

De vuilemissie van regenwaterstelsels

(Kennis van de samenstelling en kwaliteit van afstromend regenwater en systematiek voor de bepaling van de vuilemissie van regenwaterstelsels)

Ir. Floris Boogaard (Tauw, waterbeheer, ruimte en riolering)
e-mail: fcb@tauw.nl

Trefwoorden: kwaliteit regenwater, natte en droge depositie, samenstelling regenwater, meetplan, normen, bronmaatregelen, bemonstering

In de laatste jaren is er veel gemeten aan de kwaliteit van afstromend regenwater. Ook is er meer kennis vergaard van de effecten van afstromend regenwater op grond- en oppervlaktewater. Over het algemeen valt uit literatuur af te leiden dat de concentraties stoffen in het afstromend regenwater per meetlocatie sterk verschillen en op eenzelfde locatie of zelfs binnen een neerslaggebeurtenis sterk uiteen kunnen lopen.

De microverontreinigingen, zoals zware metalen en PAK in het regenwater, overschrijden in veel gevallen de gehanteerde streefwaarden voor oppervlaktewater en grondwater. Mede vanwege de vele factoren die van invloed zijn op de vuilemissie van regenwaterriolen, de diversiteit van de onderzoekslocaties uit de literatuur, de uiteenlopende onderzoeksmethodieken en de beperkte verslaglegging is het inschatten van de vuilemissie van regenwaterriolen op basis van literatuur niet voldoende nauwkeurig.

Aangezien om deze redenen metingen op locatie zijn aan te bevelen is een stappenplan voor een bemonsteringssysteem in dit artikel beschreven. In de toekomst zal het meten van andere stofgroepen belangrijker worden in verband met de implementatie van de kaderrichtlijn water (KRW).

Diverse gemeenten en waterschappen willen inzicht krijgen in functioneren van gemengde rioolstelsels en in toenemende mate ook van regenwaterstelsels (gescheiden en verbeterd gescheiden rioolstelsels). Het betreft inzicht in het kwantitatief en kwalitatief functioneren van deze stelsels en de effecten van de vuilemissie op het oppervlaktewater. Gezien de kosten en inspanningen die gemoeid zijn bij het bepalen van de vuilemissie van rioolstelsels wordt deze emissie op basis van (vaak summier en gedateerde) literatuurgegevens ingeschat al dan niet aangevuld met een incidentele monsternamen.

Vaak wordt nog gebruik gemaakt van het onderzoek van de NWRW (Nationale Werkgroep Riolering) uit 1989, terwijl in de laatste jaren de kennis van de vuilemissie sterk is vergroot. Zo zijn in de laatste jaren in het kader van onderzoek naar de effecten van afkoppelen op bodem, grond- en oppervlaktewater meer gegevens beschikbaar gekomen betreffende de kwaliteit en de samenstelling van afstromend regenwater. Deze onderzoeken geven meer inzicht in de variaties in de kwaliteit van diverse waterstromen in het stedelijk

gebied, waarmee de vuilemissie en de effecten ervan op het milieu beter kunnen worden ingeschat.

Dit artikel gaat in op de beschikbare en ontbrekende kennis van de emissies uit regenwaterstelsels alsmede het interpreteren van de onderzoeksresultaten. Het betreft resultaten van nationaal onderzoek naar de kwaliteit en de samenstelling van regenwaterstromen, alsmede een overzicht van lopend en (recent) afgerond onderzoek naar het functioneren van (regenwater-)rioolstelsels. Aangezien, zoals in dit artikel geconcludeerd, de kwaliteit van het regenwater per locatie sterk kan verschillen, zijn in veel situaties metingen aan het stelsel onontbeerlijk om een gedetailleerd inzicht te krijgen in de vuilemissies en het definiëren van maatregelen om deze vuillast terug te brengen. Om deze reden wordt dit artikel afgesloten met een korte systematiek voor het onderzoeken van de emissie van regenwaterstelsels op het oppervlaktewater.

In dit artikel ligt het accent bij het bepalen van de vuilemissie vanuit regenwaterstelsels waaruit de

gewenste omgang met regenwater kan worden afgeleid. De meetsystematiek is ondanks de verschillen in rioolstelselkenmerken en samenstelling van het huishoudelijk afvalwater en regenwater echter ook toepasbaar bij gemengde stelsels. Bij het beschouwen van de kennis van de regenwaterkwaliteit en de meetsystematiek wordt stilgestaan bij praktijkervaringen, aandachtspunten en de mogelijkheden en onmogelijkheden van het meten.

Kwaliteit en samenstelling van regenwater Inventarisaties

In de afgelopen jaren zijn in het kader van afkoppelprojecten en het bepalen van de effecten van hiervan op bodem, oppervlakte- en grondwater relatief veel metingen uitgevoerd naar de kwaliteit en samenstelling van afstromend regenwater van diverse verharde oppervlakken. In het kader van het opstellen van beslissingssystematieken voor de omgang met regenwater zijn veel van deze metingen geïnventariseerd en vergeleken. Bij deze inventarisaties zijn diverse waterbeheerders en gemeenten benaderd en werd onder meer geconcludeerd dat veel afkoppelprojecten zijn uitgevoerd zonder monitoring van de kwaliteit van de waterstromen. [Stowa 2004]

In 2002 zijn voor de onderbouwing van de beslissingboom voor de werkgroep riolering west Nederland (wRw, 2002) resultaten van de kwaliteit van de waterstromen in het stedelijk gebied verzameld van diverse nationale onderzoeken naar de kwaliteit van (afstromend) regenwater. Het betrof met name recent onderzoek, met als doel inzicht te krijgen in de kwaliteit en samenstelling van afstromend regenwater van verharde oppervlakken. In 2004 heeft eenzelfde inventarisatie plaatsgevonden specifiek voor afstromend regenwater van bedrijventerreinen (Stowa, 2004)

