



Sjaak Clarisse, gemeente Delft
Maria Rus, Wareco

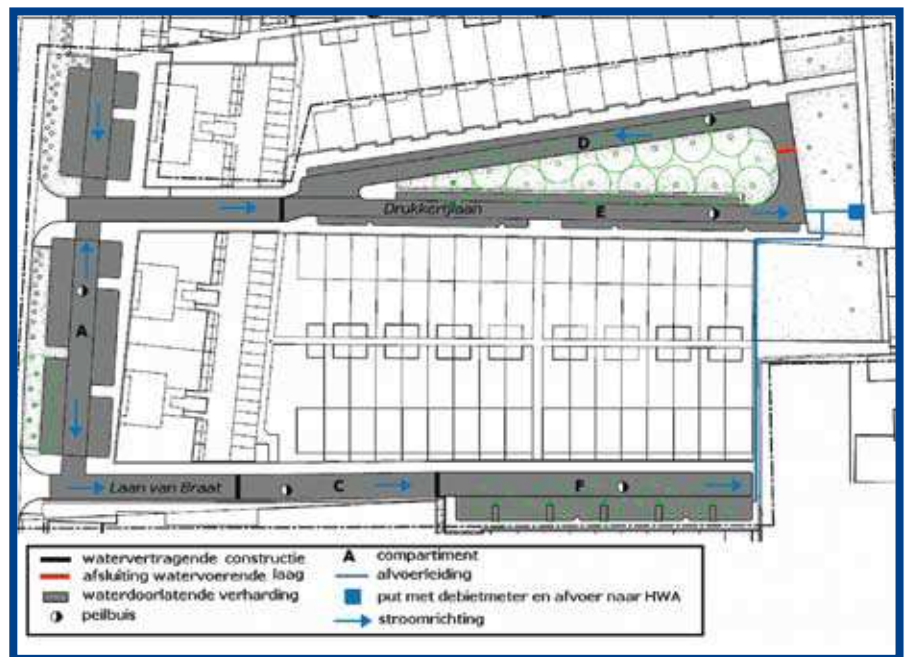
Monitoring waterdoorlatende verharding in Delft

In de wijk Schieweg van de gemeente Delft is geen ruimte voor waterberging door middel van oppervlaktewater. In overleg met het hoogheemraadschap is naar een passend alternatief gezocht. Vanwege de beperkte ruimte in de wijk is gekozen voor een waterdoorlatende verharding met een fundering van gebroken steenslag voor waterberging. Aan het ontwerp zijn voorwaarden verbonden om te waarborgen dat het systeem een goed alternatief voor oppervlaktewaterberging is. Door middel van monitoring onderzoekt de gemeente of aan de voorwaarden wordt voldaan. Een voordeel van waterdoorlatende verharding zou zijn dat het verontreinigingen in afstromend regenwater afvangt. Om dit na te gaan zijn enkele waterkwaliteitsmetingen uitgevoerd. De eerste meetresultaten van deze waterberging in urbaan gebied zijn bekend en worden in dit artikel beschreven.

De gemeente Delft, het Hoogheemraadschap van Delfland, de TU Delft, TNO, Deltares, UNESCO-IHE en de Kennisalliantie willen Delft nog sterker op de kaart zetten als kenniscentrum voor water- en deltatechnologie, met de ambitie om innovaties wereldwijd toe te passen. Dit initiatief heet Delft Blue Technology. Dit artikel beschrijft het tussenresultaat van het project 'Waterberging in urbaan gebied'.

Om de realisatie van de nieuwbouw op het voormalige NSD-terrein in Delft mogelijk te maken was het noodzakelijk om waterberging te creëren. Omdat waterberging in oppervlaktewater niet mogelijk was, heeft de gemeente waterberging aangelegd onder de straten door middel van waterdoorlatende verharding met een fundering van gebroken steenslag, type Aquaflo. De fundering van gebroken steenslag wordt in dit artikel omschreven met de term 'grindkoffer'. De inhoud van de totale grindkoffer bedraagt 548 kubieke meter. Dit komt overeen met een berging van 331 kubieke meter per hectare (de norm is 325 kubieke meter per hectare). Naast een bergingseis is een eis gesteld aan de maximale afvoer uit de grindkoffer: 0,9 millimeter per uur. Voor het onderzoeksgebied komt dit neer op een maximale afvoer van acht kubieke meter per uur.

