

## Bezinkvoorzieningen in de praktijk

Mark Nijman, Maikel Votel en Peter Beemsterboer (Waternet)

Dertien Amsterdamse regenwaterstelsels zijn voorzien van een bezinkvoorziening. Deze voorzieningen moeten ervoor zorgen dat zoveel mogelijk slib wordt afgevangen en niet terecht komt in het oppervlaktewater. Omdat niet duidelijk is of deze bezinkvoorzieningen doeltreffend functioneren, zijn ze alle dertien onderzocht. Het onderzoek brengt de huidige prestaties in beeld, het mogelijke prestatieverschil tussen de verschillende voorzieningen en het uiteindelijke kwantitatieve en kwalitatieve rendement van deze voorzieningen. Bovendien is over de gehele keten van straat tot oppervlaktewater onderzocht welke oorzaken ten grondslag liggen aan het rendementsverschil tussen de verschillende voorzieningen.

Om te voorkomen dat straatvuil samen met het regenwater wordt geloosd op het oppervlaktewater zijn in Amsterdam tussen 2005 en 2015 dertien hemelwaterstelsels voorzien van een bezinkvoorziening. Om zoveel mogelijk slib uit het hemelwaterstelsel te kunnen afvangen, zijn ze vlak vóór de uitlaat op het oppervlaktewater geplaatst. Sindsdien is wel eens onderzocht in hoeverre zo'n bezinkvoorziening functioneert, maar omdat de verschillen tussen de onderzoeksgebieden en de hemelwatertracés groot zijn, was totaal niet duidelijk of ze allemaal even goed functioneren. Een onderzoek in 2019 moest duidelijkheid brengen over zowel het kwantitatieve als het kwalitatieve rendement van de Amsterdamse bezinkvoorzieningen.



Afbeelding 1. Schematische weergave van een hemelwaterriool met een bezinkvoorziening

### Doel van het onderzoek

Voor het onderzoek zijn de bezinkvoorziening, het daarvoor liggende stelsel en de inrichting van het gebied in kaart gebracht. De eigenschappen van de bezinkvoorzieningen werden vastgelegd in kengetallen, zodat de onderlinge verschillen en overeenkomsten tussen hun kenmerken én hun kwantitatieve en kwalitatieve werking konden worden bepaald.

Voor de werking van de bezinkvoorziening is de bezinking en korrelgrootteverdeling van het slib onderzocht. Daarnaast is geanalyseerd op polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's), extraheerbare organische halogeensverbindingen (EOX) minerale olie en metalen.

### Opbredingen van eerder onderzoek

Voorafgaand aan dit onderzoek zijn eerdere interne en externe onderzoeksresultaten gebundeld. Die onderzoeken doorlopen de hele keten van straat tot oppervlaktewater (zie afbeelding 1). Uit eigen onderzoeken van Waternet [2], [3], [4] bleek al snel dat het Amsterdamse hemelwaterslib zich heel anders gedraagt dan het middel Millisil W4, waarmee in laboratoria onderzoek was verricht naar de bezinking en uitspoeling van het slib in kolken. In een praktijkonderzoek is vastgesteld dat het slib bij een regenintensiteit van 9 mm/uur deels of geheel uit de kolk spoelt. Dit soort buien kan in Nederland

meerdere keren per jaar voorkomen. Verder bleek dat de beoogde resultaten van eerder onderzochte bezinkvoorzieningen in de Amsterdamse praktijk niet werden gehaald en ook niet overeenkwamen met de standaard-rendementsberekening uit het basisrioleringsplan. Bovendien bleek dat het onderhoud van kolken en hemelwaterriolen in de totale keten van straat tot oppervlaktewater het kostbaarst is.

Uit onderzoeken elders in Nederland [5], [6], [7] kan onder andere worden geconcludeerd dat het sediment in kolken een evenwichtssituatie bereikt. Als door de kolk water op straat komt te staan, is dat voor 90 procent te wijten aan het dichtslibben van de zandvang of door het verstopt raken van de aansluitleiding tussen kolk en hemelwaterriool.

