurstofarme omstandigheden de gifstoffen ammoniak en nitriet gevormd worden een veel zwaardere belasting [1] .

Literatuur

1. Bahlo, K. & Wach F.G. (1992), AWA, Naturnahe Abwasserreinigung, öko-verlag, Staufen
2. Ebbers, L.W., 1996. Watersysteemverkenningen. Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat.
3. Feenstra, J.F., Most, van der P.F.J., 1996. Diffuse bronnen van waterverontreinigingen (concept). Rijkswaterstaat.
4. Felde, von K., Kunst, S., 1996. N- und CSB-Abbau in vertikal durchströmten Bodenfiltern. In Wasser-Abwasser 137(1996) nr. 8.
5. Hartjes, H., M.S.M. Geurts van Kessel, 1997. Een verticaal helofytenfilter als IBA-systeem voor afvalwater afkomstig van woning en rundveemelkstal. (Boxtel).
6. Heidweiller, V.M.L., et al. 1989. Kleinschalige bodeminfiltratiesystemen voor conventioneel voorbehandeld afvalwater: milieuhygiënisch aanvaardbaar. In: H₂O nr. 18. (Rijswijk).
7. Jong, de E.J.M., 1997. Oppervlaktewaterzuivering door helofytenfilters. Repro FSB (Utrecht). Derde druk.
8. Kampf, R., Heide, B.A., 1988. Analyse van de invloed van het stoffengebruik in de huishouding op individuele zuiveringssystemen (literatuurstudie). TNO (Delft).
9. Lekkerkerk, L.J.A., et al. 1995. Dutch priority programme on acidification. RIVM (Bilthoven).
10. Leunk, J.W., 1996. Het ontheffingenbeleid in de praktijk. In: H₂O nr. 17. (Rijswijk)
11. Leunk, J.W., 1996. Het ontheffingenbeleid in de praktijk. Voordracht NVA- symposium 'individuele Behandeling afvalwater: een duurzame technologische ontwikkeling?'. (Breda).
12. Ministerie van VROM, 1991. Individuele behandeling van afvalwater bij verspreide bebouwing (IBA). ('s-Gravenhage).
13. Projectbureau Katalysator, 1997. Risico-analyse van het gebruik van het effluent van helofytenfilters als drinkwater voor melkvee. (Leeuwarden)
14. Provincie Gelderland, 1996. Gelders Milieuplan.
15. Ridder, de, R.P., 1996. Integratie van oppervlaktewaterzuivering, natuur en andere functies in moerassen. LBL-Utrecht. (Utrecht)
16. Rioolburo. 1997. Maandblad Riolering (Maart). (Valkenswaard).
17. Rovers, M., 1997. Slootwater niet klakkeloos vertrouwen. In: Boerderij 82 nr. 41.
18. Van Hall Instituut, 1996. Alternatieven voor riolering. (Groningen).
19. Van Hall Instituut, 1997. Module B4000 Alternatieven voor Riolering, concept. (Leeuwarden).
20. Veerbeek, M., 1993. Afvalwaterzuivering met een helofytenfilter. (Utrecht).
21. Witteveen + Bos, 1994. Module aanpak verspreide afvalwaterlozingen, concept. (Deventer).
22. VROM/KIWA, Handleiding Helofytenfilters voor IBA-systemen. Aanvulling op de IBA-richtlijn, 1991
23. VROM/KIWA Basisdocument Attestering IBA's
24. CUWVO conceptrapport IBA-systemen, augustus 1998

Mondelinge informatie

Deelnemers in de begeleidingscommissie :

- a) Brake, te, A. (gemeente Lichtenvoorde)
- b) Daalwijk, M. (gemeente Aalten)
- c) Ens, van, T. (STIBA, van Ens Milieutechniek)
- d) Geurkink, B. (gemeente Winterswijk)
- e) Gierkink, S. (gemeente Winterswijk)
- f) Haven, A. (provincie Gelderland)
- g) Mourits, W. (Mourits BioBouw b.v.)
- h) Plicht, van der, J. (Waterschap Rijn en IJssel)
- i) Roebers, H. (gemeente Aalten)
- j) Rouwet, E. (STIBA)
- k) Stek, G. (gemeente Lichtenvoorde)
- l) Schoemaker, A. (gemeente Winterswijk)
- m) Voortwis, te G.H. (STIBA)
- n) Weener, B.J. (Waterschap Rijn en IJssel)

