



Vuilemissie vanuit rioolstelsel en zuivering onder één noemer

JEROEN KLUCK, TAUW

TONY FLAMELING, TAUW

HARRY VAN LUIJELAAR, TAUW

Het functioneren van rioolstelsels en zuiveringen is gebonden aan steeds strengere eisen ten aanzien van de emissies naar het oppervlaktewater. Voor het terugdringen van emissies vanuit de afvalwaterketen tegen de laagste maatschappelijke lasten is een integrale afweging van maatregelen noodzakelijk. De reden hiervoor is dat maatregelen in het ene onderdeel van de keten het functioneren van andere onderdelen kunnen beïnvloeden. Maatregelen in een rioolstelsel, zoals de aanleg van randvoorzieningen achter overstorten van een rioolstelsel en het afkoppelen van afvoerend oppervlak, beïnvloeden de benodigde capaciteit van het transportsysteem en de werking van de zuivering. Om de kosten-effectiviteit van deze maatregelen integraal te kunnen afwegen is het noodzakelijk de maatregelen te kunnen beoordelen op basis van het effect op het functioneren van de totale afvalwaterketen. De emissies vanuit verschillende onderdelen van de keten moeten daarbij onderling kunnen worden vergeleken.

De keten voor het inzamelen, transporteren en zuiveren van afvalwater heeft in principe twee emissiepunten naar het oppervlaktewater: het inzamelsysteem (rioolstelsel) en de zuivering. Tijdens droogweer-omstandigheden wordt een gemengd rioolstelsel belast met afvalwater. In het rioolstelsel kan bezinking van vuil optreden. De belasting van de zuivering is laag en de verblijftijden in het transportsysteem (persleiding) zijn naar verhouding lang. In de persleiding treden vooral propstroming en mogelijk ook enige omzettingprocessen op. Tijdens regen wordt het afvalwater verdund en neemt de vuilconcentratie van het rioolwater af. Bij vulling van het rioolstelsel treedt de regenpompcapaciteit in werking en neemt de verblijftijd van het water in het persleiding af. De hydraulische belasting van de zuivering neemt toe terwijl de vuilconcentratie in eerste instantie wordt bepaald door de aanvoer van water uit het transportsysteem en later door de aanvoer vanuit het rioolstelsel. Na een regenbui wordt het rioolstelsel in maximaal 12 tot 24 uur leeggepompt. De hydraulische belasting van de zuivering neemt af als het stelsel weer leeg is en het rioolgemaal wordt teruggeschakeld naar de droogweer-capaciteit. Het transportsysteem en de zuivering zijn na een langdurige regenbelasting gevuld met verdund afvalwater. In een droogweerperiode zal de

inluentconcentratie geleidelijk gaan toenemen. De dynamiek van het functioneren van de afvalwaterketen is van invloed op het functioneren van het rioolstelsel en de zuivering.

Traditioneel wordt de berekening van de emissie vanuit het rioolstelsel en de zuivering vanuit verschillende invalshoeken benaderd. Het functioneren van een rioolstelsel wordt sinds een aantal jaren geanalyseerd op basis van simulaties met meerjarige neerslagreeksen. De zuivering wordt traditioneel ontworpen op een maatgevende dwa-vuilvracht en daarnaast op een maximale hydraulische belasting (bij verdunning van afvalwater met regenwater). Dit verschil in benadering maakt het lastig om deze emissies te vergelijken (appels en peren) en daarmee om maatregelen tegen elkaar af te wegen. Tauw heeft daarom het model T-STREAM ontwikkeld om de emissies vanuit rioolstelsel en zuivering onder een noemer te brengen. Dit artikel presenteert de opbouw en de werking van het model en geeft een aantal voorbeelden van de effecten van maatregelen zoals het realiseren van een randvoorziening, het afkoppelen van afvoerend oppervlak en de keuze van de pompcapaciteit.

