

# (Inter)nationale ervaringen met ondergrondse infiltratievoorzieningen

## Een overzicht van 20 jaar monitoring in Nederland en een aanzet tot richtlijnen

Ir. F. (Floris) C. Boogaard (Tauf bv: 020-6063250; fcb@tauf.nl)  
Ing. R. (Ronald) Wentink (Tauf bv: 0570-699248; rwe@tauf.nl)

**Trefwoorden:** infiltratie, geotextielen, kwaliteit regenwater, richtlijnen voor aanleg, beheer en ontwerp

*Eind vorige eeuw is in Nederland grootschalig begonnen met het afkoppelen en infiltreren van regenwater. Het betrof een voorzichtige start aangezien nog niet veel bekend was over het hydraulisch en milieutechnisch functioneren van de infiltratievoorzieningen. Voor de introductie van infiltratievoorzieningen in het stedelijk gebied was al enige kennis uit het buitenland beschikbaar. Vanaf 1992 zijn pilots in Nederlandse steden als Zwolle, Eindhoven en Enschede uitgevoerd, waar de onzekerheden over het functioneren werden ondervangen door metingen aan en observatie van deze infiltratiesystemen.*

*In de jaren erna zijn veel afkoppelprojecten gestart en is uitgebreide ervaring opgedaan met het ontwerp, de aanleg en het beheer van de voorzieningen. Anno 2012 - 20 jaar na de eerste implementaties - is het tijd om deze ervaringen op een rij zetten en te komen tot een aanzet voor richtlijnen voor het ontwerp, aanleg en beheer van de infiltratievoorzieningen om het kwantitatief en kwalitatief functioneren van de voorzieningen te waarborgen.*

---

### Woord vooraf: Interpretatie aanbevelingen

In dit artikel worden aanzetten gemaakt voor het opstellen van enkele richtlijnen en hun achtergrond wordt weergegeven. Hiervoor is onder meer gebruik gemaakt van meetresultaten van infiltratievoorzieningen in Nederland. Uiteindelijk worden een aantal conclusies en aanbevelingen op een rij gezet. Deze aanbevelingen kunnen de basis vormen voor op te stellen richtlijnen. Daarbij wordt opgemerkt dat het ontwerp, de aanleg en beheer van infiltratievoorzieningen maatwerk blijft. De aanbevelingen voor richtlijnen zijn dan ook een hulpmiddel en geen eisen of garanties voor het gewenste functioneren van de voorziening. Daarom worden de aanbevelingen in dit artikel toegelicht, zodat hiervan gemotiveerd kan worden afgeweken. Sommige aanbevelingen zijn voortgekomen uit ervaringen op enkele locaties die niet representatief zijn voor alle situaties in Nederland. Ook is de kennis op sommige vlakken te summier, zodat onderzoek en het meten aan voorzieningen gewenst blijft. Met nieuwe kennis dienen de aanbevelingen periodiek te worden bijgesteld. Dit artikel wordt afgesloten met een overzicht van de praktische aanbevelingen voor het ontwerp, de aanleg en beheer van ondergrondse infiltratievoorzieningen.

### Inleiding

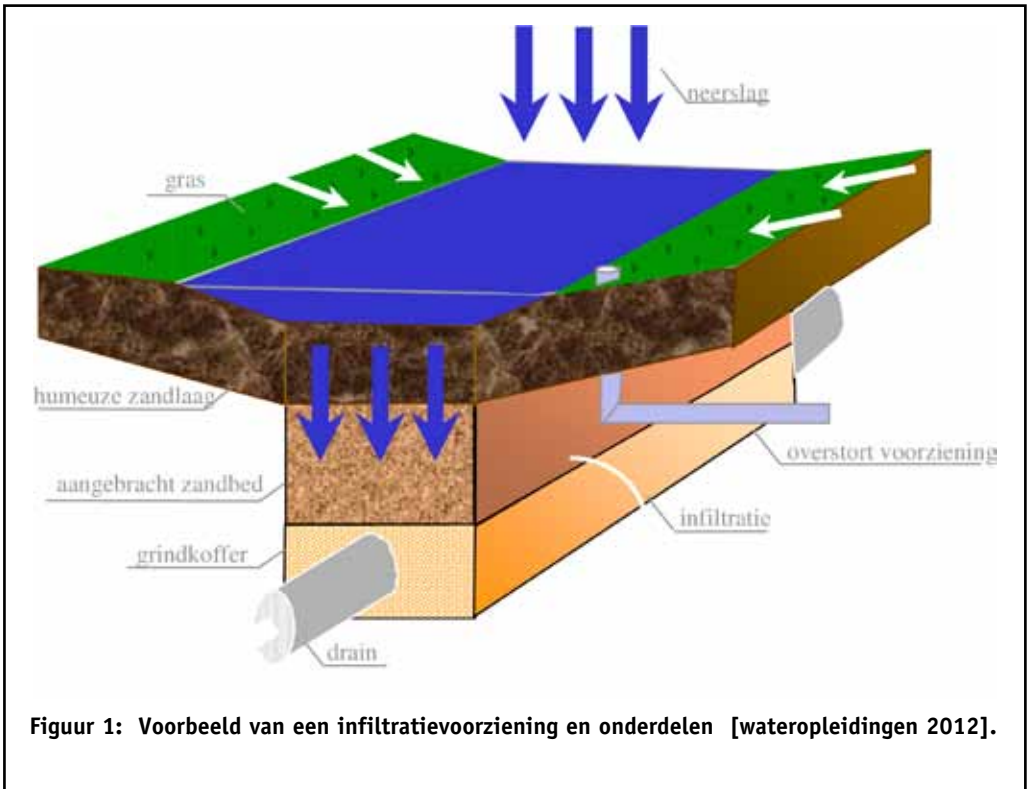
Infiltratie van afvloeiend hemelwater is één van de methoden om regenwater van het gemengde vuilwaterriool af te koppelen of niet aan te sluiten. Infiltratie houdt water vast en/of vertraagt de afvoer van water en heeft daarmee in het algemeen positieve effecten op het beperken van de verdroging, vermindert het aantal riooloverstortingen en bewerkstelligt in veel situaties hogere zuiveringsrendementen van het afvalwater. Ondanks dat het principe in natuurlijke vorm al eeuwen wordt toegepast en in het buitenland enige ervaring was opgedaan in het stedelijk gebied, bracht de concrete invulling

ervan in Nederland (eind vorige eeuw) grote vraagtekens met zich mee. ‘Welke verontreinigingen bevat het afstromende regenwater? Hoe functioneren de voorzieningen op lange termijn? Wat vindt de burger hiervan en hoe gaat deze er mee om?’ Om een antwoord op deze vragen te vinden werden de eerste systemen onderworpen aan meetprogramma’s waarin het kwantitatieve, kwalitatieve en sociaal functioneren van de infiltratievoorzieningen werd vastgelegd.