Overige informanten:

- a) Augustijn, D.C.M. (Universiteit Twente)
- b) Blécourt, de, W. (Zuiveringsschap Drenthe)
- c) Hooykaas, L.J. (Waterschap Friesland)
- d) Koskamp, G. (Centrum voor Landbouw en Milieu)
- e) Leer, J (Waterschap Rijn en IJssel)
- f) Leunk, J.W. (Waterschap Rijn en IJssel)

BIJLAGEN

1. Bijzonderheden bij de filters	67
2. Ingebruikneming, de belasting en dimensionering van de filters	69
3. Parameters	71
4. Invloed van hergebruik en verdamping	73
5. Hergebruik van afvalwater	75
6. Ervaringen van de deelnemers aan het experiment	77
7. Berekening van de verblijfstijd van het afvalwater	79
8. Belasting van het filter en de zuiveringscapaciteit	81
9. Voorgestelde procedure voor attestering van IBA –systemen	83
10. Lijst met gebruikte afkortingen.	85

Bijlage 1. Bijzonderheden bij de filters

Tabel 8 Overzicht filters

Filter	Overige lozing	Bijzonderheden/lozing	Gebeurtenissen
STIBA, huishoudelijk afvalwater			
H2		hergebruik voor toilet	
H3		grote mestkelder als voorzuivering	
H5	Af en toe palingwater	vijver	
H7			Januari '97 twee weken afgekoppeld wegens bevroering
H1	Toilet bedrijf (10 werknemers)	Hergebruik voor bevoeiing	Tussen okt 96 jan 97 3 tot 4 weken stil
H4		Bodem/Hergebruik	
H8	Schoonmaakwater kennel	Hergebruikmogelijkheden	
H6		Hergebruik tuin, schelpen i.p.v. grind als bovenlaag	
STIBA huishoudelijk + melkspoelwater			
HM3	Melkspoelwater, minicamping in de zomer	Vijver, hergebruik voor toilet minicamping	
HM4	Melkvee	Hergebruik voor schoonmaken varkensstal	Overgegaan naar P-armreinigingsmiddel
HM5	Eerste periode melkstal tot apr 97	Verticaal + horizontaal Hergebruik(stal)	Kort na aanleg verstopping melkstal eraf
HM6	Melkveebedrijf melkput af		2 x verstopping nu geen melkput meer
HM1	Melkvee		Overgegaan naar P-armreinigingsmiddel
HM2	Melkvee	Beregening vijver	Grijswater verdween onder huis
Mourits BioBouw bv., huishoudelijk afvalwater			
C 1	Huishoudelijk afvalwater	Verticaal, horizontaal en recirculatie	
C 2	Huishoudelijk afvalwater	Verticaal, horizontaal en recirculatie	Bevroering januari '97

Bijlage 2.

Ingebruikname, de belasting en dimensionering van de filters

Tabel 9 Overzicht ingebruikname, de belasting en dimensionering van de filters

	Ingebruikname	personen	m2	m ² /inwoner	l/m2/dag
H1	nov-95	10	40	3,2	46
H2	nov-94	5	20	4	37
H3	zomer 94	6	40	6,7	22
H4	jun-93	5	32	6,4	17
H5	dec-95	3	32	10,7	15
H6	zomer 94	4	30	7,5	20
H7	lente 96	6	18	3	50
H8	lente 95	3	18	6	25
C 1	aug-94	6	30	5 (verticaal 2)	30
C 2	jul-95	3,5	18	5 (verticaal 2)	30
huishoudelijk + melkspoelwater					
HM1	nov-95	2	32		21,9
HM2	zomer 95	7	32		43,1
HM3	dec-95	6	60		18,7
HM4	lente 96	4	24		33,4
HM5	dec-95	17	75		34
HM6	herfst 95	5	30		36

Bijlage 3. Parameters

BZV (biologisch zuurstofverbruik): hoeveelheid zuurstof die door micro-organismen wordt verbruikt om organische verbindingen af te breken.

CZV (chemisch zuurstofverbruik): maximale hoeveelheid zuurstof die verbruikt wordt om organisch materiaal volledig te oxideren.