Categorisering

De kwaliteit van (afstromend) regenwater wordt gerelateerd aan het afstromend oppervlak, de volgende categorieën zijn te onderscheiden:

1. regenwater in het landelijk gebied;
2. regenwater in het stedelijk gebied;
3. het afstromend regenwater van daken;
4. het afstromend regenwater van wegen;

5. het afstromend regenwater van gemengde oppervlakken (daken en wegen);
6. regenwater in regenwaterstelsels ((verbeterd-) gescheiden stelsels);
7. het afstromend regenwater van 'bijzondere' oppervlakken (parkeerplaatsen, bushaltes, industrieterreinen etc.) en overige metingen met een specifiek doel.

Onderzoeksresultaten

Alvorens op de onderzoeksresultaten in te gaan, wordt opgemerkt dat vanwege de diversiteit van de onderzoekslocaties, maar ook de verschillende onderzoeksmethodieken, een grote verscheidenheid aan resultaten is te verwachten. De representativiteit van veel onderzoeken is beperkt, aangezien er veel locatiespecifieke factoren zijn die de kwaliteit van het regenwater bepalen. Door de soms beperkte representativiteit van veel onderzoeksresultaten is een onderlinge vergelijkbaarheid van de onderzoeken niet gerechtvaardigd. Hierom wordt voor de bespreking van de onderzoeksresultaten in algemene zin kort ingegaan op de factoren die de waterkwaliteit kunnen beïnvloeden, alsmede de representativiteit van de beschouwde onderzoeksgegevens.

Beïnvloedingsfactoren:

De mate waarin verontreinigingen in de waterstromen aanwezig zijn is van vele factoren afhankelijk, zoals: de aard en gebruik van het afstromend oppervlak, soort verkeersbelasting, straatmeubilair, dakbedekking (zinken dakgoten, loodslabben), bestrating (open verharding of dicht) en locatiespecifieke emissies (nabijgelegen industrieën, vliegvelden en of andere infrastructuur) of seizoensgebonden omstandigheden (stroomlozen in winter, bladval in herfst, vuurwerkresten) [wRw 2002]. De bijdrage van deze factoren is over het algemeen niet eenduidig aan de kwaliteit van afstromend regenwater toe te schrijven.

Representativiteit onderzoeksgegevens:

Ook vanwege de diversiteit in uitvoering van de onderzoeken en de soms beperkte documentatie van de bemonstering en of bemonsteringslocatie, zijn de gevonden concentraties niet eenduidig aan één van de bovenstaande factoren te relateren. Bij het beschouwen van ruim honderd onderzoeken

achtergrond depositie is hiermee een reële optie en zal beter inzicht verschaffen om praktisch uitvoerbare (bron-)maatregelen te definiëren.

Gezien de achtergronddepositie gebiedsspecifiek is zal deze 'stand still principe'-systematiek per locatie verschillen. Een praktijkvoorbeeld waarbij deze methodiek is toegepast is IJburg, een eilandwijk die de gemeente Amsterdam ontwikkelt aan de oostkant van de stad met zo'n 18.000 woningen. In de Nota van Uitgangspunten IJburg (1996) heeft de Gemeente ambitieuze milieudoelstellingen geformuleerd. Op het gebied van waterbeheer is het doel om zo weinig mogelijk regenwater naar de zuivering af te voeren en zo veel mogelijk water vast te houden.

Voor regenwaterlozingen op het IJmeer geldt een standstill-beginsel. Dit betekent dat de huidige kwaliteit niet mag verslechteren als gevolg van de aanleg van IJburg. Om hier invulling aan te geven wordt een grote inspanning verricht om de emissies zoveel mogelijk te beperken. Zo mogen er op IJburg geen uitlozende materialen worden toegepast. Afstromend regenwater wordt gezuiverd door filtratie. Bij het standstill-beginsel voor het IJmeer zijn twee situaties onderscheiden: de nul-situatie (het IJmeer zonder IJburg) en de geplande situatie (het IJmeer met IJburg).

De nul-situatie betekent niet dat er geen vervuiling van het IJmeer optreedt. De neerslag die op het IJmeer valt is immers verontreinigd met stoffen die opgelost zijn in regenwater. In de nieuwe situatie valt neerslag niet meer direct op het IJmeer, maar wordt het opgevangen op het nieuwe landoppervlak. Een deel van de opgevangen neerslag zal verdampen, een groot deel zal infiltreren in de bodem en als grondwater uitkomen naar het IJmeer, en een deel zal (bij hevige neerslag) direct op het IJmeer overstorten.

Zoals eerder aangegeven, neemt door afstroming over verhard oppervlak de verontreinigingsgraad van het opgevangen regenwater toe. De afstromende neerslag die infiltreert, zal echter deels gezuiverd worden door filtratie en adsorptie van verontreinigingen aan de bodem (wadi's). Het standstill-beginsel is geïnterpreteerd als een stofbalans:

100% x concentraties in neerslag > percentage gefiltreerd regenwater x concentraties gezuiverd

afstromend regenwater + percentage overgestort regenwater x concentraties afstromend regenwater.