Model T-STREAM

Het model T-STREAM simuleert het functioneren van de volledige afvalwaterketen

onder invloed van een meerjarige neerslagreeks. Door in het model alleen de meest relevante onderdelen en processen op te nemen, zijn de rekentijden hanteerbaar en kunnen varianten van maatregelen relatief snel worden doorgerekend. In tegenstelling tot meer traditionele benaderingen wordt de dynamiek van het functioneren van de verschillende onderdelen van de keten op een meer realistische wijze gesimuleerd. Dit is van belang omdat de influentconcentratie en hydraulische belasting van een zuivering continu zullen variëren door verdunning van rioolwater met regenwater, door schakeling van aanvoergemalen tussen de dwa-capaciteit en de rwa-capaciteit, door bezinking en opwoeling van vuil in het rioolstelsel en door wisselende verblijftijden in het transportsysteem.

De afvalwaterketen wordt in het model opgedeeld in verschillende reservoirs. De reservoirs hebben kenmerken als inhoud, afvoerend oppervlak, infiltratiecapaciteit en zuiveringsrendement en zijn onderling verbonden met onder meer pompen en overstorten. De persleiding wordt geschematiseerd als een aantal in serie geschakelde reservoirs om het gedrag van propstroming te kunnen simuleren. De belasting bestaat uit afvalwater en neerslag. De 15 minuten neerslagreeks van het KNMI uit de periode 1955 - 1979 wordt gebruikt voor de meerjarige simulaties. Het is ook mogelijk om met specifieke gebeurtenissen te rekenen. Het model berekent per tijdstap voor elk reservoir veranderingen in de volumebalans door invoer (neerslag, afvalwater, overstortingen en pompen) en uitvoer (pompen, infiltratie, overstortingen). Indien voor een reservoir het volume groter is dan de beschikbare berging stort het overtollige water over. Het vuil in het rioolstelsel is afkomstig van afvalwateraanvoer (dwa) en inloop van regenwater vanaf het afvoerend oppervlak. Hiervoor is gebruik gemaakt van gegevens uit het NWRW-onderzoek. Het model simuleert onder andere de volgende processen: ophoping van vuil in het stelsel, bezinking en uitspoeling in (berg)bezinkvoorzieningen en omzetting van afbreekbare bestanddelen in de zuivering. Voor het zuiveringsproces bestaat de mogelijkheid te kiezen voor een aanpak gebaseerd op bezinking, verdeling van fracties en de belangrijkste afbraaktermen uit het IAWQ-model, of voor een koppeling met het volledige SIMBA-model.

Het resultaat van simulaties zijn de volume- en vuilstromen tussen de verschillende onderdelen van de afvalwaterketen. De resultaten zijn zowel jaargemiddelden als piekemissies voor herhalingstijden van één tot tien jaar, zodat zowel langetermijneffecten als acute problemen kunnen worden beoordeeld.

Rekenvoorbeeld functioneren afvalwaterketen

Het functioneren van het model wordt aan de hand van een rekenvoorbeeld toegelicht. De keten bestaat uit een gemengd stelsel, een persleiding en een zuivering zoals aangegeven in afbeelding 1.

De verhouding tussen rwa en dwa-piek (dagproductie verdeeld over tien uur) is 4,5. Om de resultaten nauwkeurig te kunnen beoordelen is uitgegaan van een blokregen met constante neerslagintensiteit van 10 l/s/ha gedurende één dag en een droogweperperiode voor en na de regenbui, zoals aangegeven in afbeelding 2.

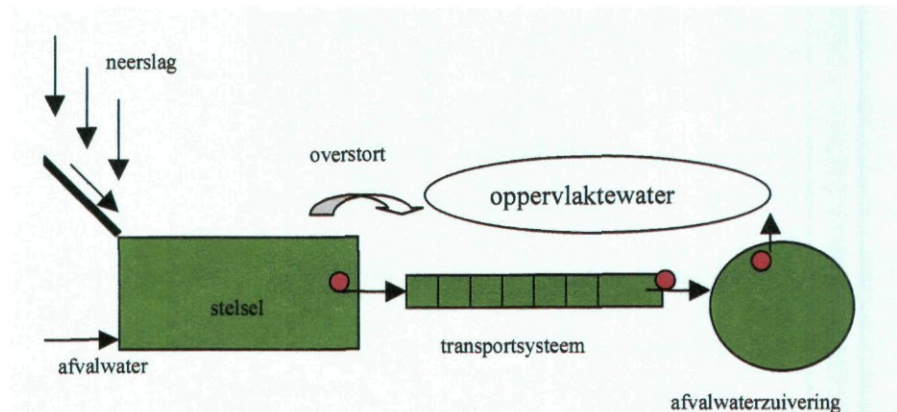
Voor de productie van afvalwater is uitgegaan van een dagelijkse variatie in het debiet. De vuilconcentratie van de droogweerafvoer is constant verondersteld en voor de inloop van regenwater is uitgegaan van een stofconcentratie in afstromend regenwater die afhankelijk is van het type oppervlak. De berekende vulling van het rioolstelsel en de CZV-concentraties voor de in afbeelding 1 aangegeven systeem punten zijn aangegeven in afbeelding 3.