Stikstof (N): stikstof is een bouwstof voor organische verbindingen (met name eiwitten). Stikstof is nodig voor de groei van planten en dieren. Teveel heeft echter als effect dat eutrofiering plaats vindt. Dit kan een nadelige invloed hebben op oppervlakte water.

Kjeldahl N: de massahoeveelheid Kjeldahl-stikstof, uitgedrukt in stikstof (N) en bepaald volgens de NEN-ISO 5563. Kjeldahl - stikstof bestaat uit organisch gebonden stikstof en ammonium stikstof.

Deze waarde geeft een indicatie geeft aan of de nitrificatie goed is verlopen.

Fosfor(P): bouwstof voor organismen. Teveel heeft echter als effect dat eutrofiering plaats vindt. In afvalwater als organisch gebonden vorm of in een minerale vorm als geoxideerd fosfor (fosfaat PO_4).

Escherichia coli (E. coli): onschuldige darmbacterie die bij warmbloedige zoogdieren voorkomt. Het gehalte is een indicatie voor de aanwezigheid van pathogene organismen. Dit is een indicatie of het water eventueel hergebruik kan worden.

Zware metalen: als sporenelement nodig voor de groei van levende organismen. Deze komen vooral voor in verfproducten in het huishouden of door chemische slijtage. Zware metalen worden gerekend tot de toxische stoffen.

pH: zuurgraad.

Chloride en Sulfaat: twee stoffen die in het huishouden worden gebruikt en dus ook in het afvalwater voorkomen. Chloride wordt niet in een biologisch zuiveringsproces verwijderd. Sulfaat kan onder zuurstofloze omstandigheden worden omgezet worden naar Sulfide gas.

Bijlage 4. Invloed van hergebruik en verdamping

Door hergebruik en verdamping zullen de hoeveelheden water die uiteindelijk geloosd worden veel kleiner zijn dan zonder deze factoren. Om een gelijkwaardige milieubelastende vergelijking te geven zal er rekening moeten worden gehouden met deze verliezen. Ook is de hoeveelheid water die in het huishouden gebruikt wordt van belang voor de concentraties in het effluent. Zo zullen de concentraties in het effluent groter worden naar mate mensen zuiniger met water zijn. Ook door hergebruik en verdamping zijn de concentraties in het effluent hoger maar de hoeveelheden geloosde stof in het milieu lager.

Tabel 10 invloed van hergebruik en verdamping bij een bepaald watergebruik op concentraties in het effluent

Watergebruik	125	150	175	norm(IBA+)
Hergebruik (mg N/l)	25,7	21,4	18,7	15
Verdamping (mg N/l)	24-36	20-30	17-26	15
Hergebruik + verdamping (mg N/l)	34-51	28-42	24-37	15
Hergebruik (mg P/l)	1,7	1,4	1,2	1
Verdamping (mg P/l)	1,6-2,4	1,3-2,4	1,1-1,7	1
Hergebruik + verdamping (mg P/l)	2,2-3,4	1,9-2,9	1,6-2,4	1

- De verdamping is moeilijk te bepalen er is gerekend met 25-50%
- Invloed van hergebruik is beperkt tot het gedeelte wat in het systeem blijft, het zwarte water. Dit is 30 % van het totale afvalwater [12]

Zoals uit de tabel blijkt is de invloed van hergebruik en verdamping zo groot dat zelfs bij een hoger watergebruik en dezelfde vracht de verwachte waarden een stuk boven de normen zullen liggen.

Bijlage 5. Hergebruik van afvalwater

Mogelijkheden voor hergebruik zijn: spoelwater voor toilet, beregening van de tuin, reinigingswater voor de veestallen en waswater voor de auto. Deze mogelijkheden kunnen worden gezien als niet risicovolle toepassingen. Onder de mogelijkheden voor toepassingen met een bepaald risico vallen: drinkwater voor vee en hergebruik binnen het huishouden (wasmachine, douche).