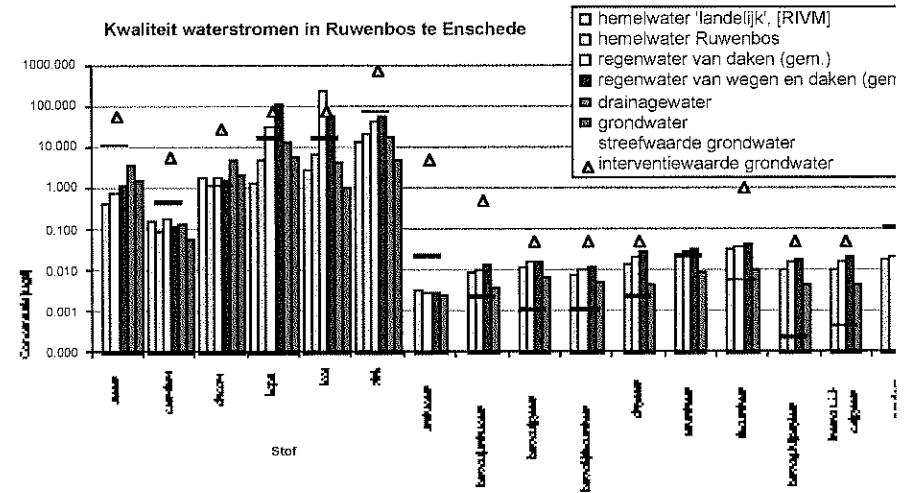
Het ontwerp van de afwatering van de eilanden heeft de percentages gefiltreerd en overgestort regenwater bepaald. Voor de inschatting van de kwaliteit van neerslag en van afstromend regenwater is gebruik gemaakt van de toen beschikbare meetgegevens aan deze waterstromen. Invulling van de stoffenbalans heeft geleid tot de ontwerp dat op jaarbasis maximaal zeven procent van de gevallen neerslag direct mag overstorten op het IJmeer [H2O, nr 4 2005].

Relatie verkeersintensiteit en vervuilinggraad regenwater voor wegen

In enkele beslissingssystematieken voor de omgang met regenwater is de verkeersintensiteit van een weg als beslissingsmoment opgenomen. De achterliggende gedachte is dat de verkeersintensiteit een maat is voor de vervuilinggraad van het afstromend regenwater van wegen. Bij het interpreteren van de onderzoeken is echter geen eenduidige relatie waargenomen tussen verkeersintensiteit en verontreinigingsgraad bij wegen in het stedelijk gebied [wRw 2003]. Ook bij onderzoek naar de kwaliteit van afstromend regenwater van autosnelwegen kon tevens geen verband worden gelegd tussen de verkeersintensiteit en de totale verontreiniging door diffuse bronnen langs wegen [CIW, 2002].

Resultaten per onderzoekslocatie

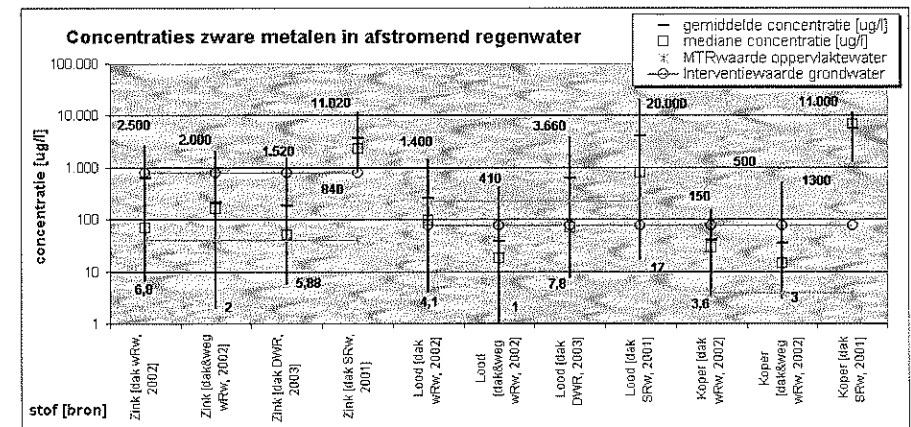
Het beschouwen van de diverse onderzoeken als totaal geeft inzicht in de gemiddelde regenwaterkwaliteit. Er zijn slechts een paar locaties in Nederland waarbij het afstromend regenwater, van verschillende categorieën (verharde oppervlakken), is bemonsterd. Uit deze inventarisatie blijkt dat in het algemeen het afstromend regenwater van daken (met bronmaatregelen) schoner is dan van wegen en dat de kwaliteit van gemengde oppervlakken (met de relatief schonere daken en relatief rustige wegen) meer vervuild is dan het afstromend regenwater van daken. Dit algemene beeld komt tot uiting in de wijk Ruwenbos in Enschede, waarbij alle categorieën zijn bemonsterd en een onderlinge vergelijking mogelijk maakt (zie figuur 2).



Figuur 2: [Rioned, 2003]

Andere locaties waar onder dezelfde omstandigheden regenwater en afstromend regenwater (gemeten in gescheidenstelsels) zijn gemeten, zijn bedrijventerreinen in Meppel en Steenwijk [Tauw, 2005]. Bij de onderlinge vergelijking van de concentraties

bleek dat door afstroming de concentraties in Meppel gemiddeld werden verdubbeld en in Steenwijk een factor 4 hoger lagen. De factor werd op beide locaties echter in hoge mate beïnvloed door een hoog mangaan- en ijzergehalte dat



Figuur 3: [bron: wRw, 2002/DWR, 2003/StReinw 2001]

mogelijk veroorzaakt werd doordat drainagewater (ijzerhoudend grondwater) op het rioolstelsel was aangesloten.