## Resultaten

Uit het onderzoek in 2019 blijkt dat de verhouding tussen het aangesloten verharde oppervlak en het volume van de bezinkvoorziening het belangrijkste is voor zowel de kwantitatieve als de kwalitatieve werking van de bezinkvoorziening. De omgeving van het hemelwaterstelsel is echter verantwoordelijk voor de concentratie onopgeloste bestanddelen en verontreinigingen die het hemelwaterriool bereikt. Andere verschillen, zoals de lengte van het stelsel en dergelijke, hebben geen invloed op de kwantitatieve en de kwalitatieve werking. Hier volgt een totaalbeeld van de resultaten.

Tabel 2. Resultaten onderzoek 2019

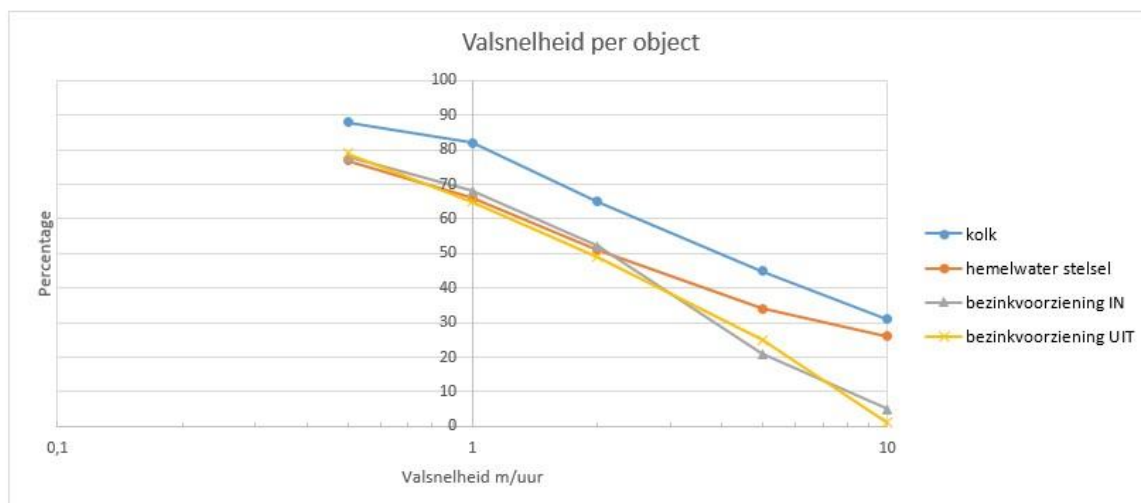
ITEM	KOLK	HEMELWATERRIOOL	BEZINKVOORZIENING	OPPERVLAKTEWATER
bereiken van evenwichtstoestand	ja	ja	vermoedelijk wel	
<b>eigenschap slib/zand</b>				
visueel	grof	fijn	zeer fijn	
sg kromme <63um [%md]	6	24	31	
sg kromme <2um [%md]	3	11	17	
organisch-stofgehalte [%]	2	9	12	
valsnelheid 10 m/uur [g%]	30	25	3	
valsnelheid 1 m/uur [g%]	82	65	65	
<b>rendement [%]</b>				
onopgeloste bestanddelen		73		27
metalen	10		29	61
PAK	39		26	35

## Wat gebeurt met het slib?

In de kolk en in het hemelwaterriool wordt een evenwichtstoestand bereikt. Als bijvoorbeeld het evenwicht in de kolk is bereikt, stroomt het zand of slib zeer waarschijnlijk direct door naar het hemelwaterriool, doordat de kolk het niet meer opneemt. Het kan echter ook zo zijn dat het net ingestroomde zand/slib de plaats inneemt van het zand of slib dat net uit de zandvang is gespoeld. Als geen van die twee processen plaatsvindt raakt de kolk verstopt, met als gevolg water op straat. Als de kolk gereinigd is, begint het proces opnieuw. Het is aannemelijk dat zo'n evenwichtstoestand ook in een bezinkvoorziening wordt bereikt. Verder is in een praktijkonderzoek [2] aangetoond dat in een regenperiode slib of zand uit de zandvang van een kolk verdwijnt. Dat onderzoek betrof buien die in Nederland meerdere malen per jaar voorkomen.