Om te bepalen of het gereinigde water geschikt is voor hergebruik moet er gekeken worden naar de specifieke toepassingen voor hergebruik. Voor de niet risicovolle toepassingen is een bepaalde mate van helderheid, niet te veel zwevende bestanddelen, en reukloos water meestal voldoende. In het onderzoek bleek dat aan deze voorwaarden een groot deel van monsters voldeed. In een klein aantal gevallen, meestal in de koudere perioden, waren enige troebelheid, slijmvorming of ammoniumgeur te vinden. Als dit optreedt zal dus het hergebruik circuit tijdelijk afgekoppeld moeten worden en moet gewoon leidingwater beschikbaar zijn.

Voor hergebruik als drinkwater voor vee en water voor wasmachine of douche zijn meerdere parameters van belang. Water voor de wasmachine zal in het algemeen aan de volgende voorwaarden moeten voldoen: geen schadelijke invloed op de kleding of wasmachine en hygiënisch verantwoord. Water voor de douche zal moeten kunnen vergelijkbaar moeten zijn met drinkwater. Dit is in veel gevallen zonder extra voorzieningen niet mogelijk. Als drinkwater voor vee zal het geen schadelijke invloed mogen hebben op de dieren of indirect op de mensen die dierlijke producten consumeren. De richtwaarden die door de GZD (Gezondheidsdienst voor Dieren) worden gehanteerd:

Tabel 11 Richtwaarden voor veedrinkwater [17]

	optimale waarde	waarde waarboven het dier (ernstig) risico loopt	waarden onderzoek helofyten-zandfilter
PH	5-8	<4 en >9	6,8 (5,6-7,9)
Ammonium	<2	>10	7,8 (0,1-70)
Nitriet	<0,1	>1	0,1 (0,01-5,1)
Nitraat	<100	>200	55 (10-130)
Chloride	<250	>2.000	104 (22-250)
Zout (op basis van Na, mg/l)	<2.000	>4.000	
IJzer	<0,5	>10	
Mangaan	<1	>2	
Sulfaat	<100	>250	104 (17-250)
Hardheid (°D)	<15	>25	
Oxideerbaarheid (mg/l)	<50	>200	71 (14-1844)
Waterstofsulfide	niet aantoonbaar	niet aantoonbaar	
Coli-achtige bacteriën (kiem/ml)	<100	>100	E. coli(44) 0,2-17 E. coli(37) factor 2-26 hoger
Totaal kiemgetal(kiem/ml)	<100.000	>100.000	

Aangezien tijdens het onderzoek niet alle parameters voor veedrinkwater gemeten zijn, is een volledige vergelijking niet mogelijk. Wel kan er gesteld worden dat over het algemeen de gemeten parameters geen duidelijke overschrijdingen laten zien van de grenzen. Er is duidelijk een onderscheid te maken tussen slechtere en goed functionerende filters.

Bij de goed functionerende filters is voornamelijk de hoeveelheid nitraat bepalend of hergebruik mogelijk is.

Het onderzoek van het projectbureau katalysator [13] concludeert dat het gezuiverde water meestal niet geschikt is als drinkwater voor vee.

Bijlage 6. Ervaringen van de deelnemers aan het experiment

In een schriftelijke enquête zijn door 11 deelnemers in het experiment de volgende ervaringsgegevens weergegeven:

1. De aanleg van het rietveld verliep zonder grote problemen:

Bij drie deelnemers waren er problemen rond het aanleggen die te maken hadden met de werkwijze en de materiaalkeuze. Hieruit zijn een aantal leerervaringen meegenomen.

2. De begeleiding vanuit de STIBA tijdens het experiment was goed

Bij één van de deelnemers was de begeleiding op een aantal punten te gering.

3. Het rietveld gaf voor mij als gebruiker geen technische problemen

In vier gevallen waren er een aantal technische problemen. Er moest een pompput en enige septictanks (kunststof) vervangen worden. Bij twee filters trad tijdelijk verstopping op.

4. Het gezuiverde afvalwater was de gehele periode helder en reukloos.

Bij één van de 11 gebruikers was er twijfel: het gezuiverde water is niet steeds volledig helder. Dit is bij een filter dat waarschijnlijk overbelast wordt.

5. Het onderhoud aan het rietveld vergt ten hoogste een halve dag per jaar

Bij één van de deelnemers was er in het eerste jaar meer tijd nodig

6. Als ik nu (na drie jaar ervaring) weer zou moeten kiezen zou ik weer voor een rietveld kiezen

Alle 11 deelnemers antwoorden hierop bevestigend.

