

Filtertechniek voor het kwantificeren van parasitaire debieten in riolen

In Vlaanderen bestaan de meeste rioleringsystemen uit gemengde riolen, waarin regenwater en afvalwater samen worden afgevoerd. In deze leidingen komt echter niet enkel neerslagafvoer terecht. Ook andere bronnen hebben een bijdrage tot de afgevoerde debieten, zoals infiltrerend grondwater, drainagewater, aangesloten beken, enz. Deze stromen van relatief proper water komen ook in de rioolwaterzuiveringsinstallatie terecht, waardoor het influent verdund wordt en het zuiveringsrendement daalt.

Om acties te kunnen plannen om deze ongewenste instroom in het rioleringsstelsel te verminderen, is het in de eerste plaats nodig om deze stromen te kwantificeren. Dit artikel beschrijft een filtermethodologie om de hoeveelheden van deze ongewenste stromen te bepalen uit een tijdreeks van totaal debiet gebaseerd op de reccesietijden van de verschillende deelstromen.

Situering

In Vlaanderen zijn de meeste rioleringsystemen van het gemengde type, wat betekent dat zowel afvalwater als afstromend regenwater worden afgevoerd via deze systemen. Behalve dit afstromend regenwater zijn er echter andere waterstromen die in het netwerk terechtkomen en een bijdrage leveren tot het totale debiet:

- infiltratie van grondwater in het leidingnetwerk
- toevoer uit drainageleidingen, beken, ...

Deze relatief propere waterstromen komen ook terecht in de RWZI (rioolwaterzuiveringsinstallatie), waardoor het influent van de installatie verdund wordt en bijgevolg het zuiveringsrendement daalt. Om acties te kunnen ondernemen die de bijdrage van deze ongewenste waterstromen verminderen, is het eerst en vooral noodzakelijk deze waterstromen te kwantificeren. Ook kan een evaluatie worden gemaakt van de ondernomen acties rond rioolbeheer, gebaseerd op een kwantificering voor en na de acties. Mogelijke acties om de instroom van dit ongewenste water te verminderen zijn maatregelen aan de bron, herstel van leidingen, ...

Methodologie

Wanneer de tijdreeks van het influent van de waterzuiveringsinstallatie geanalyseerd wordt, kunnen verschillende deelstromen met een verschillende reactietijd onderscheiden worden. Dit is vergelijkbaar met de deelstromen in debietreeksen van neerslagafstroming in een hydrografisch bekken die typisch bestaan uit de deelstromen van basisafvoer of grondwaterafstroming, hypodermische afstroming (stroming doorheen de onverzadigde zone) en oppervlakte-afstroming. Omdat deze deelstromen een sterk verschillende reactietijd hebben, kunnen ze van elkaar onderscheiden worden door een numerieke filtertechniek (Willems, 2000). Deze filteringstechniek wordt al vele jaren met succes toegepast in Vlaanderen bij de modellering van rivierhydrologie (Berlamont et al., 2000).

Analoge componenten kunnen ook herkend worden in het influent van een waterzuiverings-

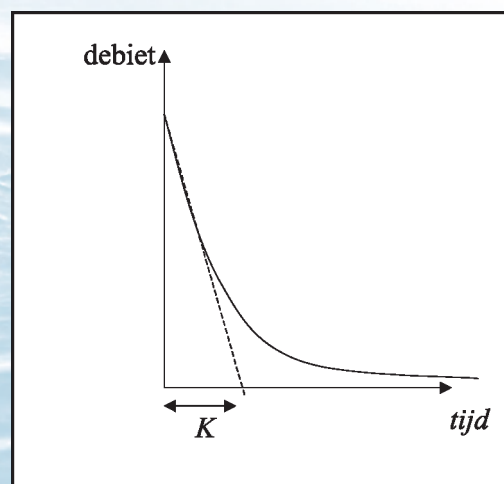
installatie. Om de ongewenste deelstromen, afkomstig van infiltratie en drainage, te kwantificeren, is het noodzakelijk volgende deelstromen in de tijdreeks van het influent te onderscheiden :

- droog weer afvoer (afvalwaterdebiet)
- regenwaterafvoer via rioleringen (oppervlakte-afstroming)
- drainage en infiltratie (grondwater, oppervlaktewater)

Deze scheiding van deelstromen kan uitgevoerd worden door het gebruik van een gelijkaardige filteringstechniek omdat regenwaterafvoer een veel snellere reactietijd heeft in vergelijking met drainage en infiltratie. De deelstroom van drainage- en infiltratiewater heeft verder een tragere reactietijd afhankelijk van de kenmerken van het stroomgebied.