Locatiespecifieke resultaten: bandbreedtes van drie zware metalen

Mede door de eerder genoemde beïnvloedingsfactoren en verschil in onderzoek worden grote bandbreedtes van de concentraties binnen de diversen categorieën geconstateerd. In figuur 3 wordt dit gepresenteerd. Het betreft de kwaliteit van het afstromend regenwater van daken en van daken en wegen ('gemengde oppervlakken') voor de zware metalen waarvan bronmaatregelen worden verlangd.

De concentraties van de drie metalen zijn gebaseerd op de recente meetresultaten (315 metingen) verricht op diverse locaties in Nederland [wRw, 2002]. Te zien is dat er tussen de diverse onderzoeken een verschil van een factor 1000 tussen de minimale en maximale concentratie kan worden geconstateerd.

Dat deze concentraties ook op een locatie sterk uiteen kunnen lopen wordt tevens weergegeven in figuur 3. De bemonsterde zinken dakgoot aan de Heggerankweg in Amsterdam Noord [DWR, 2003,

totaal 134 meetwaarden] geeft dit weer. Bij dit onderzoek is een verschilfactor van bijna 500 tussen de minimale en maximale loodconcentratie geconstateerd.

Dat de uitloging van zware metalen bij het excessief gebruik ervan hoge concentraties in het afstromend regenwater kan opleveren laat de laatste categorie zien. Deze uitschieters zijn gemeten door de Stichting Reinwater, die enkele jaren geleden diverse metingen verrichten in Amsterdam, Leiden, Utrecht en Maastricht. Bij deze meetronde werd bij een woonhuis (titaanzinken dak) in de Weddesteeg in Leiden een zinkconcentratie van 11 mg/l gemeten.

De hoogste loodconcentratie van 22 mg/l is gemeten in het afstromend regenwater van het met lood beklede dak (loden dakgoten en loodslabben) van de Nicolaaskerk in Amsterdam. De hoogste koperconcentratie is gemeten in het afstromend regenwater (11 mg/l) van het patina-koperen gevelbekleding van het techniekmuseum 'New Metropolis' in Amsterdam.

Samenstelling afstromend regenwater

Naast de kwaliteit van het afstromend regenwater, is het tevens van belang in welke vorm de veront-

reinigen zich in het afstromend regenwater bevinden. Met name de mate waarin verontreinigingen zich binden aan de diverse fracties aan zwevend stof in het regenwater is van belang voor de omgangsmogelijkheden en de behandelingswijzen van regenwater. Om de binding van verontreinigingen te bepalen, wordt de totale verontreinigingslast gesplitst in een opgeloste en de gebonden fractie.

Uit diverse meetgegevens (figuur 4) van de nationale onderzoeken volgt dat zware metalen gemiddeld voor 72 procent zijn gebonden aan deeltjes groter dan 0,45 µm. Voor PAK ligt dit percentage hoger, namelijk 86 procent [wRw 2002]. Binnen de stofgroepen varieert de binding per stof sterk en blijkt de binding in enige mate afhankelijk van de categorie afstromend regenwater. Zo blijkt dat de binding van stoffen in het afstromend regenwater van daken in het algemeen lager is dan de binding van stoffen in het afstromend regenwater van wegen en daken. Het zwevend stofgehalte in het afstromend regenwater van daken is doorgaans ook lager dan dat van andere oppervlakken. Ook de aard van het oppervlak is van belang, zo is de binding van afstromend wegwater van open verhardingen lager dan die van dichte verhardingen [DWR 2005]. Aangezien er een directe relatie is tussen de binding en het zuiveringsrendement is deze parameter van belang bij de dimensionering van behandelingsmethoden voor regenwater (filtratie, adsorptie en bezinking).

Stappenplan

Voor een inzicht in de vuilemissie van rioolstelsels dienen grofweg de volgende stappen te worden doorlopen [Tauf, 2004]:

1. inventarisatie lozingen
2. selectie geschikte meetlocaties
3. opstellen meetplan
4. bemonsteringen
5. evaluatie en interpretatie

In de volgende paragrafen worden de stappen van deze algemene werkwijze toegelicht, evenals enkele praktijkervaringen en resultaten.

Inventarisatie lozingen

Voorafgaand aan de bemonsteringen worden de kenmerken van het rioolstelsel bestudeerd. Een belangrijk onderdeel hiervan is het inventariseren van de regenwaterlozingen.

Het type regenwateruitlaat kan als volgt worden ingedeeld:

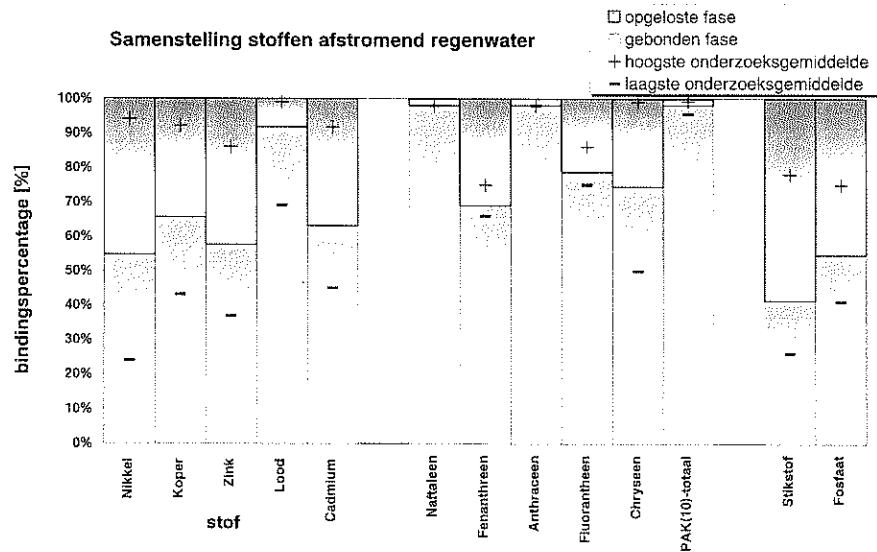
- regenwateruitlaten van het gemeentelijke gescheiden rioolstelsel;
- regenwateruitlaten van het gemeentelijke verbeterd gescheiden rioolstelsel;
- regenwateruitlaten van het gescheiden rioolstelsel op (particuliere) (bedrijfs)terreinen;
- regenwateruitlaten van het verbeterd gescheiden rioolstelsel op (particuliere) (bedrijfs)terreinen.