Door de aanwezigheid van een helling en de afvoereis was het noodzakelijk om de grindkoffer in compartimenten op te delen.

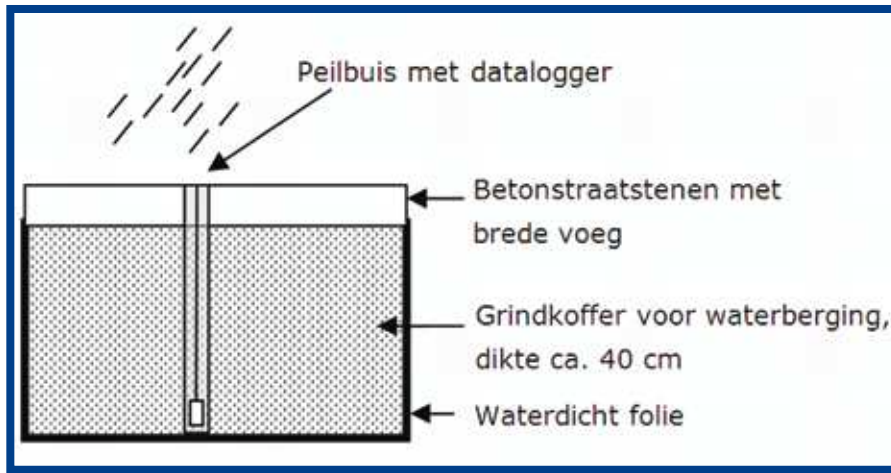


Afb. 1: Situatietekening + compartimenten en afvoerpunt.

Daartussen zijn watervertragende drempels aangebracht met een slecht doorlatend materiaal. De grindkoffer is zowel aan de onderzijde als aan de zijkanten ingepakt in een waterondoorlatend geotextiel. Dit voorkomt toestroming van en naar het grondwater. In de omgeving is een grondwaterverontreiniging aanwezig, die niet beïnvloed mag worden. Het pakket heeft één afvoerpunt dat is aangesloten op een put van het regenwaterriool en loost op boezemwater.

Monitoring

Om te toetsen of de gekozen oplossing ook in de werkelijkheid voldoet aan de gestelde eisen, is een monitoringsprogramma opgestart. De monitoring meet zowel de kwantiteit als de kwaliteit van het water. In ieder compartiment van de grindkoffer is een peilbuis met een drukmeting met datalogger geplaatst om de waterstand te meten. Voor de luchtdrukcompensatie is een extra drukmeting met datalogger hoog in



Afb. 2: Principedoorsnede.

de peilbuis gehangen, boven de waterstand. De frequentie van de metingen bedroeg bij aanvang één keer per vijf minuten. Na de eerste meetperiode is de frequentie verlaagd naar eenmaal per half uur, omdat de reactie op neerslag hiermee ook wordt gemeten. De drukmeters met dataloggers zijn getest op nauwkeurigheid voordat deze zijn ingezet in de peilbuizen. Hiervoor is de drukmeting gecompenseerd met de luchtdruk en vergeleken met handmetingen bij drie verschillende waterdiepten. De afwijking bedroeg minder dan drie centimeter. In de afvoerbuis uit het pakket is een elektromagnetische debietmeter geplaatst. De debietmeter werkt op een batterij en de data worden dagelijks verstuurd naar een internetpagina. Er is voor de debietmeter gekozen omdat deze geschikt is voor relatief kleine afvoeren, continu kan meten en relatief goedkoop is. De nauwkeurigheid van de debietmeter is gecontroleerd door de maximaal gemeten afvoer te vergelijken met de aanvoer die op basis van neerslag en aangesloten verhard oppervlak kan worden verwacht. Tevens is nagegaan wat de maximum afvoer op basis van de diameter van de buis en het maximale verhang kunnen zijn. Omdat het type debietmeter nieuw was, zijn er aanloopproblemen met de metingen geweest, waardoor een deel van de meetdata niet betrouwbaar was. De onbetrouwbare data zijn buiten de analyse gelaten.

Voor neerslagmeting wordt gebruik gemaakt van de dagelijkse neerslag van de dichtstbijzijnde regenmeter in Delft. Voor een inschatting van de duur van buien zijn de uurtellingen van het KNMI in Delft geraadpleegd en voor de verdampingsgegevens de gegevens van KNMI Zestienhoven. De in dit artikel beschreven meetperiode is van oktober 2008 tot december 2009.