## Bezinkingsnelheden

In de zandvang van een kolk blijven meer grove delen en zand achter dan in het hemelwaterriool en in de bezinkvoorziening. Dat de scheiding van deeltjes plaatsvindt op basis van de bezinkingsnelheid wordt onderschreven door de korrelgrootteverdeling (scg-kromme) en het verschil in bezinkingsnelheid tussen de slibdeeltjes in de kolk, in het hemelwaterriool en aan het begin en het eind van de bezinkvoorziening. In de kolk bezinkt 30 gewichtsprocent van het slib met een snelheid van één meter per 6 minuten, terwijl dat in de bezinkvoorziening slechts 3 gewichtsprocent is. Van het slib in de keten heeft 20 procent een lagere bezinkingsnelheid dan 0,5 meter per uur.



Afbeelding 2. Bezinkingsnelheid van slibdeeltjes in de kolk, in het hemelwaterriool en aan het begin en het eind van de bezinkvoorziening

## Kleine slibdeeltjes

Met een 20 µm-filter ná de bezinkvoorziening is aangetoond dat daar nog kleine deeltjes in het hemelwater voorkomen. Aangenomen kan worden dat deeltjes die kleiner zijn dan 20 µm in ieder geval terechtkomen in het oppervlaktewater. Zonder de aanwezigheid van een 20 µm-filter komen waarschijnlijk ook grotere deeltjes in het oppervlaktewater terecht. In het Amsterdamse hemelwater is 30 procent van de slibdeeltjes kleiner dan 20 µm. Ondanks de aanwezigheid van een bezinkvoorziening komt dus 30 procent van het hemelwaterslib tijdens bepaalde buien toch terecht in het oppervlaktewater.



Afbeelding 3. Constructie voor plaatsing van het filter na de bezinkvoorziening



Afbeelding 4. Materiaal uit het filter

### Verontreinigingen vasthouden

Evenals in eerdere interne en externe onderzoeken zijn tijdens dit onderzoek ook kwaliteitsmetingen verricht op afstromend hemelwater en op het sediment in het hemelwaterriool. Doordat de metingen/monsternamen van het sediment zijn verricht op vier plekken in het hemelwatertracé, te weten zandvang van de kolk, hemelwaterput, begin van de bezinkvoorziening en eind van de bezinkvoorziening, kan worden bepaald waar in het traject bepaalde verontreinigingen of deeltjes worden afgevangen. Hieruit blijkt dat metalen het meest voorkomen in de laatste put van de bezinkvoorziening (74%), terwijl PAK's, EOX en minerale olie vooral achterblijven in het

hemelwaterriool (60%). Doordat de parameters EOX en minerale olie op dezelfde plek in het stelsel worden aangetroffen (60% in het hemelwaterriool) is het aannemelijk dat het rendement van PAK's ook geldt voor die stoffen.

Tabel 2. Verontreiniging metalen en bezinkingslocaties

	kolk	HW-put	BL-IN	BL-UIT
<b>soortelijke massa</b>				
kg/m <sup>3</sup> ds	1250	1250	1144	1098
<b>Cd mg/kg dg</b>	1,2	0,4	0,4	0,4
<b>Cr mg/kg dg</b>	54	41	66	148
<b>Co mg/kg dg</b>	25	7	6	7
<b>Fe mg/kg dg</b>	21000	17000	48000	94000
<b>Cu mg/kg dg</b>	210	160	260	820
<b>Hg mg/kg dg</b>	0,29	0,24	0,72	1,19
<b>Pb mg/kg dg</b>	60	48	173	340
<b>Ni mg/kg dg</b>	28	19	30	67
<b>Zn mg/kg dg</b>	790	590	1340	3400
<b>Ca mg/kg dg</b>	52700	16100	90000	102000
<b>totaal in kg/m<sup>3</sup> ds</b>	94	42	160	220
<b>percentage</b>	18	8	31	43

