



Jan Zuidervliet, ARCADIS
 Jelle de Jong, ARCADIS
 Bert Palsma, STOWA

Resultaten onderzoek naar invloed keuze rioolstelsel op emissies

Door het afkoppelen van regenwater uit een gemengd rioolstelsel neemt de effluentvracht van de rioolwaterzuiveringsinstallatie af, maar nemen de emissies in het stedelijk gebied juist toe. Lozingsvolumen zijn daarbij belangrijker voor de omvang van de emissies dan de daarin aanwezige vuilgehalten. Regenwaterlozingen in het stedelijk gebied zijn weliswaar schoner, maar niet in dezelfde verhouding als waarmee het lozingsvolume toeneemt. Dit zijn enkele algemene conclusies die ARCADIS, ondersteund door Royal Haskoning trekken uit hun onderzoek naar de invloed van de keuze van het rioolstelsel op de emissies van de afvalwaterkeuze¹⁾. Over dit EMOS-onderzoek met STOWA als opdrachtgever, werd in H₂O nr. 2 van 23 januari jl. al uitgebreid geschreven²⁾.

Het onderzoek telde acht vragen, opgesplitst in drie categorieën. Bij de eerste drie vragen zijn aan literatuur ontleende vuilgehalten gekoppeld aan de lozingsvolumen die met EMOS zijn berekend. In de berekende emissies is dus impliciet de invloed van rioolprocessen meegenomen. Bij de onderzoeksvragen 5, 6 en 7 zijn de vuilgehalten gekoppeld aan de bronstromen. EMOS volgt deze stromen tot aan de lozingspunten, zodat op basis van de bekende volumeverdeling de gemiddelde vuilgehalten en emissies worden berekend. De vragen 4 en 8 zijn beredenerend beantwoord op grond van de overige rekenresultaten.

EMOS is een rioleringsmodel op basis van een bakbenadering, waarbij de afvalwater- en regenwaterstromen vanaf de invoerpunten tot aan de lozingspunten afzonderlijk door het afvalwatersysteem worden gevolgd. Het model omvat het gehele afvalwatersysteem, zodat ook de effecten van afkoppelen op het effluent van de rwzi inzichtelijk kunnen worden gemaakt. De invoerstromen bestaan uit huishoudelijk afvalwater en regenwater. Door aan de inkomende of uitgaande volumestromen uit literatuur bekende vuilgehalten toe te voegen, berekent het model op twee verschillende wijzen de emissies bij de lozingspunten.

Rioleringsystemen

De acht rioleringsystemen die in beschouwing zijn genomen, zijn als volgt onderverdeeld:

- gemengde systemen:
 - gemengd stelsel (GM)
 - verbeterd gemengd stelsel (VGM)
- verbeterd gescheiden systemen:
 - verbeterd gescheiden stelsel (VGS)
 - verbeterd gescheiden stelsel met afscheider en aangepaste pomppovercapaciteit (VGS+)
- afgekoppelde systemen
 - gescheiden stelsel (GS)
 - gescheiden stelsel met afscheider (GS+)
 - gescheiden stelsel met bodempassage (afvoer naar oppervlaktewater) (GS-bodem)
 - gescheiden stelsel met bodeminfiltratie (GS-inf)

Onderzoeksvragen

Systeemkeuze

1. In hoeverre is de systeemkeuze afhankelijk van stoffeigenschappen?
2. In hoeverre is de systeemkeuze afhankelijk van de spreiding in vuilgehalten?
3. In hoeverre zijn de stelseigenschappen (B, POC, verhard oppervlak) van invloed op de systeemkeuze?
4. In hoeverre wordt de systeemkeuze beïnvloed door de effecten in het ontvangende milieucompartment?

Invloedsfactoren

5. Wat is de invloed van het foutaansluitingspercentage op de emissies van (verbeterd) gescheiden rioolstelsels?
6. Wat is de invloed van rioolvreemd water op de emissies van (gemengde) rioolstelsels?
7. Wat is de invloed van de spreiding in rendementen van de rwzi en randvoorzieningen op de emissies in het afvalwatersysteem?

Procesfactoren

8. Kunnen we de verschillen in uitkomsten tussen bron- en lozingsbenadering verklaren op basis van de eigenschappen van de geselecteerde stoffen?