De filtertechniek vertrekt van de kennis dat afstromingsdebieten een exponentieel afnemende curve vertonen (figuur 1) wanneer er geen instroom meer is. Deze curve wordt gekarakteriseerd door een reccesieconstante K , welke gerelateerd is aan de concentratietijd van het opwaartse systeem. Hoe groter de concentratietijd, hoe langzamer de afstroming en hoe minder steil de reccesie.

Figuur 1 : Exponentiële reccesie van afstromende debieten wanneer er geen instroom meer is.

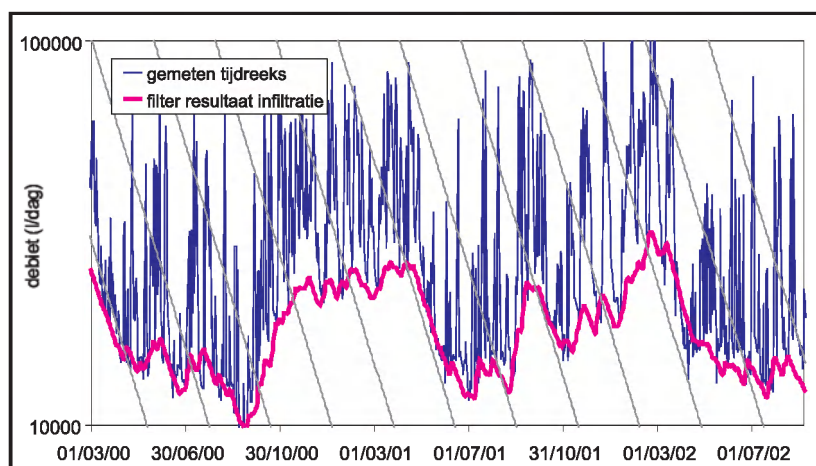


Gebaseerd op deze exponentiële recessie, ontwikkelde Chapman (1991) een recursieve digitale filter die grondwaterstromen kan scheiden uit tijdreeksen van totale afstromingsdebieten. Een dergelijke filter kan gebruikt worden om verschillende substromingen met significant verschillende recessieconstanten te scheiden; in dit geval infiltratiedebieten en regenwaterafstroming. De Chapman filter gaat er echter vanuit dat de twee deelstromen even groot zijn. Willems (2000) ontwikkelde een meer veralgemeende versie van deze filter waarbij de substromen niet gelijk moeten zijn en de fracties kunnen variëren in de tijd.

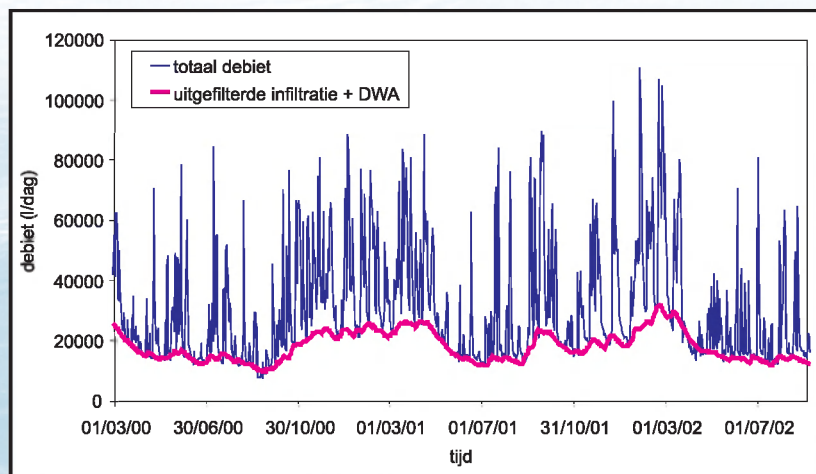
De recessieconstante K kan worden gecalibreerd als de gemiddelde waarde van de inverse van de helling van de debietreeks tijdens droog weer periodes in een grafiek waarbij het debiet logaritmisches wordt uitgezet (figuur 2). In figuur 2 zijn lijnen met helling gelijk aan deze recessieconstante K weergegeven ter visuele vergelijking.

Voor een gedetailleerde beschrijving van de filtertechniek wordt verwezen naar [Vaes & Willems, 2006].

Figuur 2 : Toepassing van de filter voor de tijdreeks van de RWZI Dendermonde.



Figuur 3 : Resultaten van de grondwaterstromingsfilter voor de RWZI-Dendermonde.



Resultaten

Toepassing van deze filtertechniek geeft goede resultaten bij de kwantificering van de deelstromen. Dit werd uitgetest op verschillende debietsreeksen van het influent van waterzuiveringsinstallaties (dagelijkse cumulatieve influentwaarden). De resultaten tonen een duidelijk seizoensverloop in de bijdrage van infiltratie- en drainagewater (voorbeeld in figuur 3).