De aanbevelingen zijn voor een groot deel op grond van de resultaten van monitoring van ondergrondse en bovengrondse infiltratievoorzieningen tot stand gekomen. Deze monitoringsgegevens betreffen met name het hydraulisch, milieuhygiënisch en het sociaal functioneren van de voorzieningen. Ook is gebruik gemaakt van richtlijnen voor infiltratie zoals die in onze buurlanden worden toegepast en gedocumenteerd door de DWA ‘Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall’ (voorheen ATV-DVWK-Regelwerk) en VLARIO, katern afkoppelen bufferen en infiltreren”, 2005.

In de volgende paragrafen worden de richtlijnen toegelicht.

## Opbouw infiltratievoorziening (bovengronds en ondergronds)



**Figuur 1: Voorbeeld van een infiltratievoorziening en onderdelen [wateropleidingen 2012].**

Globaal kunnen infiltratievoorzieningen onderverdeeld worden in boven- en ondergrondse voorzieningen. Bij ondergrondse voorzieningen (of percolatievoorzieningen) wordt het water onder maaiveld naar waterbuffers geleid waaruit het water naar de omringende grond en het grondwater kan infiltreren. De waterbuffers bestaan uit een prefab, vormvaste constructie waarbinnen een (vrijwel) holle ruimte aanwezig is en of ze bestaan uit een ter plaatse gemaakte constructie bestaande uit geotextiel waarbinnen kleinere elementen aanwezig zijn. De draagkracht bij deze tweede categorie wordt ontleend aan het materiaal binnen het geotextiel. Voorbeelden van de ter plaatse gemaakte constructies zijn ondermeer

grind- en lavakoffers en geëxpandeerde kleikorrels. Bij de zelfdragende constructies moet gedacht worden aan infiltratiebuizen, boxen, schaaldelen, etc. Bij de bovengrondse infiltratievoorziening wordt het regenwater over het straatoppervlak geleid, door middel van gootjes, naar een open berging waar het water infiltreert. Deze methode heeft indien de ruimte beschikbaar is vaak de voorkeur vanwege kosten, uitsluiting van foutieve aansluitingen en bereikbaarheid van de voorziening.

Bovengrondse infiltratiesystemen kunnen ook (periodiek voorkomende) hoge grondwaterstanden beteugelen. Deze voorzieningen moeten dan wel ondergronds zijn voorzien van aggregaat en/of een drainbuis (zie figuur 1). Komen de grondwaterstanden ter hoogte van de sleuf met aggregaat dan treedt de drainbuis als ontwateringsmiddel in werking. Via de drainbuis wordt het verzamelde grondwater afgevoerd naar het oppervlaktewater. De infiltratievoorziening werkt in de winterperiode dus voornamelijk als een rioolrain: het zorgt zowel voor verlaging van de grondwaterstanden als voor het transport van (geïnfiltreerd) regenwater. Met behulp van deze maatregelen kan ervoor gezorgd worden dat het water uit een woonwijk minder snel afgevoerd wordt dan met traditionele oplossingen. De infiltratievoorziening zorgt dus voor een rustig verlopend afvoerpatroon.

De aanbevelingen in dit artikel zijn met name van toepassing bij ondergrondse voorzieningen. Voor wadi's wordt verwezen naar het artikel: "Richtlijnen voor het ontwerp, aanleg en beheer van wadi's, Rioleringswetenschap 18, 1 juni 2005 (Boogaard F, Wentink R.) en de rapportages:

1. RIONED, 2006 "Wadi's: aanbeveling voor ontwerp, aanleg en beheer", feb. 2006
2. STOWA "Vooronderzoek natuurvriendelijke wadi's Inrichting, functioneren en beheer" Boogaard F.C., Jeurink N., Gels J.H.B. 2003
3. Riolering 2003, "Wadi's laten nauwelijks metalen door", Boogaard F.C., Schipper P, Speelman J.P.,
4. Tauw 2001 "Praktijkresultaten, De wijken Oikos en Ruwenbos; Monitoring wadi te Enschede", Tauw (R.Wentink&F.Boogaard) 2001.

## Aanbevelingen: Hydraulisch functioneren

### Algemeen

Het hydraulisch functioneren van een infiltratievoorziening is in hoge mate afhankelijk van de ontwerpuitgangspunten en geohydrologische situatie. Een goed ontwerp is daarmee de basis voor een goed functionerend systeem.

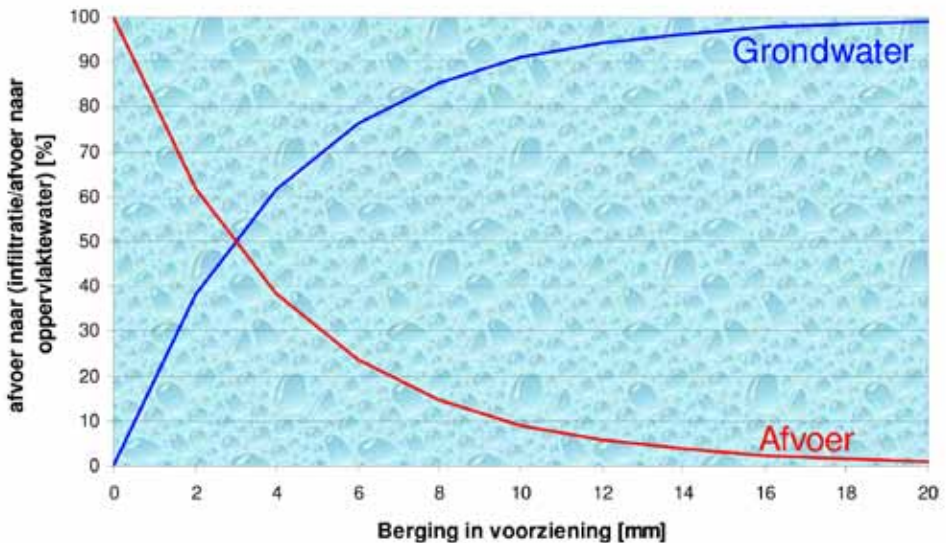


**Figuur 2: Voorbeelden van eerste voorzieningen in Nederland (Schellerhoek te Zwolle, Stadshagen te Zwolle, Runstraat in Eindhoven (aanleg 1992 en opgraving 2006).**

In Nederland worden veel infiltratievoorzieningen nog gedimensioneerd op theoretische regenduurlijnen. Bij deze methode wordt bijvoorbeeld geen rekening gehouden met inloopverliezen of opeenvolgende buien waarbij de berging nog niet geheel geleegd is. Een berekening op basis van regenreeksen met inloopmodel zal mede daarom een betere voorspelling geven van het gedrag van infiltratievoorzieningen.

In de Duitse richtlijnen wordt voor de berekeningswijze onderscheid gemaakt in het soort voorziening. Voor semi-centrale en centrale infiltratievoorzieningen<sup>1</sup> (grotere aaneengeschakelde systemen van wadi's) dient conform de ATV-A138 een reeksrekening uitgevoerd te worden. Daarbij wordt minimaal gerekend met een regenduurlijn van 10 jaar. De voorziening mag niet meer dan 1 keer in de 10 jaar falen (water op straat). Als maximale verblijfsduur wordt 24 uur aangehouden.

Voor decentrale infiltratievoorzieningen volstaat een (vereenvoudigde) berekening met een regenduurlijn en een kans op overschrijding van 1 keer in de 5 jaar. Dit geldt ook voor de sleuf met aggregaat, echter de wadi zelf mag 1 keer per jaar overlopen op de infiltratiesleuf.



**Figuur 3: Relatie tussen berging en overstort bij een doorlatendheid van  $n$  ( $kd=3$  m/d) [PAO cursus wateropgave 2011].**

In de praktijk is voor berekening van een infiltratievoorziening op straat en wijkniveau een reeksrekening sterk aan te bevelen. Een voorbeeld van de uitkomsten van zo'n reeksrekening wordt weergegeven in figuur 3 (op basis van historische regenreeks 1955-1979 en standaard inloopmodel).

In figuur 3 is af te leiden dat een vergroting van de berging van het infiltratiesysteem een niet evenredige grote vermeerdering aan infiltratie in de bodem met zich mee brengt. Zo zal bij een berging van 10 mm 90% infiltreren, bij een verdubbeling van de berging naar 20 mm zal het rendement nog geen 10% toenemen. De verdubbeling van de berging zal niet in verhouding staan met de bijbehorende aanleg- en onderhoudskosten alsmede het benodigde ruimtegebruik. Gemiddeld zullen bij een berging van 10 mm en een doorlatendheid van 3 m/d twee overlopen per jaar optreden.

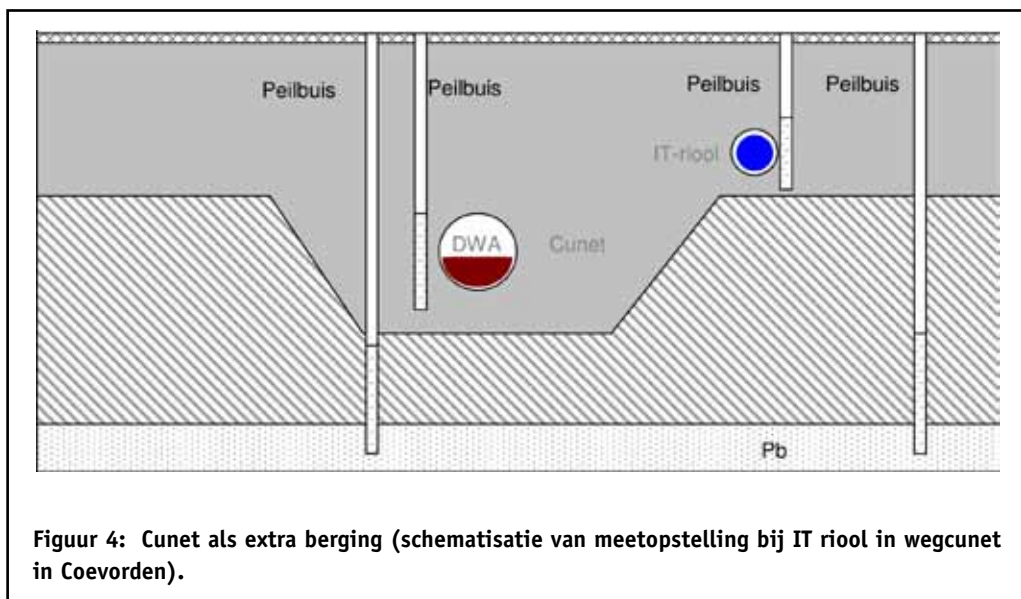
Ter vergelijking: bij een gemiddeld verbeterd gescheiden stelsel wordt circa 30% ongezuiverd op het

oppervlaktewater geloosd. Indien men dezelfde hydraulische capaciteit vertaald naar een infiltratievoorziening zou onder deze omstandigheden een berging van 5 mm voldoende zijn.

## Ontwerp versus praktijk

Uit evaluaties van het ontwerp en (langdurige) metingen na aanleg blijkt dat het functioneren in de praktijk in diverse gemeenten in Nederland vaak niet overeenkomt met de dimensionering van het infiltratiesysteem. Zo blijkt enerzijds dat de verwachte hoeveelheid regenwater waarmee de voorziening wordt belast (inloop) in veel gevallen lager is dan met de modellen is voorspeld. De oorzaak kan gezocht worden in de veiligheidsfactoren die in modellen worden gebruikt (inloopparameters die veilig worden ingeschat of niet worden meegenomen zoals bij regenduurlijnen). Daartegenover staat dat in de praktijk vaak 'gesnoept' wordt aan de ruimte voor water uit het ontwerp vanwege diverse praktische redenen en om het uitgeefbaar gebied te verhogen. Zo zijn gevallen bekend waar de werkelijk aangelegde berging in een deel van de infiltratievoorziening de helft is van de ontworpen berging door onder andere de verhardingsdrift van bewoners en onzekere aannamen. Ook wordt het vaak cunet rondom de infiltratievoorziening niet meegenomen in het ontwerp, dit kan in sommige gevallen tot een onderschatting van de beschikbare berging vormen.

Onderzoek hiernaar in ondermeer Coevorden heeft aangetoond dat er ca. 5 mm berging in het wegcunet aanwezig is (zie figuur 4).



**Figuur 4: Cunet als extra berging (schematisatie van meetopstelling bij IT riool in wegcunet in Coevorden).**

De onzekerheid bij het ontwerp zit met name in de beperkte informatie van de geohydrologische gegevens. Zo worden infiltratievoorzieningen in wijken ontworpen op één of enkele doorlatendheidsmetingen waarvan niet bekend is met welke meetmethodiek deze bepaald zijn (infiltrometertest, falling head, omgekeerde boorgatenmethode), de ruimtelijke variatie van de doorlatendheid en de omstandigheden waaronder dit is bepaald (verzadigde of onverzadigde zone, grondwaterstand, klimatologische omstandigheden). Ook wordt vaak weinig aandacht besteed aan de bodemsamenstelling. Zo heeft een doorlatendheid van 3 m/d geen waarde als er sprake is van een ondoorlatende leemlaag waardoor het regenwater niet vrij kan infiltreren naar de ondergrond. Ook van de (schijn-)grondwaterstanden is vaak slechts een beperkte dataset van enkele maandelijkse metingen aanwezig [bron: TU Delft PAO 2011]. De aanbeveling om de bodem van de infiltratievoorziening minimaal 0.5 m boven de gemiddelde hoog-

ste grondwaterstand (GHG; te bepalen op basis van een dataset van circa 8 jaar) aan te leggen wordt bij ondergrondse voorzieningen vaak niet gehaald. Met een minimale dekking op buis van 0.8 meter en een gemiddelde doorsnee van IT-riool van 300 mm dient de grondwaterstand namelijk 1.1 meter onder maaiveld te liggen om deze eis te voldoen. Als grondwater voor langere tijd boven de binnen-onderkant-buis (bob) van de infiltratievoorziening ligt zal door de verminderde berging de voorziening vaker overstorten. De Duitse richtlijn ATV-A138 houdt een minimale afstand vanaf de bodem van de infiltratievoorziening tot het grondwater van 1,0 m aan.

Ook met onzekerheden na aanleg van de voorziening dient men rekening te houden. Zo kan de doorlatendheid in de tijd afnemen door dichtslibbing van de voorziening. Om deze reden wordt in het ontwerp soms een veiligheidsfactor op de doorlatendheid van 0.5 gehanteerd en wordt bij ondergrondse infiltratievoorzieningen de bodem van de voorziening niet als infiltrerend oppervlak meegenomen. Ook in Duitsland wordt in het ontwerp rekening gehouden met de afnemende doorlatendheid van de bodem bij ondergrondse infiltratievoorzieningen. Bij toepassen van een zandvang wordt geadviseerd te rekenen met een reductie met 50%, zonder zandvang met een reductie van 80% voor de bodem en 50% voor de wanden. Ook in Nederland dient een zandvang ter aanbeveling om sedimenttoevoer naar voorziening te beperken en inspectie en onderhoud mogelijk te maken (zie figuur 5).



**Figuur 5: Aansluitingen zonder kolken/zandvang in Amsterdam en infiltratievoorzieningen in Nijmegen met sediment en straatvuil.**

Over het daadwerkelijk dichtslibben van voorzieningen in de praktijk is nog niet veel bekend. In 2007 is door Stichting RIONED een onderzoek gepubliceerd over de oorzaken en gevolgen van dichtslibbing waarbij - naast een literatuuronderzoek en interviews met diverse actoren - de leeglooptijden van twee lang functionerende percolatievoorzieningen in Eindhoven en Zwolle is onderzocht. Hieruit bleek dat op deze locaties geen significante dichtslibbing is geconstateerd na de ca 10-15 jaar functioneren. Echter blijken deze locaties niet representatief voor alle voorzieningen in Nederland, want op enkele locaties zijn wel dichtslibbingsverschijnselen geconstateerd.

De hiervoor genoemde onzekerheden kunnen in het ontwerp deels worden ondervangen door regelfuncties in te bouwen en de afvoer te garanderen door overloopvoorzieningen. Een praktisch voorbeeld van een regelfunctie is het installeren van een regelput bij de uitstroom van een infiltratieleiding waarbij de afvoer kan worden ingesteld (bijvoorbeeld de maximaal toegestane landelijke afvoer) evenals het overlooppniveau. Indien na aanleg blijkt dat de grondwaterstanden hoger zijn dan verwacht kan het drainageniveau worden aangepast en kan een zomer- en winterpeil worden gehanteerd waarbij in de zomermaanden meer water zal infiltreren en eventuele wateroverlast in de winterperiode kan worden tegengegaan door het overstortniveau te verlagen.

Afhankelijk van de geohydrologische situatie zal infiltratie effect hebben op de grondwaterstand. Bij enkele infiltratievoorzieningen in Nederland zijn metingen verricht naar de grondwaterstandsverhoging bij infiltratie. Hieruit blijkt globaal dat de grondwaterstandsverhoging zich beperkt tot enkele centimeters op enkele meters afstand van de voorziening [Tauw, 1998/RIIONED 2006]. Een tijdelijke grondwaterstandsverhoging hoeft vanzelfsprekend geen overlast te veroorzaken en het effect is sterk locatieafhankelijk. Wel wordt aanbevolen de infiltratievoorzieningen niet direct tegen de gevel te plaatsen zodat het regenwater de kruipruimte instroomt. Hiervoor kan als minimale afstand van de voorziening tot gevel één meter worden gehanteerd (ter vergelijking: in Duitsland wordt als minimum 1,5 maal de diepte van het cunet aangehouden of een talud 1:1 plus 0,5 m bij bestaande bebouwing. Bij bebouwing zonder kelders wordt uitgegaan van de diepte van de fundering (in Nederland zou dit onderkant kruipruimte zijn). Bij bebouwing met waterdichte kelders hoeft geen minimale afstand van voorziening tot gevel worden aangehouden, maar gezien op den duur kelders toch kunnen gaan lekken is deze richtlijn aan te bevelen.

## Geotextiel

Een ander aspect bij de ledigingstijd is het geotextiel. Rondom infiltratiebuizen, infiltratie-elementen, etc. wordt meestal een geotextiel aangebracht. Ook rondom het aggregaat onder de wadi zit een geotextiel. Deze geotextielen worden onderverdeeld in twee hoofdsoorten: de weefsels ('wovens') en de vliezen ('non wovens'). De weefsels worden vervaardigd uit garens of bandjes en bezitten een geordende structuur, vergelijkbaar met een zeef. De vliezen bestaan uit mechanisch, chemisch of thermisch aaneengehechte vezels met als kenmerk een willekeurige oriëntatie van de vezels. Vliezen zien er daarom vaak 'wollig' uit. Op theoretische gronden bestaat er wel een voorkeur voor een bepaald type geotextiel in een bepaalde situatie, maar dit wordt nog niet ondersteund door (monitorings)gegevens uit de praktijk. Waar wel overeenstemming over is, is dat deze geotextielen het zand van buiten moeten tegenhouden en het water uit de voorziening moet doorlaten. Uit berekeningen volgt dat voor deze waterdoorlatendheid, voor een 'gemiddelde' situatie, minimaal 35 liter/seconde/m<sup>2</sup> moet worden aangehouden.

Als belangrijkste ontwerpuitgangspunt voor de bodem van infiltratievoorzieningen wordt in Duitsland een doorlatendheid tussen de 0.0036 en 3,6 m/h van de onverzadigde zone aanbevolen (voor wadi's > 0,036 m/h). De bovengrens is gesteld om te snelle infiltratie te verhinderen en daarmee doorslaggevaar van verontreinigingen te voorkomen. Tevens is een minimale doorlatendheid vastgesteld als ondergrens om te lange verblijftijden en anaerobe omstandigheden te vermijden. Deze doorlatendheden kunnen slechts indicatief worden vertaald naar richtlijnen voor de samenstelling van de toplaag.



**Figuur 6: Diverse bronnen: bladval (nutriënten), lozingen (diverse stoffen) en rechts foutieve aansluitingen (inspectiefoto van regenwaterriool).**

## Milieuhygiënisch functioneren

Het afstromende regenwater van verharde oppervlakken bevat verontreinigingen. Diverse bronnen beïnvloeden (op verschillende locaties) de kwaliteit van het hemelwater. Om inzicht te krijgen in welke stoffen er aanwezig zijn in afstromend regenwater en in welke mate, is een database met metingen opgesteld (Stowa 2007).

**Tabel 1: Concentraties vervuilende stoffen in afstromend regenwater in woonwijken (daken en wegen), Stowa 2007 met update 2011 SKINT.**

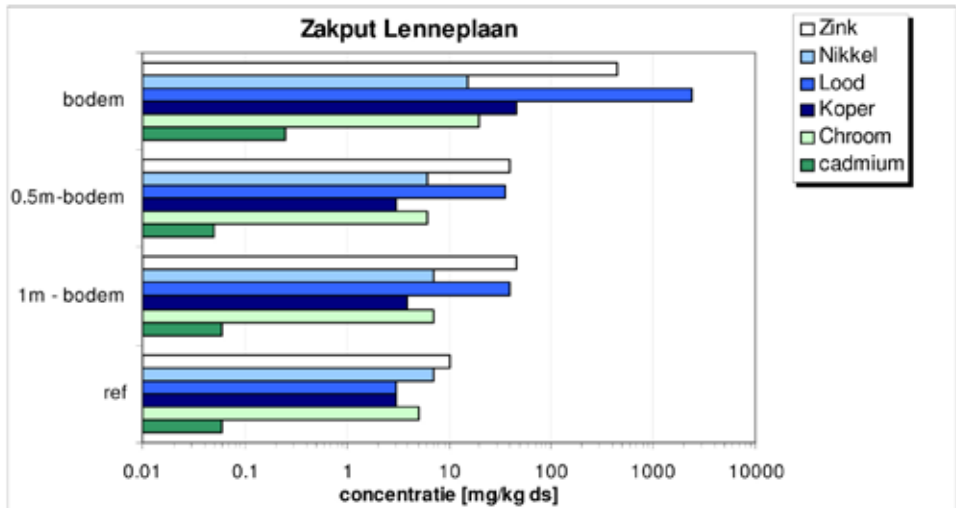
	BZV	CZV	koper	lood	zink	PAK	totaal P	totaal N	E.coli	
	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	kve/100 ml	
gemiddelde concentratie	1.9E+04		5,7	32	19	18	102	0,8	0,4	1,9
Mediaan	3,1	20,0	11	6	60	0,8	0,3	1,1	6,7E+03	
90 percentiel		12,5	60	35	43	250	1,1	1,0	3,1	3,5E+04
Aantal metingen		219	681	686	682	684	145	107	590	116

BZV: biologisch zuurstofverbruik  
 CZV: chemisch zuurstofverbruik  
 PAK: Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen

Uit de metingen van diverse stoffen komt naar voren dat de kwaliteit van het afvloeiend hemelwater per verhard oppervlak en per stof, grote variaties kan vertonen. De concentraties in regenwater en oppervlaktewater zijn sterk locatiespecifiek maar een algemene indruk is uit de database te destilleren. De geconstateerde hoge concentraties aan nutriënten en E. coli bacteriën kunnen duiden op foutieve aansluitingen of uitspoelende bladeren of feces van dieren.

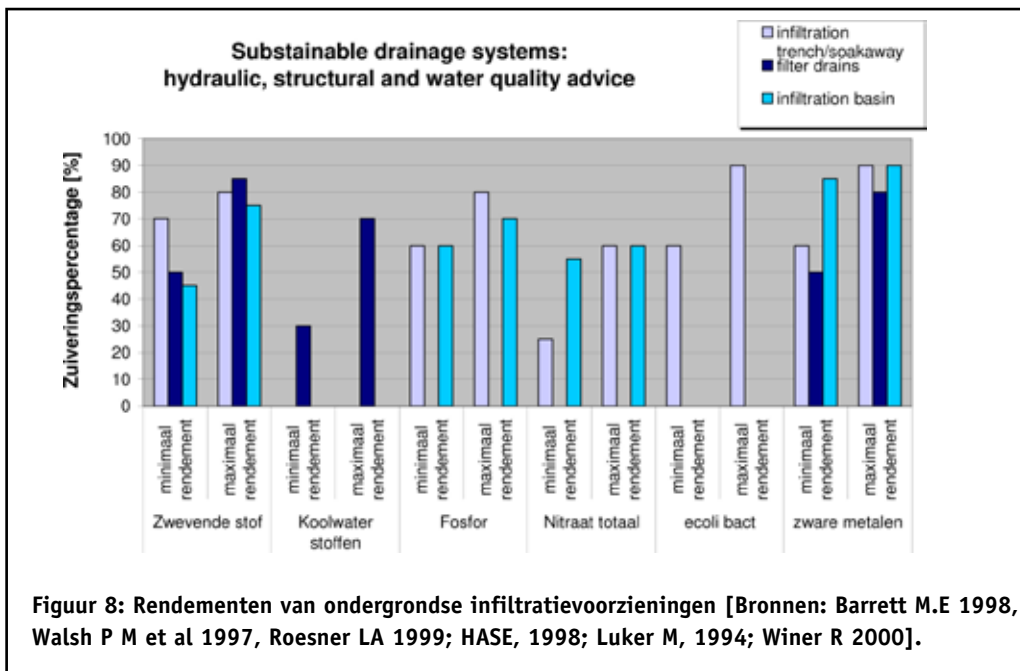
Zware metalen en PAK kunnen in normoverschrijdende concentraties worden aangetroffen (bronmaatregelen om ongewenste vervuiling van het regenwater te voorkomen zijn gewenst).

Een groot deel van deze verontreinigingen bevindt zich niet in oplossing, maar is gebonden aan het zwevend stof [SKINT 2012]. Bij infiltratie van het afgekoppelde water in de bodem worden verontreinigingen vastgehouden door met name de filterende werking van het cunet en de omringende bodem. Nationale en internationale monitoringsprogramma's (zakputten en bermen bij snelwegen) wijzen uit dat deze accumulatie voornamelijk in de eerste tientallen centimeters van de bodem plaatsvindt (zie figuur 7) [bv: Tauw 1999, RIONED 2008].



**Figuur 7: Concentraties onder de bodem van een infiltratievoorziening [Tauw, 1999].**





## Rendementen

Aan de rendementen van ondergrondse voorzieningen is in Nederland nog niet veel gemeten. In het buitenland zijn echter wel enige voorzieningen al langer toegepast en zijn diversen systemen ook aan monitoringsprogramma's onderworpen. In figuur 8 zijn de bepaalde rendementen van enkele infiltratievoorzieningen weergegeven. Het betreft diverse onderzoeken uit Engeland en de VS waarvan de gemiddelde resultaten zijn weergegeven. In de figuur zijn ook de gemiddelde rendementen per stof van de gepresenteerde onderzoeken weergegeven net als het minimale en maximale bepaalde zuiveringsrendement. Te zien is dat de zuiveringsprestatie per locatie sterk kan verschillen en dat voor stoffen als zware metalen en PAK (en het zwevend stof waar deze stoffen in hoge mate aan gebonden zijn), de rendementen over het algemeen hoger zijn dan voor nutriënten (stikstof en fosfaat). Opgemerkt wordt dat de dimensionering van ondergrondse infiltratievoorzieningen in het buitenland op andere richtlijnen en omstandigheden plaatsvindt en de hydraulische belasting door andere klimatologische omstandigheden afwijkt, waardoor deze rendementen slechts een indicatie geven voor de Nederlandse situatie.

## Sociaal functioneren

Infiltratievoorzieningen doen een extra beroep op de oplettendheid van bewoners (geen foutieve aansluitingen op infiltratievoorzieningen, geen afval(-water) in de kolken, geen autowassen, en minimaliseren van het gebruik van bestrijdingsmiddelen en strooien van zout). Deze zorgvuldigheid is in het algemeen, dus ook in (gescheiden) gerioleerde wijken, gewenst. De medewerking van de bewoners kan alleen worden verwacht indien men ook op de hoogte is van de aanwezigheid en werking van het systeem. Communicatie hierover met de bewoners is dan ook van groot belang.

## Enkele voorbeelden praktijkervaringen met infiltratie

### Eindhoven

In de nieuwbouwwijk Meerhoven in Eindhoven is rond het jaar 2000 een doorlatend betonriool aangelegd voor de infiltratie van het regenwater. Ongeveer 6 jaar later moest dit infiltratierool wegens

gewijzigde (nieuwbouw)plannen worden verwijderd. Bij het opgraven bleek de buitenzijde van het riool nog mooi gaaf en waren er geen sporen van dichtslibbing aanwezig. Groot was dan ook de verbazing dat er een ijzerafzetting aan de binnenzijde van de buis aanwezig was. De oorzaak heeft naar alle waarschijnlijkheid te maken met de aanlegperiode van dit riool. Deze is namelijk aangelegd aan het begin van de bouw van de achterliggende wijk. Waarschijnlijk heeft men het bronneringswater vanuit deze achterliggende wijk geloosd op dit infiltratieriool. De rioolbeheerder is, voor zover bekend, nooit op de hoogte gesteld van deze lozingen. Een beheerplan, waarin voorzien wordt in regelmatig onderzoek van de infiltratievoorzieningen, had deze lozingen eerder aan het licht kunnen brengen.



**Figuur 9: Effect ijzerhoudend grondwater op infiltratievoorziening**

## Renkum

In de Hoogenkampseweg in Renkum is in 1999 een kunststof zakput aangelegd die bedoeld was om het afstromende regenwater van een hoofdontsluitingsweg (van asphalt) te infiltreren. De put was omgeven met een non-woven geotextiel. Rondom de put is goed doorlatend (drain)zand aangebracht om de infiltratie vanuit de put te garanderen. Enige jaren na aanleg bleek dat er problemen waren met het infiltreren van het regenwater. Het duurde erg lang voordat het regenwater vanuit de put in de bodem infiltreerde. Bij inspectie van de zakput bleek er een sliblaag aanwezig op de (doorlatende) bodem van de put. Verder was er geen aanwijsbare oorzaak voor het traag ledigen van de put zichtbaar. Besloten werd om de put deels op te graven om te kunnen onderzoeken of er aan de buitenzijde van de put een oorzaak voor de problemen te vinden was. Na het vrijgraven van een deel van de buitenzijde van de put kwam er geen water uit de put, ondanks dat deze op dat moment tot een redelijke hoogte gevuld was. Na het wegschrapen van de aanwezige grond dat tegen het filterdoek zat geplakt, begon het water naar buiten te stromen. De waarschijnlijke oorzaak van de problemen was dat het slib in de zakput bij elke flinke regenbui werd opgewoeld en door het filterdoek aan de buitenzijde van de put werd geperst. Om dit te testen is een gelijkwaardige constructie onderzocht waar achter de eerste put een tweede was geschakeld. De eerste put had ook aanzienlijke problemen met dichtslibbing, terwijl de infiltratie via de tweede put prima verliep. De eerste put functioneerde in feite als een zandvang waardoor er weinig slib in de tweede put terecht kwam.

## Eindhoven

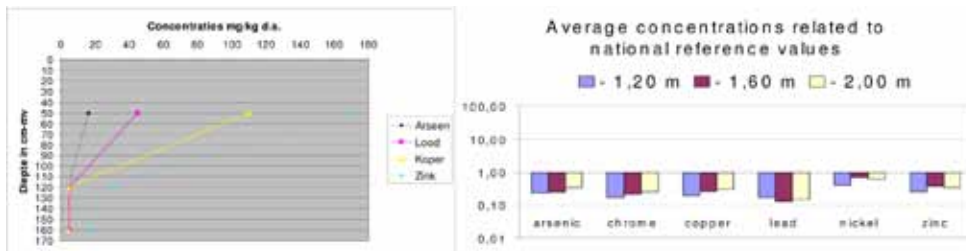
In de Runstraat in Eindhoven is een infiltratievoorziening opgegraven waar in 1997, 2000 en 2006 metingen zijn verricht naar het hydraulisch en milieutechnisch functioneren van de voorziening. Op diverse plekken is de voorziening visueel geïnspecteerd op slibvorming. In de voorziening werd een sliblaag van maximaal 2 cm aangetroffen dat zich in tien jaar had gevormd (5% van de hoogte). De toepassing en onderhoud van zandvangputten heeft hier zijn functie bewezen. Het geotextiel (weef-



**Figuur 10: Praktijkonderzoek zakput in Renkum.**



**Figuur 11: Praktijkonderzoek infiltratiekratten Eindhoven in de Runstraat.**



**Figuur 12: Resultaten bodemonderzoek te Eindhoven in de Runstraat.**

sel) was in goede staat en voldoende doorlatend. Dit ondersteunt de eerdere bevindingen dat er geen toename van de leeglooptijd of berging is gemeten.

Het patroon van verontreinigingen in de bodem was conform eerder literatuuronderzoek: afnemend patroon in de bodem binnen enkele decimeters (zie figuur 12 links). Er is een verhoging van concentraties gemeten aan bijvoorbeeld zink (in de hele straat zijn zinken dakgoten toegepast), deze zijn echter in de 10 jaar nog onder de normen voor bodemkwaliteit (zie figuur 12 rechts).

## Buitenlandse ervaringen en richtlijnen

In het buitenland is inmiddels ook veel ervaring opgedaan met infiltratievoorzieningen. Ontwerprichtlijnen uit Duitsland, België, Engeland en Amerika laten zien dat er onderling verschillen zijn, maar anderzijds zijn die vaak ook niet erg groot. In onderstaande tabel 2 zijn een aantal richtlijnen weergegeven. Daarbij is ook een kolom toegevoegd met aanbevelingen voor te hanteren richtlijnen in Nederland.

## Aandachtspunten

**Tabel 2: Buitenlandse richtlijnen en aanbevelingen voor Nederlandse richtlijnen.**

Parameter	eenheid	Nederland	Duitsland [DWA 2005, LUB-W, 1998]	Engeland/USA [CIRA, 2004]	België [Vlario, 2005]
onverzadigd doorlatendheid toplaag (bij aanleg)	[m/h]	0.02 (0.5 m/d)	0.0036 < Kd < 3,6		>0.0036
afstand bodem tot GHG	[m]	>0.5	>1		
Filterlaagdikte/cunet	[m]	0.3-0.5	>0.1 (gem 0.3)		0.3-0.5
afstand tot gevel (bij kruipruimten)	[m]	>1	>1.5 x diepte bouwput of talud 1:1 = 0.5 m		
Overstortingsfrequentie	[T; n/jr]	T=2-T=5	T=5		T=2-T=5
Waking	[m]	0.1		0.15	
Ledigingstijd	[h]	<24	<24	Verblijftijd >10 min	<24 (-48)
<b>AANDACHTSPUNTEN</b>					
Geotextiel	[O <sub>90</sub> ]	>300 um			
Doorlatendheid geotextiel	[l/s/m <sup>2</sup> ]	>35			
Overloopvoorziening (aantal)	[n]	n>1			

Infiltratie is een goed middel om grondwater aan te vullen of de afvoer van regenwater te vertragen. Bij een goed ontwerp en adequaat beheer zal de infiltratievoorziening hydraulisch, milieutechnisch en sociaal goed functioneren. Zolang er geen (harde) Nederlandse richtlijnen zijn, volgen hieronder enkele aanbevelingen die kunnen worden aangehouden:

1. Bestudeer de geohydrologische omstandigheden (doorlatendheid bodem, bodemopbouw en samenstelling, grondwaterstanden).
2. Kies verantwoorde oppervlakken om af te koppelen [hiervoor zijn diverse beslisbomen beschikbaar].
3. Tref mogelijke bronmaatregelen om verontreiniging van het afstromende regenwater te voorkomen. Naast het beperken van de toepassing van uitlogende materialen moet daarbij gedacht worden aan het inrichten van plaatsen voor het wassen van auto's hondenuitlaatplaatsen en/of poeproutes, aanpassing van het strooi beleid of strooimiddelen en een ecologisch verantwoord groenbeheer
4. Afgekoppelde verharde oppervlakken dienen goed onderhouden te worden om vervuiling van het afstromende regenwater te beperken. De frequentie van inspectie of onderhoud aan kolken (met sediment/zandvang) en goten verhogen.

5. Goede communicatie met de betrokken partijen is van groot belang. Daarbij moet gedacht worden aan bewoners maar ook aan aannemers en installatiebedrijven. Steeds meer aannemers krijgen ervaring met infiltratievoorzieningen, maar toch gaan nog vaak dingen verkeerd omdat inzicht in het systeem ontbreekt.
6. Een infiltratievoorziening kan niet op elke bui berekend worden daarom dient altijd een overloop aangebracht te worden. De leeglooptijd zal bij voorkeur kleiner dan een dag moeten zijn.
7. Gebruik afhankelijk van de omringende grond een open geotextiel, bij voorkeur met een 090- waarde groter dan 300 um.
8. Richt een infiltratievoorziening zo laat mogelijk in het bouwproces in om vervuiling met bouwpuin en dichtslibbing te voorkomen. Zorg er daarbij ook voor dat tijdens de bouw de locatie van de toekomstige infiltratievoorziening niet belast wordt met opslag van materiaal of als bouwweg wordt gebruikt.
9. Infiltratievoorzieningen dienen periodiek visueel gecontroleerd te worden. De aanwezigheid van bomen kan leiden tot verstopte voorzieningen door bladval. Tevens bestaat de kans op ingroei van boomwortels in de voorziening.
10. De installatie van een regelput in infiltratieleidingen onder de wadi geeft de mogelijkheid om het lozingsniveau van de drain aan te passen aan de omstandigheden: in het najaar en de winter voert het grondwater eerder af (naar oppervlaktewater) dan in de zomersituatie. In de zomerperiode wordt de afvoer dus begrensd zodat er meer water infiltreert.
11. Infiltratievoorzieningen hebben, net als andere voorzieningen voor regenwater en vuilwater, onderhoud nodig om goed te kunnen blijven functioneren. Maak daarom ook voor infiltratievoorzieningen een beheerplan. Informatie hierover is ondermeer te vinden in de Leidraad Riolering (module C3200). In dit plan komen ondermeer aan de orde: een beschrijving van verantwoordelijkheden, kenmerken van het systeem en aangesloten oppervlakken, ontwerpuitgangspunten, controles en onderhoudsmaatregelen, periodiek onderzoek of monitoring. Bij grote veranderingen van de bestemming van vlakken dient de bestaande infiltratievoorziening opnieuw getoetst te worden aan het streefbeeld, eisen en wensen. Bij calamiteiten dient de water(kwaliteits)beheerder te worden geïnformeerd.
12. Monitoren van infiltratievoorzieningen geeft inzicht in het hydraulisch en milieutechnisch functioneren.

## Conclusies

Het functioneren van infiltratievoorzieningen is afhankelijk van vele factoren. Infiltratie kan in vele gebieden worden toegepast als de geohydrologische situatie het toelaat en geen ontoelaatbare vervuiling van bodem en grondwater wordt verwacht. Ook in het westen van Nederland zijn al vele infiltratievoorzieningen met succes toegepast. Door het grote aanbod van producten dat infiltratie van regenwater mogelijk maakt zijn de voorzieningen op diverse manieren in te richten. Deze inrichting draagt in belangrijke mate bij aan het hydraulisch, milieuhygiënisch en sociaal functioneren ervan.

Bij het ontwerp, maar ook aanleg en beheer van infiltratievoorzieningen komt men veel onzekerheden tegen die in de praktijk door het garanderen van de afvoer met overloopvoorzieningen en regelfuncties deels ondervangen kunnen worden. Ook het opstellen en uitvoeren van een beheerplan kan veel inzicht geven in het functioneren van het stelsel en biedt de kans om tijdig in te grijpen als dat nodig is.

Goede richtlijnen voor ontwerp, aanleg en beheer op basis van opgedane kennis in Nederland en buitenland zijn voor het optimaal functioneren van de voorzieningen van belang. Met de huidige opgedane kennis is het mogelijk om richtlijnen op te stellen om het functioneren van infiltratievoorzieningen beter te kunnen waarborgen.

De aanzet tot richtlijnen voor infiltratie is in tabel 2 uiteengezet. Hierbij wordt opgemerkt dat het ontwerp, de aanleg en beheer van infiltratievoorzieningen maatwerk is. De invulling van de richtlijn hangt mede af van de primaire functies die aan het infiltratiesysteem worden toegekend, maar ook van de lokale omstandigheden. De aanzet tot richtlijnen zijn dan ook een hulpmiddel en bieden geen absolute

garanties voor het gewenst functioneren van de voorziening. Daarom zijn de aanbevelingen in dit artikel toegelicht zodat in een specifieke locatie en/of functie hiervan gemotiveerd kan worden afgeweken. De beschikbare kennis is op moment op sommige vlakken erg summier zodat onderzoek en monitoring van voorzieningen gewenst blijft. Met deze nieuwe kennis kunnen vervolgens de richtlijnen worden bijgesteld zodat we steeds beter grip krijgen op het (goed) functioneren van infiltratievoorzieningen.

## Aanbevelingen

Dit artikel beoogt een aanzet te geven tot het meer gestructureerd ontwerpen en beheren van ondergrondse infiltratievoorzieningen op basis van literatuurgegevens en ervaringen van de auteurs. Er is echter nog veel meer aan ervaring en meetdata beschikbaar in Nederland en een deel daarvan is (nog) nooit gepubliceerd. We zouden het van harte toejuichen als het initiatief wordt genomen om nog niet ontsloten data en ervaringen in beeld te brengen en voor alle belangstellenden beschikbaar te stellen. Vervolgens kan met deze gegevens in de hand worden nagegaan waar nog kennislacunes zijn. Door nader onderzoek kunnen deze lacunes worden aangevuld zodat een goed beeld van het functioneren van infiltratievoorzieningen ontstaat. Dit maakt dan de weg vrij om onderbouwde richtlijnen op te stellen voor het ontwerp en beheer van infiltratievoorzieningen. Dit moet bij voorkeur gebeuren onder auspiciën van een breed gedragen organisatie in dit vakgebied, zoals bijvoorbeeld de stichting RIONED.

Met deze richtlijnen komen we een flinke stap verder in het doelmatig ontwerpen en beheren van infiltratievoorzieningen. Hierdoor kunnen ook betere afwegingen worden gemaakt waar, wanneer en hoe infiltratievoorzieningen bijdragen aan de doelstellingen van het stedelijk waterbeheer. ■

## Voetnoot

- <sup>1</sup> 'Centraal' betekent hier: op 1 m<sup>2</sup> infiltratieoppervlak is meer dan 15 m<sup>2</sup> verhard oppervlak aangesloten.

## Literatuur

- Boogaard F, Wentink R "Richtlijnen voor het ontwerp, aanleg en beheer van wadi's, Rioleringswetenschap 18, 1 juni 2005
- RIONED, 2006 'Wadi's: aanbevelingen voor ontwerp, aanleg en beheer', februari 2006
- Tauw 1999 'Effecten van infiltratie in de bodem, Een onderzoek naar de kwalitatieve aspecten van infiltratie in de bodem', (S. de Jong) Deventer, 1999
- Tauw 1999, Praktijkproef infiltratie Zwolle-zuid, Deelrapport I t/m IV, Tauw Deventer, 1999
- Elsevier 2000, Waterwijzer Hemelwater in de praktijk,
- CIRA, 2004 Sustainable drainage systems, Hydraulic, structural and water quality advice,
- RIONED Ondergrondse infiltratie van regenwater, Een literatuur- en praktijkonderzoek naar milieuroisico's Boogaard F.C. Rombout J. 2008
- RIONED Dichtslibben van infiltratievoorzieningen, een verkenning van de hydraulische levensduur van infiltratievoorzieningen Boogaard F.C. Rombout J. 2007
- STOWA "Zuiverende voorzieningen regenwater 'verkenning van de kennis van ontwerp, aanleg en beheer van zuiverende regenwatersystemen', van zuiverende regenwatersystemen" Boogaard F.C., Rombout J. 2007
- STOWA database regenwater, achtergrondrapport, Boogaard F.C., Lemmen G., 2007
- De feiten over de kwaliteit van afstromend regenwater, Boogaard F.C., Lemmen G., 2008
- STOWA Omgaan met regenwater bij bedrijfs- en bedrijventerreinen Boogaard F.C., Hulst W. 2004
- STOWA "Vooronderzoek natuurvriendelijke wadi's Inrichting, functioneren en beheer" Boogaard F.C., Jeurink N., Gels J.H.B. 2003
- STOWA Kwaliteitsaspecten infiltreren stedelijk water beter bekeken, fase 1: beschikbare kennis en ervaring Boogaard F.C., Schipper P
- Riolering 2003, wadi's laten nauwelijkg metalen door, Boogaard F.C., Schipper P, Spielman J.P.,

- LUB-W, 1998 'bodemfilter zur Regenwasserbehandlung im Mischsystem', Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe 1998
- ATV-DVWK, Abwassertechnische Vereinigung, 'Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser, februar 2000 ( )
- DWA 'Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall' Arbeitsblatt DWA-A138 Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagwasser, april 2005.
- Rioned 2005 'afkoppelen: hydraulisch ontwerp' Handout minicursus Rioned
- Tauw 2005 Monitoring wadi's 'Het Rhedens' in Dieren, Onderzoek naar functioneren van vier wadi's en vastlegging nulsituatie
- PAO cursus wateropgave 2011
- Barrett M.E. 1998 Draft Edwards Aquifer technical guidance manual; permanent best management practices Center for Research in Water resources Bureau of Engineering Research University of Texas in Austin (1998)
- Walsh P M, Barrett M E, Malina J F, Charbeneau R J, 1997 Use of vegetive controls for treatment of highway runoff, Center for Research in Water resources Bureau of Engineering Research University of Texas in Austin 1997
- Roesner LA 1999 The hydrology of urban runoff quality management ASCE Virginia, 1999
- Highways Agency Scottish executive 1998, National Assembly for Wales and department for regional development Northern Ireland (1998)
- Luker M and Montague K 1994 control of pollution from highway drainage discharges, Report 142 CIRIA London, 1994
- Winer R 2000 National pollutant removal performance database for stormwater treatment practices- 2nd edition Center for watershed Protection Ellicott City MD, 2000
- Vaes G, Bouteligier R, Berlamont J, 2004 'Het ontwerp van infiltratievoorzieningen, Waterniveau, februari 2004
- Sieker F (1999) 'Urban water management in Germany', workshop on urban water management Lissabon Portugal.
- Consument en veiligheid, 2002
- RAW-standaardbepalingen, 2000
- Grontmij 2004 "Runoff en verwaaiing Provinciale wegen, Onderzoek naar de risico's voor bodem en water en richtlijnen voor weg en waterbeheer",
- Vlaro 2005 Katern afkoppelen, bufferen en infiltreren, 20 april 2005