Voor het onderzoek zijn een achttal representatieve stoffen geselecteerd en zijn in vakliteratuur de vuilgehalten in de bron- en lozingsstromen geïnventariseerd. Daarbij is onderscheid gemaakt in rekenwaarden en onder- en bovengrenswaarden. De omvang van de aangetroffen informatie was veelal zo beperkt dat is besloten om hierop geen statistische bewerkingen los te laten. Voor de rwzi en de zuiveringsvoorzieningen bij de lozingspunten zijn statische rendementen aangehouden.

Volumestromen

De wijze waarop met regenwater wordt omgegaan, leidt tot grote verschillen in de verdeling van volumestromen over het afvalwatersysteem. De aanvoer naar de rwzi is bij afgekoppelde systemen een factor 1,6 kleiner dan bij gemengde systemen. De lozingen in het stedelijk gebied vanuit de afgekoppelde systemen is echter maar liefst een factor 14 tot 20 groter. Afbeelding 1 geeft voor de acht onderscheiden systemen de verdeling weer over drie ontvangende compartimenten als functie van het rioleringsysteem.

Stofafhankelijkheid

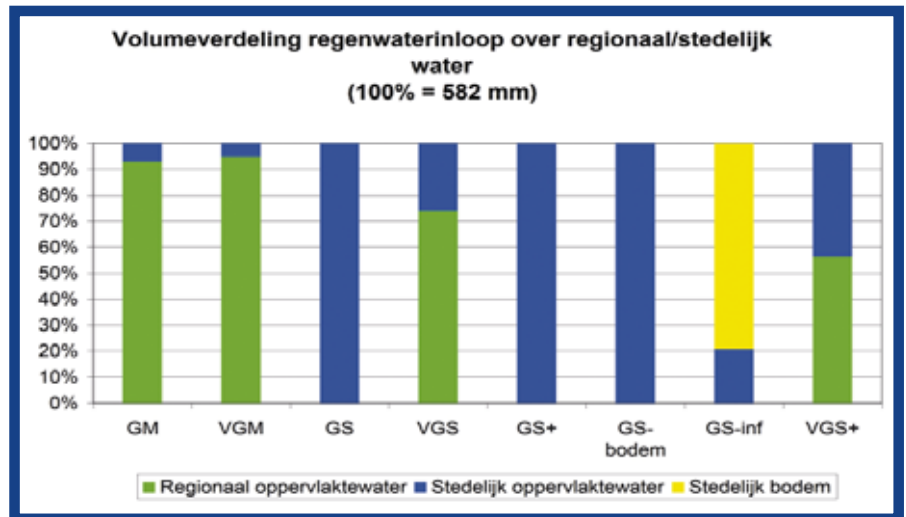
De verschillen in vuilgehalten voor de lozingsvolumen van afgekoppelde en gemengde systemen zijn voor alle geselecteerde stoffen kleiner dan de bovenvermelde verschillen in de volumestromen. Dat betekent dat afkoppelen weliswaar leidt tot verlaging van de rwzi-emissies (factor 1,6), maar tot een aanzienlijke verhoging van de emissies in het stedelijk gebied. Afbeelding 2 laat zien dat dit verschijnsel meer geldt voor zink (koper is vergelijkbaar) dan voor P_{totaal} (CZV levert vergelijkbaar beeld). Uit de figuren blijkt eveneens dat de verdeling van emissies over de rwzi en de riolerings-systemen sterk stofafhankelijk is. Bij spreiding van de gehanteerde vuilgehalten nemen de verschillen toe dan wel af, maar de trends blijven gelijk.