Voor de meting van de waterkwaliteit is het uitstromende water bij het afvoerpunt bemonsterd. Dit is water dat door de waterdoorlatende verharding en de grindkoffer is gestroomd. Als referentie voor het afstromend regenwater van traditionele verharding zijn monsters van regenwater van een nabij gelegen kolk gebruikt. Het type wegverharding en de verkeersintensiteit bij deze kolk is vergelijkbaar met de wegverharding die is aangesloten op de waterdoor-

latende verharding. Op de waterdoorlatende verharding is naast wegverharding ook dakwater aangesloten.

Eerst zijn twee monsters genomen van het water uit de kolk. Deze zijn geanalyseerd op stoffen die als gewenst invoerveld zijn aangegeven voor hemelwater in het 'Achtergrondrapport database regenwater'⁽²⁾.

De stoffen die volgens deze analyse in hoge concentraties aanwezig waren of relevant zijn voor afstromend wegwater, zijn in de volgende meetronden bemonsterd en geanalyseerd. De monsters zijn geanalyseerd op onopgeloste bestanddelen, koper, nikkel, zink, nitraat, stikstof, fosfaat en minerale olie.

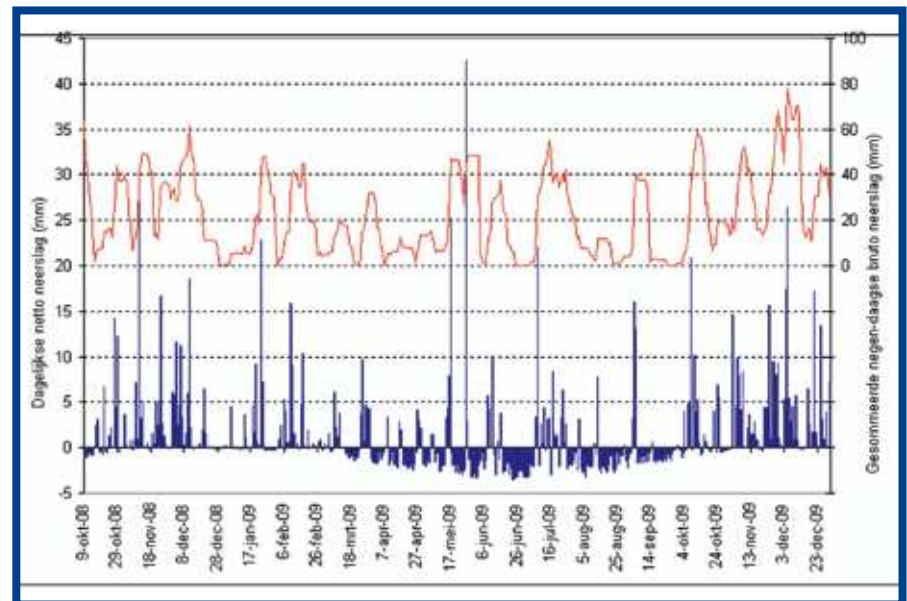
Verwachte resultaten

Het is bekend hoeveel verhard oppervlak is aangesloten op de doorlatende verharding, de verdeling is echter niet bekend. Verwacht werd dat de verdeling van het verhard oppervlak gelijkmatig zou zijn. Op basis hiervan werd verwacht dat de stijging van de waterstand in de bovenstroomse compartimenten A en C kleiner zou zijn dan in de benedenstroomse compartimenten E en F. Dit omdat de bovenstroomse compartimenten afvoeren via de benedenstroomse compartimenten.