7. In de wintermaanden heb ik geen problemen ervaren

Bij twee filters was er sprake van bevriezing doordat er nog te weinig begroeiing was en het filter niet afgedekt was bij strenge vorst.

8. Bij nader inzien zou ik nu het water toch willen hergebruiken

Bij 5 gebruikers gebeurt dit nu al. Eén van de deelnemers wil dit niet en de overigen willen nog voorzieningen hiervoor treffen.

9. Ik zou het fijn vinden als jaarlijks het gezuiverde water gecontroleerd wordt

Tien van de elf gebruikers zouden jaarlijks wel een eenvoudig onderzoek op prijs stellen.

Bijlage 7. Berekening van de verblijfstijd van het afvalwater

Variabelen en invloeden die uit dit onderzoek en de literatuur naar voren komen:

De werking van het filter wordt door volgende parameters bepaald: grondsoort (korreldiameter, klei/zand/grind), plantensoort(meestal riet), ontwerpbelading ($\text{m}^2/\text{i.e.}$, hydraulische belasting), voorbehandeling van het afvalwater (verblijfstijd, onopgeloste stoffen), filter (diepte, opbouw, filtersubstraat en doorstroming), toxische stoffen (in het afvalwater), temperatuur.

Verblijfstijd van water in het filter

De verblijfstijd zou als volgt benaderd kunnen worden:

onverzadigde zone:

hoogte (+/- 0,8m) x θ (+/- 0,2) x effectief oppervlak filter

verzadigde zone:

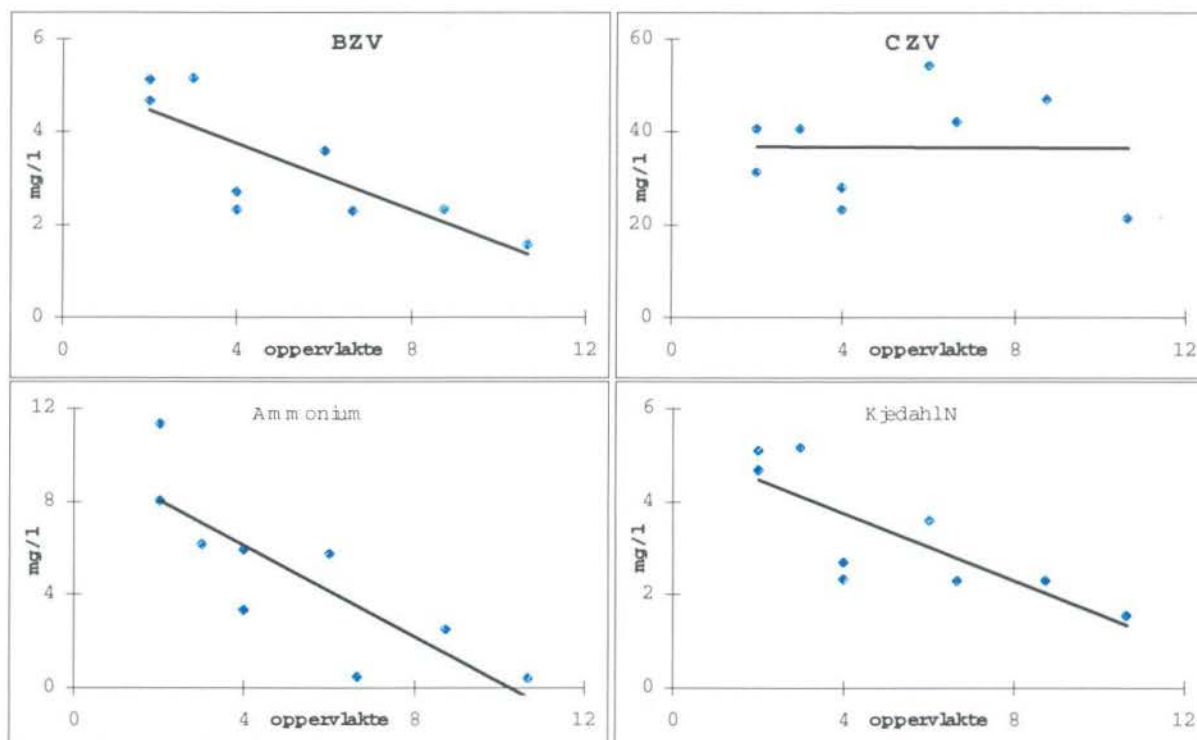
hoogte (+/- 0,2m) x θ (+/- 0,4) x effectief oppervlak filter

Hieruit kan het volume van het water in het filter bepaald worden. Door dit te delen door het volume van het doorstromende water kan de verblijfstijd benaderd worden. Hiervoor kan het beste het volume van het effluent bepaald worden omdat zo rekening gehouden wordt met verdamping.