Tabel 3. Verontreiniging PAK, EOX, m. olie en bezinkingslocaties

	kolk	HW-put	BL-IN	BL-UIT
<b>soortelijke massa</b>				
kg/m <sup>3</sup> ds	1250	1250	1144	1098
<b>M. Olie mg/kg dg</b>	4000	5500	2550	4150
<b>totaal in kg/m<sup>3</sup> ds</b>	5	7	3	5
<b>percentage</b>	25,8	35,5	15,1	23,6
		61,4		38,6
<b>EOX mg/kg dg</b>	6,2	8,4	4	5,15
<b>totaal in kg/m<sup>3</sup> ds</b>	0,008	0,011	0,005	0,006
<b>percentage</b>	27,2	36,9	16,1	19,9
		64,1		35,9
<b>SOM PAK mg/kg dg</b>	12,7	13,5	8,6	10,4
<b>totaal in kg/m<sup>3</sup> ds</b>	0,016	0,017	0,010	0,011
<b>percentage</b>	29,4	31,2	18,2	21,1
		60,6		39,4

### Andere berekeningsmethode

Omdat is gebleken dat de standaard-rendementsberekening niet overeenkomt met de Amsterdamse praktijk is een andere berekeningsmethode toegepast. Uitgaande van een propstroom kan zowel het kwantitatieve als het kwalitatieve rendement van een bezinkvoorziening worden berekend door onder meer rekening te houden met het aantal verversingen, de bezinkingsnelheid van het slib, het bindingspercentage van de verontreinigingen en de neerslagmetingen van het KNMI. Van vijf van de dertien Amsterdamse bezinkvoorzieningen is op deze manier zowel het kwantitatieve als het kwalitatieve rendement berekend. De tabel hieronder bevat het kwaliteitsrendement van de vijf bezinkvoorzieningen. Duidelijk is dat een bezinkvoorziening minder geschikt is om zware metalen tegen te houden.

Tabel 4. Percentage per parameter dat na de bezinkvoorziening het oppervlaktewater bereikt

OBJECTID	% PAK naar opp.water	% fosfor naar opp.water	% zink naar opp.water	% cadmium naar opp.water	% nikkel naar opp.water	% koper naar opp.water	% lood naar opp.water
eenheid	%	%	%	%	%	%	%
% Gebond.	89	58	50	51	49	59	60
13002	39	60	66	65	67	60	59
12102	69	80	82	82	83	79	79
108579	16	45	53	52	54	45	44
18244	32	56	62	61	63	55	54
18782	17	46	53	52	54	45	44
min	16	45	53	52	54	45	44
max	69	80	82	82	83	79	79
gem	35	57	63	63	64	57	56

Het beste rendement wordt behaald als het aantal vierkante meters afstromend verhard oppervlak per kubieke meter bezinkvoorziening zo klein mogelijk is en als de bezinkvoorziening wordt gereinigd voordat een mogelijke evenwichtstoestand wordt bereikt. De volgende tabel toont het kwantiteitsrendement van de vijf onderzochte bezinkvoorzieningen.

Tabel 5. Rendement per bezinkvoorziening

object	m2 verhard / m3 bezinkleiding	berekend rendement [%]
13002	296	68
12102	707	35
108579	72	94
18244	224	76
18782	75	94

### Feiten en conclusies

- Geen van de bezinkvoorzieningen is sinds de aanleg gereinigd
- De dichtheid van het slib ligt tussen 1250 en 1098 kg/m<sup>3</sup>
- Het aantal kolken, de lengte van het hemelwatertracé en dergelijke hebben geen invloed op het rendement van een bezinkvoorziening
- De verhouding tussen de omvang van het afstromende verharde oppervlak en het volume van de bezinkvoorziening heeft wél invloed op het rendement van de bezinkvoorziening
- De omgeving heeft ook invloed op de concentratie onopgeloste bestanddelen en verontreinigingen die via de kolk het hemelwaterstelsel binnenstromen
- Hoe vaker de bezinkvoorziening tijdens een regenbui wordt ververs, des te lager is zowel het kwantitatieve als het kwalitatieve rendement
- 30% van de slibdeeltjes is kleiner dan 20 µm. Geconcludeerd kan worden dat in ieder geval 30% van het fijnste slib het oppervlaktewater kan bereiken. De kleinste slibdeeltjes (< 50 µm) bevatten de meeste verontreinigingen