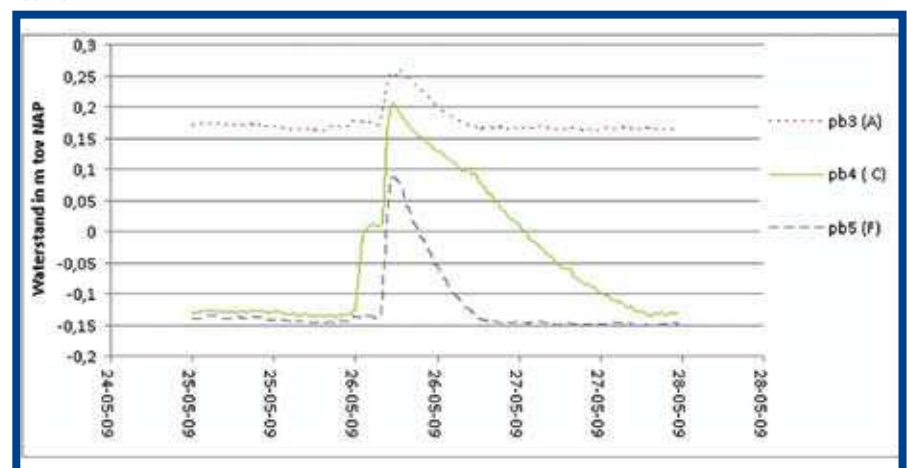
Neerslag

De neerslag tijdens de meetperiode bestaat zowel uit langdurige buien met veel en weinig neerslag in de winter als hevige piekbuien in de zomer (28 mm in twee uur). In afbeelding 3 is de neerslag gedurende de meetperiode weergegeven.

Afb. 3: Neerslag.



Afb. 4: Waterstanden in compartimenten voor en na een bui van 43 mm in tien uur, afvoerrichting van A naar C naar F.



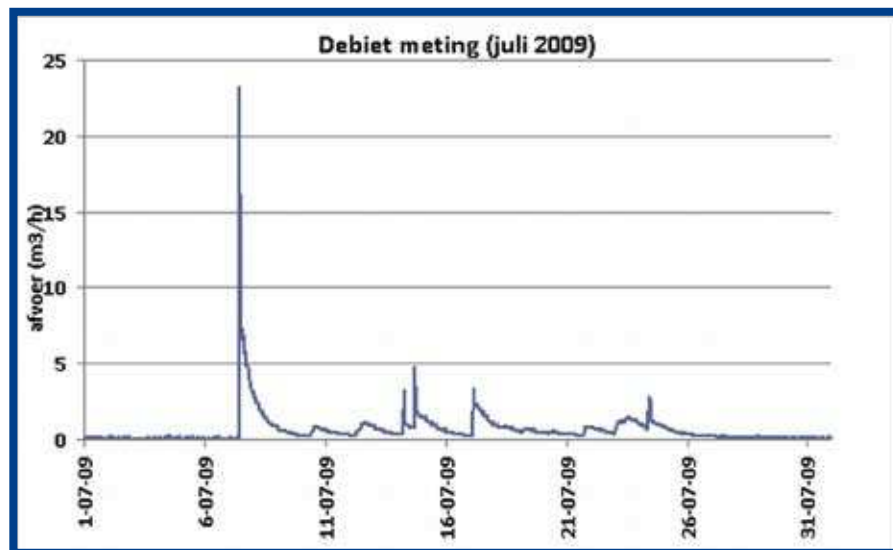
Waterstanden en vullingsgraad compartimenten

Uit de meetgegevens van de dataloggers blijkt dat de waterstanden in de compartimenten A, C en D direct reageren op de neerslag. In tegenstelling tot de verwachting is de fluctuatie in de waterstand in compartiment E minder groot bij neerslag. In compartiment F is alleen een reactie op neerslag bij de grotere buien. De grootste fluctuatie wordt waargenomen in compartiment C, dit is het kleinste compartiment. Vermoedelijk is hier relatief veel verhard oppervlak op aangesloten.