De keuze van de bemonsteringslocaties hangt af van de doelstelling van het onderzoek. Bij woonwijken kan gekozen worden voor regenwateruitlaten waarvan wordt vermoed dat er foutieve aansluitingen aanwezig zijn. Bij bedrijventerreinen wordt op basis van de verschillende typen bedrijven onderzocht welke regenwateruitlaten in aanmerking komen voor bemonstering.

Vaak is op basis van de verleende Wvo- of Wet milieubeheervergunningen bekend welke bedrijven regenwater lozen op het oppervlaktewater en om welke potentiële bronnen van vervuiling het gaat. Bij de keuze van bemonsteringslocaties kan er rekening mee gehouden worden dat er, naast verdachte locaties, ook een referentie locatie (waar weinig vervuiling wordt verwacht) wordt geselecteerd, zodat deze locaties onderling kunnen worden vergeleken.

www.rioleringswetenschap.net

www.rioleringswetenschap.net



Figuur 4

www.rioleringswetenschap.net

www.rioleringswetenschap.net

Selectie locaties

Bij het selecteren van de meetlocaties is veldbezoek, waarbij de beschikbare informatie wordt geverifieerd, van groot belang, alsmede de praktische mogelijkheden van het installeren van meetapparatuur. Bij het veldbezoek worden de kenmerken, gebruik en toestand van de locatie gerapporteerd evenals de (on)mogelijkheden om de bemonstering daadwerkelijk uitvoeren.

Belangrijke beperking voor meten is de wijze waarop de uitlaten naar het oppervlaktewater zijn geconstrueerd. Bij gescheiden stelsels betreft het in veel gevallen uitlaten die in permanente verbinding staan met het oppervlaktewater ('verdrongen stelsels'). Het plaatsen van een tijdelijke gedeeltelijke afsluiting en het leegpompen van het stelsel kan dan nodig zijn, zodat na een regenbui alleen regenwater het stelsel vult en bemonsterd kan worden. Aandachtspunt is vanzelfsprekend een bypass/overstort om wateroverlast tijdens monsternamen te voorkomen.

Omdat gestreefd wordt naar een zo nauwkeurig mogelijke meting van regenwaterkwaliteit en zo mogelijk ook kwantiteit, is het in de praktijk slechts bij enkele uitlaten mogelijk deze als geschikte meetlocatie in te richten. Meestal ontbreekt het aan faciliteiten als elektriciteit, zodat standaard bemonsteringsapparatuur niet volstaat en creativiteit noodzakelijk is om op de diverse locaties de metingen praktisch uit te kunnen voeren. Een kansrijke meetlocatie is bijvoorbeeld in de nabijheid van gemalen, waarbij wel stroom voorhanden is [Tauw, 2004].

Opstellen meetplan

In het meetplan dienen diverse aspecten te worden vastgelegd zoals:

1. gebiedsomschrijving (zoals eerder genoemd: kenmerken, gebruik en beheer oppervlak, alsmede het materiaalgebruik en activiteiten) en rioelstelselkenmerken;
2. meetlocaties;
3. meetmethode;
4. te bepalen parameters (debieten, waterstanden, neerslag, kwaliteitsparameters);
5. meetopstelling;
6. beoogde meetduur;
7. logboek (verslaglegging van verrichte acties ten aanzien van het meetplan maar ook eventuele

calamiteiten en het beheer van het verharde oppervlak, zoals onkruid- en gladheidsbestrijding en data beheer van het stelsel).

Aandacht verdient ook de organisatie en verantwoordelijkheden (bijvoorbeeld ten aanzien van; beheer apparatuur, beschikbaarheid van personen, verificatiemogelijkheden van de metingen, het bijhouden van een logboek, veiligheid, verslaglegging en de financiën).

Aandacht vereist ook het gegevensbeheer. Het verdient aanbeveling de resultaten van een onderzoek tussentijds te evalueren, zodat fouten vroegtijdig worden opgemerkt en op basis van de eerste resultaten het meetplan kan worden geëvalueerd en eventueel aangepast.

De meetduur valt op voorhand niet vast te leggen, aangezien deze afhankelijk is van klimatologische omstandigheden. Vaak zijn meerdere buien nodig om het kwantitatief en kwalitatief functioneren van een rioelstelsel vast te leggen om uitspraken te doen over het functioneren van het stelsel onder verschillende (weers)omstandigheden. Daarbij is het gewenst om buien van een verschillende intensiteit te bemonsteren.

In de praktijk blijkt de vereiste meetduur veel langer dan de beoogde meetduur, doordat veel tijd gaat zitten in het inregelen van de apparatuur en de constatering dat het werkelijk functioneren van het rioelstelsel niet overeenkomt met het theoretisch functioneren (modeluitkomsten). In het algemeen wordt de meetduur ook langer vanwege onvoorziene factoren, zoals software-fouten, vandalisme en/of diefstal van apparatuur, of uiteenlopende omstandigheden van doorgeknaagde kabels door ratten tot blikseminslag.

Het aantal te bemonsteren buien hangt af van de meetdoelstelling maar helaas ook van het beschikbaar budget, als minimum kan drie buien worden aangehouden, waaruit de spreiding van de resultaten inzichtelijk wordt en waarop vervolgonderzoek kan worden overwogen. Voor de analyses kan er in eerste instantie voor gekozen worden om een groot aantal parameters te bepalen. Hierbij dienen de stoffen die naar verwachting bij specifieke activiteiten op het verharde oppervlak of bij productieprocessen vrij kunnen komen in de analyse te worden meegenomen.

Afhankelijk van de resultaten kan het aantal parameters bij vervolgmetingen worden beperkt. Zo komen veel analysesresultaten van bestrijdingsmiddelen en of gechlorideerde koolwaterstoffen meestal niet boven de detectiegrenzen uit. Deze relatieve analyses kunnen na verificatie bij vervolgmetername achterwege gelaten worden, tenzij op basis van verwachting deze stoffen kunnen worden gedetecteerd.

Bemonstering

Voor het bepalen van de kwaliteit van regenwaterstromen zijn diverse monsternamemethodieken beschikbaar. Veel gebruikte methoden om de vuilemissie uit rioelstelsels te bepalen zijn:

1. steekmonsters
2. (semi-) volume proportionele bemonstering
3. tijdsproportionele bemonstering
4. 'continue' bemonstering op basis van enkele parameters

De gekozen meetmethode is van groot belang, aangezien de meetfrequentie onder meer afhankelijk is van het type meting, de weertoestand, de toestand in het rioel en de gewenste nauwkeurigheid. Wanneer bijvoorbeeld uit een niveaumeting een overstortingsdebiet moet worden bepaald, stelt dit hogere eisen aan de nauwkeurigheid en frequentie van de niveaumeting, alsmede de kenmerken van de overstortconstructie (waterpas overstortmes, bepaling Q,h-kromme).

De keuze voor de bemonsteringsmethode is in de praktijk meestal een afweging op basis van vereiste (financiële) inspanningen. Een steekmonster is bijvoorbeeld eenvoudig en tegen lage kosten uitvoerbaar, waarbij geen randvoorwaarden voor de apparatuur hoeft te worden opgesteld. Men dient wel op het goede moment ter plaatse te zijn om de monsternamen te verrichten, dit vereist grote of onmogelijke inspanningen.

Proportionele monsternamen geeft een gedetailleerder beeld van de vuilemissie in de tijd of het debiet. Hieruit kunnen aanvullende conclusies worden verbonden, zoals de al dan niet aanwezigheid van een first- of last flush effect. Aangezien, zoals eerder opgemerkt, uit diverse onderzoeken naar voren komt dat per onderzoekslocatie of gemeten bui de minimale en maximale concentraties sterk

uiteenlopen [DWR 2003/wRw 2002/Stowa 2004/RIVM 1992-2003], is de waarde van momentopnames met steekmonsters meestal beperkt.

Continue bemonstering met een hoge meetfrequentie geeft veel informatie van de waterkwaliteit, maar kan slechts op basis van enkele parameters worden gegenereerd (bv. troebelheid, droge stof, geleidbaarheid, zuurstof). Met bijvoorbeeld het meten van troebelheid, waarmee een relatie wordt gelegd met het zwevend stofgehalte en CZV, worden in gemengde rioelstelsels momenteel redelijk betrouwbare resultaten geboekt, waarmee een gedetailleerd inzicht tegen relatief lage (financiële) inspanningen van de vuilemissies wordt verkregen. Hierbij dienen overigens nog wel steekmonsters van het afvalwater te worden genomen om een relatie te bepalen. De relatie kan namelijk stelsel- en of zelfs overstortlocatie afhankelijk zijn.

De inzichten die met een hoge meetfrequentie worden gegenereerd zijn verhelderend. Zo wordt het effect van overstortingen op oppervlaktewater meestal beoordeeld op het zuurstofgehalte. Nu wordt bij deze beschouwing (in computermodellen) geen rekening gehouden met de dag-nachtvariatie van het zuurstofgehalte in oppervlaktewater (vaak in de orde van enkele milligrammen per liter).

Met steekmonsters, die in het algemeen alleen overdag tijdens kantooruren worden genomen, wordt hierdoor een vertekend beeld gegeven van de zuurstofhuishouding in het oppervlaktewater [Tauw 2005]. Ook het inzicht in de hiervoor besproken variaties van zwevend stof en de daaraan gebonden verontreinigingen kan worden verkregen door continue monitoring. Zie voorbeeld figuur 5.

Evaluatie en interpretatie van de resultaten

Zoals eerder opgemerkt blijkt uit de interpretatie van diverse onderzoeken dat essentiële gegevens betreffende de metingen veelal ontbreken [Stowa 2004, wRw 2002]. Bij metingen is het van belang om de omstandigheden te rapporteren die van invloed zijn op de kwaliteit van de waterstromen zoals:

- klimatologische omstandigheden (neerslag (-intensiteit), droogweerdeperiode);
- kenmerken en toestand afvoersysteem;

- kenmerken van het afstromend verhard oppervlak (grootte, toegepaste materialen);
- het beheer en onderhoud (onkruid- en gladheidsbestrijding);
- omgevingsfactoren (nabijgelegen industrieën, snelwegen);
- bemonsteringswijze;
- specifieke calamiteiten en of activiteiten.