De **blauwe lijn** geeft de **vulling van het gemengde stelsel**. De schommeling wordt veroorzaakt door variaties in de afvalwaterproductie over 24 uur, bij een constante afvoer. De bui is zo groot dat water overstort naar het oppervlaktewater. De vulling van het stelsel blijft gedurende de overstorting constant (in dit geval zeven millimeter). Na de bui wordt het stelsel leeggepompt. Voor de bui is de pompcapaciteit (= afvoer vanuit het stelsel = hydraulische belasting zuivering) gelijk aan de gemiddelde afvalwaterproductie (er wordt dan immers alleen dwa aangevoerd). Tijdens de bui en het leegpompen van het stelsel is de pompcapaciteit gelijk aan de pompovertcapaciteit plus de maximale dwa-capaciteit. Daarna is de pompcapaciteit weer gelijk aan de gemiddelde afvalwaterproductie.

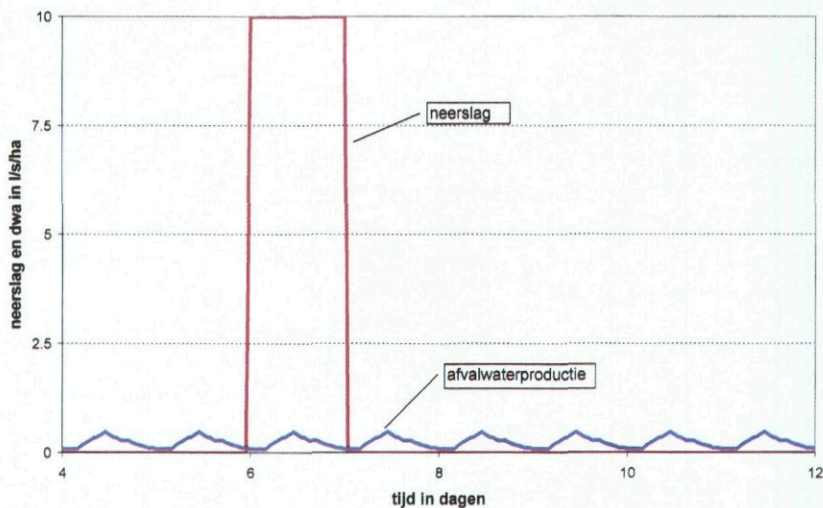
De **rode lijn** geeft de **CZV-concentratie in het gemengde stelsel**. De concentratie is eerst 715 mg/l (dwa-concentratie) en neemt bij regen af door inloop van minder vervuild regenwater tot circa 40 mg/l. Na de bui neemt de concentratie in het stelsel weer toe.

De **groene lijn** geeft de **CZV-concentratie aan het einde van de persleiding**. Dit is tevens het influent van de zuivering. Door de vertraging in de persleiding is de concentratie tijdelijk hoger dan die van het gemengde stelsel. De vertraging is afhankelijk van het debiet in de leiding en de lengte en diameter van de leiding.

