

Kleinschalige bodeminfiltratiesystemen voor conventioneel voorbehandeld afvalwater: milieuhygiënisch aanvaardbaar?

Inleiding

In Nederland lozen circa 150.000 individuele huishoudens hun afvalwater via bodeminfiltratiesystemen. Meer omvangrijke lozingen van vloeibare afvalstoffen, die wat betreft samenstelling vergelijkbaar zijn met huishoudelijk afvalwater komen voor in circa 4.000 gevallen [1]. Het betreft hier bodemlozingen van bijvoorbeeld recreatie-inrichtingen, hotels, restaurants en overige bedrijven.



V. M. L. HEIDWEILLER
IWACO BV
Adviesbureau voor water
en milieu



G. M. CHARDON
IWACO BV
Adviesbureau voor water
en milieu



L. J. E. DUIJSENS
IWACO BV
Adviesbureau voor water
en milieu

De bodem is in staat om huishoudelijk afvalwater te verwerken. Om te garanderen dat het bodeminfiltratiesysteem zowel in kwantitatief opzicht (hydraulische belasting) als in kwalitatief opzicht (minimale aantasting bodem- en grondwaterkwaliteit) goed functioneert moet aan een aantal randvoorwaarden worden voldaan. Deze randvoorwaarden zijn sterk afhankelijk van de afvalwaterkwaliteit en -kwantiteit en de terreinkenmerken, bodemopbouw en geo-hydrologische omstandigheden bij het lozingspunt.

In opdracht van het ministerie van Volks-huisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer wordt sinds 1979 een grootschalig onderzoek verricht naar de toepassing van individuele behandeling van afvalwater bij verspreide bebouwing. In het kader van dit onderzoek is door IWACO BV literatuuronderzoek en praktijkonderzoek verricht bij vijf bodeminfiltratiesystemen [2, 3, 4, 5]. Hierin zijn de processen onderzocht die een rol spelen bij bodeminfiltratiesystemen en is inzicht verkregen in de factoren die bepalend zijn voor het goed functioneren van deze systemen en het optimaliseren van de bodem als 'filter'. De resultaten van het uitgevoerde onderzoek worden gebruikt voor de in voorbereiding zijnde Uitvoeringsregeling in het kader van het

lozingenbesluit bodembescherming. Onderstaand zijn de belangrijkste resultaten ten aanzien van infiltratie-technische- en kwaliteitsaspecten weergegeven. Voor uitgebreide informatie over het onderzoek wordt verwezen naar de onderzoeksrapportages [4, 5]. De meest toegepaste bodeminfiltratiesystemen zijn zakputten, infiltratiebedden en infiltratiekanalen. Tijdens het praktijkonderzoek zijn twee zakputten, één infiltratiebed en twee infiltratiekanalen onderzocht [4, 5]. In afb. 1 is een schematisch overzicht van de onderzochte systemen weergegeven.

Kwantitatieve aspecten

In kwantitatief opzicht zijn met name aspecten als technisch functioneren, ontwerp en constructie van belang.

Septic tank

Alvorens het huishoudelijk afvalwater te infiltreren moet een primaire zuivering plaatsvinden in een septic tank. In de septic tank vindt hoofdzakelijk een fysische afscheiding van bezinkbare en oprijvende delen plaats en een anaëroë afbraak van het slib. De afscheiding van bezinkbare delen is noodzakelijk om vroegtijdige verstopping van het infiltratiesysteem te voorkomen. Bij voorschakeling van een septic tank voor het infiltratiesysteem wordt een ontwerpgrondslag van 1,5 m³/i.e. wenselijk geacht [6].

Verstopping

Bij de meeste grondsoorten waarin infiltratie van huishoudelijk afvalwater plaatsvindt, is bij aanvang van de lozing de (initiële) infiltratiesnelheid hoog. Na verloop van tijd treedt verstopping op door vorming van een weerstandbiedende laag op het grensvlak van het infiltratie-

systeem met het bodemmateriaal en neemt de infiltratiesnelheid af. De belangrijkste factoren die de mate en snelheid van verstopping bepalen zijn:

- het bodemtype;
- de hydraulische belasting;
- de dosering van het afvalwater;
- de samenstelling van het afvalwater;
- wijze van aanvoer van het afvalwater (vrij verval of pomp).

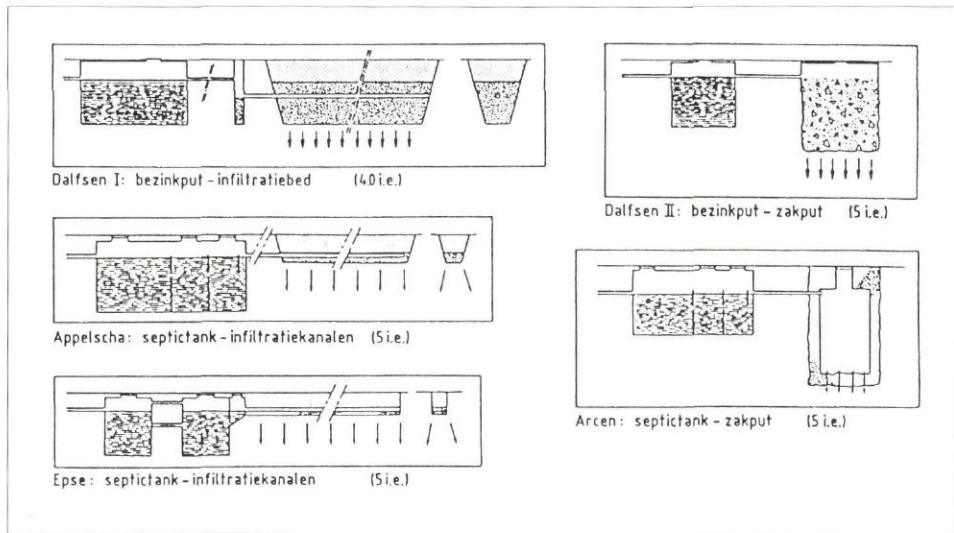
Maatgevend voor de dimensinering van bodeminfiltratiesystemen is dan ook de infiltratiesnelheid die zich gedurende de ontwerplevensduur van het systeem (bijvoorbeeld 20 jaar) door de weerstandbiedende verstoppingslaag kan handhaven.