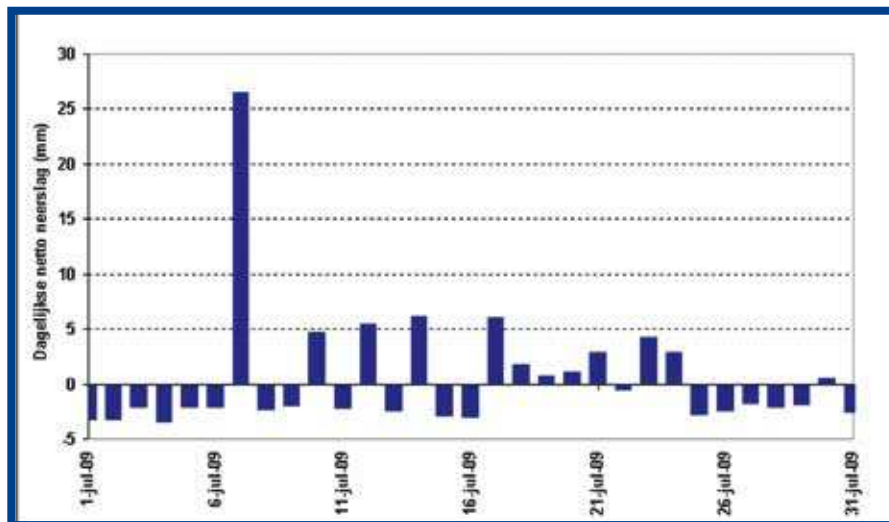
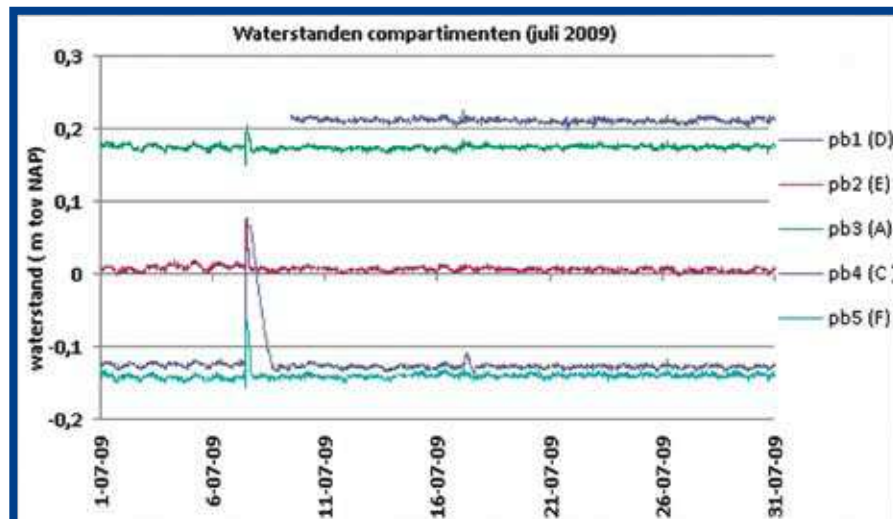
Niet alle neerslag is in de waterstandsfluctuatie terug te zien (zie afbeelding 7). In de zomer is een bui vanaf circa tien millimeter per dag terug te zien in de fluctuatie. In de winter is dit vanaf circa vijf millimeter het geval.

In afbeelding 4 is te zien dat, zolang er nog afvoer is vanuit compartiment A, de waterstand in compartiment C langzamer daalt dan wanneer compartiment A leeg is. Gezien de gedempte waterstandfluctuatie in F wordt verwacht dat het grootste deel van het hemelwater in dit compartiment vrijwel direct afgevoerd wordt. De maximale vullingsgraad van de compartimenten

Afb. 6: Afvoer juli 2009.



Afb. 7: Waterstanden in compartimenten juli 2009, bij droogvallen van de compartimenten ontstaat ruis in de drukmeting van maximaal drie centimeter. Dit is in de analyse buiten beschouwing gelaten.



Afb. 5: Neerslag juli 2009.

gedurende de meetperiode was als volgt: A en D 30 procent, E en F 50 procent en voor C maximaal 90 procent.

Afvoer

De gemeten afvoer van de grindkoffer was niet hoger dan acht kubieke meter per uur.

Uitzondering hierop was de afvoer na een bui op 7 juli 2009. Toen is een maximale afvoer gemeten van 24 kubieke meter per uur. Dit was na een bui van 28 millimeter in circa twee uur. De maximale afvoer was groter dan de toegestane afvoer van acht kubieke meter per uur. De overschrijding van de maximaal toegestane afvoer vond gedurende één uur plaats. De bui werd vertraagd afgevoerd, gedurende circa 55 uur in plaats van in twee uur. In de compartimenten duurt het circa tien tot 36 uur voordat de waterstand terug is op het oude niveau.

Op de foto's is de situatie weergegeven vlak na de bui en enkele uren na de bui. Vlak na de bui stond er korte tijd water op straat doordat de infiltratiecapaciteit van de toplaag kleiner was dan de neerslagintensiteit. In de berging was nog voldoende ruimte.

Voor de maand juli volgt dat circa 40 procent van de neerslag niet wordt afgevoerd. Een deel van de neerslag zal het systeem niet bereiken door instroomverliezen. Aangezien het een gesloten systeem betreft, zal de rest van de neerslag verdampt zijn. Gemiddeld bedraagt de verdamping 1,1 millimeter per dag voor al het aangesloten verhard oppervlak (zonder rekening te houden met instroomverliezen).

Waterkwaliteit

In de tabel zijn de resultaten van de waterkwaliteitsmetingen weergegeven. Voor zover van toepassing is ook de MTR-waarde voor oppervlaktewater gegeven (Maximaal Toelaatbaar Risico) uit de 4e Nota Waterhuishouding. Bij gebrek aan toetsingswaarden voor afstromend regenwater worden deze als indicatie weergegeven. Uit de bemonstering en analyse blijkt dat het water uit de waterdoorlatende verharding over het algemeen minder verontreinigingen bevat dan het water uit de kolk. Met name de concentratie zwevend stof is aanzienlijk lager. De concentraties koper, fosfaat en minerale olie zijn hoger in het water dat van een traditionele verharding stroomt. Opvallend is dat de concentratie nikkel en nitraat vanuit de waterdoorlatende verharding hoger is dan van traditionele verharding. Een deel van het verschil in resultaten kan



Situatie 7 juli 2009, direct na de bui van 28 millimeter in twee uur ...



... en vier uur daarna (foto's: gemeente Delft)

Analyseresultaten van de waterkwaliteit bij de kolk van de klinkerverharding (K) en bij waterdoorlatende verharding (W). Vetgedrukte waarde betekent een overschrijding van de MTR-norm.

stof	12-6-2009		2-12-2009		22-2-2010		MTR totaal (oppervlaktewater)
	K	W	K	W	K	W	
onopgeloste bestanddelen (mg/l)	1.400	82	57	<1	26	9,6	-
koper (µg/l)	6	<5	3	1	2	<1	3,8
nikkel (µg/l)	<5	13	2	4	<1	4	6,3
zink (µg/l)	21	<20	18	8	<5	<5	40
nitraat (mg N/l)	<0,05	1	0,20	0,3	0,17	1,4	-
kjeldahl stikstof (mg/l)	15	4	6,1	<1	1,9	2,0	2,2 (N totaal)
totaal fosfaat (mg P/l)	0,47	0,15	0,11	0,11	<0,05	<0,05	0,15
minerale olie (mg/l)	0,83	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05

worden veroorzaakt door de aansluiting van dakwater op de waterdoorlatende verharding, terwijl in de kolk alleen afstromend wegwater wordt bemonsterd. De concentraties verontreiniging in afstromend regenwater van de waterdoorlatende verharding liggen over het algemeen lager dan de MTR-norm. Voor het afstromend regenwater uit de kolk liggen de concentraties verontreinigingen bij de eerste monsternamen voor koper, stikstof en minerale olie hoger dan de MTR-norm.

Conclusies

Uit de monitoring blijkt dat met waterdoorlatende verharding voldoende waterberging kan worden gecreëerd om een

goed alternatief te bieden voor oppervlaktewaterberging. Door een geknepen afvoer toe te passen kan de grote berging worden benut en de afvoer worden beperkt. Om de berging zo goed mogelijk te benutten, is het van belang dat het aangesloten verhard oppervlak gelijkmatig wordt verdeeld en de afvoer voldoende wordt beperkt. Daarnaast is het bij hoogteverschil belangrijk om het water bovenstrooms goed vast te houden door middel van vertragende drempels. Op basis van drie meetmomenten zijn de concentraties verontreinigingen in het afgevoerde regenwater van de waterdoorlatende verharding over het algemeen lager dan die van reguliere klinkerverharding. Vooral het gehalte zwevend stof is aanzienlijk lager.

Op voorhand was moeilijk te voorspellen hoeveel water de vertragende drempels zouden doorlaten en wat de maximale afvoer uit het systeem zou zijn. Om hier beter inzicht in te krijgen is het voornemen een model op te stellen om het gemonitorde systeem na te bootsen. Dit kan als basis gebruikt worden om nieuwe systemen te ontwerpen.

LITERATUUR

- 1) STOWA (2007). De feiten over de kwaliteit van afstromend regenwater. Rapport 21.
- 2) STOWA (2007). Achtergrondrapport database regenwater. Rapport W09.