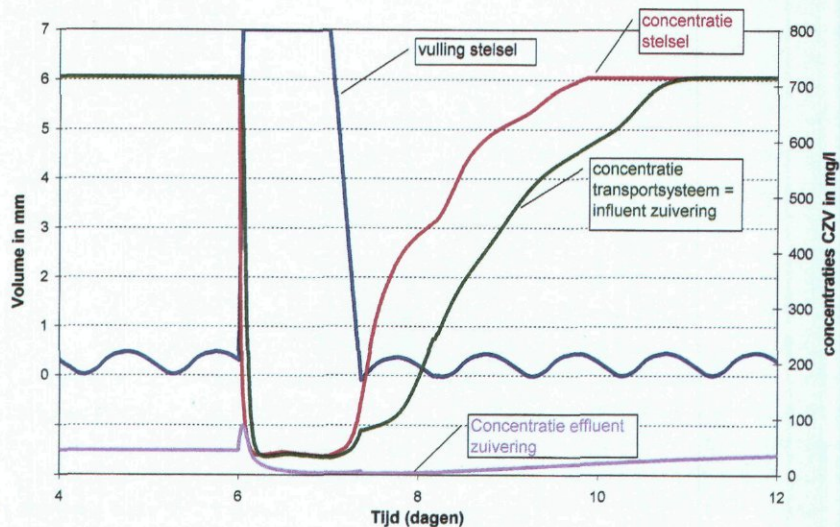
De **paarse lijn** geeft de **CZV-effluentconcentratie van de zuivering**. Bij het begin ontstaat een piek in de effluentconcentratie.



Afb. 1: Schematisering afvalwaterketen.



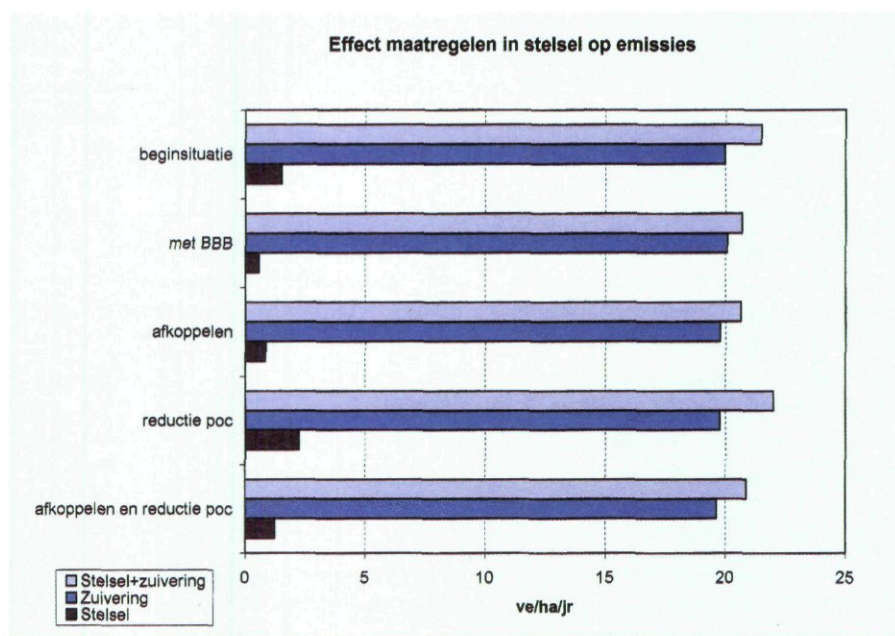
Afb. 2: Belasting afvalwaterketen: blokregen en afvalwaterproductie.



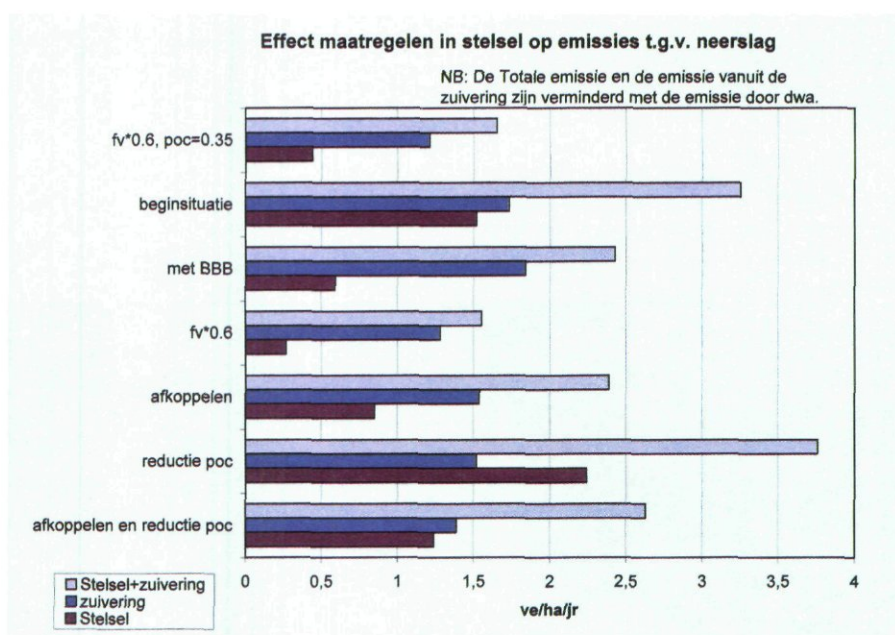
Afb. 3: Berekende vulling van het stelsel en CZV-concentraties in onderdelen van de afvalwaterketen.