Invloed van stelselkenmerken

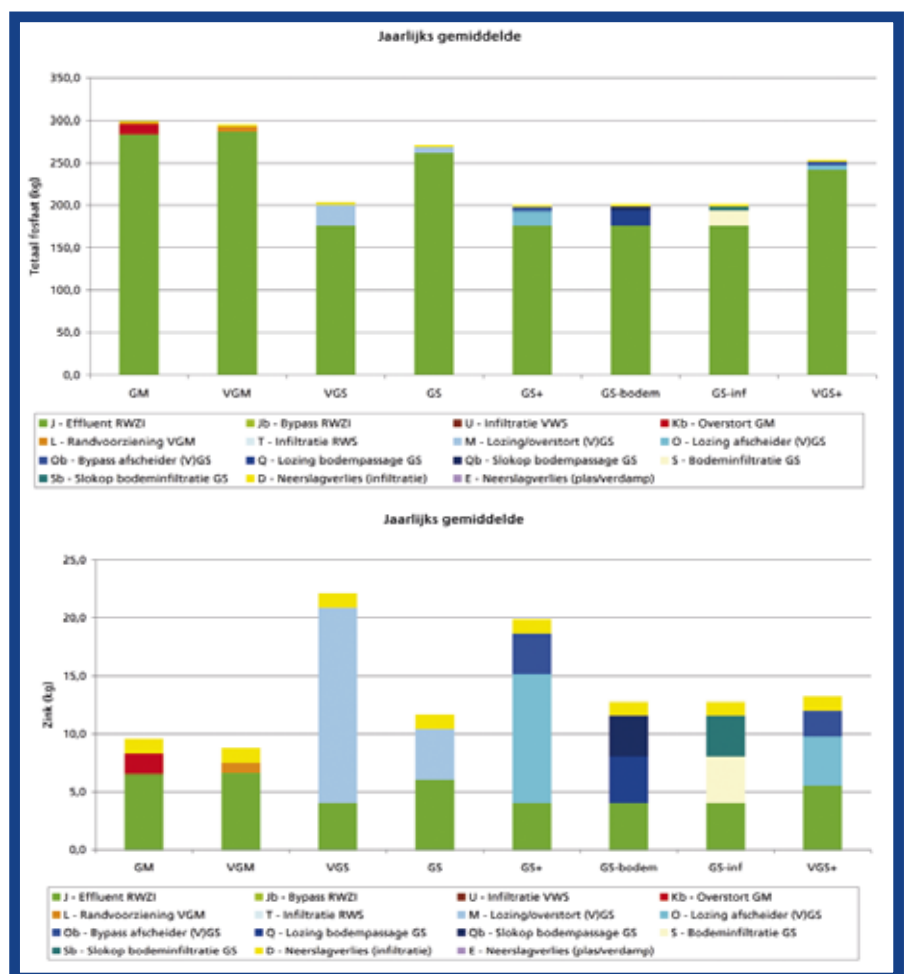
Bij de derde onderzoeksvraag is gekeken naar de invloed van kenmerken als berging, pompovercapaciteit en de aard van het verhard oppervlak op de emissies. Vanzelfsprekend oefent bij de afgekoppelde systemen alleen het laatstgenoemde kenmerk invloed uit. De invloed op de riolemissies is veel groter dan die op de rwzi-emissies. Dat wordt verklaard uit het feit dat ook een stelsel met minder berging veel neerslag opvangt dat na de neerslagperiode naar de rwzi wordt afgevoerd.

Effecten van emissies

Bij dit onderzoek is vooral gekeken naar de effecten van de omgang met regenwater op de emissies op de verschillende lozingspunten van het afvalwatersysteem. Dat zegt natuurlijk nog niets over de effecten daarvan op de waterkwaliteit in het ontvangende compartiment. Bij afgekoppelde systemen neemt weliswaar de emissies in het stedelijk gebied toe, maar ook het volume. Dit gaat gepaard met een zeker verdunningseffect, wat per saldo kan leiden tot een betere waterkwaliteit. Ondanks de grotere emissies. De effecten zijn sterk afhankelijk van de



Afb. 1: Verdeling van regenwaterinloop over regionaal water (rwzi) en stedelijk water en bodem (riolering)



Afb. 2: Emissies van P_{totaal} en zink per lozingspunt als functie van rioleringsysteem.

locale omstandigheden. Bovendien zijn de emissies vanuit het rioleringsstelsel lang niet altijd de enige vervuilsbron. Belangrijke andere bronnen zijn bladeren, uitwerpselen van vogels en honden, voeren van eendjes, enz. Stichting RIONED en STOWA hebben deze verdiepingsslag gemaakt in een nader onderzoek⁴⁾.