Indicatie verblijfstijd 7,7 dagen (bij $4 \text{ m}^2/\text{i.e.}$ 150 liter 25 % verdamping)

Bijlage 8. Belasting van het filter en de zuiveringscapaciteit

Figuur 26 Relatie tussen oppervlakte van het verticale filter per i.e. voor huishoudelijk afvalwater en de zuurstof verbruikende processen



Bijlage 9.

Voorgestelde procedure voor attestering van IBA -systemen

Kort samengevat zal de attestering van IBA -systemen het volgende inhouden:

Een IBA wordt aangemeld, en zal dan een aantal tests moeten ondergaan voordat deze in een klasse ingedeeld kan worden. Na attestering kan deze IBA ingezet worden volgens onderstaande tabel.

De onderstaande tabellen zijn afkomstig uit het CUWVO -conceptrapport IBA-systemen van augustus 1998.

Tabel 1 *Klasseindeling basisdocument attestering IBA-systemen*

Soort afvalwater	niet kwetsbaar	kwetsbaar	zeer kwetsbaar
Bestaand huishoudelijk <10 i.e.	klasse I	Klasse II	Klasse III
Nieuw huishoudelijk <10 i.e.	Klasse I	Klasse II	Klasse III
Huishoudelijk >10 i.e.	Klasse II	Klasse III	lozingsverbod
Melkspoelwater	Klasse II	Klasse III	lozingsverbod
Overig bedrijfsafvalwater	Klasse II	Klasse III	lozingsverbod

De eisen voor de klasseindeling zijn als volgt:

Tabel 2 *Emissie-eisen per klasse steekmonsters (tussen haakjes 24-uurs monsters) uit basisdocument attestering IBA-systemen*

parameter	Klasse 1*	Klasse 2	Klasse 3 a	Klasse 3 b
BZV	<250	60(30)	40(20)	40(20)
CZV	<750	300(150)	200(100)	200(100)
N-totaal			60(30)	60(30)
N-NH ₄			4(2)	4(2)
zwevende stof	<70	60(30)	60(30)	60(30)
P-totaal				6(3)

* klasse 1 = septictank of gelijkwaardig, daarom zijn de genoemde waarden richtwaarden.

Aan de klasse-indeling wordt ook een door de gebruiker uit te voeren controleverplichting vastgelegd, gerelateerd aan de kwetsbaarheid van het gebied. Niet geattesteerde systemen krijgen een zwaardere (hogere frequentie) controleverplichting dan wel geattesteerde systemen.

Tabel 3 *Aanbeveling controle frequentie(uit CUWVO rapport)*

Klasse	1	1	2	2	3	3
	met attest	zonder attest	met attest	zonder attest	met attest	zonder attest
frequentie	0	2	0	2	0	4
testen op	-	CZV	-	CZV	-	CZV ammonium nitraat, N-Kj (klasse IIIb fosfaat
jaarlijkse kosten	0	f 80,-	0	f 80,-	0	f 400,-

Bijlage 10. Lijst met gebruikte afkortingen

IBA	Individuele Behandeling van Afvalwater
STIBA	Stichting Individuele Behandeling Afvalwater Winterswijk
WRY	Waterschap Rijn en IJssel
AWA	Arbeitsgemeinschaft für Wasser und Abwasser (Osnabrück)
GMP	Gelders Milieu Plan
VROM	Ministerie van Volkshuisvesting Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer
KIWA	Keuringsinstantie voor huishoudelijke en industriële installaties
CUWVO	Coördinatiecommissie Uitvoering Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren
WVO	Wet Verontreiniging Oppervlaktewater
AMK	Algemene Milieu Kwaliteit