Conclusies en aanbevelingen

In het algemeen valt voor regenwaterstelsels uit literatuur af te leiden dat de concentraties per meetlocatie sterk verschillen en dat de gemeten concentraties op eenzelfde locatie of zelfs binnen een neerslaggebeurtenis sterk uiteen kunnen lopen.

Microverontreinigingen, zoals zware metalen en PAK in het regenwater, overschrijden in een aantal gevallen de gehanteerde streefbeeld voor oppervlaktewater en grondwater. Bij afstroming over verharde oppervlakken als daken en wegen worden stoffen aan het regenwater toegevoegd. Uit de toetsing van de gemeten concentraties aan Nederlandse normen blijken de concentraties van stoffen (bijvoorbeeld PAK en zware metalen) uit

gescheiden stelsels veelvuldig de MTR-waarde voor oppervlaktewater evenals de interventiewaarde voor grondwater overschrijden. Aangezien er geen normen bestaan voor afstromend regenwater, is de toetsing aan normen voor oppervlaktewater en grondwater slechts indicatief. Het toetsen aan lokale stedelijke achtergronddepositie ('stand still principe') is reëler en zal beter inzicht verschaffen om praktisch uitvoerbare en gewenste (bron-)maatregelen te definiëren. Aangezien de achtergronddepositie per gebied (bijvoorbeeld gemeente) sterk kan verschillen door de vele in dit artikel genoemde beïnvloedingsfactoren, is het aan te bevelen om de streefbeeld en ambitieniveaus locatie specifiek te interpreteren.

Omdat blijkt dat bij de interpretatie van de vuilemissie van bijvoorbeeld een enkele dakgoot al een grote variëteit aan concentraties wordt gemeten, mag in de praktijk op basis van enkele steekmonsters geen eenduidige conclusie over de vuilvrucht van een regenwaterstelsel worden getrokken.

In sommige gevallen kan de herkomst van hoge concentraties herleidt worden naar activiteiten of calamiteiten die op het verhard oppervlak hebben

plaatsgevonden. Dit geldt in sterke mate voor bedrijventerreinen, waar naar specifieke stoffen is gekeken die vrijkomen bij de op- en overslag van stoffen, uitlopende materialen of reinigingsactiviteiten [Stowa 2004, Tauw 2005].

Vaak kunnen voor deze aandachtstoffen concrete (bron-)maatregelen worden geformuleerd, bijvoorbeeld: herinrichting van het productieproces of bedrijfsterrin, overkapping van opslagplaatsen, milieuvriendelijke onkruid- en of gladheidsbestrijding en of het vervangen van uitlopende materialen.

In tegenstelling tot enkele jaren geleden wordt afkoppelen nu vaak geïnterpreteerd als 'zondermeer milieuvriendelijker dan de conventionele methode van het afvoeren van regenwater naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie'. Nederland kent ongeveer evenveel beslisbomen voor de omgang met regenwater als waterschappen en in veel van deze beslisbomen is dit gegeven verwerkt. De bijdrage van afkoppelen aan 'het milieu' en het watersysteem is echter vaak niet onderzocht, terwijl het effect op het milieu mede afhankelijk is van de lokale omstandigheden en de invulling ervan (bv. techniek).

Voor het maken van een verantwoorde keuze is inzicht in de overwegingen om verantwoord af te kunnen koppelen van belang, zodat dat in een beslissingsondersteunend systeem kan worden vormgegeven, zoals in IBOS (Interactief Beslissings Ondersteunend Systeem, RIONED 2005).

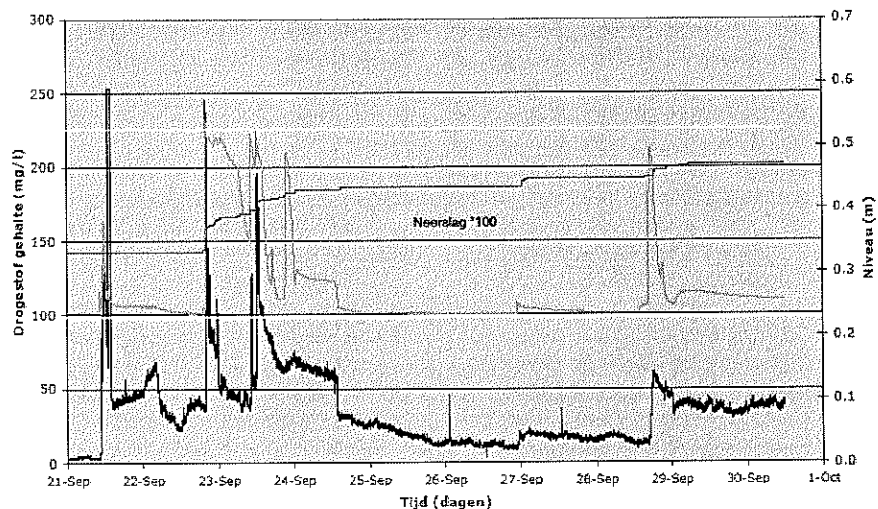
In enkele beslisbomen wordt de verkeersintensiteit opgenomen als beslissingscriteria. Dit is ooit gehanteerd om een 'drukke weg' van een 'rustige weg' te onderscheiden. Uit onderzoek blijkt echter geen relatie tussen verkeersintensiteit van wegen en verontreinigingsgraad van afstromend regenwater [CIW 2002, wRw 2002]. Waardoor het opnemen van de verkeersintensiteit als strict criteria in beslisbomen voor de omgang met regenwater weinig waarde heeft.