Invloed futaansluitingen

Bij deze vijfde onderzoeksvraag zijn de vuilgehalten aan de bronstromen gekoppeld, omdat de relatie tussen opgetreden vuilgehalten in de lozingsvolumen en de aanwezigheid van

futaansluitingen in de praktijk niet bekend is. EMOS gaat daarbij uit van volledige menging en negeert de processen in de riolering die op de spreiding van de vuilgehalten in de riolering van invloed kunnen zijn. De uitkomsten hebben daardoor een meer relatieve dan absolute waarde. Tabel 1 toont de relatieve effecten van futaansluitingen aan bij futaansluitingspercentages van respectievelijk twee, vijf en tien procent op de emissies van de afgekoppelde systemen. De effecten zijn voor CZV en P_{totaal} groot, voor $E. coli$ extreem, maar vallen mee voor de zware metalen. Eén en ander valt te verklaren

uit de aanwezigheid van deze stoffen in huishoudelijk afvalwater. Bij deze onderzoeksvraag bleek ook dat bij een gemengd stelsel minder dan één promille van het huishoudelijk afvalwater de overstortdrempel passeert. Het aandeel in het jaarlijks overstortvolume bedraagt slechts 1,7 procent.

Invloed van rioolvreemd water

Als uitgangspunt is het gemiddelde percentage van 62 procent rioolvreemd water, zoals dat bij een landelijk STOWA-onderzoek^{5,6)} is vastgesteld. De invloed op het jaarlijks afvoervolume vanuit gemengde rioleringsystemen naar de rwzi blijkt met 35 procent toe te nemen, maar de overstortvolumen met slechts vijf procent. Het effect op de effluentemissies is gering. Het rioolvreemd water leidt tot verdunning en niet tot een toename van de influentvracht. De emissies van de gemengde overstorten nemen alleen voor CZV en P_{totaal} significant toe.

Invloed van de rendementen

Bij deze onderzoeksvraag zijn door combinaties van de onder- en bovengrenzen voor de rendementen van zowel rwzi als randvoorzieningen de effecten op de emissies en de systeemkeuze nagegaan. De rendementen hebben weliswaar een vanzelfsprekende invloed op de emissies. De verschillen in rendementen hebben een veel groter effect op de effluentemissie van de rwzi dan op die uit de randvoorzieningen. Eén en ander leidt niet tot een andere systeemkeuze.

Lozings- versus bronbenadering

Bij de onderzoeksvragen 1, 2 en 3 is uitgegaan van vuilgehalten in de lozingsvolumen, bij de onderzoeksvragen 5, 6 en 7 van

vuilgehalten in de bronvolumen. In de eerste categorie is sprake van gemeten vuilgehalten op de lozingspunten waarin impliciet de invloed van rioolprocessen is meegenomen. Bij de tweede categorie zijn de vuilgehalten op de lozingspunten berekend op basis van volledige menging. Om die reden is het logisch te verwachten dat de rekenresultaten van beide methoden voor eenzelfde situatie van elkaar afwijken. Tabel 2 geeft inzicht in deze verschillen voor het influent, het effluent en de lozingen uit gemengde en afgekoppelde stelsels.

De gemeten waarden uit de tabel voor de rwzi zijn afkomstig van CBS en hebben betrekking op een gemengde aanvoer. De gemeten en berekende vuilgehalten voor de rwzi komen voor CZV en P_{totaal} aardig met elkaar overeen met uitzondering van dat voor CZV in het effluent. De hoge berekende waarde van 86 mg/l wordt veroorzaakt door een relatief lage, in rekening gebracht rendement. Voor de zware metalen is er minder overeenkomst tussen de gemeten en berekende vuilgehalten. Voor de lozingen uit het gemengde stelsel zijn de verschillen groter. Voor de regenwaterlozingen komen de berekende waarden redelijk overeen met uitzondering van die voor zink.

Conclusies

Uit het onderzoek zijn de volgende, algemene conclusies getrokken:

- Door het afkoppelen van regenwater uit gemengde riolering neemt de effluentvracht van de rwzi af, maar nemen de emissies in het stedelijk gebied juist toe. Deze tendens is stofonafhankelijk, maar de

- mate waarin dit verschijnsel optreedt, is wel afhankelijk van de beschouwde stof;
- Lozingsvolumen zijn belangrijker voor de omvang van de optredende emissies dan de daarin aanwezige vuilgehalten. Regenwaterlozingen in het stedelijk gebied zijn weliswaar schoner, maar niet in dezelfde verhouding als waarmee het lozingsvolume toeneemt;
- De systeemkeuze is sterk afhankelijk van het beschouwde compartiment, de stoffeigenschappen, de stelsel-eigenschappen en de aanwezigheid van foutaansluitingen. Deze gevoeligheden rechtvaardigen een locatiespecifieke benadering voor de systeemkeuze. Voor de systeemkeuze zijn niet alleen de emissies, maar ook de effecten op de milieukwaliteit van belang;
- Foutaansluitingen zijn van grote invloed op de emissies van de afgekoppelde systemen. Reeds bij een percentage foutaansluitingen van twee procent is het aandeel huishoudelijk afvalwater in de geloosde regenwatervolumen een factor 20 keer zo groot als het aandeel huishoudelijk afvalwater in overgestort afvalwater uit gemengde systemen (minder dan één promille);
- De aanwezigheid van betrouwbare gegevens over vuilgehalten in de verschillende deelstromen van het afvalwatersysteem laat veel te wensen over. De omvang van de jaarlijkse investeringen in het afvalwatersysteem rechtvaardigt een daarop afgestemd onderzoeksbudget om in deze kennisleemte te voorzien.

Dit onderzoek heeft zich beperkt tot emissies uit het afvalwatersystemen. Voor de systeemkeuze van riolering is dit één van de aspecten. Het effect van een emissie op de lokale waterkwaliteit is een belangrijk ander aspect. Hierbij kan er een groot verschil zijn tussen, bijvoorbeeld, een kilo fosfaat in één kubieke meter en een kilo fosfaat in 1000 kubieke meter water.

LITERATUUR

- 1) STOWA (2009). Invloed van systeemkeuze op de emissies van de afvalwaterkeuze. In voorbereiding.
- 2) Palsma B., M. Glasbergen en J. Zuidervliet (2009). EMOS: emissiemodel voor keuze rioolstelsel. H₂O nr. 2, pag. 38-41.
- 3) STOWA (2008). EMOS, EmissieMOdel voor Systeemkeuze. In voorbereiding.
- 4) Stichting RIONED (2009). Oppervlaktewaterkwaliteit: wat zijn relevante emissies? RIONED-reeks 13.
- 5) STOWA (2003). Rioolvreemd water, onderzoek naar hoeveelheden en oorsprong afvalwater. Rapport 2003-8.
- 6) STOWA (2005). DWAAS, vervolgonderzoek rioolvreemd water. Rapport 2005-20.

Tabel 1. Effect van foutaansluitingen op de emissies van afgekoppelde systemen.

% fout	emissiefactoren per stof voor stedelijk water				
	CZV	P_{totaal}	koper	zink	<i>E. coli</i>
2	1,7	3,3	1,1	1,04	24
5	2,7	6,8	1,2	1,11	59
10	4,5	12,7	1,4	1,20	115

Tabel 2. Gemeten (vakliteratuur) en berekende (EMOS-bronbenadering) vuilgehalten in vier deelstromen van gemengde en afgekoppelde systemen.

stof	eenheid	influent rwzi			effluent rwzi		
		gemeten	berekend GM-stelsel	berekend GS-stelsel	gemeten	berekend GM-stelsel	berekend GS-stelsel
CZV	mg/l	550	571	900	43	86	135
P_{totaal}	mg/l	8,0	12,5	20	2,0	2,5	4,0
Cu	µg/l	79	48	65	10	4,8	6,5
Zn	µg/l	228	135	150	46	27	30
gemengde overstort							
CZV	mg/l	259	53,8		48	39	
P_{totaal}	mg/l	3,1	0,6		0,4	0,3	
Cu	µg/l	92	21		25	20	
Zn	µg/l	431	111		289	110	
regenwaterlozing							
CZV	mg/l				48	39	
P_{totaal}	mg/l				0,4	0,3	
Cu	µg/l				25	20	
Zn	µg/l				289	110	