- In de kolk blijft het grofste materiaal achter en in de bezinkvoorziening het fijnste materiaal. Het materiaal in de bezinkvoorziening heeft het hoogste organische-stofgehalte vergeleken met het slib in het totale stelsel (van kolk tot bezinkvoorziening)
- Ongeveer 55 procent van de metalen bindt zich niet aan slib, maar blijft in oplossing. Van de PAK's bindt zich 89 procent aan slib en blijft 11 procent in oplossing
- Van de aan het slib gebonden metalen wordt 74g% (gewichtsprocenten) teruggevonden in de bezinkvoorziening, terwijl 26g% wordt aangetroffen in het hemelwaterstelsel daarvóór.
- Vergeleken met de metalen komen PAK's, EOX en minerale olie over de totale hemelwaterafvoer (kolk, stelsel, bezinkvoorziening) gelijkmatiger voor. In het stelsel wordt 60g% aangetroffen en in de bezinkvoorziening 40g%.

### **Berekend rendement bezinkvoorziening**

Onopgeloste bestanddelen	max. 94%	min. 35%
Metalen	max. 46%	min. 17%
PAK	max. 84%	min. 31%

### **Aangepast beleid**

Op basis van dit onderzoek kan zowel de kwantitatieve als de kwalitatieve werking van bestaande en nieuw te dimensioneren bezinkvoorzieningen in Amsterdam worden berekend. Aanbevolen wordt om voordat een nieuwe bezinkvoorziening wordt geplaatst eerst goed na te gaan wat deze moet bewerkstelligen. Naar aanleiding van de bevindingen uit dit onderzoek heeft Waternet haar beleid aangepast.

### **Onderzoek kleinste slibdeeltjes**

Waternet gaat in 2020 verder onderzoek verrichten naar het afvangen van de kleinste (verontreinigde) slibdeeltjes. Het afvangen van de kleinste deeltjes is vooral van belang als het hemelwater via een infiltratievoorziening in de bodem wordt geïnfiltreerd. Verwacht wordt dat deze deeltjes de infiltratiecapaciteit van de voorziening na een bepaalde tijd negatief zullen beïnvloeden. Als de oppervlaktewaterkwaliteit dat vereist, kunnen bij een hemelwaterafvoer naar het oppervlaktewater eventueel beproefde technieken worden ingezet.

### **Onderzoek soorten kolken**

Ook wordt in 2020 onderzoek gestart naar andere kolksoorten. Dat onderzoek richt zich vooral op het minimaliseren van de mogelijke wateroverlast die door kolken wordt veroorzaakt. Wateroverlast door kolken wordt vooral veroorzaakt door een verstopping in de aansluitleiding naar het hemelwaterriool of door het dichtslaan van de zandvang (zand/slib(sediment)opbouw). Waarschijnlijk zijn deze twee faalmechanismen makkelijk te elimineren, maar uiteraard wordt dit eerst in de Amsterdamse praktijk getoetst.

## Referenties

1. Nijman, M.N.W. (2019). *Onderzoek bezinkvoorzieningen – functioneren en rendement*. Amsterdam, Waternet
2. Zandvoort, M.H., Nijman, M.N.W. (2012). *Putkleponderzoek – Middenweg Amsterdam*. Amsterdam, Waternet
3. Ayadi, N. El, Nijman, M.N.W., Zandvoort, M.H. (2015). *Werking bezinkvoorziening hemelwaterstelsel Ookmeerweg*. Amsterdam, Waternet
4. Speet, F. (2017). *Massabalans regenwaterslib. Amsterdam, intern Waternet*
5. Graaf, E. de, Kluck, J., Kregting, P. (2012). *Concentratie, bindingspercentage en bezinkingsmogelijkheden van verontreinigingen in afstromend hemelwater*. Utrecht, stichting Rioned
6. Bogaard, F., Lemmer, F. (2007). *De feiten over kwaliteit van afstromend regenwater*. Utrecht, Stowa
7. Post, J. (2016). *Beheer van kolken en rioolaansluitingen*. Utrecht, Stowa/ stichting Rioned