Deze is het gevolg van het feit dat de zuivering op dat moment gevuld is met dwa en de influentconcentratie nog hoog is. Bovendien is de belasting hoog zodat het zuiveringsrendement daalt. De effluentconcentratie neemt vervolgens af doordat de influentcon-

centratie afneemt. Als de pompcapaciteit weer tot dwa-capaciteit is afgenomen, dan leidt een lage influentconcentratie en een hoog zuiveringsrendement tot een zeer lage effluentconcentratie. Na de bui neemt de effluentconcentratie weer toe doordat de zuivering geleidelijk



Afb. 4: Effect maatregelen in stelsel op emissies.



Afb. 5: Effect maatregelen in stelsel op emissies door neerslag.

met minder verdund afvalwater wordt belast. Dit leidt tot de ongunstige situatie dat de zuivering eerst onverdund afvalwater met een lager rendement zuivert en loost, terwijl na de regenwaterafvoer (als de belasting en de inhoud van de zuivering voornamelijk uit verdund afvalwater bestaat) de zuivering verdund afvalwater optimaal zuivert en loost.

Doordat het model de belasting van de zuivering dynamisch doorrekent, is het model geschikt deze processen inzichtelijk te maken.

Rekenvoorbeeld effecten maatregelen

Het model is met name geschikt om de effecten van maatregelen tegen elkaar af te wegen. Als voorbeeld is het effect van enige

maatregelen op de gemiddelde jaarlijkse emissie tegen elkaar uitgezet:

- beginsituatie;
- toevoegen bergbezinkbassin (BBB);
- afkoppelen van verhard oppervlak in het gemengde stelsel;
- reductie pompovercapaciteit (poc);
- reductie pompovercapaciteit gecombineerd met afkoppelen.

Voor bovengenoemde situaties zijn voor een periode van 25 jaar de gemiddelde jaarlijkse CZV-emissies vanuit het rioolstelsel en de zuivering bepaald. De jaaremssies voor de verschillende varianten zijn aangegeven in afbeelding 4 en 5.

De maatregelen in het stelsel hebben een behoorlijk effect op de emissie vanuit het stel-

sel (afbeelding 5), maar hebben amper effect op de totale emissie en de emissie vanuit de zuivering (afbeelding 4). De emissie vanuit de zuivering wordt voornamelijk door dwa bepaald. Voor het doorgereken voorbeeld is de jaarlijkse emissie vanuit de zuivering circa 15 keer zo groot als die vanuit het stelsel (namelijk ca. 20 kg/ha/jr). Dit verschil volgt ook uit de volgende schatting. Uitgaande van een afvoerend oppervlak van 50 vierkante meter per inwoner en 600 mm regenwater in het riool per jaar, is de belasting van het rioolstelsel met regenwater drie kubieke meter per inwoner per jaar. Dat is circa zeven procent van de afvalwaterproductie (circa 44 m³/inwoner/jaar). Om het effect van maatregelen duidelijker te presenteren is de dwa-emissie vanuit de zuivering afgetrokken van de totale emissie, zodat afbeelding 5 de emissie ten gevolge van neerslag weergeeft.

Bij de presentatie van de resultaten zijn de specificaties van de maatregelen met opzet achterwege gelaten om de effecten vooral kwalitatief weer te geven. De mate van afkoppelen, de mate van het aanpassen van de pompovercapaciteit en de grootte van de randvoorziening bepalen vanzelfsprekend het effect van een maatregel.