Verdere vereenvoudiging

Om de filtertechniek verder te vereenvoudigen, werd een eerste-orde benadering voor de filter ontwikkeld. Deze eerste-orde benadering brengt enkel de recessietijd van de stroming in rekening en gebruikt bovendien een lineaire benadering van deze (exponentiële) recessie. De waterbalans wordt gesloten door aan te nemen dat het stijgende deel van de hydrogram dezelfde helling heeft als de (lineair veronderstelde) recessie. De eerste stap in de vereenvoudigde filteringstechniek is een achterwaartse stap:

$$Q_{1,te} = Q_{te}$$

$$Q_{1,t} = \min(Q_{1,t+1} + K, Q_t)$$

De tweede stap is een voorwaartse stap:

$$Q_{2,1} = Q_{1,1}$$

$$Q_{2,t} = \min(Q_{2,t-1} + K, Q_{1,t})$$

Met : t = de tijd, variërend tussen 1 en t_p (t_p is de laatste tijdstap van de tijdreeks)

K = de helling van de gefilterde tijdreeks

Q = het oorspronkelijke debiet

Q_1 = het debiet na de eerste achterwaartse stap

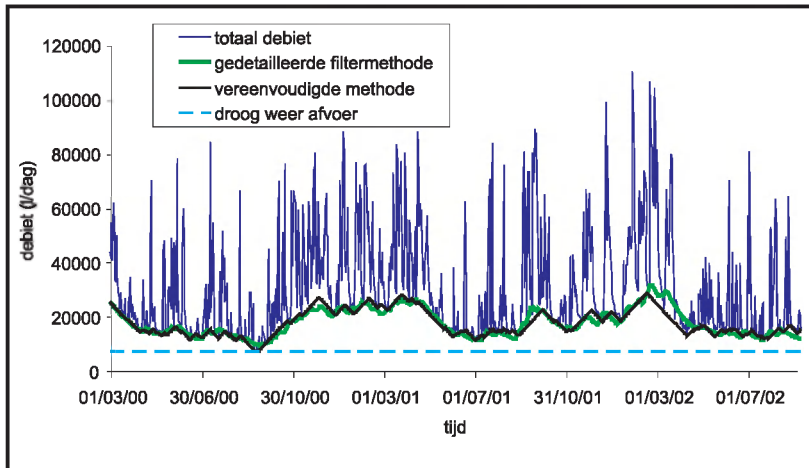
Q_2 = het debiet na de tweede voorwaartse stap; dit is het resultaat van de filter

Deze eerste-orde benadering geeft goede resultaten: op dagbasis zijn er soms wel significante verschillen met de meer uitgebreide methode, maar op maandbasis of jaarbasis zijn de verschillen verwaarloosbaar (figuur 4). Het belangrijkste voordeel van de eerste-orde benadering is de eenvoud t.o.v. de uitgebreidere methode. Bovendien is de vereenvoudigde methode minder gevoelig aan ontbrekende gegevens in de tijdreeks.

Vergelijking met andere technieken

De laatste jaren zijn er verschillende studies uitgevoerd en gepubliceerd rond het bepalen van de hoeveelheden parasitair water op basis van een tijdreeks van opgemeten debieten. In [Vaes, 2006] wordt een vergelijking gemaakt van een aantal verschillende methodes, zoals : methode Weiss-Brombach, methode met het

Figuur 4 : Toepassing van de vereenvoudigde en de uitgebreide filtertechniek op de tijdreeks van het influentdebiet van een waterzuiveringsinstallatie.



voortschrijdend minimum, methode met het voorafgaand minimum, vereenvoudigde filtermethode gebaseerd op de recessie. Uit deze vergelijking blijkt de bovenstaande vereenvoudigde methode een optimaal compromis biedt tussen eenvoud en nauwkeurigheid.

Conclusies

Dit artikel beschrijft twee filtertechnieken om de verschillende deelstromen te kwantificeren die bijdragen tot het influent van een waterzuiveringsinstallatie (bij gemengde rioolstelsels), zoals de droog weer afvoer, het infiltratie- en drainage-water en de regenwaterafvoer. Een fysische filtertechniek werd toegepast om te onderzoeken of een verder vereenvoudigde benadering voldoende nauwkeurige resultaten oplevert. Hieruit blijkt dat voor maand- en jaargemiddelden goede resultaten verkregen worden. Op dagbasis kunnen er wel significante verschillen zijn, alhoewel dit slechts in beperkte mate voorkomt. De vereenvoudigde filtertechniek kan gebruikt worden om te achterhalen welke gemengde rioleringsystemen sterk beïnvloed worden door de instroom van ongewenste waterstromen zoals infiltratie- en drainage-water.

Dankwoord

Dit werk is uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse MilieuMaatschappij (VMM). De tijdreeksen waarop deze filtertechnieken werden toegepast zijn ook door de VMM ter beschikking gesteld.

Referenties

Berlamont J., