

AANBEVELINGEN VOOR DE BEHANDELING VAN AFSTROMEND REGENWATER

WVW



Aanbevelingen voor de behandeling van afstromend regen- water

Analyse van de vervuilingsrisico's bij verharde oppervlakken
en selectie van behandelingstechnieken

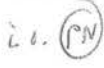
Definitief

Werkgroep Waterkwaliteit West-Nederland

Grontmij Nederland bv
Houten, 15 juli 2005

Verantwoording

Titel : Aanbevelingen voor de
behandeling van regenwater
Projectnummer : 172933
Documentnummer : 13/99060102/GL
Revisie : D1
Datum : 15 juli 2005

Auteur(s) : ing. G.B. Lemmen, mevrouw drs. T. van Mossevelde,
drs. P. Schipper
e-mail adres : gert.lemmen@grontmij.nl
Gecontroleerd : ir. E.A. Heeringa
Paraaf gecontroleerd : 
Goedgekeurd : ing. G.B. Lemmen
Paraaf goedgekeurd : 

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	4
1.1	Aanleiding en doel.....	4
1.2	Aanpak op hoofdlijnen.....	4
2	Toetsing verharde oppervlakken	5
2.1	Toetsingscriteria.....	5
2.2	Normaal functioneren	6
2.3	Functioneren in bijzondere situaties	10
2.4	Samenvatting	12
3	Bron- en beheermaatregelen	13
3.1	Algemeen	13
3.2	Beperkte toepassing van uitlogende materialen	13
3.3	Beperkte toepassing strooizout.....	14
3.4	Beperkte toepassing chemische onkruidbestrijding	14
3.5	Verbieden autowassen op straat	15
3.6	Hondenuitlaatplaatsen	15
3.7	Geven van voorlichting aan bewoners	15
3.8	Calamiteitenplan	16
3.9	Inspecteren en meten	16
3.10	Conclusies en aanbevelingen	16
4	Behandelingstechnieken	18
4.1	Algemeen	18
4.2	Oppervlakte infiltratie	18
4.3	Ondergrondse infiltratievoorzieningen	23
4.4	Doorlatende verharding	27
4.5	Helofytenfilters	30
4.6	Lamellenafscheider.....	33
4.7	Retentie- en bezinkingsvijvers.....	37
4.8	Olieafscheiders en slibvangputten.....	39
4.9	Adsorptiefilters	41
4.10	Volumescheidingsputten	43
4.11	Samenvatting prestaties bronmaatregelen en behandelingstechnieken.....	44
5	Conclusies en aanbevelingen	46
5.1	Beoordeling verharde oppervlakken en behandelingstechnieken...	46
5.2	Leemten in kennis	47
5.3	Aanbevelingen.....	48
6	Literatuur.....	49

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

De waterschappen die zitting hebben in de Werkgroep Waterkwaliteit West-Nederland (wWw), worden in de praktijk geconfronteerd met het afkoppelen van verhard oppervlak. Enerzijds zijn de waterschappen voorstanders van het afkoppelen van verhard oppervlak van de gemengde riolering, anderzijds zijn er geen heldere normen waaraan bij het afkoppelen moet worden voldaan. Tegenover de verwachte positieve effecten van afkoppelen, onder andere een reductie van het aantal overstortingen uit gemengde stelsels en een betere werking van de RWZI, staan ook mogelijke nadelen zoals een toename van de lozing van verontreinigingen via het afgekoppelde regenwater en een complexer beheer. Met het oog op de mogelijke vervuiling van het afstromende hemelwater hebben de waterschappen de “beslisboom afkoppelen 2003”^[14] op laten stellen. Hierin wordt aangegeven op welke wijze met de af te koppelen oppervlakken moet worden omgegaan, afhankelijk van de verwachte verontreinigingsgraad. Het aantal mogelijke maatregelen voor de behandeling van het afstromende water is echter groot. In de praktijk blijkt de beslisboom niet concreet genoeg om tot keuzes van maatregelen te kunnen komen.

Met het oog op het bovenstaande heeft de wWw Grontmij opdracht gegeven het verwachte rendement van de mogelijke maatregelen voor de behandeling van water voor verschillende vuilparameters op basis van de beschikbare kennis te beschrijven. Onderscheid wordt gemaakt tussen bronmaatregelen en “end of pipe” technieken. Op grond van het verwachte rendement kunnen vervolgens uitspraken worden gedaan over het toepassingsgebied van de verschillende maatregelen.

1.2 Aanpak op hoofdlijnen

De volgende aspecten komen in het rapport aan de orde:

- vervuilingsrisico's van verschillende typen verharde oppervlakken (hoofdstuk 2);
- bron- en beheermaatregelen (hoofdstuk 3);
- behandelingstechnieken (hoofdstuk 4);
- conclusies en aanbevelingen (hoofdstuk 5).

In bijlage 1 wordt ingegaan op de eigenschappen van de verontreinigingen met het oog op de verwijderbaarheid. In bijlage 2 zijn de toepasbare zuiveringstechnieken beschreven. Bijlage 3 geeft een voorzet voor een selectiemethodiek voor behandelingstechnieken.

2 Toetsing verharde oppervlakken

2.1 Toetsingscriteria

Er zijn in Nederland geen algemene normen voor de lozing van water. Sommige waterschappen hebben lozingsnormen voor hemelwater gedefinieerd, maar in de praktijk worden deze niet als harde maatstaf gebruikt. In de meeste gevallen stelt men de wijze van afkoppelen afhankelijk van het type oppervlak. De effecten van afkoppelen zijn echter divers. Per soort vervuiling kunnen de effecten verschillen. Ook spelen risico's op het niet juist functioneren een rol. Door veranderingen in de regelgeving, bijvoorbeeld de implementatie van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW), kunnen bepaalde verontreinigingen de komende jaren meer aandacht krijgen. Om deze reden is een uitgebreidere analyse gemaakt van de risico's op vervuiling van afstromend regenwater. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen twee categorieën vervuilingsrisico's:

1. vervuiling bij normaal functioneren;
2. vervuiling als gevolg van bijzondere situaties.

Onder categorie 1 (normaal functioneren) zijn de volgende criteria opgenomen:

Nutriënten

Deze verontreinigingen zijn onder andere afkomstig van bladeren, tuinmateriaal, honden- en vogelpoep. De concentraties van stikstof en fosfaat zijn in een groot aantal meetprojecten gemeten.

Zware metalen

Deze verontreinigingen komen onder andere vrij in het wegverkeer door slijtage van onder andere remmen en banden. Een belangrijke bron van zink en in mindere mate koper wordt gevormd door uitlogende bouwmaterialen, zoals daken en regengoten en -pijpen. De metalen zink, koper, lood, cadmium, chroom en zink zijn in een groot aantal meetprojecten gemeten.

PAK 10

PAK 10 staat voor de som van tien poly-aromatische koolwaterstoffen. In dit onderzoek zijn ze als som beoordeeld. In de praktijk gelden ook voor de afzonderlijke PAK normen. De concentraties PAK zijn in veel meetprojecten gemeten.

Gebruik van chemische onkruidbestrijdingsmiddelen

Het is de verwachting dat chemische bestrijdingsmiddelen de komende jaren meer aandacht zullen krijgen. Het gebruik van bestrijdingsmiddelen door gemeenten is de laatste jaren sterk verminderd door mechanische bestrijdingstechnieken en selectiever spuiten. De verwachting is echter dat het verbruik op korte termijn niet verder zal afnemen. De kosten van mechanische onkruidbestrijding zijn hoog en veel gemeenten hebben daarom plannen om weer te gaan spuiten.

Een moeilijk controleerbare bron vormen de particulieren.

Bij onderzoek van waterschap Zuiderzeeland werden alleen bestrijdingsmiddelen in het oppervlaktewater gemeten bij gemeenten die chemische bestrijdingsmiddelen gebruikten en niet bij de Gemeente die dit niet gebruikte. Deze conclusie wordt bevestigd door Waterschap Hollandse Delta. Er zijn echter ook ervaringen die kunnen duiden op een groter aandeel van particulier gebruik.

Omdat geen metingen bekend zijn, zijn de risico's per type oppervlak geschat.

Onder categorie 2 (bijzondere situaties) vallen de volgende criteria:

Risico's op calamiteiten

Verkeersongelukken en branden kunnen leiden tot de lozing van verontreinigen via het regenwaterafvoersysteem.

Illegale lozingen

Onder illegale lozingen worden incidentele lozingen verstaan die niet op het regenwatersysteem plaats horen, bijvoorbeeld van wasmiddelen of verfresten.

Verkeerde aansluitingen

Hieronder worden foutieve aansluitingen van afvalwaterriolen op het regenwatersysteem verstaan.

In tabel 2.1 zijn de toetsingscriteria weergegeven.

Tabel 2.1 Toetsingscriteria

nr	toetsingscriterium
<i>normaal functioneren</i>	
1	nutriënten
2	zware metalen
3	PAK
4	bestrijdingsmiddelen
<i>bijzondere situaties</i>	
5	calamiteiten
6	illegale emissies
7	verkeerde aansluitingen

In de volgende paragrafen is de toetsing nader uitgewerkt. Hiervoor is voor elk type verharding per criterium een vervuilingsscore tussen 1 en 3 toegekend. Van de criteria waarvan metingen beschikbaar zijn, zijn de concentraties getoetst aan de norm voor oppervlaktewater. Voor de overige criteria is een score geschat.

2.2 Normaal functioneren

2.2.1 Nutriënten, metalen en PAK

In tabel 2.2 is een overzicht gegeven van vuilconcentraties in afstromend hemelwater bij verschillende typen oppervlakken. De gegevens zijn afkomstig uit een diverse metingen die in Nederland de laatste 25 jaar zijn uitgevoerd. Tevens is de kwaliteit van de neerslag voor ze tot afstroming komt weergegeven. Deze informatie komt van het Landelijk meetnet watersamenstelling van het RIVM.

Tabel 2.2 Vuilgehalten afstromend water

onderverdeling	CZV [mg/l]	P-tot [mg/l]	N-tot [mg/l]	Pb [µg/l]	Zn [µg/l]	Cd [µg/l]	Cr [µg/l]	Cu [µg/l]	Ni [µg/l]	PAK 10 [µg/l]
dak hellend zonder zink	18.5	0.1	2.2	15.5	32.0	0.58	0.6			
dak hellend met zink	13.3	0.2		70.7	5145.7	1.36	31.2	25.9	7.7	0.9
dak vlak	63.3		4.2	331.1	1077.5	0.76	12.7	22.6	26.3	0.6
woonstraat <1000/etm	49.0	0.8		35.3	221.8	0.41	9.4	22.8	6.2	2.9
drukke weg	54.5	2.0		121.0	228.5	1.85	16.0	38.5		2.0
autosnelweg DAB	127.7	3.1		79.3	350.3	2.42	10.0	82.8	11.1	2.8
autosnelweg ZOAB	35.0			14.3	58.9	0.32	2.0	43.5	3.6	0.3
parkeerplaats	98.3	1.6		62.7	552.3	2.40	21.0	53.0	22.0	1.9
winkelstraat	211.7	2.9		400.8	1142.8	2.03	35.5	80.5	50.0	4.8
busstation	535.0	5.3		75.0	185.0	1.00	15.0	15.0	13.0	3.8
woonwijk	46.8	0.5		35.7	143.9	0.50	13.7	49.9	11.7	1.3
industrieterrein	104.5	1.2		54.7	622.5	1.40	22.0	40.5	7.0	4.6
natte depositie 1993-2002 landelijk		0.01	1.5	3.79	14	0.16	0.15	2.37	0.46	
natte depositie 1989-2000 stedelijk				8	41	0.22	1.31	14.5	1.3	0.6

Ten aanzien van de categorieën oppervlakken kunnen de volgende opmerkingen worden gemaakt. De categorie “woonwijk” betreft lozingen uit regenwaterriolen waarop zowel daken als wegoppervlak zijn aangesloten. Voor de categorie “industrieterreinen” is niet voor alle locaties bekend om welke soort bedrijven het gaat. Bij één van de drie locaties is in ieder geval sprake van potentieel verontreinigende bedrijven. Aangenomen wordt dat de gemeten concentraties representatief zijn voor bedrijven waar verontreinigende activiteiten in de buitenlucht kunnen plaatsvinden en niet voor bijvoorbeeld kantoorparken. De bedrijven zijn ingedeeld in zes milieucategorieën, die een maat zijn voor de milieuoverlast. Doordat de milieuoverlast betrekking heeft op verschillende aspecten als geluid, stank en emissies, vormen de milieucategorieën geen ideale afspiegeling van de vervuilingrisico's van het afstromende regenwater. In grote lijnen kan wel worden gesteld dat bij bedrijven in de milieucategorieën 1 en 2 het risico op vervuiling beperkt is.

Uit de tabel blijkt dat het water voordat het tot afstroming komt reeds verontreinigd is. De neerslag die in stedelijk gebied valt is duidelijk vuiler dan die in landelijk gebied valt. De concentraties in de neerslag kunnen overigens grote verschillen vertonen. In Amsterdam is in 2001 – 2002 een gemiddelde zink concentratie van 200 µg/l gemeten.

Met uitzondering van dakvlakken zonder uitlogende materialen geldt voor alle typen oppervlakken dat het afstromende water duidelijk vuiler is dan de neerslag voor afstroming. Het water wordt dus vuiler tijdens het afstromen over de verharding. De concentraties van afstromend water van rustige woonstraten is 2 tot 5 keer vuiler dan de natte depositie. De vervuiling van het verhard oppervlak kan worden veroorzaakt door droge depositie, of vervuilende activiteiten. Daarnaast kan uitloging oorzaak zijn van vervuiling van het afstromende water. Er is betrekkelijk weinig bekend over de droge depositie. J.W. Erisman et al, 2003^[3] concludeert dat het aandeel van de droge depositie ten opzichte van de totale depositie voor metalen varieert van <1 tot 34%. Het aantal meetgegevens is echter te beperkt om harde conclusies te kunnen trekken.

Op grond van de beschikbare informatie volgt dat de natte en droge depositie waarschijnlijk niet de belangrijkste bronnen van verontreiniging zijn bij afstromend water.

In tabel 2.3 zijn de vuilgehalten van het afstromende water afgezet tegen de MTR-norm (maximaal toelaatbaar risico) voor oppervlaktewater. Een uitzondering vormt CZV. Omdat hiervoor geen MTR-norm bestaat, is getoetst aan 50 mg CZV/l. Deze norm wordt wel gehanteerd als lozingseis voor het effluent van RWZI-en.

Tabel 2.3 Verhouding tussen vuilgehalten afstromend water en MTR oppervlaktewater

onderverdeling	CZV	P-tot	N-tot	Pb	Zn	Cd	Cr	Cu	Ni	PAK 10
dak hellend zonder zink										
dak hellend met zink		133%			12364%			682%	122%	
dak vlak	127%		191%	151%	2694%			595%	417%	
woonstraat <1000/etm		533%			555%			600%		
drukke weg	109%	1333%			571%			1013%		
autosnelweg DAB	255%	2067%			876%	121%		2172%	176%	
autosnelweg ZOAB					147%			1145%		
parkeerplaats	197%	1067%			1381%	120%		1325%	349%	
winkelstraat	423%	1937%		182%	2857%	102%		2118%	794%	111%
busstation	1070%	3537%			463%			393%	299%	
woonwijk	74%	333%			360%			1313%	186%	
industrieterrein	309%	800%			1556%			1066%	111%	106%
natte depositie 1993-2002 landelijk										
natte na 1989 stedelijk					103%			382%		

Uit de tabel blijkt dat voor wat betreft het al dan niet overschrijden van normen, de variaties tussen de verschillende typen oppervlakken veel kleiner zijn, dan tussen de verschillende stoffen onderling.

Voor sommige stoffen, zoals stikstof, zink en koper, zijn de concentraties in de neerslag in verhouding tot de norm tamelijk hoog. In stedelijk gebied liggen de concentraties in de neerslag voor zink en koper boven de norm.

Bij het afstromende water worden de grootste overschrijdingen van de MTR-waarden gevonden bij fosfaat, zink en koper. In mindere mate vinden overschrijdingen plaats voor nikkel en CZV. Deze laatste stof is overigens getoetst aan lozingseisen op basis van Wvo. De overige zware metalen en PAK laten maar beperkte overschrijdingen van de MTR zien.

Gelet op het type oppervlak, valt op dat hellende daken zonder zink duidelijk het schoonst zijn. De gemeten overschrijding van koper lijkt niet representatief. Winkelstraten en busstations laten de meeste en zwaarste overschrijdingen zien van de normen. De overige oppervlakken vormen de grote midden-groep.

De streefwaarden (VR = verwaarloosbaar risico) voor oppervlaktewater liggen aanzienlijk lager dan de MTR-waarden. De VR wordt in vrijwel alle gevallen overschreden. Opgemerkt moet worden dat de kwaliteitseisen voor het oppervlaktewater niet automatisch ook de normen moeten zijn voor lozingen. In het algemeen zijn de vergunningseisen die aan lozingen in het kader van de Wvo worden gesteld minder streng.

In tabel 2.9 zijn de vervuilingsscores weergegeven. Deze zijn gebaseerd op het aantal malen dat de norm wordt overschreden en de mate waarin. Voor nutriënten en PAK betekent een score 1 dat de norm met een factor twee of meer wordt overschreden. Een score 3 betekent dat de norm niet wordt overschreden. Voor metalen betekent een score 1 dat de norm door drie of meer metalen wordt overschreden. Een score 3 betekent dat de norm voor geen enkel metaal wordt overschreden.

2.2.2 Bestrijdingsmiddelen

In het algemeen wordt als richtlijn aangehouden dat de Gemeente in afgekoppelde gebieden geen chemische onkruidbestrijding toepast, of beperkt volgens de DOB-methode (Duurzaam Onkruid Beheer). Andere bronnen kunnen particulariseren zijn en bedrijventerreinen met (particulier) parkbeheer.

In tabel 2.4 zijn de gemeten concentraties^[12] en de normen weergegeven. De metingen zijn uitgevoerd waar chemische onkruidbestrijding volgens de DOB-normen heeft plaatsgevonden.

Tabel 2.4 Concentraties onkruidbestrijdingsmiddelen

	glyfosaat [µg/l]	AMPA [µg/l]
Afstromend regenwater	11,8	2,3
Streefwaarde oppervlaktewater	0,77	0,8
MTR oppervlaktewater	77	79,7

Uit de tabel blijkt dat de gemeten concentraties glyfosaat en AMPA (gemiddeld) onder de MTR-waarde voor oppervlaktewater liggen.

In tabel 2.5 is een overzicht gegeven van de kans op de aanwezigheid van chemische onkruidbestrijdingsmiddelen op de verschillende oppervlakken.

Tabel 2.5 Kans op verontreinigingen met chemische onkruidbestrijdingsmiddelen

type oppervlak	omschrijving kansen	sco- re
dak hellend met zink		3
dak hellend zonder zink		3
dak vlak	De kans op de aanwezigheid van onkruidbestrijdingsmiddelen is beperkt.	3
drukke weg		3
autosnelweg DAB		3
autosnelweg ZOAB		3
parkeerplaats	Door de beperkte aanwezigheid van groen en de afwezigheid van bewoners, zal het gebruik van bestrijdingsmiddelen naar verwachting minder zijn dan bij woonwijken. (Dit geldt mogelijk niet voor kantorenparken, waar wel siergroen aanwezig is.)	2
busstation		
winkelstraat		
industrieterrein		
woonwijk (daken + wegen)	Het gebruik van chemische onkruidbestrijdingsmiddelen (door particulieren en de gemeente) is bij deze oppervlakken het hoogst.	1
woonstraat <1000/etm		1

score 3 = geringe kans, score 1 = grote kans

2.3 Functioneren in bijzondere situaties

2.3.1 Calamiteiten

Onder de categorie calamiteiten wordt verstaan het gevaar van lozingen ten gevolge van ongelukken. Dit kunnen verkeers-, of bedrijfsongevallen zijn, of branden. De indeling die gemaakt is, is niet met getallen onderbouwd. In tabel 2.6 zijn de kansen op calamiteiten weergegeven.

Tabel 2.6 Kans op calamiteiten

type oppervlak	omschrijving kansen	sco- re
dak hellend zonder zink	Er is geen kans op calamiteiten.	3
dak hellend met zink		3
dak vlak		3
winkelstraat	Er is een beperkte kans op branden en verkeersongevallen.	2
woonstraat <1000/etm		2
parkeerplaats	Er is een beperkte kans op verkeersongevallen.	2
busstation		2
woonwijk (daken + wegen)	Er is een beperkte kans op branden en verkeersongevallen.	2
drukke weg	voor drukke wegen en autosnelwegen is er een matig risico op lozingen ten gevolge van verkeersongelukken en auto-branden.	2
autosnelweg DAB		2
autosnelweg ZOAB		2
industrieterrein	Het risico op calamiteiten bij bedrijventerreinen (milieuca- tegorie 3 en hoger) is relatief hoog. Lozingen zijn mogelijk ten gevolge van auto-ongelukken met vrachtauto's, be- drijfsongevallen en branden.	1

score 3 = geringe kans, score 1 = grote kans

In vergelijking met de kans op illegale lozingen en verkeerde aansluitingen zijn de kansen op calamiteiten waarschijnlijk gering. Bij een grote calamiteit kan het effect echter wel groot zijn.

2.3.2 Illegale lozingen

In tabel 2.7 zijn de risico's ten gevolge van illegale lozingen weergegeven. Dit zijn lozingen die niet op het regenwatersysteem plaats horen, bijvoorbeeld van wasmiddelen of verfresten. Het betreft incidentele gebeurtenissen die in het algemeen niet in de meetresultaten zijn terug te vinden.

De vervuiling van een winkelstraat ten gevolge van weggegooide etenswaren valt volgens deze definitie niet onder illegale lozingen, maar is een gevolg van het normale gebruik van het oppervlak. Deze vervuiling is dan ook terug te vinden in tabel 2.3.

Tabel 2.7 Kans op illegale lozingen

type oppervlak	omschrijving kansen	sco- re
dak hellend met zink	De kans op illegale emissies is zeer beperkt.	3
dak vlak		3
parkeerplaats	De kans op illegale emissies is zeer beperkt doordat er naast transport geen andere activiteiten plaatsvinden.	3
busstation		3
drukke weg		3
autosnelweg DAB		3
autosnelweg ZOAB		3
winkelstraat	De kans op illegale emissies is beperkt door de tamelijk eenzijdige menselijke activiteiten in het gebied.	2
dak hellend zonder zink	Er is een beperkte kans op illegale emissies bij dit type oppervlak. Illegale emissies kan worden veroorzaakt door het vervangen van niet-uitlopende materialen door uitlopende materialen (bijvoorbeeld een PVC-goot door een zinken goot). De kans is afhankelijk van het type woning (vrijstaand of rij) en van de eigenaar (woningcorporatie of privé-bezit).	2
woonwijk (daken + wegen)		2
woonstraat <1000/etm	De kans op illegale emissies is aanzienlijk. De kans dat afvalstoffen in kolken worden gegooit is zeer reëel. Als er kolken in de achterpaden aanwezig zijn is het risico het hoogst.	1
industrieterrein	Het risico op illegale emissies bij bedrijventerreinen (milieu-categorie 3 en hoger) wordt het hoogst ingeschat.	1

score 3 = geringe kans, score 1 = grote kans

2.3.3 Verkeerde aansluitingen

De verwachting is dat de meeste verkeerde aansluitingen ontstaan bij eerste aanleg van riolering en bij aanpassingen in bedrijfspannen. Verkeerde aansluitingen bij eerste aanleg zijn waarschijnlijker naarmate de situatie in de ondergrond ingewikkelder is. In tabel 2.8 zijn de risico's ten gevolge van verkeerde aansluitingen weergegeven.

Tabel 2.8 Kans op verkeerde aansluitingen

type oppervlak	omschrijving kansen	sco- re
parkeerplaats	Door het ontbreken van DWA-riolering is de kans op verkeerde aansluitingen nihil.	3
busstation		3
drukke weg		3
autosnelweg DAB		3
autosnelweg ZOAB		3
dak hellend zonder zink	Er is een matig risico dat bij het afkoppelen van dakvlakken verkeerde aansluitingen ontstaan, of dat in een later stadium DWA op het RWA-riool wordt gezet. Dit risico kan worden beperkt door geen RWA-riolen onder de woning door te voeren.	2
dak hellend met zink		2
dak vlak		2
winkelstraat	Er is een beperkte kans op verkeerde aansluitingen tijdens de aanleg.	2
woonstraat <1000/etm		2
woonwijk (daken + wegen)	De kans op verkeerde aansluitingen in woonwijken is matig tot beperkt.	2
industrieterrein	Er is een relatief groot risico op verkeerde aansluitingen doordat op bedrijventerreinen veel kleinschalige bouwactiviteiten plaatsvinden waar weinig controle op is.	1

score 3 = geringe kans, score 1 = grote kans

2.4 Samenvatting

In tabel 2.9 is een samenvatting van de analyse van de verharding gegeven. In de tabel zijn de vervuilingsscores weergegeven.

Tabel 2.9 Beoordeling verharde oppervlakken (vervuilingsscore)

nr	type verharding	normaal functioneren				bijzondere situaties		
		nutriënten	metalen	PAK	bestrijdingsmiddelen	calamiteiten	illegale emissies	verkeerde aansluitingen
1	dak hellend zonder zink	1	1	1	1	1	2	2
2	dak hellend met zink	1	1	1	1	1	1	2
3	dak vlak	2	2	1	1	1	1	2
4	woonstraat <1000/etm	1	2	1	1	2	1	2
5	drukke weg	1	2	1	1	2	1	1
6	autosnelweg DAB	1	1	1	1	2	1	1
7	autosnelweg ZOAB	1	2	1	1	2	1	1
8	parkeerplaats	1	1	1	2	2	1	1
9	winkelstraat	1	1	1	2	2	2	2
10	busstation	1	1	1	2	2	1	1
11	woonwijk	1	2	1	2	1	2	2
12	industrieterrein	1	2	1	2	1	1	1

Uit de tabel blijkt een tamelijk gevarieerd beeld. Geen enkel verhardingstype scoort volledig "goed" of "slecht". De hellende daken zonder zink en platte daken scoren het best. Zij hebben geen score "slecht". Industrierterreinen scoren het slechtst, zij hebben geen score "goed". Opvallend is dat ook woonstraten tweemaal een score "slecht" hebben. Ze scoren hiermee slechter dan drukke wegen. Dit heeft vooral te maken met de beheersbaarheid van menselijke activiteiten.

3 Bron- en beheermaatregelen

3.1 Algemeen

In dit hoofdstuk komen alle bronmaatregelen en maatregelen in het kader van het beheer aan de orde, die kunnen worden ingezet om de emissie op oppervlakte- en grondwater door de lozing van water te beperken.

Tabel 3.1 Overzicht bron- en beheermaatregelen

para-graaf	thema's/technieken	categorie
§ 3.2	beperkte toepassing uitlopende materialen	bronmaatregelen
§ 3.3	beperkte toepassing strooizout	bronmaatregelen
§ 3.4	beperkte toepassing chemische onkruidbestrijding	bronmaatregelen
§ 3.5	verbieden autowassen op straat	bronmaatregelen
§ 3.6	hondenuitlaatplaatsen	bronmaatregelen
§ 3.7	voorlichting aan bewoners	beheer
§ 3.8	calamiteitenplan	beheer
§ 3.9	inspecteren en meten	beheer

Door het ontbreken van voldoende gegevens, is het in de meeste gevallen niet mogelijk de effecten van bronmaatregelen te kwantificeren. Een rechtstreekse vergelijking met de behandelingstechnieken uit hoofdstuk 4 is dan ook niet mogelijk.

3.2 Beperkte toepassing van uitlopende materialen

Uit onderzoek blijkt dat uitloging van zink, koper en lood van onder andere daken en straatmeubilair tot duidelijk verhoogde concentraties leidt in het afstromende hemelwater. Zink wordt op grote schaal toegepast voor dakgoten, regenpijpen en straatmeubilair. Uit onderzoek blijkt dat zink sterk uitlooft. Dit leidt tot hoge concentraties in het afstromende hemelwater. In tabel 3.2 is een aantal voorbeelden gegeven van de door Stichting Reinwater^[19] gemeten concentraties van daken met zinken dakgoten of koperen dakbedekking.

De materialen zijn toegestaan volgens het Nationaal Pakket Duurzaam Bouwen, op voorwaarde dat door de producenten varianten worden ontwikkeld die minder uitlogen. Met het oog op de bescherming van het watersysteem is het echter niet gewenst dat de vrachten die op dit moment afspoelen van zinken en koperen rechtstreeks op oppervlaktewater worden geloosd. De uitloging van titaanzink is circa 15% minder dan van gewoon zink. Deze reductie is onvoldoende, uit oogpunt van de waterkwaliteit.

Bij een uitloogproef met EPDM-folie^[2], blijkt de emissie van zink en PAK ten opzichte van de initiële concentratie licht toe te nemen. De concentraties van cadmium, chroom, lood en nikkel nemen niet merkbaar toe.

Tabel 3.2 Metingen aan uitloging

	Zn µg/l	Cu µg/l	Pb µg/l
schone daken	41 32	14,5 34	8 16
zinken regenpijp	1000-2000		
zinken dakgoot en -rand	1000-6500		
titaanzinken dak	11000		
koperen regenpijp		1300-1800	
koperen dak/gevel		6700-11000	
loodslabben			17-1900
loodslabben en loden dakgoot			8600-20000

Vervuiling kan ook ontstaan door uitloging van bitumen dakbedekkingen en verven en beitsen. Over de invloed van deze bronnen is weinig bekend. In moderne dakbedekkingsmaterialen worden geen PAK meer toegepast.

3.3 Beperkte toepassing strooizout

Strooizout voor de gladheidbestrijding kan een belasting vormen voor het stedelijke watersysteem. Dit is met name het geval bij de toepassing van infiltratievoorzieningen of een gescheiden rioolstelsel. Bij een verbeterd gescheiden stelsel zal het meeste hemelwater en het strooizout worden afgevoerd naar de rwzi. In dat geval wordt het strooizout op regionaal water geloosd.

De totale belasting met strooizout hangt af van de frequentie waarmee men strooit en de strooihoeveelheden per strooigift. In de literatuur (Nelissen, 1982) wordt voor Lelystad tijdens 25 ritten een hoeveelheid genoemd van 1 ton strooizout per km per jaar, overeenkomend met een strooigift van 13 g/m² wegdek bij een strooibreedte van circa 3 m. Uit chloridenmetingen van waterafvoer in Lelystad, is gebleken dat hierbij de chloridegehalten in de winter van 20 à 50 mg/l tot circa 1000 mg/l kunnen oplopen. De hoeveelheid zware metalen in het strooizout varieert per leverancier.

De verwachting is dat het strooizout niet leidt tot onacceptabele chlorideconcentraties in het oppervlaktewater. Een beperkt strooieregime in afgekoppelde gebieden is om deze reden acceptabel.

3.4 Beperkte toepassing chemische onkruidbestrijding

Het gebruik van chemische onkruidbestrijdingsmiddelen door gemeenten en waterbeheerders is de laatste jaren sterk afgenomen. Een verdere daling in het gebruik is echter niet te verwachten. De kosten van mechanische onkruidbestrijding zijn hiervoor te hoog. Veel gemeenten hebben daarom plannen om weer te gaan spuiten. Veel bewoners blijven bestrijdingsmiddelen gebruiken, zodat deze mogelijk een belangrijke bron (gaan) vormen. Vermindering van het gebruik door bewoners is in de praktijk moeilijk afdwingbaar. Een goede voorlichting op plaatselijk niveau en het op landelijk niveau verbieden van de verkoop van middelen zijn de belangrijkste instrumenten.

Met name de toepassing van chemische onkruidbestrijdingsmiddelen op verharde oppervlakken, zorgen door de snelle afspoeling voor een aanzienlijke belasting van het oppervlaktewater. Ondanks dat het gebruik voor verhardingen en stedelijk groen maar 1% is van het totale gebruik van bestrijdingsmiddelen, bedraagt de belasting op oppervlaktewater 50% van de totale belasting met bestrijdingsmiddelen.

De lozing van bestrijdingsmiddelen op het oppervlaktewater is niet acceptabel en moet worden bestreden. Er is weinig bekend over de effectiviteit van emissiereducerende maatregelen voor bestrijdingsmiddelen. Bronbestrijding heeft prioriteit.

3.5 Verbieden autowassen op straat

Autowassen is een potentiële vervuilingsbron door de gebruikte wasmiddelen en het vuil dat van de auto's komt (remvoering, banden, olie, enz.). Op beperkte schaal zijn gegevens bekend van het water van wasstraten. Onderzoek toont aan dat dit waswater aanzienlijk vervuild is met onder andere CZV en zware metalen. Omdat het autowassen voornamelijk tijdens droog weer plaatsvindt, zal een deel van het waswater tussen de bestrating infiltreren. Welk percentage van de verontreinigingen hiermee niet tot afstroming komt, is niet bekend. Aangezien er weinig inzicht is in de vuilemissie ten gevolge van autowassen, kan het effect van het verbieden van autowassen dan ook moeilijk worden bepaald.

Op grond van het bovenstaande worden de volgende conclusies getrokken:

- bij ongezuiverde lozing van het afstromende water op oppervlaktewater, is een verbod op autowassen in de straat gewenst;
- indien het afstromende water wordt behandeld voor lozing, is het ontmoedigen van het autowassen in de straat gewenst.

3.6 Hondenuitlaatplaatsen

Hondenpoep kan een belangrijke vervuilingsbron zijn, die kan leiden tot hoge gehalten organische stoffen, microbiologische parameters en zware metalen, in het afstromende hemelwater. De belasting kan niet gekwantificeerd worden. De totale belasting op het watersysteem wordt naar verwachting echter voor een groot deel bepaald door andere bronnen.

Op grond van het bovenstaande worden de volgende conclusies getrokken:

- omdat overlast door hondenpoep een groot maatschappelijk probleem is, is het gewenst dat er voorzieningen zijn waarin honden hun behoefte kunnen doen. Dit kunnen perken zijn, of speciale hondentoiletten;
- zoveel mogelijk moet worden voorkomen dat de verontreinigingen kunnen afspoelen naar oppervlaktewater.

3.7 Geven van voorlichting aan bewoners

Een verkeerd gebruik van het watersysteem kan leiden tot ongewenste lozingen in de bodem of op oppervlaktewater. Bij ondergrondse systemen zijn de consequenties van het lozen van afvalwater op het watersysteem niet direct zichtbaar voor de lozer.

Het lozen van verontreinigende stoffen op het regenwaterriool moet worden verboden. Handhaving is echter moeilijk, om deze reden moet er ook veel aandacht worden besteed aan voorlichting. Bewoners zullen bewust moeten worden gemaakt van de gevolgen van het lozen van afvalstoffen op het watersysteem. Het is noodzakelijk dat de voorlichting aan de bewoners regelmatig wordt herhaald. De voorlichting kan plaatsvinden via gemeentelijke informatiepagina's in de krant, folders en het internet.

De voorlichting kan ook een bijdrage leveren aan het voorkomen van verkeerde aansluitingen bij bedrijven of particulieren.

3.8 Calamiteitenplan

Hulpdiensten moeten op de hoogte zijn van het type rioolstelsel dat aanwezig is en de consequenties die hieraan verbonden zijn. Het kan noodzakelijk zijn om een draaiboek op te stellen voor bepaalde calamiteiten, zoals branden en lekkages.

3.9 Inspecteren en meten

Met het oog op de kwetsbaarheid van sommige systemen voor verkeerde aansluitingen, is het gewenst dat er een inspectieprogramma voor het onderzoek naar verkeerde aansluitingen wordt opgesteld. Bij het ontwerp moet rekening worden gehouden met inspectiemogelijkheden.

Infiltratievoorzieningen fungeren als natuurlijke zuiveringssystemen. Het is gewenst dat de vervuiling en het functioneren op termijn wordt gemeten. Wanneer de vervuiling van de voorziening normen overschrijdt, of de voorziening onvoldoende zuiverend vermogen heeft, moet worden ingegrepen.

3.10 Conclusies en aanbevelingen

In tabel 3.3 is weergegeven op welke criteria de bron- en beheermaatregelen effect sorteren. De grootte van het effect kan met de huidige kennis niet goed gekwantificeerd worden.

Tabel 3.3 Effect bron- en beheermaatregelen

nr maatregel	normaal functioneren				bijzondere situaties		
	nutriënten	metalen	PAK	bestrijdingsmiddelen	calamiteiten	illegale emissies	verkeerde aansluitingen
bronmaatregelen							
1 uitlopende materialen							
2 strooizout							
3 onkruidbestrijding							
4 autowassen							
5 hondenuitlaatplaatsen							
beheermaatregelen							
1 voorlichting							
2 calamiteitenplan							
3 inspecteren en meten							

Ten aanzien van bronmaatregelen gelden de volgende aanbevelingen:

- Aangezien het aantal behandelingstechnieken dat metalen en PAK met een hoog rendement kan afvangen beperkt is, verdient het voorkomen van het ontstaan van de verontreinigingen, door het niet toepassen van uitlopende materialen sterk de voorkeur.
- Op dit moment hebben gemeenten geen goede juridische instrumenten om de toepassing van uitlopende materialen te verbieden. Het is gewenst dat deze ontwikkeld worden.
- Vanuit de belasting op het oppervlaktewater en het functioneren van infiltratievoorzieningen is een terughoudend strooi beleid gewenst. Een verbod op het strooien met zout is niet noodzakelijk.
- Het terugdringen van chemische onkruidbestrijding, zowel bij gemeenten als particulieren is gewenst.
- De kennis over de aanwezigheid van bestrijdingsmiddelen in afstromend regenwater en de werking van behandelingstechnieken is onvoldoende.

- Bij ongezuiverde lozing van het afstromende water op oppervlaktewater, is een verbod op autowassen in de straat gewenst.
- Indien het afstromende water wordt behandeld voor lozing, is het ontmoedigen van het autowassen in de straat gewenst.
- Omdat overlast door hondenpoep een groot maatschappelijk probleem is, is het gewenst dat er voorzieningen zijn waarin honden hun behoefte kunnen doen. Dit kunnen perken zijn, of speciale hondentoiletten.
- Zoveel mogelijk moet worden voorkomen dat de verontreinigingen kunnen afspoelen naar oppervlaktewater.

Ten aanzien van de beheermaatregelen gelden de volgende aanbevelingen.

- Het Waterschap en de gemeenten dienen regelmatig voorlichting aan bewoners en bedrijven te geven over de werking en consequenties van een gescheiden inzamelingssysteem.
- Het is gewenst dat een calamiteitenplan dan wel draaiboek wordt opgesteld waarin staat aangegeven welke acties noodzakelijk zijn om verspreiding van vervuiling bij calamiteiten via het regenwatersysteem tegen te gaan.
- Bij de toepassing van infiltratievoorzieningen is een meetprogramma gewenst, waarmee de verontreiniging van bodem en grondwater wordt gemeten.

4 Behandelingstechnieken

4.1 Algemeen

In dit hoofdstuk komen alle gangbare behandelingstechnieken voor regenwater aan de orde die kunnen worden ingezet om de emissie op oppervlakte- en grondwater door de lozing van water te beperken. De beschrijvingen zijn vooral gericht op de zuiverende werking van de voorzieningen.

Tabel 4.1 Overzicht behandelingstechnieken

para-graaf	thema's/technieken	categorie
§ 4.12	oppervlakte infiltratie	infiltratie
§ 4.3	ondergrondse infiltratie	infiltratie
§ 4.4	doorlatende verharding	infiltratie
§ 4.5	helofytenfilters	helofytenfiltratie
§ 4.6	lamellenafscidders	zwevende stof afscheiding
§ 4.7	retentie- en bezinkingsbassins	zwevende stof afscheiding
§ 4.8	olie en vet afscidders	zwevende stof afscheiding
§ 4.9	adsorptietechnieken	adsorptie
§ 4.10	volumescheidingsputten	volumescheiding

4.2 Oppervlakte infiltratie

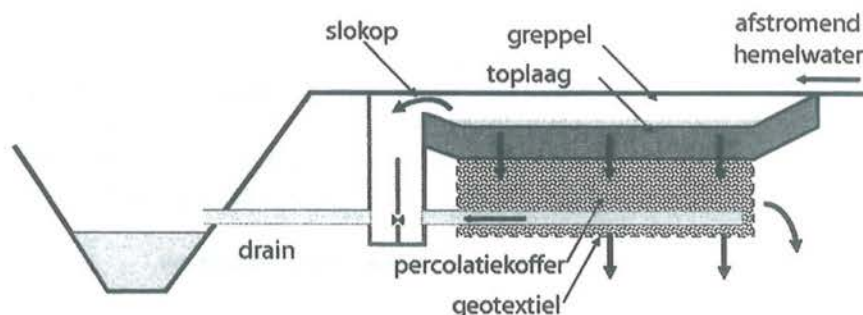
4.2.1 Beschrijving systemen

In een oppervlakte infiltratievoorziening wordt het water op het maaiveld verzameld, waarna het vervolgens in de bodem kan infiltreren. Het regenwater stroomt bovengronds, via afvoergoten en/of hellend verhard oppervlak naar de infiltratievoorziening. Een infiltratievoorziening bestaat over het algemeen uit een verlaging in het maaiveld, begroeid met gras. Door de verdiepte aanleg kan een hoeveelheid neerslag aan het oppervlak worden geborgen.

Bij een infiltratieveld infiltreert het hemelwater via de humeuze toplaag rechtstreeks naar de goed doorlatende ondergrond. Als de ondergrond minder geschikt is voor infiltratie, wordt een wadi toegepast. Hierbij is onder de toplaag een transportdeel aangelegd, dat bestaat uit een goed doorlatend materiaal en een drain. Als het water niet in de ondergrond kan wegzijgen, vindt afvoer via de drain plaats naar oppervlaktewater.

Als de bovengrondse berging volledig gevuld is, kan het overtollige hemelwater in het algemeen via een overloopvoorziening (slokop) worden afgevoerd.

De slokop kan worden aangesloten op een afvoerleiding, of op de drain die onder de wadi ligt. Beide voorzieningen voeren af naar oppervlaktewater. Als de kans bestaat dat het overstortende hemelwater zwaar verontreinigd is, mag de slokop niet op de drain worden aangesloten. De kans bestaat dan dat verontreinigingen in het grondwater terechtkomen. De overloop garandeert de afvoer van hemelwater bij vorst en voorkomt langdurig water op straat in geval van het overstroomen van de wadi.



Figuur 4.1 Wadi

4.2.2 Verwijderingsmechanismen

De zuiverende werking bij oppervlakteinfiltratie wordt bepaald door de volgende vier processen:

1. filtrerende werking van de bodem (zwevend stof blijft op maaiveld achter);
2. adsorptie aan reactieve gronddeeltjes in de vaste bodem (met name organisch stof, metaaloxides en kleideeltjes);
3. afbraak door microbiële omzettingsprocessen;
4. opname en afvoer via het gewas (begroeiing van de wadi, veelal gras).

Om de infiltratievoorziening goed te laten functioneren, moet aan een aantal eisen worden voldaan:

- met het oog op de vitaliteit van de begroeiing, moet de tijd dat er water in de voorziening staat beperkt zijn;
- een goede aeratie van de wadigrond is gunstig voor het kwalitatieve functioneren ervan;
- met het oog op de gewenste emissiereductie moet de belasting met verontreinigingen per m³ bodemmateriaal beperkt zijn;
- bij overschrijding door de vuilconcentraties van de gestelde normen, moet de toplaag van de infiltratievoorziening worden vervangen.

4.2.3 Ontwerprichtlijnen

De ontwerprichtlijnen voor de oppervlakteinfiltratievoorzieningen zijn gerelateerd aan:

- de gewenste berging;
- de hoeveelheid water die behandeld moet worden;
- het functioneren van de infiltratievoorziening.

Bergingsfunctie

In de stedelijke waterhuishouding zal het bergingsvraagstuk de komende tijd een steeds belangrijkere rol gaan spelen. Door toename van de neerslag(intensiteit) en de toenemende verstedelijking zal meer berging moeten worden gecreëerd om wateroverlast te voorkomen.

Als de infiltratievoorziening ook een rol moet spelen in het creëren van berging, zal de gewenste berging in de infiltratievoorziening en het oppervlaktewater bij voorkeur door middel van een integrale afweging moeten worden bepaald.

Emissie op oppervlaktewater

In de Beslisboom aan- en afkoppelen 2003^[23] is voor lamellenafscheiders aangegeven dat minimaal 90% van de neerslag (inloop) moet worden behandeld. Door de grote berging kan met een wadi in het algemeen eenvoudig aan deze eis worden voldaan. Andere eisen zijn meestal maatgevend.

De volgende eisen dan wel aanbevelingen hebben betrekking op het functioneren van de infiltratievoorziening.

- *Ledigingstijd maximaal 24 uur*
Hierdoor wordt voorkomen dat de wadi te lang nat blijft. Dit is slecht voor de begroeiing. De norm van 24 uur moet als een ingrijpmaatstaf in de praktijk worden gehanteerd. Op basis van de gangbare ontwerpberendingen zal de ontwerp ledigingstijd vrijwel altijd aanzienlijk korter zijn.
- *Oppervlakte infiltratiegreppels t.o.v. afvoerend oppervlak: 7-10%*
De praktijk wijst uit dat een wadi met een oppervlak van 10% van het verhard oppervlak goed functioneert. Een voldoende ruim oppervlak van de wadi is van belang in verband met onder andere het verkrijgen van voldoende berging, een goede aeratie, en een voldoende capaciteit voor het afvangen van verontreinigingen. Door ruimtegebrek wordt in de praktijk deze norm vaak verruimd.
- *Maximale waterstand infiltratiegreppel: bij voorkeur 0,20 m*
Met het oog op verdrinkingsgevaar van kleine kinderen en een beperkte ledigingstijd, wordt de maximale waterstand beperkt tot 0,20 – 0,30 m.
- *k-waarde toplaag: 0,5 m/dag*
De toplaag wordt vaak samengesteld uit twee delen drainagezand en één deel teelaarde. Bij deze samenstelling wordt gerekend met een doorlatendheid van de toplaag van 0,5 m/dag.
- *Overloopconstructie*
De infiltratievoorziening moet voorzien zijn van een overloopmogelijkheid. Naarmate de berging in de infiltratievoorziening groter is, neemt de kans op een hoge neerslagintensiteit tijdens een overloopsituatie af. De afvoercapaciteit van het overloopriool mag dan lager zijn dan van een normaal regenwaterriool. Bij de keuze van de maatgevende neerslagintensiteit moeten ook de effecten van water op straat (overlast) worden meegewogen.

4.2.4 Beheer

De volgende beheermaatregelen zijn gewenst.

1. Pas bemesting terughoudend toe

Bij voorkeur worden organische meststoffen met mate toegepast en alleen in de vorm van stabiele humus. Vanuit kwaliteitsoogpunt gaat het om het goed aëroob houden van de bodem.

Toevoeging van organische meststoffen leidt in het algemeen tot een (ongewenste) toevoer van DOM (Dissolved Organic Matter, ofwel opgeloste organische stof) en daarmee tot meer verspreiding van verontreinigingen. Toevoeging van anorganische meststoffen leidt naar verwachting tot de uitspoeling van deze meststoffen.

Er moet alleen worden overgegaan tot bemesting als dat vanuit het oogpunt van een goede begroeiing noodzakelijk is.

2. *Zorg voor een bodemstructuur die afbraak van organische verbindingen bevordert*

Een wadibodem moet goed aëroob gehouden worden om het bodemleven en de afbraak van DOM en organische microverontreinigingen te bevorderen. Specifieke biologische toevoegingen ter verbetering van de microbiologische activiteit, structuur/beluchting, hebben een positief effect op de begroeiing én een positief effect op de kwaliteitsaspecten.

3. *Voer maaisel af*

Het verdient aanbeveling om grasmaaisel en bladafval af te voeren voordat rotting ervan plaatsvindt. Dit om de plaatselijke vorming van DOM te beperken. De frequentie van de afvoer is naar schatting gemiddeld twee keer per jaar en de bijbehorende kosten bedragen naar schatting € 0,75 - € 1,25 /are voor het vegen van gras en € 1,00 à € 1,50/are voor het ruimen van bladeren.

4. *Voer bij een lage pH kalk toe en bij onvoldoende adsorptie ijzeroxides*

In geval van een lage pH zal toevoeging van kalk een gunstig effect hebben op de adsorptie van verontreinigingen. Wanneer er bij neutrale pH toch te weinig adsorptiecapaciteit is, kan toevoeging van ijzerhydroxide een gunstig effect hebben.

5. *Pas strooizout terughoudend toe*

Ondanks dat er geen significante negatieve effecten hoeven op te treden, wordt aangeraden als richtlijn geen strooizout toe te passen of zoveel mogelijk extensief.

6. *Pas geen chemische bestrijdingsmiddelen toe*

Voor onkruidbestrijding worden in het reguliere beheer van verhardingen vaak bestrijdingsmiddelen toegepast. Hoewel transport van bestrijdingsmiddelen niet is onderzocht, verdient het aanbeveling in de afgekoppelde wijken onkruid mechanisch te bestrijden en ook aandacht te geven aan eventueel gebruik van bestrijdingsmiddelen door particulieren en bedrijven.

De vervanging van de toplaag van de wadi wordt actueel wanneer de concentraties van bepaalde parameters de interventiewaarden naderen. Uit economisch oogpunt kan worden overwogen de toplaag nu te vervangen. Er dient dan een toetsing op basis van het bouwstoffenbesluit uitgevoerd te worden. Als de toplaag valt onder categorie I (licht verontreinigde grond), kan deze elders worden gebruikt, bijvoorbeeld in een geluidswal. Als de kwaliteit van het infiltrerende hemelwater nog goed is, kan er ook voor worden gekozen om de toplaag zo lang mogelijk te laten liggen. Welke concentraties aan verontreinigingen nog acceptabel zijn, is onder andere afhankelijk van de milieu- en volksgezondheidsrisico's. Mogelijk kan hierbij worden aangesloten bij de berekening in het kader van de urgentieverklaring van de Provincie.

Als de normen voor één of meer stoffen is overschreden, zal de top laag moeten worden vervangen. De kosten zijn afhankelijk van diverse factoren. Als indicatie kan worden uitgegaan van een prijs voor het afvoeren en verwerken van verontreinigende grond van € 65,-/ton. Uitgaande van een wadi-oppervlak van 10% van het verhard oppervlak, een dikte van de af te voeren laag van 0,15 m en een soortelijk gewicht van 2000 kg/m³, bedragen de kosten circa € 2,00/m² verhard oppervlak.

4.2.5 Toetsing aan criteria

Zuiveringsrendementen

Uit diverse onderzoeken (Schipper et al, Bodem 2003, Grontmij en ECN 2003, TNO-MEP) blijkt dat bovengrondse infiltratievoorzieningen zoals een wadi of wegberm decennia lang een hoog zuiveringsrendement hebben voor zware metalen en PAK.

Over het zuiveringsrendement van andere stoffen als zware metalen en PAK is vrij weinig bekend. In het algemeen kan hiervoor worden aangehouden, dat een groot deel van de aan zwevend stof gebonden fractie door de filterende werking van een bodempassage achterblijft in de bodem.

Voor minerale olie kan worden aangenomen dat bij een diffuse bodembelasting door afbraak nauwelijks uitspoeling optreedt.

Nitraat zal waarschijnlijk nauwelijks afbreken gelet op de korte verblijftijden en de overwegend zuurstofrijke omstandigheden in het ondiepe bodemvocht. Ook wordt geschat dat het zuiveringsrendement voor stikstof in de vorm van ammonium gering is, omdat de reactietijd voor volledige omzetting te gering is en adsorptie van het kation aan kleideeltjes slechts voor een geringe retardatie zorgt.

Het zuiveringsrendement voor fosfaat is waarschijnlijk ook gering, omdat fosfaat vrijwel alleen boven de grondwaterspiegel aan de bodem bindt, vooral aan metaaloxides. Deze binding is reversibel, zodat het gebonden deel weer snel vrijkomt en uitspoelt tijdens de (niet te voorkomen) periodieke natte omstandigheden.

In tabel 4.2 zijn de zuiveringsrendementen samengevat voor de eerste 30 jaar, uitgaande van een bodempassage bij een oppervlakte infiltratievoorziening zoals een wadi. Opname door het gewas is hierin niet meegenomen.

Tabel 4.2 Zuiveringsrendement oppervlakte infiltratievoorzieningen

stof	zuiveringsrendement	bron	opmerking
fosfor	< 20%	eigen schatting	Geen effectieve adsorptie omdat het fosfaatbindend vermogen gering is door periodiek hoge grondwaterstanden.
stikstof	< 20%	eigen schatting	Geen adsorptie, volledige afbraak gering omdat het merendeel van de tijd in de top laag geen reducerende omstandigheden zijn en bij natte omstandigheden de verblijftijden kort zijn.
Cu	30 à 90%	1,2,3	Overwegend aërobe condities, top laag bodem >2,5% organische stof, infiltratieoppervlak ten opzichte van aangesloten verhard oppervlak >=10%

Calamiteiten, illegale lozingen en verkeerde aansluitingen

Op het punt van calamiteiten scoort de oppervlakteinfiltratievoorziening goed. Bij een ongeluk zal de vervuiling tijdelijk geborgen worden in de bovengrondse berging. De berging kan eenvoudig worden leeggepompt. Het deel van de verontreinigingen dat geïnfiltreerd is, zal zich waarschijnlijk groten-deels in de toplaag bevinden. Deze kan tamelijk eenvoudig worden vervangen. De kans op illegale lozingen en verkeerde aansluitingen is erg klein door de bovengrondse aanvoer.

4.2.6 Volksgezondheid

De oppervlakteafvoer van water over straat kan overlast voor bewoners opleveren. Aandachtspunten zijn:

- begaanbaarheid goot: een smalle diepe goot kan gevaar opleveren voor fietsers (tramraileffect) en is lastig te kruisen door rolstoelgebruikers en kinderwagens;
- ijsvorming: smeltwater van daken kan op de grond opnieuw bevriezen. Als het water vrij over de stoep of weg kan stromen kunnen grote bevroren oppervlakken ontstaan. Om deze reden heeft het de voorkeur om het water ook over de stoep via kleine gootjes te leiden;
- spatwater: door een juiste vormgeving van het wegprofiel en door snelheidsremmende maatregelen, moet voorkomen worden dat voetgangers of fietsers last hebben van spatwater van auto's;
- vocht in de woning: het via de regenpijp op het maaiveld geloosde water dient te allen tijde van de woning af te stromen en mag niet via de gevel in de kruipruimte terechtkomen.

Voor de oppervlakteinfiltratievoorziening gelden de volgende aandachtspunten op het gebied van de volksgezondheid:

- verdrinkingsgevaar: jonge kinderen kunnen al in enkele centimeters water verdrinken. Om de vereiste berging in de infiltratievoorziening te realiseren bij een waterstand van enkele centimeters zou een zeer groot oppervlak noodzakelijk zijn. Dit is in de meeste gevallen niet haalbaar. Om deze reden wordt een maximale waterstand van 0,20 m aangehouden;
- bacteriologische verontreinigingen: een (gedeeltelijk) volstaande infiltratievoorziening is een geliefd speelobject. Het water in de wadi kan bacteriologisch onbetrouwbaar zijn. Om deze reden is het ongewenst dat honden worden uitgelaten in de wadi;
- overlast door muggen: een goed functionerende infiltratievoorziening valt uiterlijk binnen 1 à 2 dagen na afloop van de bui weer droog. Deze tijd is voor muggenlarven onvoldoende om zich te ontwikkelen. Als de infiltratievoorziening niet goed leegloopt kunnen zich wel problemen met muggen voordoen;
- verontreiniging in toplaag: de concentraties aan verontreinigingen in de toplaag van de infiltratievoorzieningen mogen geen gezondheidsrisico's opleveren voor spelende kinderen.

4.3 Ondergrondse infiltratievoorzieningen**4.3.1 Beschrijving systemen**

Een ondergrondse infiltratievoorziening bestaat uit een ondergrondse berging, waarin het water door middel van een buis wordt geloosd. Vanuit de berging kan het water vervolgens in de ondergrond wegzijgen. De voorzieningen dienen te zijn voorzien van een overloopmogelijkheid.

Overstortingen vinden bij voorkeur plaats op open water. Als dit niet mogelijk is, kan worden overgestort op de riolering.

Er zijn talloze producten en technieken om ondergrondse berging te creëren. De belangrijkste categorieën worden behandeld.

Infiltratiekoffers

Een infiltratiekoffer bestaat uit een ondergrondse voorziening die is opgebouwd uit een aggregaat met een groot percentage holle ruimten. Dit kan onder andere grind zijn of lava. Het aggregaat is ingepakt in waterdoorlatend geotextiel. Dit voorkomt dat het bodemmateriaal in de infiltratievoorziening dringt en laat het infiltrerende water door.

Infiltratie-unit

Een infiltratie-unit is een kunstmatige constructie die in de bodem wordt geplaatst. Veel toegepast zijn de infiltratiekragen. Dit zijn kunststof (pvc, pp) boxen die omwikkeld zijn met geotextiel. De kragen kunnen ook aaneen worden geschakeld tot een grote constructie. Zowel de infiltratiekoffer als de -unit hebben slechts een beperkte afvoerende capaciteit. Als overloopconstructie is meestal een aparte leiding nodig.

Infiltratieriolen

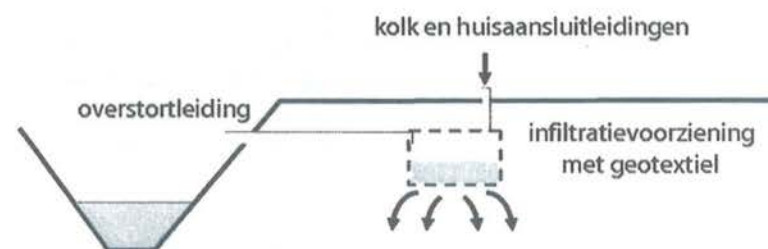
Infiltratieriolen zijn buizen met een poreuze wand (beton), of voorzien van gaten (kunststof of beton) waardoor het water kan wegzijgen in de ondergrond. De voorziening heeft ook een transportfunctie.

Infiltratiekolken/putten

Infiltratiekolken en putten zijn voorzien van openingen, waardoor het water kan infiltreren. Het zijn voorzieningen die geschikt zijn voor kleinschalige oplossingen (bijvoorbeeld het afkoppelen van daken van woningen of schuren).

De ondergrondse voorzieningen kunnen door middel van een riool of drain worden gevoed. Daarnaast kunnen ze ook onder infiltratievelden worden aangelegd in gebieden met een minder goed doorlatende bodem.

Alle typen kunnen omhuld worden met geotextiel om inspoeling van grond en zanddeeltjes te voorkomen. Om te voorkomen dat het geotextiel verstopt raakt, kan als voorzuivering van het afstromend water een blad- en zandvang voor de voorziening geplaatst worden.



Figuur 4.2 Ondergrondse infiltratievoorziening

4.3.2 Verwijderingsmechanismen

De zuiverende werking bij ondergrondse infiltratie wordt bepaald door de volgende vier processen:

1. filterende werking van de bodem (zwevend stof blijft in het zand naast de voorziening achter);
2. adsorptie aan reactieve gronddeeltjes in de vaste bodem (met name organisch stof, metaaloxides en kleideeltjes);
3. afbraak door microbiële omzettingsprocessen.

Om de infiltratievoorziening goed te laten functioneren, moet aan een aantal eisen worden voldaan:

- om een goede infiltratie te waarborgen, moet het zandpakket waarin de voorziening ligt voldoende doorlatend zijn;
- om een goede infiltratiecapaciteit te waarborgen en om voldoende tijd en ruimte voor de zuiveringsprocessen te garanderen, moet de afstand tot het grondwater voldoende groot zijn;
- met het oog op de gewenste emissiereductie moet de belasting met verontreinigingen per m³ bodemmateriaal beperkt zijn;
- bij overschrijding door de vuilconcentraties van de gestelde normen, moet de infiltratievoorziening worden opgegraven en moet de vervuilde grond worden vervangen.

4.3.3 Ontwerprichtlijnen

De ontwerprichtlijnen voor de ondergrondse infiltratievoorzieningen zijn gerelateerd aan:

- de gewenste berging;
- de hoeveelheid water die behandeld moet worden;
- het functioneren van de infiltratievoorziening.

Bergingsfunctie

In de stedelijke waterhuishouding zal het bergingsvraagstuk de komende tijd een steeds belangrijkere rol gaan spelen. Door toename van de neerslag(intensiteit) en de toenemende verstedelijking zal meer berging moeten worden gecreëerd om wateroverlast te voorkomen. Als de infiltratievoorziening ook een rol moet spelen in het creëren van berging, zal de gewenste berging in de infiltratievoorziening en het oppervlaktewater bij voorkeur door middel van een integrale afweging moeten worden bepaald.

Emissie op oppervlaktewater

In de Beslisboom aan- en afkoppelen 2003^[23] is voor lamellenafscheiders aangegeven dat minimaal 90% van de neerslag (inloop) moet worden behandeld. Met een ondergrondse infiltratievoorziening met een redelijke berging kan in het algemeen eenvoudig aan deze eis worden voldaan. Andere eisen zijn meestal maatgevend.

De volgende eisen dan wel aanbevelingen hebben betrekking op het functioneren van de infiltratievoorziening.

- *Rekenwaarde doorlatendheid ondergrond*

De doorlatendheid van de ondergrond moet worden bepaald aan de hand van boringen en infiltratieproeven. Met het oog op de onzekerheden in de praktijk en het teruglopen van de infiltratiecapaciteit door vervuiling wordt een veiligheidsfactor van 2 - 3 op de gemeten waarde geadviseerd.

- *Berging en infiltratieoppervlak*
Geadviseerd wordt een minimale berging van 15 mm in de infiltratievoorzieningen te realiseren en een groot infiltratieoppervlak. Vaak gaan deze parameters samen. Een groot infiltratieoppervlak zal minder snel vervuilen dan een klein oppervlak en geeft een kortere ledigingsdij.
- *Voorkomen inloop vervuiling in voorziening*
Bij de toepassing van ondergrondse infiltratievoorzieningen moeten in alle gevallen voorzieningen worden geïnstalleerd voor het afvangen van bladeren en andere grove bestanddelen.
- *Beperken vervuiling infiltratieoppervlak*
Het vervuilen van het infiltratieoppervlak kan worden beperkt door de opwoeling van vuil te beperken. Hierdoor zal voornamelijk de bodem vervuilen en in veel mindere mate de wanden. Opwoeling kan worden beperkt door de stroomsnelheden in de voorziening te beperken. Een groot volume kan hierbij van pas komen. Door de inlaten niet rechtstreeks op de infiltratievoorzieningen aan te sluiten, maar bijvoorbeeld via de putten, blijft de turbulentie beperkt. Tenslotte zal bij een groot infiltratieoppervlak de vuilbelasting per mm^2 infiltratieoppervlak beperkt blijven.
- *Overloopconstructie*
De infiltratievoorziening moet voorzien zijn van een overloopmogelijkheid. Naarmate de berging in de infiltratievoorziening groter is, neemt de kans op een hoge neerslagintensiteit tijdens een overloopsituatie af. De afvoercapaciteit van het overloopriool mag dan lager zijn dan van een normaal regenwaterriool. Bij de keuze van de maatgevende neerslagintensiteit moeten ook de effecten van water op straat (overlast) worden meegewogen.

4.3.4 Beheer

De infiltratiecapaciteit van infiltratievoorzieningen kan door vervuiling afnemen. Met name kleine, kleiachtige deeltjes en organisch materiaal kunnen voor verstopping zorgen^[5]. In de eerste plaats dient het ontwerp erop gericht te zijn de vervuiling van de voorziening zoveel mogelijk te voorkomen. Daarnaast dient het beheer erop gericht te zijn de vervuiling te minimaliseren.

Veel ondergrondse voorzieningen kunnen worden geïnspecteerd en gereinigd. Een uitzondering wordt gevormd door infiltratieriolen. Sommige kratten zijn inwendig beperkt toegankelijk en reinigbaar.

Behalve voor infiltratieriolen zijn er op dit moment geen geschikte methoden en apparatuur voor reiniging. Het is niet bekend in hoeverre het mogelijk is ondergrondse infiltratievoorzieningen schoon te spuiten zonder dat de omliggende grond instabiel wordt en hierdoor in de voorziening terechtkomt. Voor het reinigen van de infiltratieriolen kan gebruik worden gemaakt van de bestaande reinigingstechnieken en -apparatuur en wordt aangesloten bij de reinigingsfrequentie van gemengde riolen. Diverse leveranciers van infiltratieriolen (met name de betonnen riolen) hebben echter speciale technieken en apparatuur ontwikkeld of zijn deze aan het ontwikkelen voor een adequate reiniging van infiltratieriolen. De specificaties zijn afhankelijk van de leverancier.

Het is tevens niet bekend in hoeverre verstoppingsprocessen daadwerkelijk optreden, welke onderhoudsmaatregelen effectief zouden kunnen zijn en welke aanpassingen aan de constructie nodig zijn om goed onderhoud mogelijk te maken.

Een deel van de verontreinigingen zal rond de voorziening in het zandpakket worden vastgelegd.

Bij het verwijderen van de voorziening of wanneer de verontreinigingen in het grondwater te hoog dreigen te worden, dient de verontreinigde grond te worden verwijderd.

4.3.5 Toetsing aan criteria

Zuiveringsrendementen

Er is weinig gemeten aan het zuiveringsrendement van ondergrondse infiltratievoorzieningen. Het zuiveringsrendement is waarschijnlijk minder dan dat van wadi's. In het ongunstigste geval is alleen sprake van filtratie van niet opgeloste stoffen in de ondergrond. Door de aanwezigheid van organische stof in de ondergrond kan het zuiveringsrendement toenemen. De aanwezigheid van organische stof in het infiltrerende hemelwater zal een positief effect hebben op het vastleggen van zware metalen (adsorptie). Aërobe en anaërobe afbraak spelen een kleinere rol in het zuiveringsproces.

In de praktijk zijn voorbeelden bekend (o.a. gemeente Den Bosch) waarin de ondergrond onder een infiltratieriool wordt verrijkt met actieve koolstof en ijzeroxide om het zuiverende effect van de bodem te vergroten. Over het effect van deze toevoegingen is vooralsnog weinig bekend.

Calamiteiten, illegale lozingen en verkeerde aansluitingen

Ondergrondse infiltratie scoort slecht op calamiteiten, illegale lozingen en verkeerde aansluitingen. Door de ondergrondse aanvoer is niet zichtbaar wat er op de infiltratievoorzieningen wordt geloosd. Eventuele verontreinigingen die in de bodem terechtkomen zijn bovendien moeilijk te verwijderen. Bij toepassing van deze voorzieningen zullen aanvullende maatregelen moeten worden getroffen om de kans op problemen op dit betreffende punt te minimaliseren.

4.4 Doorlatende verharding

4.4.1 Beschrijving systemen

Doorlatende verharding bestaat uit een wegdek met een zeer hoge doorlatendheid. Het water wordt direct doorgelaten naar de funderingslaag. In deze laag zit voldoende berging om het water vervolgens te laten infiltreren in de bodem of vertraagd af te voeren naar oppervlaktewater. De drie belangrijkste typen doorlatende verharding zijn beschreven.

Nokkenstenen

Het water loopt via de voegen in de fundering. Ten opzichte van standaard klinkers, zijn de voegen verruimd, door de toepassing van nokken of groeven.

Poreuze stenen

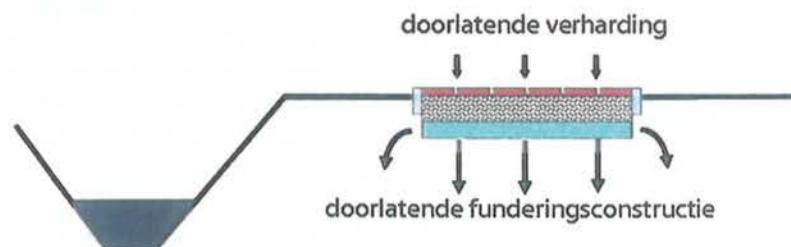
De korrelopbouw van deze klinkers is zodanig dat de steen water doorlaat. De deklaag van de klinkers heeft een open structuur, doordat geen fijne toelagmaterialen worden toegepast, maar grover materiaal van basalt en grind. Ook de rest van de klinker heeft een grove korrelstructuur dat is verkregen door een speciaal cementmengsel en verdichtingsproces.

Halfverhardingen

Open asfaltbeton kan worden toegepast als funderingslaag (zoals wordt gedaan bij snelwegen) maar ook als verhardingsmateriaal. De laag krijgt in dat laatste geval een grotere dikte van 15 tot 18 cm. Bij het aanbrengen bedraagt het poriëngehalte 25%, maar onder invloed van verkeer loopt dit terug naar 8-16%, waarop het zich stabiliseert.

Graskeien of grastegels zijn elementen van beton of kunststof met een graatstructuur. Door de openingen in de elementen kan het water infiltreren. In de openingen kan gras groeien of de openingen kunnen gevuld worden met een materiaal als grind. Het onderhouden van de voorziening is echter lastig en zal veelal handmatig moeten gebeuren.

Bij alle drie de typen doorlatende verharding wordt het water in de funderingslaag geborgen. Aan deze laag worden hoge eisen gesteld: enerzijds moet de structuur open zijn om voldoende berging te creëren. Dit betekent bijvoorbeeld dat de fijne (0) fractie moet zijn verwijderd. Anderzijds moet de laag voldoende stabiliteit garanderen.



Figuur 4.3 Doorlatende verharding

4.4.2 Verwijderingsmechanismen

De zuiverende werking bij doorlatende verharding wordt bepaald door de volgende vier processen:

1. filterende werking van de doorlatende verharding en funderingslaag;
2. adsorptie aan reactieve deeltjes in de fundering en de ondergrond (met name organisch stof, metaaloxides en kleideeltjes);
3. afbraak door microbiële omzettingsprocessen.

Er is nog betrekkelijk weinig bekend over de zuiverende werking van doorlatende verharding. Om de infiltratievoorziening goed te laten functioneren, moet aan een aantal eisen worden voldaan:

- met het oog op de gewenste emissiereductie moet de belasting met verontreinigingen per m³ funderings- en bodemmateriaal beperkt zijn;
- bij overschrijding door de vuilconcentraties van de gestelde normen, moet de toplaag van de infiltratievoorziening worden vervangen.

4.4.3 Ontwerprichtlijnen

De ontwerprichtlijnen voor de doorlatende verharding zijn gerelateerd aan:

- de gewenste berging;
- de hoeveelheid water die behandeld moet worden;
- het functioneren van de voorziening.

Bergingsfunctie

In de stedelijke waterhuishouding zal het bergingsvraagstuk de komende tijd een steeds belangrijkere rol gaan spelen. Door toename van de neerslag(intensiteit) en de toenemende verstedelijking zal meer berging moeten worden gecreëerd om wateroverlast te voorkomen. Als de doorlatende verharding ook een rol moet spelen in het creëren van berging, zal de gewenste berging in de funderingslaag van de verharding en het oppervlaktewater bij voorkeur door middel van een integrale afweging moeten worden bepaald.

Te behandelen hoeveelheid water

In de Beslisboom aan- en afkoppelen 2003^[23] is voor lamellenafscidders aangegeven dat minimaal 90% van de neerslag (inloop) moet worden behandeld. Door de grote berging kan met doorlatende verharding in het algemeen eenvoudig aan deze eis worden voldaan. Andere eisen zijn meestal maatgevend.

De volgende eisen dan wel aanbevelingen hebben betrekking op het functioneren van de doorlatende verharding.

Voor de dimensionering van de doorlatende verharding worden twee fasen in het infiltratieproces onderscheiden.

Infiltratie van de verharding naar de fundering

De infiltratiecapaciteit van de schone verharding is zeer hoog, meer dan 4500 l/(s.ha). Door vervuiling kan de infiltratiecapaciteit aanzienlijk afnemen. Geadviseerd wordt om voor de ontwerpcapaciteit maximaal 10% van de maximale capaciteit aan te houden. De ontwerp infiltratiecapaciteit moet meer dan 90 l/(s.ha) bedragen. ?

Infiltratie van fundering naar ondergrond

De dimensionering van de funderingslaag kan op dezelfde wijze worden benaderd als bij ondergrondse infiltratievoorzieningen.

- *Rekenwaarde doorlatendheid ondergrond*

De doorlatendheid van de ondergrond moet worden bepaald aan de hand van boringen en infiltratieproeven. Met het oog op de onzekerheden in de praktijk en het teruglopen van de infiltratiecapaciteit door vervuiling wordt een veiligheidsfactor van 2 – 3 op de gemeten waarde geadviseerd.

- *Berging en infiltratieoppervlak*

Geadviseerd wordt een minimale berging van 15 mm in de infiltratievoorzieningen te realiseren.

- *Overloopconstructie*

De voorziening moet een beschikken over een overstortingsmogelijkheid, voor het geval dat de verharding onvoldoende infiltratiecapaciteit heeft, of de funderingslaag onvoldoende berging.

4.4.4 Beheer

De doorlatendheid van structuur- en nokkenstenen zal in de tijd afnemen. Reiniging van de stenen kan met behulp van de veeg-zuigwagens en verdergaand met een ZOAB-reiniger.

Uit de eerste ervaringen met doorlatende verharding op de Nederlandse markt blijkt dat het gebruikte vulmateriaal tussen de stenen een grote invloed heeft op de terugloop van de infiltratiecapaciteit ten gevolge van vervuiling.

Bij de toepassing van (te) fijn voegmateriaal zal de doorlatendheid snel afnemen en is reiniging met een ZOAB-reiniger noodzakelijk. Indien in de praktijk blijkt dat met reiniging de doorlatendheid niet kan worden verhoogd tot het minimaal noodzakelijke niveau, dient men de verharding of het voegmateriaal te vervangen.

Met verbeterde klinkers en een zorgvuldige gekozen funderingspakket zijn de ervaringen in het buitenland dat veeg-zuigen voldoende is om de doorlatendheid onder normale omstandigheden op peil te houden.

Als er door extreme omstandigheden toch sprake is van een verstopping, kan met een vacuüm cleaner het voegmateriaal uit de sparingen tussen de stenen worden gezogen. Na aanvulling van het voegmateriaal is de doorlatendheid weer bijna volledig hersteld.

Een jaarlijkse controle van de hoeveelheid aanwezig voegmateriaal is gewenst.

Toepassing op parkeerplaatsen in woonwijken is niet gewenst. Niet bereiden oppervlakken hebben een hoger risico op dichtslibben. Het is in de praktijk zeer lastig om parkeerplaatsen autovrij te maken voor een schoonmaakbeurt.

4.4.5 Toetsing aan criteria

Rendementen

In Engeland (Schlüter, et.al.)^[17] is gemeten aan de concentraties van het water dat uit de funderingslaag infiltreert. De kwaliteit van het instromende water is niet bekend. De gemeten concentraties liggen onder de MTR en aanzienlijk (factor 10) onder de in Nederland gemeten concentraties voor afstromend hemelwater. Hieruit kan voorzichtig worden geconcludeerd dat de doorlatende verharding een hoog rendement heeft voor de verwijdering van metalen. In vergelijking met een oppervlakte infiltratievoorziening is de buffercapaciteit voor het vasthouden van verontreinigingen waarschijnlijk aanzienlijk lager.

Calamiteiten, illegale lozingen en verkeerde aansluitingen

Doorlatende verharding scoort matig op het gebied van calamiteiten. De verontreinigingen die vrijkomen verdwijnen snel onder het oppervlak. Daar worden ze waarschijnlijk voor een aanzienlijk deel ondiep afgevangen. Het verwijderen van de verontreinigingen onder de wegconstructie is tamelijk omslachtig.

De kans op illegale lozingen en verkeerde aansluitingen is erg klein door de bovengrondse aanvoer.

4.4.6 Volksgezondheid

Bij een goed functionerende doorlatende verharding zijn ten opzichte van de huidige rioolstelsels geen extra risico's voor de volksgezondheid te verwachten. Door middel van een overloopconstructie moet worden voorkomen dat bij een onvoldoende infiltratiecapaciteit van de verharding er water op straat komt te staan.

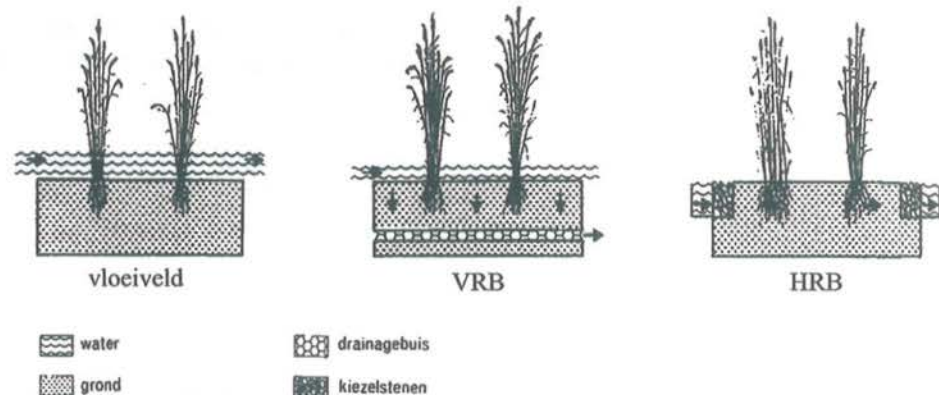
4.5 Helofytenfilters

4.5.1 Beschrijving systemen

Helofytenfilters zijn (natuurlijke of aangelegde) moerassen die zijn begroeid met helofyten en zijn ingericht en worden beheerd als systemen voor de verbetering van de waterkwaliteit van afstromend hemelwater of oppervlaktewater.

Het geloosde water verblijft enige tijd in het filter en wordt vervolgens gecontroleerd geloosd op het oppervlaktewater. Alleen bij grote buien zal het filter tijdens de bui al overstorten. Op grond van de wijze van doorstroming worden drie typen helofytenfilters onderscheiden (zie figuur 4.4):

1. *vloeiveld*: het te zuiveren water stroomt horizontaal over het aardoppervlak langs de bovengrondse plantendelen;
2. *verticaal infiltratieveld (VRB)*: het te zuiveren water stroomt verticaal door de bodem en wordt afgevoerd via een drainage;
3. *horizontaal infiltratieveld (HRB)*: het te zuiveren water stroomt horizontaal door de bodem en langs de ondergrondse plantendelen.



Figuur 4.4 Typen helofytenfilters

Inpassing

Helofytenfilters nemen een relatief groot oppervlak in beslag. Een helofytenfilter kan in principe in de stad worden ingepast. Wel dient dan reeds in de planfase rekening te worden gehouden met de extra ruimte die hiervoor benodigd is. In een nieuwe situatie is dit uiteraard eenvoudiger te realiseren als in een bestaande wijk. De benodigde ruimte wordt bepaald door het type helofytenfilter dat wordt toegepast. Doorgaans vergen vloeivelden meer ruimte dan infiltratievelden. Ook moet rekening worden gehouden met een zone tussen de filters en de bebouwing.

Recreatief gebruik van het filter is niet gewenst. Het filter mag niet belopen worden, in verband met beschadiging van de rietplanten. Ook uit milieuhygiënisch opzicht is het niet gewenst dat het filter recreatief wordt gebruikt.

4.5.2 Zuiveringsmechanismen

De zuiverende werking van helofytenfilters wordt bepaald door de volgende vier processen:

1. bezinking van zwevende delen, waarbij door de relatief lange verblijftijd coagulatie een rol gaat spelen;
2. adsorptie aan reactieve gronddeeltjes in de vaste bodem (met name organisch stof, metaaloxides en kleideeltjes);
3. afbraak door microbiële omzettingsprocessen;
4. opname en afvoer via de helofyten.

4.5.3 Ontwerprichtlijnen

De ontwerprichtlijnen voor de helofytenfilters zijn gerelateerd aan:

- de gewenste berging;
- de hoeveelheid water die behandeld moet worden;
- het functioneren van de voorziening.

Bergingsfunctie

In de stedelijke waterhuishouding zal het bergingsvraagstuk de komende tijd een steeds belangrijkere rol gaan spelen. Door toename van de neerslag(intensiteit) en de toenemende verstedelijking zal meer berging moeten worden gecreëerd om wateroverlast te voorkomen.

Als het helofytenfilter ook een rol moet spelen in het creëren van berging, zal de gewenste berging in het filter en het oppervlaktewater bij voorkeur door middel van een integrale afweging moeten worden bepaald.

Emissie op oppervlaktewater

Vanuit het oogpunt van de belasting op oppervlaktewater kan worden aangehouden dat maximaal 10% van het afstromende water (circa 60 mm) ongezuiverd mag overstorten op oppervlaktewater.

4.5.4 Toetsing aan criteria

Rendementen

Met name voor nutriënten geldt dat als de concentraties in het te zuiveren water relatief laag zijn, het rendement van een helofytenfilter ook laag is. Het rendement van een helofytenfilter voor de verwijdering van nutriënten uit hemelwater is dus relatief beperkt.

Uit het onderzoek aan het horizontaal doorstroomde infiltratiebed Erasmusgracht blijkt dat het rendement van het helofytenfilter voor afstromend hemelwater vrij groot was. Het zuiveringsrendement voor koper bij voorbezinking was 85%, en na bodempassage was dit rendement opgelopen tot 95%. Voor totaal stikstof bedraagt het rendement 60% bij voorbezinking en 80% na bodempassage. Voor fosfaat was het rendement 36% na voorbezinking en 69% na bodempassage. De zware metalen zink en nikkel zijn helaas niet bemonsterd in dit onderzoek, maar deze twee metalen hebben globaal dezelfde karakteristieken als koper. Dit onderzoek geeft een goed rendement voor helofytenfilters aan. Er was echter een kanttekening: het helofytenfilter kende een groot lekverlies waardoor het filter in de praktijk zwaar overgedimensioneerd was.

In tabel 4.3 is een overzicht gegeven van de gemeten zuiveringsrendementen voor een vloeiveld en een horizontaal infiltratieveld in Engeland.

Tabel 4.3 Zuiveringsrendement helofytenfilter (Revitt et. al., 1996)

stof	zuiveringsrendement vloeiveld (%)	horizontaal infiltratieveld (%)
BZV	18	23
CZV	32	57
ammonium	28	47
nitraat	38	52
fosfaat	40	63
kalium	24	29
cadmium	35	32
chroom	-3	4
koper	21	21
zink	47	43
lood	-12	12

Calamiteiten, illegale lozingen en verkeerde aansluitingen

Op het punt van calamiteiten, illegale lozingen en verkeerde aansluitingen scoort het helofytenfilter goed. Bij een ongeluk zal de vervuiling tijdelijk geborgen worden in de voorziening. De berging kan eenvoudig worden leeggepompt.

De aanwezigheid van illegale lozingen en verkeerde aansluitingen kan goed worden gesignaleerd in de voorziening. Door de lange verblijftijd in de voorziening kan een goede afbraak en bezinking plaatsvinden en zal de geloosde vracht tamelijk gering zijn.

4.5.5 Volksgezondheid

Een aandachtspunt vormt het feit dat de dichte en hoge begroeiing van het helofytenfilter een aantrekkelijke biotoop vormt voor allerlei vormen van ongedierte zoals ratten. De overlast kan worden geminimaliseerd door de voorziening van de woonomgeving te scheiden door een open vlakte (bijvoorbeeld een grasveld) van minimaal 50 m breedte.

Indien er onvoldoende circulatie van het water optreedt, kunnen muggenlarven in het filter tot ontwikkeling komen en zorgen voor muggenoverlast.

4.6 Lamellenafscheider

4.6.1 Inleiding

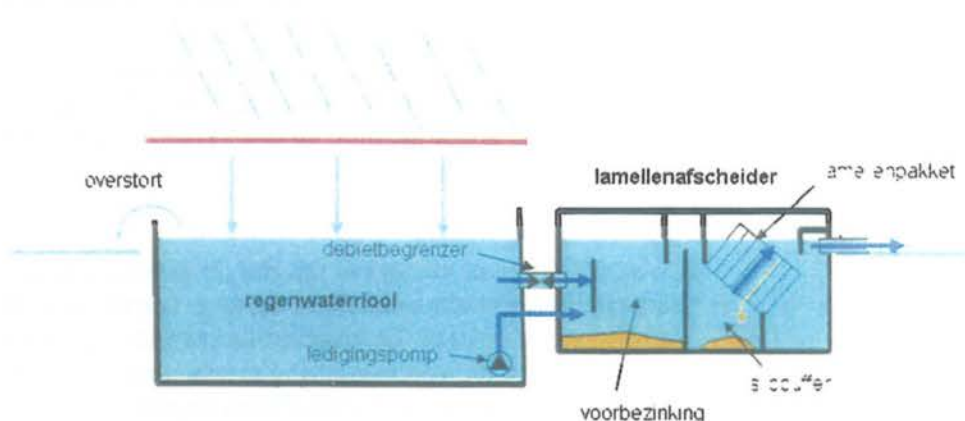
Sinds het midden van de jaren negentig worden in Nederland lamellenafscheider voor de behandeling van afstromend water toegepast.

Momenteel is een beperkt aantal leveranciers actief. De aanbiedingen van deze leveranciers zijn moeilijk te vergelijken omdat men totaal andere uitgangspunten gebruikt. De één gaat uit van praktijkgegevens uit het buitenland en de ander gaat uit van modellering. Hierdoor wordt in aanbiedingen voor de key parameter voor dit soort systemen, de *oppervlaktebelasting*, zeer verschillende waarden gebruikt. Deze parameter staat in direct verband tot de kosten zodat deze logischerwijze op het scherpst van de snede kan worden gehanteerd, hetgeen ook gebeurt. In dat geval blijft zowel adviseur als opdrachtgever zitten met het probleem van garanties op kwaliteit van behandeld water.

De toegepaste modelleringen zijn bovendien niet inzichtelijk en geven op het eerste gezicht (expert judgement) sterke overschattingen van toelaatbare oppervlaktebelastingen. Dit heeft alles te maken met het toepassen van de Wet van Stokes bij bezinkbare deeltjes. Op zich is deze wet hard. Echter de invoerparameters niet. Met name soortelijke gewichten van de bezinkbare deeltjes inclusief hun vuil- en waterfilm wordt stelselmatig overschat evenals de viscositeit van een niet gedefinieerd watersysteem wordt onderschat (of zo men wil overschat).

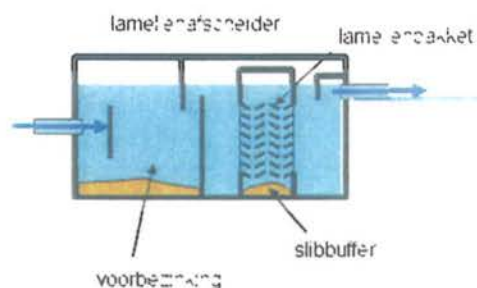
4.6.2 Beschrijving systemen

In figuur 4.5 is het systeem met lamellenafscheider schematisch weergegeven. Vanuit het regenwaterstelsel gaat een betrekkelijk gering debiet (5-20 l/(s.ha)) naar de afscheider. Als het ontwerpdebiet wordt overschreden stort het overtollige water over. De overstort kan in de afscheider zijn geïntegreerd als bypass, of los in het rioolstelsel zijn aangebracht. In de afscheider komt het water in het algemeen eerst in een voorbezinkruimte. Vervolgens stroomt het water door het lamellenpakket en wordt geloosd op oppervlaktewater. Het water stroomt van onder naar boven door de lamellen die onder een hoek van 60° zijn geplaatst. Het slib zakt langs de lamellen naar de eronder gelegen slibbuffer. Het slib kan handmatig worden verwijderd of worden afgepompt naar het DWA-stelsel.



Figuur 4.5 Schema lamellenafscheider

Een alternatief ontwerp van een lamellenafscheider is weergegeven in figuur 4.6. Het water stroomt hierbij horizontaal pakket. Het slib wordt onder het pakket geborgen.



Figuur 4.6 Alternatief ontwerp lamellenafscheider

4.6.3 Verwijderingsmechanismen

De vuilreducerende werking van de lamellenafscheider berust op het bezinken en opdrijven van niet opgeloste delen. Coagulatie van deeltjes zal door de korte verblijftijd maar beperkt plaatsvinden. Flocculatie door toevoeging van chemicaliën kan het rendement verbeteren, maar wordt voor de behandeling van water in de meeste gevallen te complex beschouwd.

Het hart van de lamellenafscheider is het lamellenpakket. Dit is een pakket platen of een honingraatpakket waar het water doorheen stroomt. Het belangrijkste effect van het pakket is dat de oppervlaktebelasting sterk wordt gereduceerd. Daarnaast zal de stroming laminair worden. Beide effecten dragen bij aan een verbeterde bezinking.

Om het lamellenpakket goed te laten functioneren, moet aan een aantal eisen worden voldaan:

- het water moet gelijkmatig verdeeld worden over het lamellenpakket;
- het naar de lamellen stromende water moet al zo rustig mogelijk zijn;
- voorkomen moet worden dat grove delen in het pakket blijven hangen;
- het afgevangen slib moet gebufferd worden op een zodanige wijze dat het niet meer kan opwoelen.

4.6.4 Ontwerprichtlijnen

De ontwerprichtlijnen voor de lamellenafscheiders zijn gerelateerd aan:

- de hoeveelheid water die behandeld moet worden;
- het functioneren van de voorziening.

Te behandelen hoeveelheid water

In de beslisboom aan- en afkoppelen 2003 is als criterium opgenomen dat minimaal 90% van de neerslag door de afscheider moet worden behandeld. In feite wordt hiermee 90% van de inloop in het rioolstelsel bedoeld. Vanuit het oogpunt van de belasting op oppervlaktewater kan worden aangehouden dat maximaal 10% van het afstromende water (circa 60 mm) ongezuiverd mag overstorten op oppervlaktewater.

Voor het ontwerpdebiet kan worden aangehouden dat een afvoer van 14 l/(s.ha) voldoet als geen berging in het stelsel aanwezig is en 5 l/(s.ha) als 4 mm berging aanwezig is.

De volgende eisen dan wel aanbevelingen hebben betrekking op het functioneren van de voorziening. Ontwerprichtlijnen volgen in de ideale situatie uit het gewenste functioneren van het systeem. Door het ontbreken van gegevens over de bezinkbaarheid van stoffen in het water kunnen de ontwerprichtlijnen niet op alle punten definitief worden ingevuld.

Oppervlaktebelasting

Geadviseerd wordt om een ontwerp oppervlaktebelasting van maximaal 1 m/h te hanteren. Dit lijkt vooralsnog een redelijk uitgangspunt, zolang nog niet duidelijk is waar de meeste vervuiling aan gebonden is. Uit de beschikbare informatie blijkt dat circa 50% van de zwevende deeltjes een bezinksnelheid hebben van 1 m/h of hoger. Bij een oppervlaktebelasting van 1 m/h zullen theoretisch alle deeltjes met een bezinksnelheid van 1 m/h of hoger worden afgevangen. De deeltjes met een lagere bezinksnelheid zullen met een lager rendement worden afgevangen.

Slibbuffer

De slibbuffer kan de inhoud van de lamellenafscheider aanzienlijk beïnvloeden. De grootte van de buffer wordt bepaald door de volgende aspecten:

- *Concentratie aan zwevende stof in het afstromende water*
De gehalten aan zwevende stof in afstromend water variëren globaal van 5 mg/l bij hellende daken tot 500 mg/l bij markten en winkelcentra. In de meeste rustige woonstraten zal het zwevende stofgehalte zich tussen de 50 en 100 mg/l bevinden, met als gemiddelde 75 mg/l.
- *Verwijderingsrendement afscheider*
Het verwijderingsrendement voor zwevende stof is voor de bepaling van de grootte van de buffer op 70% gesteld.
- *Droge stof gehalte bezonken slib*
Het droge stofgehalte bepaalt hoeveel volume het slib inneemt. Uitgegaan is van 20% droge stof met een dichtheid van 1.600 kg/m³.
- *Ledigingsfrequentie slibbuffer*
De frequentie waarmee de buffer wordt geleegd, wordt door de opdrachtgever bepaald en zal in het algemeen 1 à 2 keer per jaar bedragen. Als het slib automatisch uit de voorziening wordt gepompt, is slechts een beperkte buffercapaciteit nodig.

De slibproductie in een afscheider per ha afvoerend oppervlak kan als volgt worden bepaald.

1. wateraanvoer: 90% van 600 mm = 5.400 m³/j.
2. afgevangen vuilvracht: 70% van 5.400 m³ * 75 mg/l = 285 kg/j droge stof.
3. slibvolume per jaar: 285/1600 + 1140/1000 = 1,3 m³/ha/jaar.

Dit geeft de volgende benodigde te bufferen slibhoeveelheden per ha.

reinigingsfrequentie per jaar	grootte slibvolume per ha [m ³]
1	1,30
2	0,65
10	0,13

Indien de slibbuffer doorstroomd is, moet hiervoor extra ruimte worden gereserveerd.

4.6.5 Beheer

Het beheer van de voorziening bestaat uit het verwijderen van het slib uit de voorziening en het controleren van de vitale onderdelen.

De reinigingsfrequentie is afhankelijk van de keuzes die bij het ontwerp zijn gemaakt (zie § 4.6.4). Ook kan worden gekozen voor het automatisch verpompen van het slib. Het reinigen van de voorziening kan meegenomen worden met het kolken reinigen. Het ontwerp van de put moet dan wel het gebruik van de standaard reinigingsapparatuur toelaten.

Het controleren van de staat van de put moet één keer per jaar plaatsvinden.

4.6.6 Toetsing aan criteria

Zuiveringsrendementen

Door een producent van afscheiders zijn in Frankrijk metingen verricht aan de werking van lamellenafscheiders^[1]. De uitgangspunten tussen de verschillende metingen verschillen. Zo zijn er verschillende typen lamellenpakketten toegepast, verschillende oppervlaktebelastingen en verschillende ontwerpcapaciteiten. De gemeten range van rendementen is in tabel 4.4 weergegeven.

Tabel 4.4 Gemeten rendementen

Fv	105 ha		3 ha		
ontwerpdebiet	5,3 l/(s.ha)		70 l/(s.ha)		
opp.belasting	7,2 m/h		4,8 m/h		
	eenheid	influent	rendement	influent	rendement
BZV	mg/l	13	32%	23	23%
CZV	mg/l	119	38%	46	40%
N-kj	mg/l	4,6	32%	2,0	20%
Pb	µg/l	79	41%	40	40%
zwevende stof	mg/l	187	42%	87	54%
koolwaterstoffen	µg/l	4.4	32%	1,5	20%

Ten opzichte van de Nederlandse situatie valt op dat de vuilgehalten in de meeste gevallen hoger liggen dan in de Nederlandse situatie gemeten is in een gemiddelde woonwijk (zie tabel 2.2). De ervaring is dat het bij lagere vuilgehalten moeilijker is om een hoog rendement te halen.

De oppervlaktebelasting van de bemeten voorzieningen is aanzienlijk hoger dan die in Nederland wordt gehanteerd (1-2 m/h). Het is daarom aannemelijk dat de in Frankrijk gemeten rendementen in Nederland haalbaar zijn.

De verwachting is dat chemische bestrijdingsmiddelen slechts in beperkte mate in een lamellenafscheider zullen worden verwijderd.

Calamiteiten, illegale lozingen en verkeerde aansluitingen

Op het punt van calamiteiten, illegale lozingen en verkeerde aansluitingen scoort de lamellenafscheider redelijk tot goed. Bij een ongeluk zal een deel van de verontreinigingen achterblijven in de voorziening. Wanneer het stelsel leeg is aan het begin van de bui, zal de complete lozing kunnen worden geborgen.

De aanwezigheid van illegale lozingen en verkeerde aansluitingen kan goed worden gesignaleerd in de voorziening en is op deze wijze terug te dringen.

4.7 Retentie- en bezinkingsvijvers**4.7.1 Beschrijving systemen**

Een retentie- en/of bezinkingsvijver is een bovengronds bassin, waarin water wordt geloosd. In de voorziening kunnen zwevende delen bezinken. Daarnaast kan de voorziening ook een bufferende functie hebben. In dat geval wordt het water vertraagd geloosd op het oppervlaktewater. Bij hevige neerslag zal het waterpeil in de voorziening stijgen en zal een externe overstort in werking treden, waardoor het water met een groot debiet kan worden geloosd.

4.7.2 Zuiveringsmechanismen

De zuiverende werking van retentie- en bezinkingsvijvers wordt bepaald door de volgende vier processen:

1. bezinking van zwevende delen, waarbij door de relatief lange verblijftijd coagulatie een rol gaat spelen;
2. adsorptie aan reactieve gronddeeltjes in de vaste bodem (met name organisch stof, metaaloxides en kleideeltjes);
3. afbraak door microbiële omzettingsprocessen.

4.7.3 Ontwerp

De ontwerprichtlijnen voor de retentie- en bezinkingsvijvers zijn gerelateerd aan:

- de gewenste berging;
- het functioneren van de voorziening.

Bergingsfunctie

In de stedelijke waterhuishouding zal het bergingsvraagstuk de komende tijd een steeds belangrijkere rol gaan spelen. Door toename van de neerslag(intensiteit) en de toenemende verstedelijking zal meer berging moeten worden gecreëerd om wateroverlast te voorkomen. De gewenste berging in de retentievoorziening en het oppervlaktewater zullen bij voorkeur door middel van een integrale afweging moeten worden bepaald.

De volgende eisen dan wel aanbevelingen hebben betrekking op het functioneren van de bezinkingsvoorziening.

Oppervlaktebelasting

Voor de situatie met een geknepen afvoer mag de oppervlaktebelasting niet hoger zijn dan 1 m/h.

Opwoeling

In de situatie dat er een vrije overstorting plaatsvindt, mag de schuifspanning niet hoger zijn dan $0,25 \text{ N/m}^2$. Hiermee wordt voorkomen dat opwoeling optreedt.

Slibberging

Bij het ontwerp van de vijver moet rekening worden gehouden met slibaanwas. Een vast te stellen hoogte moet worden gereserveerd voor de berging van slib. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van de uitgangspunten die in § 4.6.4 voor de slibproductie zijn gehanteerd.

Volksgezondheid

Voorkomen moet worden dat het bassin een recreatieve functie krijgt en de bewoners in contact komen met het water.

4.7.4 Beheer

Het slib dat in de bassins bezinkt, moet worden verwijderd. De frequentie waarmee moet plaatsvinden, is afhankelijk van de gereserveerde ruimte voor slibberging en de werkelijke slibaanwas.

4.7.5 Toetsing aan criteria

Zuiveringsrendementen

Er zijn geen goede metingen aan bezinkbassins in Nederland. In tabel 4.5 zijn de resultaten van metingen in de Verenigde Staten weergegeven. De ontwerpuitgangspunten van de bemeten voorzieningen zijn niet bekend. De resultaten geven wel een indruk van de mogelijkheden.

Tabel 4.5 Bezinkingsrendement retentieponds Verenigde Staten

parameter	eenheid	influent		locaties
		concentratie	rendement	
CZV	mg/l	54	38%	1
N totaal	mg/l	0,87	55%	1
P totaal	mg/l	0,74	54%	2
Zn	ug/l	354	61%	5
Pb	ug/l	82	73%	5
Ni	ug/l	12	39%	1
Total suspended	mg/l	121	70%	6

De meeste concentraties zijn iets hoger dan de gemiddelden in Nederland. Opvallend is dat voor N en P relatief goede resultaten worden behaald.

Calamiteiten, illegale lozingen en verkeerde aansluitingen

Op het punt van calamiteiten, illegale lozingen en verkeerde aansluitingen scoren de retentie- en bezinkingsvijvers goed. Bij een ongeluk zal de vervuiling tijdelijk geborgen worden in de voorziening. De berging kan eenvoudig worden leeggpompt.

De aanwezigheid van illegale lozingen en verkeerde aansluitingen kan goed worden gesignaleerd in de voorziening.

Door de lange verblijftijd in de voorziening kan een goede afbraak en bezinking plaatsvinden en zal de geloosde vracht tamelijk gering zijn.

4.8 Olieafscidders en slibvangputten

4.8.1 Beschrijving systemen

Olie- en slibscheiders zijn ondergrondse voorzieningen die als functie hebben door middel van stroomverlamming zwevende delen af te vangen. Dit kunnen zowel olie- als slibdeeltjes zijn.

Omdat de olieconcentraties in afstromend water in het algemeen zeer laag zijn, ligt de nadruk op het afvangen van slibdeeltjes.

4.8.2 Zuiveringsmechanismen

De vuilreducerende werking van de olie- en slibafscheider voor de behandeling van water berust op het bezinken en opdrijven van niet opgeloste delen. Coagulatie van deeltjes zal door de korte verblijftijd maar beperkt plaatsvinden. Flocculatie door toevoeging van chemicaliën kan het rendement verbeteren, maar wordt voor de behandeling van water in de meeste gevallen te complex beschouwd.

De bezinking vindt plaats in een ruimte waarin lage stroomsnelheden optreden. Om een goede bezinking te verkrijgen, moet aan een aantal eisen worden voldaan:

- het water moet gelijkmatig verdeeld worden over de bezinkingsruimte, er mogen geen kortsluitstromen ontstaan;
- het naar de voorziening stromende water moet al zo rustig mogelijk zijn;
- het afgevangen slib moet gebufferd worden op een zodanige wijze dat het niet meer kan opwoelen.

In vergelijking met lamellenafscidders is bij een gelijke oppervlaktebelasting de mate van turbulentie hoger, zodat het bezinkingrendement lager zal zijn.

4.8.3 Ontwerprichtlijnen

De ontwerprichtlijnen voor de olie-afscidders en slibvangputten zijn gerelateerd aan:

- de hoeveelheid water die behandeld moet worden;
- het functioneren van de voorziening.

Te behandelen hoeveelheid water

In de beslisboom aan- en afkoppelen 2003 is als criterium opgenomen dat minimaal 90% van de neerslag door de afscieder moet worden behandeld. In feite wordt hiermee 90% van de inloop in het rioolstelsel bedoeld. Vanuit het oogpunt van de belasting op oppervlaktewater kan worden aangehouden dat maximaal 10% van het afstromende water (circa 60 mm) ongezuiverd mag overstorten op oppervlaktewater.

Voor het ontwerpdebiet kan worden aangehouden dat een afvoer van 14 l/(s.ha) voldoet als geen berging in het stelsel aanwezig is en 5 l/(s.ha) als 4 mm berging aanwezig is.

De volgende eisen dan wel aanbevelingen hebben betrekking op het functioneren van de voorziening. Ontwerprichtlijnen volgen in de ideale situatie uit het gewenste functioneren van het systeem. Door het ontbreken van gegevens over de bezinkbaarheid van stoffen in het water kunnen de ontwerprichtlijnen niet op alle punten definitief worden ingevuld.

Oppervlaktebelasting

Uit de beschikbare informatie blijkt dat circa 50% van de zwevende deeltjes een bezinksnelheid hebben van 1 m/h of hoger. Bij een oppervlaktebelasting van 1 m/h zullen theoretisch alle deeltjes met een bezinksnelheid van 1 m/h of hoger worden afgevangen. De deeltjes met een lagere bezinksnelheid zullen met een lager rendement worden afgevangen.

De meeste afscidders worden ontworpen op een oppervlaktebelasting van 1 – 2 m/h. Dit lijkt vooralsnog een redelijk uitgangspunt, zolang nog niet duidelijk is waar de meeste vervuiling aan gebonden is.

Slibbuffer

De benodigde netto slibberging voor de berekening van de grootte van de slibbuffer wordt verwezen naar § 4.6.4.

reinigingsfrequentie per jaar	grootte slibbuffer per ha [m ³]	
	netto	bruto
1	1,30	3,9
2	0,65	2,0
10	0,13	0,4

De bruto berging betreft de volledige inhoud van de bezinkruimte. De netto slibberging is gebaseerd op een vulling van maximaal 33%.

4.8.4 Beheer

Het beheer van de voorziening bestaat uit het verwijderen van het slib uit de voorziening en het controleren van de vitale onderdelen.

De reinigingsfrequentie is afhankelijk van de keuzes die bij het ontwerp zijn gemaakt (zie § 4.6.4). Ook kan worden gekozen voor het automatisch verpompen van het slib. Het reinigen van de voorziening kan het eenvoudigst meegenomen worden met het kolken reinigen. Het ontwerp van de put moet dan wel het gebruik van de standaard reinigingsapparatuur toelaten.

Het controleren van de staat van de put moet één keer per jaar plaatsvinden.

4.8.5 Toetsing aan criteria

Zuiveringsrendementen

De rendementen van olieafscidders en slibvangputten zullen naar verwachting lager liggen dan die van lamellenafscidders met een gelijke oppervlaktebelasting.

Calamiteiten, illegale lozingen en verkeerde aansluitingen

Op het punt van calamiteiten, illegale lozingen en verkeerde aansluitingen scoort de olieafscider/slibvangput redelijk tot goed. Bij een ongeluk zal een deel van de verontreinigingen achterblijven in de voorziening. Wanneer het stelsel leeg is aan het begin van de bui, zal de complete lozing kunnen worden geborgen.

De aanwezigheid van illegale lozingen en verkeerde aansluitingen kan goed worden gesignaleerd in de voorziening en is op deze wijze terug te dringen.

4.9 Adsorptiefilters

4.9.1 Beschrijving systemen

Adsorptiefilters zijn voorzieningen waarbij het water door filtermateriaal wordt geleid met goede adsorberende eigenschappen. De voorzieningen zijn daarom in staat om ook bepaalde opgeloste stoffen te verwijderen. Stoffen die verwijderd kunnen worden zijn bijvoorbeeld zware metalen.

Voor de behandeling van water op perceelsniveau is een kleinschalig filter leverbaar dat onder een regenpijp kan worden geplaatst. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een substraat dat zware metalen afvangt. Het substraat kan gerecycled worden.

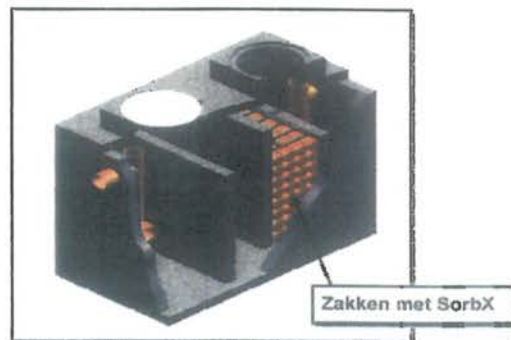
Voor de behandeling van wegwater is een infiltratiegoot in de handel met adsorptiemateriaal.



Het adsorptiemateriaal bestaat hier uit een mengsel van zeoliet, klei, lava, kokoskorrels en humus en is geschikt om naast zware metalen ook aromatische koolwaterstoffen en minerale oliën uit het water te filteren.

De werking van de voorziening kan worden vergeleken met de toplaag van een wadi. Dit komt tot uiting in de ontwerprichtlijnen van de leverancier: het oppervlak moet 7% bedragen van het afvoerende oppervlak.

Tenslotte is ook een filterput ontwikkeld, voor de behandeling van afstromend water, waarin perliet wordt toegepast als adsorptiemateriaal. Na verzadiging wordt het perliet gestort als afval.



4.9.2 Zuiveringsmechanismen

De zuiverende werking van adsorptiesystemen wordt bepaald door adsorptie aan reactieve deeltjes in het substraat (zeoliet, perliet).

Bij een fijnkorrelig adsorptiemateriaal kunnen ook zwevende delen in het filter achterblijven. De kans op verstopping is dan groot. Om verstopping van het adsorptiemateriaal te voorkomen, moet het door het adsorptiemateriaal stromende water moet zo min mogelijk zwevende delen bevatten. Dit kan door een voorbezinkzone of lamellenafscheider voor te schakelen.

4.9.3 Ontwerprichtlijnen

Vanuit het oogpunt van de belasting op oppervlaktewater kan worden aangehouden dat maximaal 10% van het afstromende water (circa 60 mm) ongezuiverd mag overstorten op oppervlaktewater.

De belasting van het filter in m^3/h per m^3 filter zal in overleg met de leverancier moeten worden bepaald.

4.9.4 Beheer

Het adsorptiemateriaal moet regelmatig worden vervangen. Afhankelijk van het systeem moet het materiaal worden gerecycled of als chemisch afval worden verwerkt.

4.9.5 Toetsing aan criteria

Zuiveringsrendementen

Stoffen die door adsorptiefilters kunnen worden afgevangen zijn:

- minerale oliën en vetten;
- aromaten (benzeen, toluen, ethylbenzeen, xyleen);
- koolwaterstoffen waaronder PAK;
- zware metalen;
- bestrijdingsmiddelen.

Adsorptietechnieken worden al langer toegepast bij grondwatersaneringsinstallaties. Op dit moment ontbreekt de ervaring op het gebied van afkoppelen van hemelwater met lage concentraties om een betrouwbare inschatting te geven over de zuiveringsrendementen. De adsorptietechnieken zijn om deze reden niet in de afwegingsmatrix (tabel 4.7) opgenomen.

Calamiteiten, illegale lozingen en verkeerde aansluitingen

Op het punt van calamiteiten, illegale lozingen en verkeerde aansluitingen scoort de adsorptieput redelijk tot goed. Bij een ongeluk zal een deel van de verontreinigingen achterblijven in de voorziening. Wanneer het stelsel leeg is aan het begin van de bui, zal de complete lozing kunnen worden geborgen. De aanwezigheid van illegale lozingen en verkeerde aansluitingen kan goed worden gesignaleerd in de voorziening en is op deze wijze terug te dringen.

4.10 Volumescheidingsputten**4.10.1 Beschrijving systemen**

Een volumescheidingsput is een constructie in een rioolput die ervoor zorgt dat het hemelwater in bepaalde omstandigheden naar het vuilwaterriool wordt gestuurd en in andere omstandigheden naar het regenwaterriool. Er zijn diverse systemen in de handel.

- *sturing op debiet:*
bij een hoog debiet gaat het water naar het regenwaterriool en bij een laag debiet naar het vuilwaterriool;
- *werking basis van luchtinsluiting:*
het water voert luchtbellens mee die na verloop van tijd de afvoer naar het vuilwaterriool remmen;
- *sturing op basis van het waterpeil:*
beneden een bepaald niveau voert de put af naar het vuilwaterriool en daarboven naar het regenwaterriool.

**4.10.2 Zuiveringsmechanismen**

Het idee achter deze putten is dat het eerste water meer verontreinigd is dan gemiddeld (first flush). Dit water wordt naar de RWZI afgevoerd, terwijl het schonere water wordt geloosd. De vraag is of het first flush-effect sterk en kort genoeg is om te kunnen benutten. De meningen zijn hierover verdeeld.

Het belangrijkste zuiveringsmechanisme is naar verwachting het volume-effect. Door een deel van het water op de RWZI te lozen, neemt de emissie op het oppervlaktewater af.

Een derde effect is dat tijdens droogweer, het water van verkeerde aansluitingen en illegale lozingen wordt afgevoerd naar de RWZI.

4.10.3 Ontwerprichtlijnen

De ontwerprichtlijnen voor de volume scheidingsputten zijn gerelateerd aan de gewenste emissie op het oppervlaktewater. De emissie die wordt geloosd kan rechtstreeks worden gekoppeld aan het volume water dat op jaarbasis wordt geloosd. Hierbij is uitgegaan van een constant vuilgehalte en wordt het first flush-effect verwaarloosd. Het is wel zinvol om rekening te houden met de emissie via de RWZI.

4.10.4 Beheer

Door het grote aantal putten met bewegende onderdelen, zal veel aandacht moeten worden besteed aan het beheer van de voorzieningen.

4.10.5 Toetsing aan criteria

Zuiveringsrendementen

Het emissiereducerende effect is voor een belangrijk deel afhankelijk van de hoeveelheid water die op de RWZI wordt gezuiverd. Dit water wordt gedeeltelijk gezuiverd, het deel dat overstort niet. In tabel 4.6 is het totaalrendement berekend voor twee verschillende scheidingsscenario's. Het scenario waarbij 75% van het water naar de RWZI gaat, komt overeen met een verbeterd gescheiden stelsel. Het scenario dat 50% naar de RWZI gaat, met een volumescheidingsput. Het zuiveringsrendement verschilt per vuilparameter. In de tabel is uitgegaan van geschatte waarden per stofcategorie. In de berekeningen is geen rekening gehouden met een first flush-effect, of met het effect van verkeerde aansluitingen.

Tabel 4.6 Emissiereductie bij RWZI en rioolstelsel ten gevolge van volumesturing

	emissiereductie			bestrijdingsmiddelen
	nutriënten	metalen	PAK	
rendement RWZI	75%	80%	80%	25%
<i>verdeling watervolume:</i>				
RWZI 75% overstort 25%	56%	60%	60%	19%
RWZI 50% overstort 50%	38%	40%	40%	13%

Calamiteiten, illegale lozingen en verkeerde aansluitingen

Op het punt van calamiteiten, illegale lozingen en verkeerde aansluitingen scoort de volumescheidingsput goed omdat het water in de meeste gevallen (tijdens droog weer) naar de RWZI wordt afgevoerd.

4.11 Samenvatting prestaties bronmaatregelen en behandelingstechnieken

De bron-, beheermaatregelen en de behandelingstechnieken zijn aan dezelfde criteria getoetst als de verharde oppervlakken. Bij de bron- en beheermaatregelen is alleen aangegeven op welk criterium de maatregel effect heeft. De grootte van het effect is, door gebrek aan harde informatie, niet gekwantificeerd.

De effectiviteit van de behandelings-technieken is wel gekwantificeerd in een behandelingsscore. Hierbij is een indeling in vijf klassen aangehouden. Rood geeft een slechte prestatie, dan wel laag rendement aan voor het betreffende criterium en blauw een zeer goede prestatie, dan wel zeer hoog rendement aan.

1	slecht/laag
2	matig
3	redelijk
4	goed/hoog
5	zeer goed/zeer hoog

Bij de criteria die betrekking hebben op de geloosde emissie (nutriënten, metalen, PAK en bestrijdingsmiddelen), is de klasse-indeling gebaseerd op de verwachte emissiereductie. Hier liggen eenvoudige berekeningen aan ten grondslag. De klasse donkergroen betekent bijvoorbeeld een verwacht rendement van 80 - 100%, de klasse geel een rendement van 40 - 60%. Voor de categorieën die betrekking hebben op de kans op ongewenste lozingen (calamiteiten, illegale emissie en verkeerde aansluitingen) is de score subjectief bepaald.

Tabel 4.7 Toetsing behandelingstechnieken aan criteria (behandelingsscores)

nr maatregel	normaal functioneren				bijzondere situaties		
	nutriënten	metalen	PAK	bestrijdingsmiddelen	calamiteiten	illegale emissies	verkeerde aansluitingen
1 oppervlakte infiltratie	2	4	3	2	4	3	3
2 ondergrondse infiltratie	2	4	4	2	1	1	1
3 doorlatende verharding	2	4	4	2	2	1	2
4 helofytenfilters	3	4	4	2	4	4	4
5 lamellen afscheiders	2	3	3	1	4	3	3
6 retentie- en bezinkvijvers	3	4	4	2	2	4	4
7 olie- en slibafscheiders	1	2	2	1	4	3	3
8 25-75 volume scheiding (vgs)	3	3	3	1	4	4	4
9 50-50 volume scheiding	2	2	2	1	4	4	4

Uit de tabel blijkt een gevarieerd beeld. Er zijn geen technieken die op alle criteria redelijk of hoger scoren.

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Beoordeling verharde oppervlakken en behandelingstechnieken

In de afkoppelbeslisboom 2003 is de indeling tussen de verschillende typen oppervlakken (licht-matig-zwaar vervuild) slechts globaal afgebakend en is niet nader ingegaan op de gewenste behandelingsstappen. De waterschappen willen in het kader van de vergunningverlening concrete eisen ten aanzien van de kwaliteitsaspecten van de lozing van regenwater kunnen stellen. Deze eisen moeten gebaseerd zijn op zo objectief mogelijke uitgangspunten. Hiervoor is in deze notitie een nadere analyse gemaakt van:

1. de risico's op verontreiniging bij de verschillende typen oppervlakken;
2. de werking van verschillende behandelingstechnieken.

De resultaten van de analyse van de verontreinigingsrisico's zijn in tabel 5.1 weergegeven. Uitgegaan is van een score van 1 (hoog), 2 (gemiddeld), of 3 (laag risico).

Tabel 5.1 Beoordeling verontreinigingsrisico's verharde oppervlakken

nr	type verharding	normaal functioneren				bijzondere situaties	
		nutriënten	metalen	PAK	bestrijdingsmiddelen	calamiteiten	illegale emissies
1	dak hellend zonder zink	3	3	3	3	3	2
2	dak hellend met zink	3	3	3	3	3	2
3	dak vlak	2	2	3	3	3	2
4	woonstraat <1000/etm	3	2	3	3	2	2
5	drukke weg	3	2	3	3	2	2
6	autosnelweg DAB	3	3	3	3	2	2
7	autosnelweg ZOAB	3	2	3	3	2	2
8	parkeerplaats	3	3	3	2	2	2
9	winkelstraat	3	3	3	2	2	2
10	busstation	3	3	3	2	2	2
11	woonwijk	3	2	3	2	2	2
12	industrieterrein	3	2	3	2	3	3

Voor wat betreft de eerste drie criteria, die gebaseerd zijn op metingen, geldt dat een score 3 betekent dat de gemiddelde concentraties van het afstromende hemelwater de MTR-waarden voor oppervlaktewater niet of nauwelijks overschrijden. Een score 1 geeft aan dat voor de meeste stoffen in de categorie een grote overschrijding van de MTR-waarden optreedt. Daken waar geen uitloegende materialen zijn toegepast scoren het best. Vervolgens is er een grote middengroep, waaronder woonstraten, met lichte tot grote overschrijdingen van de MTR. De overschrijdingen zijn het grootst voor nutriënten, gevolgd door metalen. Voor PAK vinden geen overschrijdingen van de MTR plaats. De toetsing van de bestrijdingsmiddelen is in verband met het ontbreken van kwantitatieve gegevens gebaseerd op een inschatting van het risico. Het grootste risico wordt verwacht bij woonstraten. Ook de kansen op calamiteiten, illegale emissies en verkeerde aansluitingen zijn geschat.

De effectiviteit van de behandelingstechnieken is gekwantificeerd in een behandelingsscore. Hierbij is een indeling in vijf klassen aangehouden. Rood geeft een slechte prestatie, dan wel laag rendement aan voor het betreffende criterium en blauw een zeer goede prestatie, dan wel zeer hoog rendement aan.

1	slecht/laag
2	matig
3	redelijk
4	goed/hoog
5	zeer goed/zeer hoog

Bij de criteria die betrekking hebben op de geloosde emissie (nutriënten, metalen, PAK en bestrijdingsmiddelen), is de klasse-indeling gebaseerd op de verwachte emissiereductie. Voor de categorieën die betrekking hebben op de kans op ongewenste lozingen (calamiteiten, illegale emissie en verkeerde aansluitingen) is de score subjectief bepaald.

Tabel 5.2 Toetsing behandelingstechnieken aan criteria (behandelingsscore)

nr maatregel	normaal functioneren				bijzondere situaties		
	nutriënten	metalen	PAK	bestrijdingsmiddelen	calamiteiten	illegale emissies	verkeerde aansluitingen
1 oppervlakte infiltratie	2	4	4	2	4	4	4
2 ondergrondse infiltratie	2	4	4	2	1	1	1
3 doorlatende verharding	2	4	4	2	2	1	2
4 helofytenfilters	3	4	4	2	4	4	4
5 lamellen afscheiders	2	3	3	1	3	3	3
6 retentie- en bezinkvijvers	3	4	4	2	4	4	4
7 olie- en slibafscheiders	1	2	2	1	4	3	3
8 25-75 volume scheiding (vgs)	3	3	3	2	4	4	4
9 50-50 volume scheiding	3	3	2	1	3	4	4

Uit de tabel blijkt een gevarieerd beeld. Er zijn geen technieken die op alle criteria redelijk of hoger scoren. Infiltratievoorzieningen en voorzieningen met een grote verblijftijd, zoals helofytenfilters en retentievijvers, scoren het hoogst.

De ontwikkelde beoordelingsmethodiek voor verharde oppervlakken en behandelingstechnieken kan de basis vormen voor een methodiek voor de keuze van maatregelen. Hiervoor is echter een breed draagvlak nodig. Een mogelijk opzet van de keuzemethodiek is in bijlage 3 opgenomen.

5.2 Leemten in kennis

Het onderzoek heeft duidelijk gemaakt dat er nog veel leemten in kennis zijn.

Droge depositie

Over het aandeel van de droge depositie in de totale vuilbelasting in een gebied is weinig bekend. De droge depositie is van belang omdat deze mede bepalend is voor het daadwerkelijke effect van maatregelen. Hoe hoger het aandeel van de droge depositie in de totale vervuiling, des te geringer het aandeel van de gebruikte materialen en het gebruik van het oppervlak en des te geringer het effect van de in dit rapport beschreven bronmaatregelen en behandelingstechnieken.

Meetgegevens kwaliteit afstromend hemelwater

Er zijn in Nederland relatief veel onderzoeken uitgevoerd aan de kwaliteit van afstromend regenwater. Het betreft echter voornamelijk kleinschalige onderzoeken waarbij slechts een beperkt aantal parameters is gemeten en ook slechts een beperkt deel van de bui en een beperkt aantal buien.