Bij de onderzoeken naar de kwaliteit van regenwater worden met name microverontreinigingen, zoals zware metalen en PAK gemeten. Weinig aandacht wordt besteed aan bijvoorbeeld nutriënten en bestrijdingsmiddelen, terwijl deze door veel waterkwaliteitsbeheerders als probleemstoffen

worden gezien. In de toekomst zal het meten van andere stofgroepen belangrijker worden in verband met de monitoring conform de kaderrichtlijn water (KRW). Zo is van vele nog vast te stellen zogenaamde 'prioritaire stoffen' niet bekend of deze, en zo ja in welke mate, voorkomen in het afstromend regenwater.

Voor de mate waarin enkele stoffen worden aangetroffen in water uit rioolstelsels geldt dat bronmaatregelen op particuliere en openbare gebieden gewenst zijn. Aangezien bronmaatregelen op particuliere terreinen meestal grote (financiële) inspanningen vragen en de mogelijkheden tot handhaving beperkt zijn, kan een waterkwaliteitswaarborg door zuiveringsvoorzieningen gewenst zijn. In de praktijk blijken verontreinigingen door filtratie en of bezinking (bijvoorbeeld bodemfiltratie, bezinkvoorzieningen en of helofytenfilters) goed te worden afgevangen, aangezien PAK en zware metalen in afstromend regenwater zich in hoge mate binden aan zwevend stof [wRw, 2002]. Ook de binding kan, net als de concentraties, grote bandbreedtes vertonen en is in enige mate afhankelijk van het soort en de inrichting van het afstromend verhard oppervlak [DWR,2005]. Dit houdt in dat de effectiviteit van zuiveringsvoorzieningen tevens afhankelijk is van de categorie aangesloten verhard oppervlak, alsmede het gebruik en beheer ervan. Nationaal onderzoek in de mate waarin verontreinigingen zich binden aan de verschillende fracties van zwevend stof is aan te bevelen.

Mede vanwege de vele factoren die van invloed zijn op de vuilemissie van regenwaterriolen, de diversiteit van de onderzoekslocaties uit de literatuur, de uiteenlopende onderzoeksmethodieken en de beperkte verslaglegging, is het inschatten van de vuilemissie van regenwaterriolen op basis van literatuur niet voldoende nauwkeurig. Metingen op locatie zijn aan te bevelen, het stappenplan van de bemonsteringssystematiek zoals in dit artikel beschreven kan hierbij een hulpmiddel zijn om een eenduidige aanpak en resultaten te genereren. Het opstellen van een meetplan en het documenteren van de omstandigheden waaronder de onderzoeksresultaten tot stand zijn gekomen, zijn belangrijke aandachtspunten. Het verzamelen van de onderzoeken, alsmede het onderbrengen van



Figuur 5: Voorbeeld van continue meting van droge stof gehalte in regenwater [DWR, 2005]

de onderzoeksdata in een database, waarin een relatie kan worden gelegd tussen de vuillast en de omstandigheden, kan het inzicht in relaties vergroten. Met dit inzicht kan de betrouwbaarheid van het op voorhand inschatten van vuilemissies op basis van een groter aantal soortgelijk onderzoek, al dan niet ondersteund met eigen metingen, in de toekomst worden vergroot. ■

Literatuur

CIW, april 2002 Afstromend wegwater

DWR 2003, Zinkemissie uit zinken dakgoten, een praktijkonderzoek in Amsterdam Noord, DWR juni 2003.

DWR 2005-1, conceptrapportage Effectiviteit Smartdrain regenwater, Baars E.J., Boogaard F.C., Schaart N. 2005.

DWR 2005, Conceptrapport 'effectiviteit en ontwerp bezinkbakken voor regenwater'.

H2O 2003, Boogaard F.C., Meijden van de H., Speelman J.P. beslisboom afkoppelen 2003,

H2O, 2005 'Duurzaam waterbeheer in IJburg', Kos A, Handgraaf S, Boogaard F.C. nr 4 2005

IBU 1997, Nieuwe stad, schoon water 'kwaliteit afstromend hemelwater en de mogelijkheid tot afkoppelen in de vinexlocatie Leidsche Rijn, Burger M.B.M.M.P., juni 1997

NWRW 1989 (Nationale Werkgroep Riolerings) Eindrapportage en evaluatie van het onderzoek 1982-1989

RIONED 2003, wadi's doorgelicht mei 2003

RIONED 2005, Interactief Beslissing Ondersteunend Systeem (IBOS).

Riolerings september 2004, Boogaard F.C., Schipper P., Speelman J.P. 'wadis laten nauwelijks metalen door', Riolerings september 2004

Stichting Reinwater 2001, Praktijkonderzoek directe lozingen, beïnvloeding regenwaterkwaliteit

door toepassing bouwmaterialen op daken, (SRw), maart 2001.

Stowa 2004, Omgang met hemelwater bij bedrijfs- en bedrijventerreinen, Utrecht, augustus 2004

Tauw 2004, Effect van doorspoelen op het oppervlaktewatersysteem in Heeg, conceptrapportage.

Tauw 2004, Onderzoek naar de vuilemissie van 5 bedrijventerreinen, waterschap Reest en Wieden, 2005.

VNG "bedrijventerreinen en milieuzonering"

wRw 2002, Overzicht samenstelling afstromend regenwater, wRw, november 2002.

RIVM, overzicht regenwaterkwaliteit, Stolk A., 1992-2004

wRw 2003, Beslisboom aan en afkoppelen 2003