Een zekere mate van verstopping is gunstig omdat daardoor de stromingsomstandigheden in de bodem onverzadigd worden. Hierdoor neemt de verblijftijd van het afvalwater toe en worden de redoxomstandigheden relatief meer aëroob waardoor de zuivering van het afvalwater wordt bevorderd. Een ernstige mate van verstopping is ongunstig. Het leidt tot een zodanige afname van de infiltratiesnelheid dat het afvalwater zich ophoopt in het systeem en vervolgens kan overstromen.

Maximale belasting

Bouma [7] heeft uitgebreid onderzoek uitgevoerd naar het functioneren van bestaande bodeminfiltratiesystemen. Op grond van zijn bevindingen maakte hij een indeling in vier bodemgroepen, met de daarbij behorende maximaal toelaatbare hydraulische belasting. Deze indeling is gebaseerd op de textuur en de doorlatendheidskarakteristiek van de bodem en is inmiddels in het buitenland veel toegepast. Tabel I geeft hiervan een overzicht.

Afb. 1 - Schematisch overzicht onderzochte systemen.



Een andere toegepaste indeling is gebaseerd op de verzadigde doorlatendheid van de bodem. Tabel II geeft hiervan een overzicht waarbij een onderscheid is gemaakt tussen enerzijds infiltratiekanalen en infiltratiebedden en anderzijds zakputten.

De in de tabellen gegeven ontwerpgrondslagen zijn alleen geldig voor kleine bodeminfiltratiesystemen (< 10 i.e.). Uit de literatuur [8] is gebleken dat de voor kleine systemen geldende maximaal toelaatbare hydraulische belastingen niet zomaar extrapol eerbaar zijn naar grotere bodeminfiltratiesystemen. Voor een goede werking wordt aangebevolen om grote systemen circa 50% over te dimensioneren en intermitterend te belasten.

Verdeling van het afvalwater bij infiltratiekanalen en -bedden

Bij aanvang van de lozing onder vrij ver val is de infiltratiesnelheid hoog. Hierdoor infiltreert het afvalwater in het voorste deel van het infiltratiesysteem over slechts een beperkt deel van het infiltratieoppervlak. Dit leidt tot locale overbelasting in de opstartfase van het systeem (meer verzadigde stroming → kortere verblijftijd en anaërobe omstandigheden → slechtere afbraak). Door het aanvangen van het verstopningsproces neemt de infiltratiesnelheid af en wordt een steeds groter deel van het infiltratieoppervlak benut. Locale overbelasting kan worden gereduceerd of voorkomen door gedoseerd en eventueel onder druk te belasten. Dit leidt tot een betere verdeling van het afvalwater over het infiltrerend oppervlak (meer onverzadigde stroming → langere verblijftijd en aërobe omstandigheden → betere afbraak).

Vooronderzoek

Alvorens wordt besloten om een bodeminfiltratiesysteem te plaatsen dient er op de locatie een vooronderzoek plaats te vinden. Tijdens dit onderzoek worden de terreinomstandigheden, zoals het beschikbare oppervlak, helling van het terrein, kans op overstroming van het systeem en afstand tot open water en/of een locale grondwaterwinning geëvalueerd. Indien de terreinomstandigheden infiltratie toelaten dient een bodemonderzoek plaats te vinden. Hierbij wordt de locale bodemopbouw tot minimaal 5 m onder het infiltrerend oppervlak beschreven. Van de grondla(a)g(en) waarin infiltratie plaatsvindt, wordt de verzadigde doorlatendheid en/of de doorlatendheidskarakteristiek en/of de textuur en structuur bepaald.

TABEL I - Maximale belastingen voor vier bodemgroepen (Bouma, 1975).

Doorlatendheidskarakteristiek (k-θ relatie)	Bodemtype	Maximale belasting (cm/dag)
type Ia	grof zand	5
type Ib	fijn zand	2
type II	lemig zand, zavel	2
type III *	Silt, klei-arme silt, kleiig silt	0,6-2
type IV	klei, siltig klei	0,6

* Maximale belasting is afhankelijk van de structuur van de bodem.

TABEL II - Maximale belasting voor infiltratiekanalen/-bedden en zakputten (TWACO, 1981).

	Verzadigde doorlatendheid (m/dag)	Maximale belasting (cm/dag)
infiltratiekanaal/-bed	10	3
	2 -10	2
	0,5-2	1
zakput	10	6
	1 -10	4

Op basis van deze gegevens en de te verwachten hydraulische belastingeffluent kan het systeem worden gedimensioneerd. Naast de terreinkenmerken en bodemkundige omstandigheden moet de locale hydrogeologische situatie worden geëvalueerd. Hiervan zijn de belangrijkste parameters de variatie in de grondwaterpiegel en de afstromingsmogelijkheden voor het infiltrerende afvalwater.

TABEL III - Ontwerp van de bodeminfiltratiesystemen en gegevens betreffende de bodemkundige-, geohydrologische en mate van aërobie.

Locatie	Bestaand			Nieuw aangelegd	
	Dalfsen I	Dalfsen II	Epse***	Appelscha	Arcen
objecttype	conferentieoord	woning	woning	woning	woning
systeem	bezinkput + infiltratiebed	bezinkput + zakput	septic tank + infiltratiekanalen	septic tank + infiltratiekanalen (dubbel)	septic tank + infiltratiekanalen
grootte (i.e.)	40	5	5	5	5
leeftijd (jr.)	12	12	5	2	2
ontwerpgrondslag: - infiltratieopp. (m ² /i.e.)	n.b.	n.b.	6	3,2-6,4	3
- hydr. belasting (cm/dag)	n.b.	n.b.	2,5	2,5-5	4,7
werkelijke hydr. belast. (cm/dag)	5	2,7	4	0,6-1,7	18,7 *
bodemtype onder/ rondom infiltr. oppervlak	middelfijn zand	middelfijn zand	zwak lemig middelfijn zand	zwak lemig middelfijn zand	grof zand met grindlagen
diepte gr.w.st. onder infiltr. opp. (m)	0,3	< 0	0,7-2,0 **	0 -2,1 **	0,7-0,9 **
stromingsomstandigheden mate van aërobie	verzadigd anaëroob	verzadigd anaëroob	onverzadigd aëroob	onverzadigd aëroob	verzadigd anaëroob

* Alleen bodemoppervlak zakput benut tijdens proefperiode (2 jaar).

** Variatie tijdens de proefperiode (2 jaar).

*** Gerenoveerd bestaand systeem.

Op basis van de gegevens van het vooronderzoek wordt het bodeminfiltratiesysteem ontworpen en de meest geschikte locatie gekozen.