Het is gewenst dat de resultaten van de reeds uitgevoerde onderzoeken worden gebundeld en dat voor toekomstige meetprojecten een set met essentiële te meten parameters wordt opgesteld.

Illegale emissies en verkeerde aansluitingen

Het aandeel van illegale lozingen en verkeerde aansluitingen op de totale emissie is niet bekend. Het aantal onderzoeken naar dit soort lozingen is minimaal. Daarnaast is op landelijk niveau onvoldoende bekend over effectieve maatregelen om illegale lozingen en verkeerde aansluitingen te voorkomen.

Werking behandelingstechnieken

Het rendement van de meeste toegepaste behandelingstechnieken is niet, of slechts zeer beperkt onderzocht. De waterkwaliteitsbeheerder heeft, als vergunningverlener, een sleutelrol in het onderzoek naar de effectiviteit van maatregelen. Zolang technieken worden toegestaan waarvan het rendement niet aangetoond is, zullen andere partijen zoals leveranciers en gemeenten geen geld willen investeren in dure meetprojecten.

5.3 Aanbevelingen

In de eerste plaats wordt aanbevolen om onderzoek op te starten om de leemten in kennis, zoals vermeld in § 5.2 op te heffen. Dit onderzoek moet bij voorkeur landelijk gecoördineerd worden.

Onderzoek naar de werking van behandelingstechnieken heeft een hoge prioriteit. Er zijn verschillende, naast elkaar toepasbare, mogelijkheden om meer inzicht te krijgen in de mogelijkheden van technieken:

1. door de eigenschappen van het afstromende regenwater beter te meten, kan een betere voorspelling worden gemaakt van het rendement van de verschillende technieken en kan een beter ontwerp worden gemaakt. Ter illustratie: het aandeel van niet opgeloste delen, de bezinkingseigenschappen en de mate van binding van verontreinigingen aan de verschillende deeltjes, is voor een groot deel bepalend voor het haalbare rendement van bezinkingsvoorzieningen;
2. door metingen onder gecontroleerde omstandigheden kan inzicht worden verkregen in de werking van behandelingstechnieken;
3. door praktijkonderzoek kan inzicht worden verkregen in het rendement van voorzieningen.

Het is van belang dat het onderzoek op nationaal niveau wordt gecoördineerd en gefinancierd.

In de tweede plaats wordt aanbevolen om op basis van de resultaten van dit rapport een methodiek te ontwikkelen waarmee behandelingstechnieken voor regenwater kunnen worden geselecteerd. In dit rapport is reeds een aanzet gegeven. Deze moet op de volgende aspecten verder ontwikkeld worden:

1. creëren draagvlak via brede begeleidingscommissie en workshop;
2. kostenaspect meenemen;
3. Europese Kaderrichtlijn Water meenemen.

6 Literatuur

- [1] informatie Aqua Hydrasep (2004).
- [2] DWR (2003); "Zinkemissie uit zinken dakgoten, Een praktijkonderzoek in Amsterdam Noord".
- [3] Erisman, J.W., et al (2003).
- [4] Duyzer, J.H. en A.W. Vonk (2002); "Atmosferische depositie van pesticiden, PAK en PCB's in Nederland", TNO-rapport R2002/606. NB. vrachten omgerekend naar concentraties, uitgaande van 900 mm neerslag.
- [5] Grontmij (2000), "Vergelijking gladde en geribde percolatieriolen, Meting van de percolatiecapaciteit en de effecten van vervuiling bij gladde en geribde percolatieriolen".
- [6] Grontmij (2001), "Beleidsverkenning naar de effecten en grenzen van afkoppelen in bestaand stedelijk gebied", <http://www.vrom.nl/pagina.html?id=7762>.
- [7] Grontmij (2002); "Bescherming van het grondwater met ruimtelijke instrumenten. ontwikkeling van een methodiek". in H2O nummer 5, 2002.
- [8] Grontmij/ECN (2003); "Run-off en verwaaiing bij provinciale wegen, onderzoek naar risico's voor bodem en water en richtlijnen voor weg- en waterbeheer".
- [9] Grontmij/Tauw (2004), "Kwaliteitsaspecten infiltreren stedelijk water beter bekeken, fase 1: beschikbare kennis en ervaring".
- [10] Kiwa (2000); "Omgang met schadelijk stoffen in grondwaterbeschermingsgebieden in de provincie Utrecht", Kiwa rapport-nummer KOA 00.042.
- [11] Oosterhuis, M. en R.H.J. Korenrom (2002), "Vervuiling van infiltratievoorzieningen", TNO-MEP rapport nummer 131934/01.07.
- [12] Plant Research International, "Resultaten monitoring afspoeling glyfosaat en AMPA en waarnemingen van onkruidbeelden in zeven proefgemeenten (voorjaar en najaar 2003), Rapportage in het kader van het project Duurzaam onkruidbeheer op verhardingen", Nota 297, maart 2004.

- [13] Revitt, D.M., R.B.E. Shutes, N.R. Llewellyn en P. Worrall, "Experimental Reedbed Systems for the Treatment of Airport Runoff", 7th International Conference on Urban Storm Drainage, Hannover, Germany, 1996.
- [14] RIVM (2003), "Landelijk Meetnet Regenwatersamenstelling, meetgegevens sporemetalen 1993 t/m 2002" (dataset A. Stolk RIVM).
- [15] Royal Haskoning (2003), "Voorbereiding praktijkonderzoek verticaal doorstroomd helofytenfilter", Taakgroep Watersysteem Leidsche Rijn.
- [16] Schipper, P., J. Dijkstra, R. Teunissen en R. Comans (2003), "Hoe bevorder je het kwalitatieve functioneren van een wadi", artikel in BODEM, nummer 5 oktober 2003.
- [17] Schlüter, W. Jefferies, C (2000), "Monitoring the outflow from a porous car park", Urban Water Technology Centre, University of Aberystwyth, Dundee.
- [18] Snoo, G.R. de en F.M.W. de Jong (1999), "Bestrijdingsmiddelen en milieu", Uitgeverij Jan van Arkel.
- [19] Stichting Reinwater (2001); "Praktijkonderzoek directe lozingen, Beïnvloeding regenwaterkwaliteit door toepassing bouwmaterialen op daken".
- [20] Stolk, A.P. (2001); "Landelijk meetnet Regenwatersamenstelling, Meetresultaten 2001". RIVM-rapport 723101 057 / 2001.
- [21] Stuyfzand (1991, 1992), "Micro-componenten in grondwater in Nederland", deel I (H2O nr. 24) en deel II (H2O nr. 25).
- [22] Tauw (2002), "Overzicht samenstelling afstromend hemelwater", Werkgroep Riolering West Nederland.
- [23] Tauw (2003), "Beslisboom aan- en afkoppelen verharde oppervlakken 2003", Werkgroep Riolering West Nederland.

Bijlage 1

Kenmerken verontreinigingen

Bijlage 1

Kenmerken verontreinigingen

1. Gebruikte gegevens

De Werkgroep Riolering West-Nederland (wRw) heeft in 2002 het rapport "Overzicht samenstelling afstromend regenwater"^[22] laten opstellen. Hierin zijn meetresultaten van de kwaliteit van afstromend water opgenomen. In het rapport is onderscheid gemaakt in een aantal soorten verhard oppervlak. Het voordeel van dit overzicht is dat de metingen goed gedocumenteerd zijn. Een nadeel is dat het aantal metingen tamelijk beperkt is en dat de indeling in typen verharding vrij grof is. Om deze reden is in deze rapportage gewerkt met een uitgebreidere database van meetgegevens, waarin gegevens van een groter aantal metingen is opgenomen. Doordat ook gebruik is gemaakt van samenvatting uit andere rapporten is de reproduceerbaarheid van de gegevens minder groot dan van de gegevens uit het wRw-rapport.

2. Samenstelling afstromend water

Het afstromende hemelwater heeft van oorsprong de kwaliteit van water. De concentraties van opgeloste stoffen (ionen) is hierin laag met natrium en chloride als belangrijkste componenten. Door de diffuse luchtverontreiniging is het water vrij zuur en vermist (vrij hoge gehalten ammoniak en ammonium) en bevat het organische microverontreinigingen zoals bestrijdingsmiddelen, zware metalen, dioxines en PAK.

Door afstroming over verhard oppervlak, komen er diverse verontreinigende stoffen bij, onder andere door uitlogende bouwmaterialen, verkeersemissies, onkruidbestrijding en andere (particuliere) lozingen op straat. Door de afstroming worden niet alleen de concentraties van verontreinigen verhoogd, maar verandert ook de macrosamenstelling, zuurgraad en de verhouding tussen opgelost/zwevend organische stof en slib. De redox van het water blijft hoogstwaarschijnlijk altijd oxidisch (in evenwicht met zuurstof in de lucht).

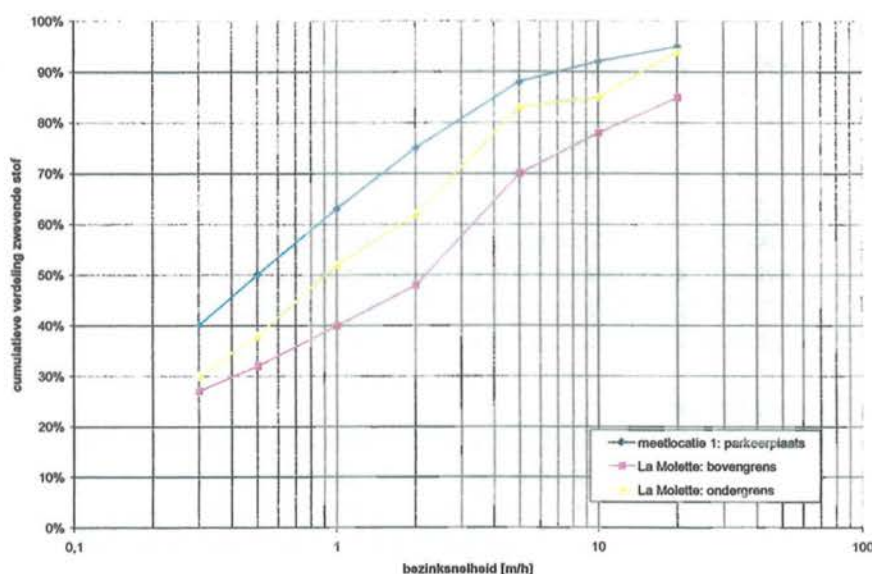
Om te voorspellen wat de zuiverende werking is van een waterbehandelingstechniek, is het nodig om de stoffeigenschappen in zo'n systeem na te gaan.

Zijn de verontreinigingen opgelost of gebonden aan zwevend stof?

Bij veel monitoringsrapportages van infiltratievoorzieningen is niet duidelijk of de metingen van infiltrerend hemelwater representatief zijn voor alleen de opgeloste fase of de totale gehalten aan verontreinigingen. Meestal is ook niet de verdeling ervan gemeten. Dit is wel belangrijk, omdat ten eerste de risico's vooral afhangen van de opgeloste concentraties. De MTR-opgelost is bijvoorbeeld lager dan de MTR-totaal. Op de tweede plaats is de verhouding tussen opgelost en gebonden aan zwevend stof belangrijk om het rendement van de waterbehandeling te kunnen inschatten. Uit de verzamelde gegevens in tabel 4.1 en recent onderzoek voor de wRw^[23], blijkt dat de droge depositie van vooral PAK een groot aandeel heeft in de totale atmosferische depositie. Dit wordt in afstromend water dus gebonden aan zwevend stof aangetroffen. Voor metalen is dit beperkter. In run-off van verkeerswegen en ander afstromend hemelwater is het aandeel van de onopgeloste verontreinigingen in de totale verontreinigingsgraad zowel voor PAK als zware metalen hoog. Dit aandeel wordt in afstromend hemelwater voor zware metalen gemiddeld op 72% (range 24 à 99%) en voor PAK gemiddeld op 86% (50 à 99%) geschat^[22].

In Frankrijk zijn diverse metingen uitgevoerd aan de bezinksnelheden van niet-opgeloste stof door ander andere Saint Dizier, de leverancier van de afscheiders van AQA HydraSep. In figuur B1.1 zijn de resultaten van de bezinkingsproeven weergegeven.

Bijlage 1 (vervolg 1)



Figuur B1.1 Verdeling bezinksnelheden [bron AQA HydraSep]

Uit de grafiek kan de conclusie worden getrokken dat globaal 50% van zwevende deeltjes een bezinksnelheid hebben van 1 m/h of hoger. De verdeling van de vervuiling is niet per definitie hetzelfde. Dit is afhankelijk van de verdeling van de vervuiling over de verschillende zwevende deeltjes.

Wat weten we over zwevend stof, DOC, BZV/CZV?

Metingen van DOC (opgelost organische stof) en zwevend stofgehalte in afstromend hemelwater zijn erg beperkt. Deze componenten zijn echter wel sterk van invloed op het stofgedrag van de verontreinigingen in het milieu en mogelijke waterbehandelingen. Vooral in het verleden zijn er wel metingen verricht naar het BZV en/of CZV-gehalte. Dit zegt echter niet zoveel over de mate waarin deze stoffen gebonden zijn aan zwevend stof omdat dan nog niet duidelijk is welke componenten hieraan bijdragen (gereduceerde opgeloste verbindingen zoals ijzer en mangaan, vast en opgelost organische stof e.a.).

En bestrijdingsmiddelen?

Van bestrijdingsmiddelen zijn erg weinig meetgegevens bekend. Een moeilijkheid hierbij is dat wel gebruiksgegevens van gemeentes of andere overheden kunnen worden achterhaald, maar het mogelijke gebruik door particulieren niet of nauwelijks. Uit metingen in gebieden waar gemeentes geen middelen hadden gebruikt, bestaat de stellige indruk dat het gebruik door particulieren tot significante verontreinigingen in afstromend hemelwater en/of rioolwater leidt.

In het navolgende wordt ingegaan de stoffeigenschappen van de verontreinigende stoffen in bodem- en watermilieu.

Bijlage 1 (vervolg 2)

3. Stofeigenschappen afstromend hemelwater

3.1 Algemeen

Voor de keuze van waterbehandelingstechnieken is het nodig om te weten wat de efficiëntie ervan is om verontreinigende stoffen uit het afstromende hemelwater te verwijderen. In het navolgende wordt per stof of stofgroep ingegaan op de stofeigenschappen en het stofgedrag in bodem en water. Hierbij is uitgegaan van de belangrijkste zuiveringsprocessen die bij de momenteel beschikbare afkoppelmaatregelen een rol spelen (zie hoofdstuk 4).

3.2 Fosfaat

Afstromend regenwater bevat gemiddeld circa 0,4 mg/l fosfaat. Dit is bijna driemaal de MTR-norm voor oppervlaktewater. Dit fosfaat wordt in twee vormen in het afstromend regenwater aangetroffen: vrij opgelost fosfaat(ortho-fosfaat) en aan deeltjes gebonden fosfaat (particulair fosfaat). De deeltjes waaraan het fosfaat gebonden zit kan nog organisch of mineraal van aard zijn.

Het aandeel opgelost fosfaat in afstromend regenwater varieert van 10 tot 25%. Het overige fosfaat is gebonden aan zwevende deeltjes. Het aandeel organisch materiaal in het zwevend stof is sterk afhankelijk van de locatie en de tijd. In het najaar met veel bladval zal veruit het grootste deel van het zwevende stof organisch zijn. In een gebied met veel verharding zal de minerale fractie het grootst zijn.

De fractie opgelost fosfaat zal bij infiltratie voor een deel binden aan het adsorptiecomplex in de bodem. Daarnaast kan een deel via opname door de wortels in planten verdwijnen. De adsorptiecapaciteit van de bodem hangt af van het gehalte aan humus, lutum (zeer kleine deeltjes), ijzer en het voorkomen van zuurstof. Het droge aerobe deel van bodem (boven de gemiddeld hoogste grondwaterstand) heeft in de regel een grote capaciteit om fosfaat te binden. In het anaërobe deel van de bodem dat het grootste deel van de tijd nat is, is de adsorptiecapaciteit klein. Indien een aërobe bodem voor langere tijd (meerdere weken) onder water komt te staan, wordt de bodem anaëroob en zal een deel van het geadsorbeerde fosfaat weer vrijkomen.

De fractie gebonden fosfaat zal als gevolg van de mechanische filterwerking van de bodem in de bodem blijven zitten. De fractie fosfaat dat aan mineraal zwevend slib is gebonden, is vrij inert en zal in de bodem blijven zitten. Het organisch zwevend stof zal in de bodem echter voor een deel mineraliseren en via het grondwater afstromen. Indien dit nabij de natte zone in de bodem plaatsvindt zal een groot deel van het fosfaat via het grondwater afstromen.

In tabel B1.1 is op basis van de bovenstaande gegevens voor de typerende waterbehandelingsprocessen de efficiëntie voor fosfaatverwijdering geschat.

Bijlage 1 (vervolg 3)

Tabel B1.1 Verwijderingseigenschappen fosfaat

proces	efficiency (verwijdering)	onderbouwing/opmerkingen
bezinking / filtratie	redelijk – goed (25- >50 %)	Het meeste fosfaat is gebonden aan zwevend stof. Een deel van het organisch stof zal echter weer mineraliseren. Het verwijderen van fosfaat door middel van bezinking is relatief moeilijk.
adsorptie	matig (<20 %)	De fractie opgelost fosfaat is klein. De efficiëntie is te vergroten door toevoeging van ijzerhoudende stoffen. De binding van fosfaat onder zuurstofloze condities is zeer gering. Een deel van het geadsorbeerde fosfaat wordt via wortels opgenomen
aerobe afbraak	nihil	fosfor wordt niet afgebroken
anaerobe afbraak	nihil	fosfor wordt niet afgebroken

3.3 Stikstof

In afstromend hemelwater komt stikstof overwegend voor in de vorm van nitraat (NO_3^-) en ammonium (NH_4^+). Nitraat is een anion (negatief geladen ion) en adsorbeert niet/nauwelijks aan bodemdeeltjes of zwevend stof/slib. Nitraat breekt alleen af onder anaërobe omstandigheden, waarbij de aanwezigheid van bacteriën en reductieve bestanddelen zoals organisch stof of metaalsulfides essentieel zijn. Onder de meeste reducerende omstandigheden is voor een significante NO_3^- -afbraak wel een minimale verblijftijd in de orde van enkele dagen nodig. De afbraak is veelal volledig, dat wil zeggen dat deze via nitriet (NO_2^-) tot stikstofgas (N_2) wordt afgebroken.

Ammonium is een kation (positief geladen ion). Het adsorbeert redelijk aan negatief geladen adsorptieplaatsen in bodems, zoals aan klei en organische stof. Deze adsorptie is competitief, hetgeen inhoudt dat de diverse kationen elkaar verdringen om het beperkte aantal adsorptieplaatsen. Omdat ammonium een relatief geringe bindingssterkte heeft ten opzichte van andere kationen (metalen), is de mate van adsorptie in bodems veelal gering. Ook ammonium kan worden afgebroken, maar deze afbraak verloopt zowel in oppervlaktewater als bodems vrij slecht.

In tabel B1.2 is op basis van de bovenstaande gegevens voor de typerende waterbehandelingsprocessen de efficiëntie voor stikstofverwijdering geschat.

Bijlage 1 (vervolg 4)

Tabel B1.2 Verwijderingseigenschappen stikstof

proces	efficiency (verwijdering)	onderbouwing / opmerkingen
bezinking / filtratie	matig (<30%)	Meeste stikstof is in oplossing.
adsorptie	matig (<30%)	Alleen NH ₄ wordt geadsorbeerd, bovendien in lichte mate.
aërobe afbraak	zeer gering (< 5%)	De meeste belasting komt in de vorm van nitraat, hetgeen niet onder aërobe condities wordt afgebroken.
anaërobe afbraak	matig – goed (10 – 80%)	Anaërobe afbraak kan heel groot zijn (> 80%) maar is sterk afhankelijk van met name de condities voor denitrificerende bacteriën (aanwezigheid, voeding, temperatuur) en de verblijftijd.