Analyse maatregelen

De aanleg van een randvoorziening en het afkoppelen van verhard oppervlak hebben een 'groot' effect op de lokale emissie vanuit het stelsel. Zoals verwacht kon worden, leidt afkoppelen tot een kleinere emissie vanuit de zuivering dan de aanleg van een randvoorziening. Ook de totale emissie uit de keten is kleiner. In verhouding tot de totale jaarlijkse emissie vanuit een zuivering zijn de verschillen voor de emissie vanuit de zuivering echter klein. Afkoppelen gecombineerd met het terugdraaien van de pompcapaciteit leidt natuurlijk tot een grotere emissie vanuit het rioolstelsel. Daar staat tegenover dat de financiële voordelen groot kunnen zijn als hierdoor een uitbreiding van de zuivering wordt voorkomen.

De beschouwde maatregelen in het rioolstelsel hebben een relatief klein effect op de jaaremssie vanuit de zuivering (afbeelding 4). Dit is primair het gevolg van het feit dat de emissie door dwa relatief groot is. In Nederland regent het circa zeven tot tien procent van de tijd. De aanvoerdur van regenwater op de zuivering is langer omdat rioolstelsels een bufferende werking hebben. Daar komt bij dat de meeste zuiveringen in Nederland robuust gedimensioneerd zijn, waardoor variaties in de belasting slechts een beperkte invloed hebben op het rendement van de zuivering. Het effect van maatregelen aan het rioolstelsel op het functioneren van de zuivering is groter naarmate de zuivering hoger wordt belast.

Het effect van maatregelen aan het rioolstelsel op de emissies is meer relevant ten opzichte van de emissie vanuit het stelsel dan ten opzichte van de totale emissie (afbeelding 5).

Voor een integrale beoordeling van maatregelen dient te worden afgewogen of kan worden geschoven met emissies tussen rioleling en zuivering. Indien het stelsel en de zuivering op hetzelfde water lozen, is dit eerder het geval. Echter, vaak lozen rioolstelsels via overstorten op ander en vaak kleiner water dan een zuivering. Mede daardoor is het effect op de waterkwaliteit van een emissie via een rioolstelsel in het algemeen veel groter dan van een emissie via een zuivering. Ook waterkwaliteitseffecten dienen daarom te worden afgewogen in een eventuele keuze om te schuiven met emissies tussen rioleling en zuivering.

Conclusie

Met een integraal model voor de afvalwaterketen is de berekening van emissies vanuit rioolstelsel en zuivering onder één noemer

gebracht. Het model T-STREAM biedt de mogelijkheid om de effecten van maatregelen in de verschillende onderdelen van de afvalwaterketen in onderlinge samenhang in beeld te brengen. Het model berekent de vuilemissie van rioolstelsel en zuivering op basis van een meerjarige dynamische belasting met afvalwater en regenwater.

Van belang is dat het model, in tegenstelling tot de traditionele aanpak, het functioneren van de zuivering bepaalt op basis van dynamische belasting en processen. Dit betekent dat de invloed van de dynamiek op de zuivering door variaties in influentconcentratie en debiet beter wordt meegenomen.

De gepresenteerde voorbeelden geven aan dat de emissie van de zuivering een overheersende rol speelt in de totale emissie van de keten. Maatregelen zoals het afkoppelen van afvoerend oppervlak en realiseren van randvoorzieningen hebben een uiteenlopend effect op de werking van de zuivering. Het gepresenteerde rekenvoorbeeld geldt voor een gekozen situatie. Afhankelijk van de beschouwde keten

zal zo'n integrale afweging leiden tot een specifieke set van maatregelen.

Het model T-STREAM is niet bedoeld voor het in detail berekenen van de vuilemissie vanuit de zuivering, maar voor het bepalen van de samenhang in het functioneren van rioolstelsel en zuivering. Het model biedt de mogelijkheid om investeringen van maatregelen in de verschillende onderdelen van de afvalwaterketen beter onderbouwd te kunnen afwegen. 

LITERATUUR:

- NWRW (1989). Eindrapportage en evaluatie van het onderzoek 1982-1989. Ministerie van VROM.
- Henze M., C. Grady jr, W. gujer, G.v.R. Marais en T. Matsuo (1986). Activated sludge model No. 1. International Association on Water Pollution Research and Control - Task Group on Mathematical Modelling for Design and Operation of Biological Wastewater Treatment. Scientific and Technical Reports No. 1.