Constructie

Uit een onderzoek naar het functioneren van bodeminfiltratiesystemen, ontworpen en gedimensioneerd volgens bovengaande beschreven richtlijnen, is gebleken dat circa 50% van de systemen niet naar behoren functioneert [9]. De belangrijkste oorzaken hiervoor waren afwijkingen van het oorspronkelijk ontwerp en het dichtslaan van het infiltrerend oppervlak tijdens de constructie als gevolg van het toepassen van zwaar materieel en/of het niet afdekken tegen de regen van gegraven infiltratiekanalen en -bedden tijdens de aanleg.

Kwalitatieve aspecten

Naast de aspecten die betrekking hebben op het ontwerpen, technisch functioneren en de constructie van infiltratiesystemen is het van belang te weten met welke stoffen bodem en grondwater worden belast en in hoeverre er afbraak van de afvalstoffen plaatsvindt. Bij de infiltratie van huishoudelijk afvalwater infiltreren anorganische en organische stoffen en pathogene organismen in de bodem. Hiervan zijn de belangrijkste: stikstof, fosfaat, niet-toxische organische stoffen, bacteriën en virussen. Daarnaast komen

ionen van goed oplosbare zouten zoals chloride, natrium, kalium, calcium, magnesium en sulfaten voor. Verder worden organische micro-verontreinigingen, detergenten en zware metalen aangetroffen.

De processen die het infiltrerende water in de bodem ondergaat, kunnen worden onderscheiden in:

- microbiologische degradatie en/of vastlegging;
- verliezen via de gasfase van bijvoorbeeld stikstofhoudende gassen en vluchtige organische stoffen;
- adsorptie- en neerslagreacties;
- ionenuitwisseling;
- mechanische verwijdering (filterwerking).

De afbraak/verwijdering van infiltraatbestanddelen wordt bevorderd naarmate de verblijftijd en de aërobe omstandigheden boven de grondwaterspiegel toenemen.

Voor het bereiken van een goed zuiveringsrendement (> 99%) van

pathogene virussen en bacteriën is een dikte van de onverzadigde zone onder het infiltrerend oppervlak van 0,6 à 1,2 m aan te bevelen [9].

Beschrijving van de onderzoekslocaties

Algemeen

Het praktijkonderzoek is uitgevoerd bij drie bestaande en twee nieuw aangelegde systemen. Het betreft hier een grote lozing (ca. 40 i.e.) van een conferentieoord en vier kleinere lozingen (ca. 5 i.e.) van woningen.

In tabel III zijn de gegevens betreffende het ontwerp van de systemen en de bodemkundige-, geohydrologische- en redoxomstandigheden nabij het infiltrerend oppervlak gegeven.

Op de vijf locaties is wat de aard van de verontreinigingen betreft, naast de aanwezigheid van macroparameters (zoals CZV, stikstofverbindingen en fosfaat), speciaal aandacht besteed aan het voorkomen van microparameters (zware

metalen en organische micro-verontreinigingen). Voor de locaties Dalfsen I en Dalfsen II lag de nadruk op het bestuderen van de verspreiding en het gedrag van de stoffen in het grondwater stroomafwaarts van het lozingspunt. Op de locaties Epse, Appelscha en Arcen lag de nadruk op de processen die de verbindingen ondergaan in de onverzadigde zone onder het infiltrerend oppervlak.

Technisch functioneren en dimensionering

Volgens de in tabel I beschreven richtlijnen wordt voor fijne zanden een maximale belasting van 2 cm/dag en voor grove zanden 5 cm/dag aangeraden. Zowel voor de locaties Dalfsen I, Epse en Arcen is de werkelijke hydraulische belasting hoger en bedraagt tijdens het praktijkonderzoek gemiddeld respectievelijk 5 cm/dag, 4 cm/dag en 19 cm/dag (zie tabel III).

Op de locatie Dalfsen I is de hydraulische belasting zodanig hoog dat het infiltratiebed de afvalwaterstroom niet kan

TABEL IV - De samenstelling van het infiltraat.

Parameter		Dalfsen I		Dalfsen II		Epse		Appelscha		Arcen	
		Gemiddelde	n	Gemiddelde	n	Gemiddelde	n	Gemiddelde	n	Gemiddelde	n*
debiet	l/dag	ca. 3.200		ca. 410		1.198	72	206	87	475	54
pH		7,2	2	7,0	2	7,4	70	7,6	91	8,0	47
geleidbaarheid	µs/cm	1.235	2	830	1	721	65	2.321	86	1.586	46
N-totaal	mgN/l					56	66	217	93	111	45
N-Kj	mgN/l	60	2	–		56	72	216	93	111	47
NH ₄ ⁺	mgN/l	72	1	30	2	43	70	191	93	88	25
NO ₃ ⁻	mgN/l	0,3	3	0,1	2	0,2	68	< 0,1	93	< 0,1	45
NO ₂ ⁻	mgN/l	< 0,01	1	–		0,08	70	0,05	93	0,08	25
PO ₄ ³⁻ -totaal	mgP/l	–		–		13,4	71	39	92	29	45
PO ₄ ³⁻ -ortho	mgP/l	4,9	3	3,1	2	11,6	25	37	91	28	25
Chloride	mg/l	64	3	50	2	55	71	136	93	104	25
CZV	mgO ₂ /l	748	2	82	1	333	71	875	92	609	47
BZV ₅	mgO ₂ /l	–		–		113	66	365	92	226	19
zwevende stof	mg/l	238	2	23	1	105	68	10,7	87	31	46
Cd	µg/l	< 0,5	2	< 0,5	1	–		–		–	
Hg	µg/l	< 5	2	< 5	1	–		–		–	
Cr	µg/l	< 2	2	< 2	1	15	2	–		–	
Cu	µg/l	110	2	42	1	266	5	87	4	21	11
Ni	µg/l	< 10	1	< 10	1	10	1	–		13	6
Zn	µg/l	66	2	76	1	232	5	245	3	97	11
Pb	µg/l	< 10	1	–		114	5	33	3	10	11
As	µg/l	< 0,5	1	–		–		–		–	
Se	µg/l	< 1	2	–		–		–		–	
Mn	µg/l	0,24	1	–		–		–		–	
VOCl	µg/l	< 0,1	1	–		–		–		–	
EOCl	µg/l	7,1	2	1,7	2	1,6	1	15	1	17	1
Pestic. (org. Cl)	µg/l	< 0,1	1	–		–		–		–	
VL. aromaten		39 ²	3	11,5 ²	2	–		–		–	
Specificatie:											
benzeen	µg/l					< 0,2	1	< 0,2/< 1 ³	3	–	
tolueen	µg/l					6,8	1	0,8/< 5 ³	3	–	
enthylbenzeen	µg/l					< 0,2	1	< 0,2/< 5 ³	2	–	
xylenen	µg/l					< 0,5	1	< 0,5/< 5 ³	3	–	
Fenolindex	µg/l	49	2	< 0,01	1	–		–		–	
Polychloorbifen.	µg/l	< 0,01	1	–		–		–		–	
Antionactieve detergenen ¹	mg/l	1,5	2	5,7	2	2,4	1	31	1	27	1
E-coli	aantal/100 ml	–		–		> 10.000	1	> 10.000	1	> 10.000	1

¹ Het gehalte aan anionactieve detergenten is uitgedrukt als mg laurylsulfaat (LAS)/l

² Het aangevoerde aromaat is mogelijk tolueen

³ Bepaling door 2 laboratoria uitgevoerd; ieder met verschillende detectiegrenzen

* n = aantal monsters

TABEL V - Gemiddelde rendementen septic tank - bodeminfiltratiesystemen (st-bis) in %.

Parameter	Infiltratiekanalen						Zakput		
	Epse			Appelscha			Arcen		
	St	Bis ¹	Totaal ¹	St	Bis ¹	Totaal ¹	St	Bis ²	Totaal ²
CZV	30	85	90	56	47	77	44	46	70
BZV ₅	35	98	99	54	89	95	47	22	58
N-Kj	2	97	97	3	70	71	15	2	18
N-totaal	1	36	37	6	48	50	14	3	17
P-totaal	8	87	88	15	100	100	3	0	3

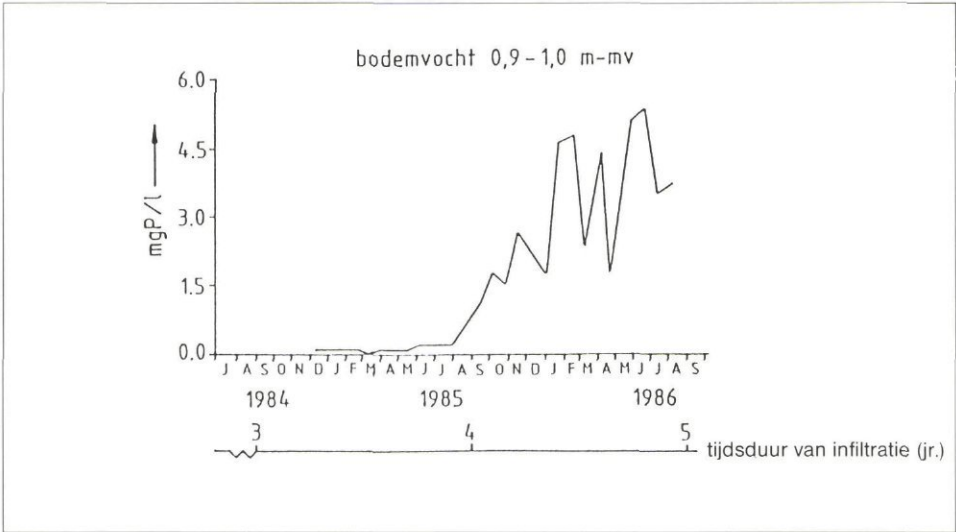
st = septic tank bis = bodeminfiltratiesysteem totaal = st + bis (100-st)
¹ Afstand onderzijde infiltratiesysteem tot aan grondwater (ca. 1,5 m)
² Afstand onderzijde zakput tot aan grondwater (ca. 1 m); zeer permeabele bodem (niet maatgevend).

verwerken. Een deel van het afvalwater stroomt over naar een nabijgelegen infiltratiesloot. Het systeem is ondergedimensioneerd. Op de locatie Epse is het systeem momenteel in staat om de afvalwaterstroom te verwerken. Uit het praktijkonderzoek is echter gebleken dat tijdens de meetperiode (leeftijd systeem 3-5 jaar) nog geen sprake was van een evenwichtssituatie. Door locale toenemende verstopping en de daarmee gepaard gaande locale afname van de infiltratiesnelheid is steeds een groter deel van de infiltratiekanalen voor infiltratie benut. Onduidelijk is of het systeem op den duur, bij een eventuele verdere afname van de infiltratiesnelheid, de belasting van 4 cm/dag kan verwerken. Op de locatie Arcen heeft tijdens het onderzoek (leeftijd systeem 0-2 jaar) alleen infiltratie via de bodem van de zakput plaatsgevonden. Bij de plaatsing van het systeem is door een constructiefout de bodem van de zakput op de grindlaag met groter doorlatendheid gesitueerd dan in het oorspronkelijke ontwerp. Gezien de korte verblijftijden wordt behandeling van huishoudelijk afvalwater in dit type zeer doorlatende afzettingen

afgeraden. Tijdens het onderzoek was op deze locatie nog geen evenwichtssituatie bereikt. Het niveau van het afvalwater in de put stijgt nog steeds vanwege toename van de verstopping op de basis van de put. Op den duur zal een deel van het afvalwater ook via de zijwanden van de put infiltreren. Voor de locaties Dalfsen II en Appelscha geldt dat ze goed gedimensioneerd zijn en in staat zijn de afvalwaterstroom te verwerken.

Redoxomstandigheden
Op de locaties Dalfsen I, II en Arcen heersen onder en rondom het infiltrerend oppervlak verzadigde, anaërobe omstandigheden. Op de locaties Dalfsen I en II wordt dit veroorzaakt door een te hoge gemiddelde grondwaterstand ten opzichte van het infiltrerende oppervlak van de bodeminfiltratiesystemen. Op de locatie Arcen is dit het gevolg van de hoge hydraulische belasting van 19 cm/dag, waardoor onder het infiltratiesysteem een relatief grote opbolling van de grondwaterspiegel is ontstaan. Op de locaties Epse en Appelscha heersen aerobe, onverzadigde stromingsomstandigheden onder/rondom het infiltrerend oppervlak.

Afb. 2 - Fosfaatgehalte bodemvocht locatie Epse.



Samenstelling infiltraat

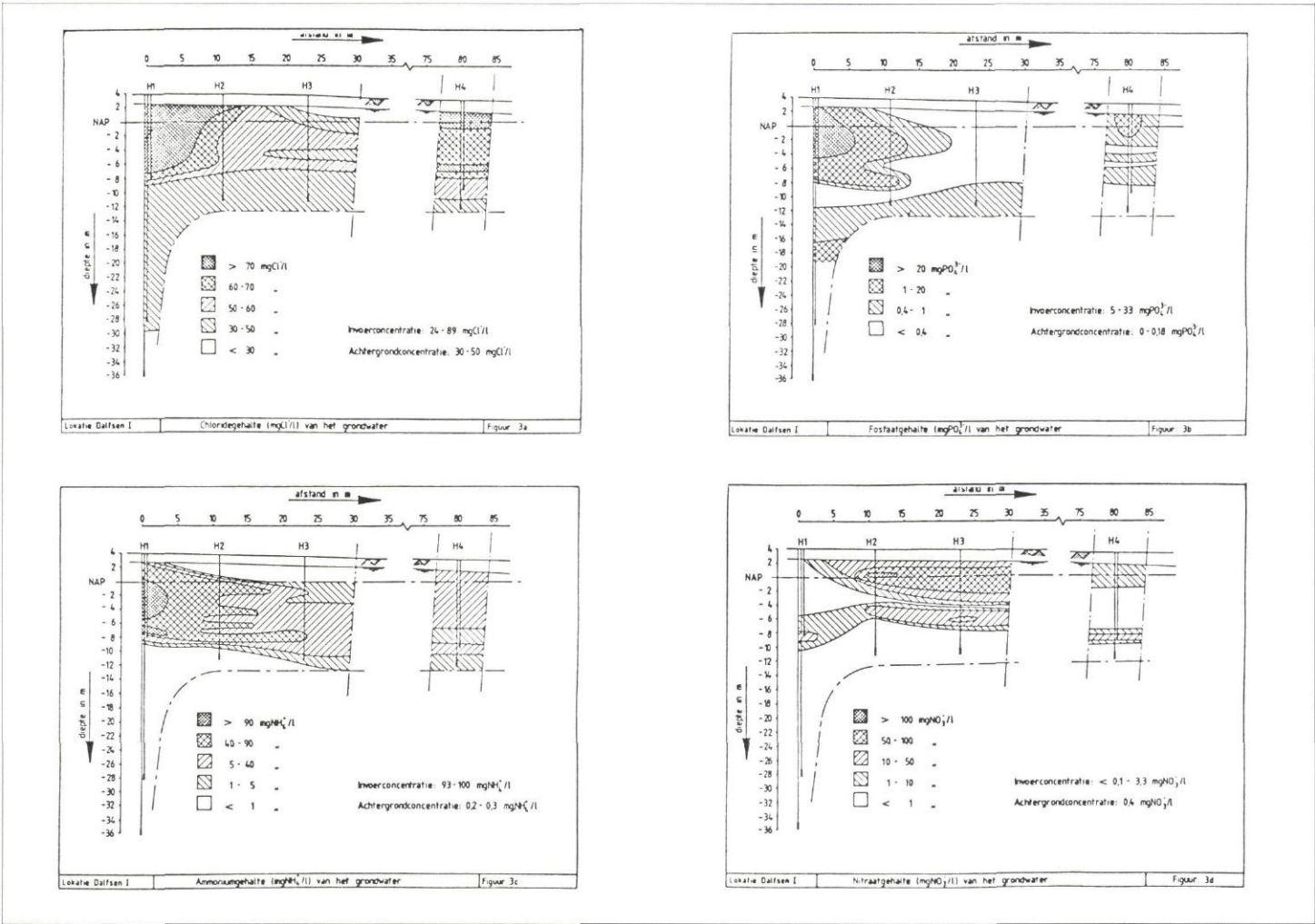
Op de locaties Dalfsen I en II bestaat het infiltraat uit het effluent van de bezinkput. Op de locaties Epse, Appelscha en Arcen uit het effluent van de septic tank. In tabel IV is de samenstelling van het infiltraat voor de vijf locaties weergegeven. De belangrijkste componenten zijn CZV, BZV, fosfaat, stikstofverbindingen (voornamelijk NH₄-N), chloride en detergents. De variaties in de concentraties tussen de locaties zijn aanzienlijk en worden veroorzaakt door een verschil in stoffen- en waterverbruik. Wat betreft de micro-verontreinigingen worden voornamelijk Cu, Zn, Pb, EOCl en toluen (indicteel) verhoogd aangetroffen.

Rendementen septic tank-bodeminfiltratiesystemen

Voor drie van de vijf onderzochte locaties (Epse, Appelscha en Arcen) is de gemiddelde samenstelling van het infiltraat vergeleken met de samenstelling van de bodem/grondwatervlak onder en rondom de bodeminfiltratiesystemen. In tabel V zijn voor de macroparameters (BZV, N en P) de gemiddelde verwijderingspercentages weergegeven over de gehele onderzoeksperiode (2 jaar). Een onderverdeling is gemaakt naar verwijderingspercentages van de septic tank, het bodeminfiltratiesysteem en het totaal rendement.

Infiltratiekanalen

De infiltratiekanalensystemen Epse en Appelscha hebben rendementen die redelijk vergelijkbaar zijn: voor CZV en BZV zijn deze respectievelijk 85-47% en 98-89%. De N-Kj en P-totaal rendementen zijn respectievelijk 97-70% en 87-100%. Het N-totaal rendement bedraagt 36-48%. Als gevolg van de goede nitrificatie en matige denitrificatie komt nog veel stikstof in de vorm van nitraat in het grondwater terecht. Fosfaat wordt bij beide systemen vrijwel volledig vastgelegd in de onverzadigde zone door neerslagreacties. Bij Epse blijkt echter duidelijk dat de capaciteit voor fosfaatvastlegging in het diepste deel van de onverzadigde zone bij het begin van de infiltratiekanalen reeds is overschreden (zie afb. 2). Uit een beperkt aantal metingen van de microparameters kan worden vastgesteld dat EOCl, vluchtige aromaten, anionactieve detergents en zware metalen in de onverzadigde zone bij beide infiltratiekanalen redelijk tot goed worden vastgelegd en/of verwijderd. Dit geldt eveneens voor pathogene bacteriën (hiervoor is E.coli als maat genomen).



Afb. 3 - Schematische weergave van de grondwaterkwaliteit in klassen voor locatie Dalfsen I (40 i.e.) na 12 jaar lozing.