3.4 Zware metalen

Metalen kunnen niet zoals organische verontreinigingen worden afgebroken. De oplosbaarheid van metalen in water hangt sterk af van de speciatie, ofwel de verschijningsvorm. De belangrijkste verschijningsvormen zijn (in toenemende deeltjesgrootte) vrije ionen, ioncomplexen, organische complexen, metaaloxides en precipitaten en vaste minerale bestanddelen. De ionen en complexen lossen goed op in water, de andere verschijningsvormen niet. De speciatie wordt sterk beïnvloed door:

- de zuurgraad; rond pH 6 tot circa 7,5 het minst oplosbaar, zuurder en meer basisch beter oplosbaar. Arseen wordt juist meer bij lage pH's geadsorbeerd omdat arseen onder aërobe omstandigheden vooral voorkomt als negatief ion (arsenaat, H₂AsO₄⁻);
- de redox: bij een lichte daling beter oplosbaar door het verlies aan adsorptieplaatsen van metaaloxides. Voor arseen geldt bovendien dat het onder anaërobe omstandigheden snel wordt omgezet naar arseniet, dat ongeladen is en daardoor veel mobieler. Ditzelfde geldt ook voor chroom, maar dan bij een neutrale tot licht basische pH. Bij lagere pH's neemt de positieve lading van chroom juist toe en daarmee ook de adsorptie aan negatieve bodemdeeltjes. Bij een sterke daling van de redox kan in aanwezigheid van organisch stof sulfides worden gevormd. Metalen zullen dan veelal neerslaan met deze sulfides, waardoor de opgeloste concentraties sterk afnemen. Ook arseen en chroom kunnen coprecipiteren aan deze metaalsulfides;
- de saliniteit (in zout water iets beter oplosbaar);
- aanwezigheid DOC: veel metalen hechten vrij sterk aan opgelost organisch stof (DOC) of vormen hiermee oplosbare ioncomplexen. Dit verhoogt de oplosbaarheid.

In tabel B1.3 wordt het effect van de bovengenoemde milieufactoren op de oplosbaarheid samengevat. De mate van het effect (+, ++, +++) zijn ingevuld op basis van expert-judgement.

Bijlage 1 (vervolg 5)

Tabel B1.3 *Beïnvloedingsfactoren toe- en afname oplosbaarheid metalen*

	Cu	Cd	Pb	Zn	Ni	As	Cr
pH-verlaging (tot pH 3 à 4)	++	+++	+++	+++	+++	-	0/-
lichte daling redox (ijzer-reducerend)	+	+	+	+	+	++	++ (pH > 6)
sterke daling redox (sulfi-de-vorming)	--	--	-	-	-	-/+	-/+
verhoogd zoutgehalte	+	+(+)	+	+(+)	+(+)	0	0
verhoogd DOC-gehalte	+++	+++	++	++	++	+	+
filtratie-effect	+	+	++	+	+	++	+(+)

+ = verhoogde oplosbaarheid/mobiliteit, - = afname mobiliteit/oplosbaarheid

Bij bodempassage moet worden bedacht, dat zware metalen ook van nature in bodems/sediment voorkomen. Deze metalen kunnen juist gemobiliseerd worden als het infiltrerende water relatief zuur is of veel opgelost organisch materiaal bevat. Wanneer sprake is van een verhoogde mobilisatie, kan de belasting uit de bodem snel een orde groter zijn dan de vuilvracht in het afstromende hemelwater zelf.

In tabel B1.4 is op basis van de bovenstaande gegevens voor de typerende waterbehandelingsprocessen de efficiëntie voor metalenverwijdering geschat.

Tabel B1.4 *Verwijderingseigenschappen zware metalen*

proces	efficiency (verwijdering)	onderbouwing / opmerkingen
bezinking / filtratie	redelijk/goed (25 – 75%)	In afstromend hemelwater zijn metalen voor een significant tot groot deel gebonden aan zwevend stof (> 45 µm), de onderlinge verschillen zijn wel erg groot.
adsorptie	redelijk/goed (30 – 95%)	Metalen kunnen sterk aan klei, metaaloxides en vast organische materiaal worden gebonden, de efficiëntie hangt sterk af van de adsorptiecapaciteit en intensiteit waarmee het hemelwater in contact hiermee komt (oppervlak). Bij bodems kan ook desorptie van natuurlijk aanwezige metalen optreden.
aërobe afbraak	geen	Metalen worden niet afgebroken. Wel wordt een klein deel verwijderd door opname in het gewas (fyto-remediatie), wanneer het gewas wordt afgevoerd (bv. in de vorm van maaisel).
anaërobe afbraak	geen	idem

3.5 PAK

PAK zijn hydrofobe organische verbindingen die sterk hechten aan bodemdeeltjes, met name aan organische stof.

Bijlage 1 (vervolg 6)

Ook breken zij af, met name die verbindingen met een gering aantal aromatische ringen. Voor deze laatste groep geldt ook dat deze ook voor een significant deel kunnen vervluchtigen.

De adsorptie van PAK is hoog bij aanwezigheid van vast organische stof. De oplosbaarheid wordt vergroot door de aanwezigheid van DOC, omdat PAK zich ook preferent aan deze organische stofdeeltjes hechten. Bij anaërobe omstandigheden zullen vooral DOC afbreken, waardoor de mobiliteit (oplosbaarheid) van PAK weer afneemt. De aanwezigheid van minerale olie, die als een coating rondom organische deeltjes kunnen voorkomen, heeft naar verwachting weinig invloed op de adsorptie van PAK.

In tabel B1.5 is voor diverse PAK-verbindingen de oplosbaarheid in water en afbraak kwalitatief weergegeven. Zoals blijkt, hangt de oplosbaarheid en afbraak sterk af van het type PAK in het afstromende neerslagwater. De adsorptie is kwalitatief aangeduid (+ = sterke adsorptie), de afbraak in DT50 (een lange halfwaardetijd betekent een zeer trage afbraak).

Tabel B1.5 Eigenschappen afzonderlijke PAK

	filtratie / bezinking	adsorptie	aërobe afbraak (DT50 in dagen)	anaërobe afbraak (DT50 in dagen)
acenaftaleen	++	++	12-102	49-408
anthraceen	++	+++	50-460	200-1840
benzo(b)fluoranthene				
benzo(a)pyrene				
benzo(ghi)perylene				
indeno(123-cd)pyrene				
fenantreen	+	+++	16-200	64-800
fluoreen	+++	++	32-60	128-240
fluorantheen	+	++	303	?
naftaleen	+++	+	1-20	25-258
pyreen	+	+++	210-1900	840-7600

In tabel B1.6 is op basis van de bovenstaande gegevens voor de typerende waterbehandelingsprocessen de efficiëntie voor PAK-verwijdering geschat.

Bijlage 1 (vervolg 7)

Tabel B1.6 Eigenschappen PAK

proces	efficiency (verwijdering)	onderbouwing / opmerkingen
bezinking / filtratie	redelijk/goed (35 – 85%)	In afstromend hemelwater zijn PAK-verbindingen voor een significant tot groot deel gebonden aan zwevend stof ($> 45 \mu\text{m}$), de onderlinge verschillen zijn wel vrij groot.
adsorptie	redelijk/goed (40 – 99%)	PAK-verbindingen binden voornamelijk sterk aan organisch materiaal gebonden, de efficiëntie hangt sterk af van het bindingsmateriaal en in bodem ook van het gehalte opgelost organische stof.
aërobe afbraak	redelijk	PAK-verbindingen worden in een aëroob milieu redelijk snel (in orde van dagen tot weken) afgeroken. De mate hiervan verschilt per verbinding en hangt naast de verblijftijd af andere factoren zoals de PAK-concentraties, temperatuur en contactoppervlak.
anaërobe afbraak	matig	In een anaëroob milieu worden PAK in het algemeen minder goed afgebroken dan in een aëroob milieu.

Bestrijdingsmiddelen

Zoals aangegeven is het erg onzeker in welke mate (concentraties) bestrijdingsmiddelen in afstromend hemelwater voorkomen.

Van de beschouwde middelen, of stoffen (diuron, glyfosaat, dichlobenil en AMPA) worden diuron en glyfosaat vrij algemeen in stedelijk gebied toegepast om onkruid te bestrijden. Dichlobenil wordt tegenwoordig hier iets minder voor gebruikt. AMPA is een afbraakproduct van glyfosaat.

In tabel B1.7 is voor de diverse bestrijdingsmiddelen de oplosbaarheid in water en afbraak kwalitatief weergegeven. De adsorptie is kwalitatief aangeduid (+ = sterke adsorptie), de afbraak in DT50 (een lange halfwaardetijd betekent een zeer trage afbraak).

Bijlage 1 (vervolg 8)

Tabel B1.7 Eigenschappen afzonderlijke bestrijdingsmiddelen

middel/stof	adsorptie	aërobe afbraak (DT50 in dagen)	anaërobe afbraak (DT50 in dagen)	opmerkingen
diuron	+	240	?	Incidenteel worden in ondiep grondwater lage concentraties aangetroffen.
dichlobenil	?	210	?	BAM, het afbraakproduct van dichlobenil, wordt aangetroffen in grondwater.
glyfosaat	++ (aëroob)	7-80	?	Incidenteel worden in ondiep grondwater lage concentraties aangetroffen.
AMPA	?	? groot	kleiner dan aëroob	AMPA is het omzettingsproduct van glyfosaat en wordt tot middeldiep aëroob grondwater aangetroffen.

Glyfosaat wordt net als fosfaat vrij sterk gebonden aan metaaloxides, maar wordt ook vrij snel omgezet naar AMPA, dat in de bodem veel mobieler is. Dichlobenil is zelf in bodems door een sterke adsorptie niet/nauwelijks mobiel, maar wordt snel omgezet naar het wel mobiele 2,6-dichlorobenzamide (BAM).

In tabel B1.8 is op basis van de bovenstaande gegevens voor de typerende waterbehandelingsprocessen de efficiëntie voor de verwijdering van bestrijdingsmiddelen geschat.

Tabel B1.8 Eigenschappen bestrijdingsmiddelen

proces	efficiency (verwijdering)	onderbouwing/opmerkingen
bezinking/filtratie	gering, onzeker	Het aandeel van bestrijdingsmiddelen dat in afstromend hemelwater gebonden is aan zwevend stof is niet bekend. Omdat de middelen vrij goed in water oplosbaar zijn, wordt verwacht dat dit (gebonden aan zwevend stof) aandeel gering is.
adsorptie	matig – slecht (< 50%)	Glyfosaat en dichlobenil adsorberen weliswaar vrij sterk aan bodemmateriaal maar worden vrij snel omgezet naar metabolieten (AMPA en BAM) die weinig aan bodemmateriaal adsorberen.
aërobe afbraak	slecht – goed	De bestrijdingsmiddelen kunnen goed afbreken, maar dit hangt sterk af van de redox-condities. Het meest gunstig zijn wisselende omstandigheden, omdat bepaalde middelen juist afbreken in anaërobe condities en andere weer alleen in aërobe condities. Bedacht moet worden dat de metabolieten net zo schadelijk kunnen zijn als het middel zelf.
anaërobe afbraak	slecht – goed	Idem.

Bijlage 2

Emissiereducerende mechanismen

Bijlage 2

Emissiereducerende mechanismen

1. Inleiding

De belangrijkste zuiveringsprocessen die bij de momenteel beschikbare afkoppelmaatregelen een rol spelen zijn:

1. bezinking/filtratie;
2. adsorptie;
3. aërobe afbraak;
4. anaërobe afbraak;
5. volume scheiding;
6. opname en afvoer via het gewas.

Het zuiveringsrendement wordt doorgaans opgevat als het verschil tussen de inkomende vuilvracht en de vracht die geloosd wordt, in formule: $\text{zuiveringsrendement} = 100 \cdot \{1 - (\text{in} - \text{uit})/\text{in}\}$.

2. Bezinking/filtratie

Een groot deel van verontreinigingen is gebonden aan zwevende deeltjes (zie paragraaf 5.2).

Doordat de zwevende deeltjes kunnen bezinken, kan een deel van de verontreinigingen uit het water worden gehaald.

Wanneer niet opgeloste deeltjes zwaarder zijn dan de vloeistof zullen ze naar beneden zakken.

Deeltjes kleiner dan 50 µm hebben de neiging samen te klonteren (coaguleren) tot grotere vlokken. Deze vlokken zijn zeer waterig en hebben daardoor een zeer lage dichtheid. De bezinksneldheid kan hierdoor zeer laag zijn.

Behalve bij de allerkleinste delen speelt coagulatie naar verwachting in water een geringe rol, vanwege het lage zoutgehalte in afstromend water. In sommige zuiveringsprocessen, wordt door toevoeging van chemicaliën coagulatie bevorderd. Hiermee kan een hoger verwijderingsrendement worden gehaald. Een nadeel is dat het slibvolume (door de waterige structuur) aanzienlijk toeneemt. Bij deeltjes die coaguleren speelt de verblijftijd een rol. Hoe grotere verblijftijd, hoe groter de vlokken kunnen worden en hoe beter de bezinking.

Voor een goede bezinking is het verder van belang dat de stroming zo rustig mogelijk is (laminair in plaats van turbulent).

Naast bezinking kunnen niet opgeloste deeltjes ook worden afgevangen door de filterende werking van een bodem. Voor wegwater geldt dat het filtratie-effect voor een significant aandeel van de zuivering zorgt, omdat een groot deel (50 tot 90%) van de vuilvracht in run-off gebonden is aan het zwevend stof.

3. Adsorptie

Door adsorptie aan reactieve gronddeeltjes in de vaste bodem kan een deel van de verontreinigingen worden vastgelegd. De verontreinigingen worden met name vastgelegd aan organisch stof, metaaloxides en kleideeltjes.

Een paar procent organisch stof in de bodem (3%) heeft al voldoende bindingscapaciteit om decennia lang het merendeel van de zware metalen en PAK te binden.

Bijlage 2 (vervolg 1)

De mate waarin zware metalen en PAK toch uitspoelen naar het grondwater, blijkt sterk afhankelijk van het gehalte aan opgelost organisch stof (DOC) in het bodemvocht. Hoe hoger het DOC-gehalte hoe hoger de uitspoeling. Het DOC-gehalte wordt vooral bepaald door de processen in de bodem, omdat het DOC-gehalte in run-off veelal laag is (<5 mg C/l) ten opzichte van het DOC-gehalte in bodemvocht (globaal 15 tot soms meer dan 60 mg C/l).

4. Aërobe en anaërobe afbraak

Aërobe afbraak is een afbraakproces, zoals het verteren van organische materie door bacteriën, in een zuurstofrijk milieu.

Anaërobe afbraak is een afbraakproces, zoals het verteren van organische materie door bacteriën, in een milieu zonder zuurstof.

5. Volumescheiding

Door een deel van het water naar de RWZI af te laten stromen zal een evenredig deel van de in het water aanwezige verontreinigingen het stedelijk oppervlaktewater niet bereiken. Bij de RWZI zal een deel van de verontreinigingen achterblijven in het zuiveringsslib en een deel alsnog worden geloosd. Bij een beschouwing van de totale emissie zal deze lozing via de RWZI moeten meegenomen. Voorbeelden van volumescheiding zijn het verbeterd gescheiden stelsel en het smartdrain-systeem.

6. Opname en afvoer via het gewas

De opname en afvoer via het gewas vindt plaats bij voorzieningen waarbij het water een begroeide zone passeert zoals een wadi, een infiltratiegreppel of een helofytenfilter. Geschat wordt dat de afvoer door de opname van vegetatie in een wadi jaarlijks grofweg zo'n 22 kg N/ha en 2 kg P/ha is.

Bijlage 3

Aanzet keuzemethodiek

Bijlage 3

Aanzet keuzemethodiek

In het algemeen kan als uitgangspunt worden gehanteerd dat het afstromende hemelwater van oppervlakken met een hoge kans op vervuiling (hoge vervuilingsscore), alleen mag worden geloosd via een voorziening met een hoog zuiveringsrendement (hoge behandelingsscore). Doordat op dit moment een absolute lozingseis (bijvoorbeeld in de vorm van een maximaal te lozen concentratie of vracht) ontbreekt, is de koppeling tussen type verharding en behandelingstechniek gedeeltelijk een subjectieve keuze. Om deze keuze zo inzichtelijk en reproduceerbaar te maken is een aanzet tot een beslissingsondersteunende keuzemethodiek ontwikkeld.

In tabel B3.1 is als voorbeeld een koppeling gelegd tussen de vervuilingsscore en de gewenste minimale score van de maatregel voor het betreffende criterium. Per criterium is een behandelingsscore aan een vervuilingsscore gekoppeld.

Er is nog geen rekening gehouden met lokale factoren, zoals de functie van het water, de aanwezigheid van andere bronnen en de kosten van de maatregelen. Hierna volgt een korte verklaring van de gemaakte keuzes.

Tabel B3.1 Voorbeeld koppeling behandelingsscore en vervuilingsscore

vervuilingsscore	minimale behandelingsscore voor:						
	nutriënten	metalen	PAK	bestrijdingsmiddelen	calamiteiten	illegale lozingen	verkeerde aansluitingen
1	2	4	4	1	3	3	3
2	1	3	3	0	1	1	1
3	0	0	0	0	0	0	0

Voor nutriënten zijn tamelijke lichte eisen gehanteerd. Bij de zwaarste vervuilingsscore 1, is slechts behandelingsscore 2 (op een schaal van 5) geëist. Dit heeft enerzijds te maken met het feit dat het aandeel van hemelwaterlozingen op de totale nutriëntenvracht veelal beperkt is en anderzijds met het feit dat er weinig maatregelen zijn met een hoge score voor nutriënten.

Voor metalen en PAK zijn met name voor het middenniveau (vervuilingsscore 2) tamelijk stevige eisen gesteld. De belangrijkste overwegingen zijn dat de lozing van zware metalen en PAK ongewenst is (KRW) en dat er voldoende technieken zijn die aan de eis kunnen voldoen.

Voor bestrijdingsmiddelen is een lichte norm gesteld. Er zijn geen harde gegevens over de verontreiniging van het hemelwater. Er zijn ook geen maatregelen (behalve bronmaatregelen), die een goed rendement geven. Bovendien scoren de traditionele oplossingen, zoals het verbeterd gescheiden stelsel ook slecht.

Bijlage 3 (vervolg 1)

De overige criteria, die met ongewenste lozingen te maken hebben, zijn gebaseerd op wat nu in de praktijk gebruikelijk is. Deze normstelling is tamelijk soepel.

Op grond van de bovenstaande tabel zijn de gegevens van de behandelingstechnieken en de typen verharding gecombineerd. Per criterium waaraan wordt voldaan, krijgen de behandelingstechnieken 1 punt. Als niet wordt voldaan, bedraagt de score nul. Omdat er zeven criteria zijn, kunnen per type verharding maximaal 7 punten worden gescoord. In tabel B3.2 zijn de scores aangegeven. Een blauw vakje betekent dat de behandelingstechniek aan alle criteria voldoet en zondermeer kan worden toegepast. Een geel vakje betekent dat de techniek aan één criterium niet voldoet en dat de afwijking 1 punt bedraagt. Een rood vakje betekent dat aan meerdere criteria niet wordt voldaan, of dat aan één criterium niet wordt voldaan met een afwijking van meer dan 1 punt (totaal score lager dan 6).

Tabel B3.2 Voorbeeld toepassingsgebied behandelingstechnieken

nr.	type verharding	oppervlakte infiltratie	ondergrondse infiltratie	dovortstroom verharding	behuysedfilters	lamellen afscheiders	retentie- en bezinkvijvers	olie- en afvalafvoer	25-75 volume scheiding (vgs)	50-80 volume scheiding
1	dak hellend zonder zink				6		6	6	6	6
2	dak hellend met zink				6		6	6	6	6
3	dak vlak				6		6	6	6	6
4	woonstraat <1000/etm	6			6		6	6	6	6
5	drukke weg				6		6	6	6	6
6	autosnelweg DAB				6		6	6	6	6
7	autosnelweg ZOAB				6		6	6	6	6
8	parkeerplaats				6		6	6	6	6
9	winkelstraat				6		6	6	6	6
10	busstation				6		6	6	6	6
11	woonwijk				6		6	6	6	6
12	industrieterrein	6	6		6		6	6	6	6

Een score van 7 (blauw) betekent dat de techniek zondermeer kan worden toegepast. Bij een score 6 (geel) mag de techniek worden toegepast. Er dient wel aandacht te worden besteed aan het criterium, waarop onvoldoende wordt gescoord. Dit kunnen bijvoorbeeld bron- of beheermaatregelen zijn.

De bruikbaarheid van de methodiek staat of valt met het draagvlak onder waterbeheerders en gemeenten. Het is daarom gewenst dat de methodiek in een breder verband verder wordt ontwikkeld en wordt beproefd op basis van praktijksituaties.