Zakputten en infiltratiebed

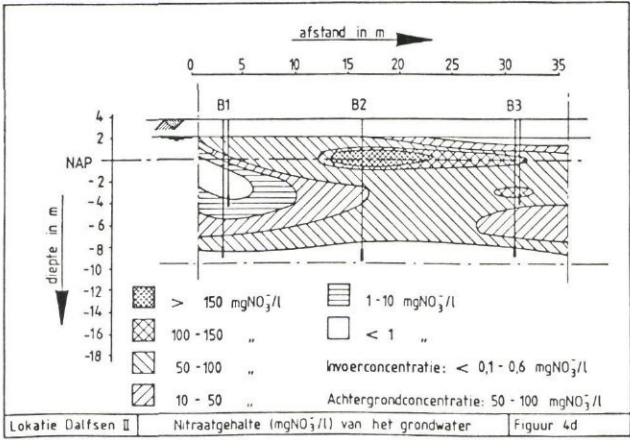
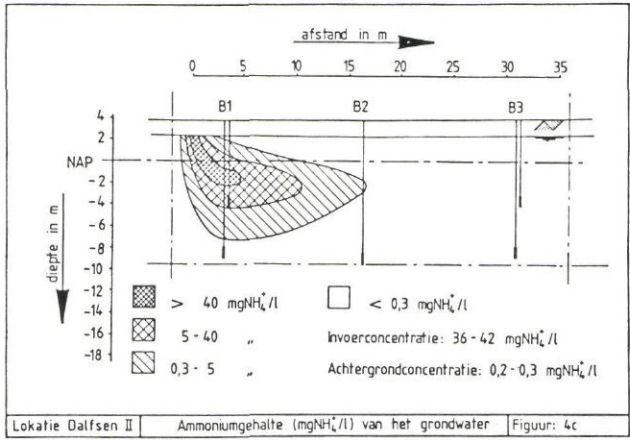
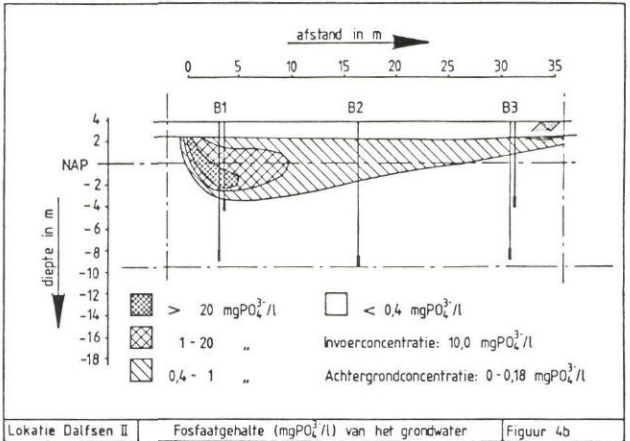
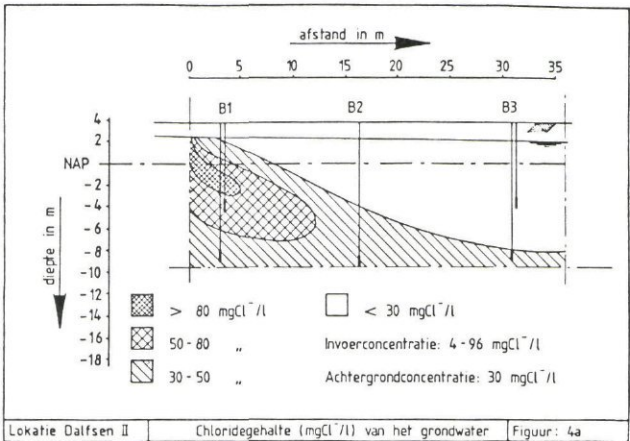
In tabel V valt duidelijk de slecht zuiverende werking van de zakput te Arcen op. Dit wordt veroorzaakt door de situering van de put ter plaatse van een grindlaag met grote doorlatendheid. Het bodemfiltraat ondergaat in de zeer permeabele onverzadigde zone (met geringe verblijftijd en anaërobe omstandigheden) vrijwel geen verdere zuivering. Wat de locaties Dalfsen I en II betreft geldt eveneens dat de zuiverende werking wat betreft de macroparameters (CZV, N) gering is. Op beide locaties heersen eveneens anaërobe omstandigheden. Op de locatie Dalfsen I wordt dit veroorzaakt door de geringe afstand tot de grondwaterspiegel (0,3 m) en de voor dit bodemtype te hoge hydraulische belasting. Bij de locatie Dalfsen II ligt de zakput in het grondwater. De pathogene bacteriën en de microverontreinigingen (indien aanwezig) komen grotendeels in het grondwater terecht. Uit de vermelde resultaten blijkt duidelijk dat bij gebruik van de zakputten,

infiltratiebedden en infiltratiekanalen onverzadigde, aërobe stromingsomstandigheden essentieel zijn voor een optimaal zuiveringsresultaat. Zuiveringstechnisch geeft het gebruik van zakputten een grotere kans op geringere resultaten dan ingewerkte infiltratiekanalen en -bedden als gevolg van de lagere toegepaste hydraulische belastingen van laatstgenoemde systemen.

Beïnvloeding lokale grondwaterkwaliteit

In tabel VI is de invloed op het grondwater rondom de onderzochte bodem-infiltratiesystemen weergegeven en in de afb. 3 en 4 zijn voor de locaties te Dalfsen de gemiddelde analyseresultaten van het grondwater over drie meetronden voor enkele parameters schematisch weergegeven. Onder de zakput te Arcen is onder invloed van de lozing de grondwaterstromingsrichting lokaal gewijzigd waardoor het vervuilde water niet langs de geplaatste waarnemingspunten stroomt. Bij beide infiltratiekanalen Epse en Appelscha worden in het grondwater de

in tabel VI gehanteerde toetsingswaarden voor nitraat, E-coli en anionactieve detergenten overschreden. Voor ammonium is dit ook het geval te Appelscha. De overschrijding van de richtwaarden voor anionactieve detergenten beperkt zich tot het grondwater onder de infiltratiesystemen. Wat E-coli, nitraat en ammonium betreft worden deze ook stroomafwaarts van het lozingspunt overschreden. De kwaliteitsbeïnvloeding bij de locatie Epse en Appelscha strekt zich gedurende de onderzoeksperiode, na respectievelijk 5 en 2 jaar, uit tot respectievelijk 4 m en 2 m in verticale zin. De totale lengte van de horizontale beïnvloeding is niet vastgesteld. Bij het infiltratiebed en de zakput (locatie Dalfsen I en II) worden de toetsingswaarden voor nitraat, ammonium, P-totaal, detergenten en bij Dalfsen I ook voor toluen (incidenteel) overschreden. Uit de afb. 3c en 4c en 4d blijkt dat in de nabijheid van de infiltratiepunten de stikstofverbindingen in het grondwater in de vorm van ammonium voorkomen. Dit



Afb. 4 - Schematische weergave van de grondwaterkwaliteit in klassen voor locatie Dalfsen II (5 i.e.) na 12 jaar lozing.

effect wordt veroorzaakt door de reeds eerder beschreven anaërobe, verzadigde stromingsomstandigheden. Nabij de infiltratiepunten verplaatst het ammonium zich even snel in het grondwater als het niet reactieve chloride en zijn de gehalten van beide parameters in het grondwater nagenoeg even hoog als die in het infiltraat (zie afb. 3a, 3c en 4a, 4c).

Dit wijst op een verzadiging van de adsorptiecapaciteit van het bodem-materiaal na het ongeveer 12-jarig bestaan van de lozingen. Verder stroomafwaarts treedt adsorptie en nitrificatie van ammonium op. Hierdoor komen de stikstofverbindingen voor-namelijk in de vorm van nitraat voor. Voor fosfaat (zie afb. 3b, en 4b) geldt

hetzelfde als voor ammonium. Ook hier is de fosfaatvastleggingscapaciteit van de bodem overschreden. Op enige afstand stroomafwaarts nemen de concentraties af door adsorptie en dispersie. De maximale verticale kwaliteitsbeïnvloeding, zoals is afgeleid uit het verloop van het chloridegehalte bedroeg voor de beide locaties te Dalfsen circa 13 meter na 12 jaar lozen (fig. 3a, en 4a). Wat de horizontale kwaliteitsbeïnvloeding betreft geldt dat de waarden van de vluchtige aromaten (tolueen), EOCl en anionactieve detergents binnen ongeveer 10 m afstand sterk afnemen. De concentraties van deze stoffen nemen sterker af dan van chloride binnen dezelfde afstand. Deze afname wordt dus niet alleen veroorzaakt door verdunning, maar ook door adsorptie en/of afbraak. Uit de afb. 3a en 4a blijkt dat bij het verste waarnemingspunt, op respectievelijk 85 m en 32 m afstand van de lozingen, nog steeds sprake is van een invloed van de lozing op verschillende diepten in het grondwater.

TABEL VI - Toetsing grondwaterkwaliteit rond de bodeminfiltratiesystemen aan de C-toetsingswaarde Leidraad Bodemsanering (Min. VROM, 1988)/MTC-waarde EG drinkwater-richtlijn 1980 (80/778/EEG).

Parameter	C-waarde/ MTC*-waarde		Infiltratiebed Dalfsen I 12 jr oud	Zakput Dalfsen II 12 jr oud	Infiltratiekanalen	
					Epse 5 jr oud	Appelscha 2 jr oud
NO ₃ -N	11*	mgN/l	+	+	+	+
NH ₄ ⁺ -N	3	mgN/l	+	+	-	+
PO ₄ ³⁻ -totaal	0,7	mgP/l	+	+	-	-
Cu	200	µg/l	-	-	-	-
Zn	800	µg/l	-	-	-	-
Pb	200	µg/l	-	-	-	-
Cd	10	µg/l	-	-	-	-
Detergents	0,2*	µg/l	+	+	+	+
EOCl	70	-	-	-	-	-
Tolueen	50	µg/l	+	-	-	-
E-coli	1*	per 100 ml	n.g.	n.g.	+	+

+ = overschrijding
- = geen overschrijding
n.g. = niet gemeten

uitstek om de ontwikkeling van methoden en technieken, waarvoor menselijk vernuft dient te worden ingezet om in overeenstemming met de draagkracht van het milieu 'huis te

Noten en verwijzingen

1. Lindström, T. (1988). *Experiences with composter and greywater-treatment*. Inleiding gehouden t.g.v. het 10-jarig bestaan van de Stichting de Twaalf Ambachten, maart 1988, niet gepubliceerd.
2. DHV Raadgevend Ingenieursbureau (1985). *Evaluatie Minimum Energiezuinig*. Dossier 1-3516-04-05, oktober 1985, pag. 60-86.
3. Ministerie van VROM/Witteveen+Bos (1987). *Werkrapport locatie VROM 3.20*. Juni 1987, niet gepubliceerd.
4. Kristinsson, J. (1986). *20 Jaar Architecten- en Ingenieursbureau Kristinsson*. Eigen uitgave dec. 1986, pag. 198.
5. De percentages minder-verontreiniging door scheiding aan de bron zijn ontleend aan Lodder, A. en Siebel, M. A. (1980). *Kleine afvalwatersystemen*. Witteveen+Bos Raadgevend Ingenieursbureau, Deventer.
- De percentages minder-verontreiniging door de grijs afvalwaterbehandeling zijn gebaseerd op gemiddelden van influent- en effluentconcentraties over 1986.
- De percentages minder-verontreiniging van de referentie zijn gebaseerd op gemiddelden van influent- en effluentconcentraties van een slecht, goed en uitstekend functionerende RZL, eveneens over 1986.
- De bepalingen werden tweemaal per maand verricht door het Hoogheemraadschap der Uitwaterende Sluizen te Idam.
6. Commissie Onderzoek Biologische Landbouwmethoden (1977). *Alternatieve Landbouwmethoden*. Pudoc Centrum voor Landbouwpublicaties en Landbouwdocumentatie, Wageningen, pag. 310 en pag. 274.
7. Clivus Multrum USA (1981). *Clivus Multrum health considerations*. Eigen uitgave, juni 1981, tabel 1 en 2.
8. Fogel, M. (1977). *Chemical analysis of Clivus Multrum compost*. Eigen uitgave febr. 1977, pag. 5 en pag. 7; genoemd werkrapport bijlage 10; Handboek voor de akkerbouw, samenstelling van organische meststoffen van dierlijke oorsprong, tabel 16, pag. 30.
9. Feachem, Richard G. *Sanitation and disease*. In opdracht van het ministerie van VROM uitgegeven door John Wiley & Sons, pag. 78-81.
10. Wolgast, M., geciteerd door Hupping Stoner, C. (1977). *Good bye to the flush toilet*. Rodale Press USA, pag. 104.
11. Hier wordt geduid op de dissertatie van Van Zon, H. (1986). *Een zeer onfrisse geschiedenis*. In opdracht van het ministerie van VROM uitgegeven door de Staatsuitgeverij. Zie in dit verband ook het commentaar van Feachem, pag. 63 en 64 (geen toppunt van wetenschappelijk succes, geen produkt van een logisch en rationeel ontwerp-proces, maar het resultaat van een historische samenloop van omstandigheden).
12. Deze bijdrage is mede tot stand gekomen dank zij het commentaar van drs. R. Boeringa (Nationale Raad voor Landbouwkundig Onderzoek), prof. ir. J. H. Kop (TU Delft), prof. dr. J. Huisman (EUR), ir. J. J. Kristinsson, S. Leeftang (Stichting De Twaalf Ambachten) en de door het Ministerie van VROM ingestelde begeleidingscommissie ten behoeve van het praktijkonderzoek individuele behandeling van afvalwater bij verspreide bebouwing.

Bodeminfiltratiesystemen

• Slot van pagina 549

Conclusies en aanbevelingen

Conclusies

- De infiltraatkwaliteit bij kleine lozingen van huishoudelijk afvalwater kenmerkt zich door grote variaties en wordt veroorzaakt door verschillen in water- en stoffengebruik.
- Het verwijderingsrendement van bodeminfiltratiesystemen wordt in belangrijke mate bepaald door de verblijftijd van het infiltraat en de mate van aërobie in de onverzadigde zone.
- Bij een goed gedimensioneerde septic tank – infiltratiesystemen zijn voor het verwijderingsrendement de volgende waarden gevonden: CZV 77-90%, BZV_s 95-99%, N-Kj 71-97%, N-totaal 37-50% en P-totaal 88-100%.
- Optimale verwijderings-/afbraakcondities (onverzadigde en aërobe omstandigheden) worden bereikt bij maximale toelaatbare hydraulische belastingen, afhankelijk van het bodemtype, van 1-5 cm/dag (infiltratiekanalen en -bedden) en 4-6 cm/dag (zakputten) met een voldoende diepe grondwaterspiegel (minimaal ca. 0,6-1,2 m) onder het infiltrerend oppervlak en een gelijkmatige verdeling van het infiltraat.
- Septic tank-infiltratiesystemen hebben uiteindelijk altijd lokale bodemverontreiniging tot gevolg:
 - onverzadigde zone: accumulatie van met name fosfaat en zware metalen;
 - grondwater: nitraat, detergenten, E-coli, organische micro-verontreinigingen en op termijn fosfaat.
- Aanvoer van septic tank-effluent naar het infiltratiesysteem onder vrij verval leidt in de eerste gebruiksjaren tot lokale overbelasting.

Aanbevelingen

- Voorschakeling van een goed ontworpen en gedimensioneerde septic tank (1,5 m³/i.e.) voor het infiltratiesysteem is aan te bevelen.
- bij hoge grondwaterstanden kunnen opgehoogde infiltratiesystemen zoals bijvoorbeeld een opgehoogd infiltratiebed worden toegepast.
- Aanleg van septic tank-infiltratiesystemen in goed doorlatende grindhoudende afzettingen moet worden vermeden.
- Gedoseerd en eventueel onder druk belasten verdient de voorkeur boven permanente belasting onder vrij verval ter bevordering van gelijkmatige verdeling van het afvalwater over het infiltrerend oppervlak.
- Verdere beperking van de belasting van

het bodemsysteem kan worden bereikt door voor het infiltratiesysteem een vergaande voorzuivering toe te passen (bijvoorbeeld biorotor, zandfilter). Bij de beoordeling van de toelaatbaarheid van bestaande of nieuwe bodemlozingen dient gezien het feit dat bodemlozingen bij toepassing van conventionele voorzuiveringssystemen uiteindelijk altijd lokale bodemverontreiniging veroorzaken, de dichtheid en omvang van het aantal lozingen per oppervlak in relatie tot het bodemgebruik (bij agrarisch gebied, waterwingebied of natuurterrein) in beschouwing te worden genomen.

Slotbeschouwing

Op basis van de resultaten van het uitgevoerde praktijkonderzoek wordt momenteel door het ministerie van VROM, IWACO en Witteveen+Bos de Uitvoeringsregeling Lozingenbesluit bodembescherming nader uitgewerkt [1]. In deze technische uitvoeringsregeling wordt uitgegaan van een bodemclassificatiesysteem dat de grondslag vormt voor de dimensioneringsvoorschriften van bodeminfiltratiesystemen. Op korte termijn zal hierover nader worden gepubliceerd in de vakbladen.

Literatuur

1. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. *Ontwerp-Lozingsbesluit bodembescherming*. Staatscourant 148, 3-8-1988.
2. Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne. *Individuele behandeling van afvalwater bij verspreide bebouwing*. Deelaspect: Infiltratie in de bodem en bodemverontreiniging. 1981.
3. Chardon, G. M., Duijsens, L. J. E. en Tukkers, A. (1982). *Infiltratie van huishoudelijk afvalwater en bodemverontreiniging*. H₂O (15), 1982, nr. 7, 129-136.
4. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. *Reeks Bodembescherming, no. 57. Infiltratie-effect huishoudelijk afvalwater op kwaliteit bodemsysteem*. 1986.
5. IWACO BV. *Individuele behandeling van afvalwater bij verspreide bebouwing. Onderzoek fase 2B: Praktijkonderzoek naar infiltratietechnische aspecten en kwaliteitsbeïnvloeding van het bodemsysteem*. 1988.
6. Fastenau, F. A. (1987). *Sheets bij voordracht: Zuiveringsprestaties van kleine zuiveringen*. Voordrachtenmiddag 20-11-1987, Witteveen+Bos, Deventer.
7. Bouma, J. (1975). *Unsaturated flow during soil treatment of septic tank effluent*. J. of the Env. Eng. Div. 6, 967-982.
8. Siegrist, R. J., Anderson, D. L. and Hargett, D. L. (1986). *Large soil absorption systems for waste water from multiple-home developments*. EPA/600/2-86/023.
9. Struchtemeyer, R. A. and Black, R. W. (1982). *Proc. of Third Nat'l Symposium on Individual and Small Community Sewage Treatment*. Am. Soc. of Agric. Eng. Publ. 1-82. St. Joseph MI.
10. Lewis, W. J., Forster S. S. D. and Drasar, B. S. (1982). *The risk of groundwater pollution by on-site sanitation in developing countries*. A literature review. IRCWD-rapport no. 01-82.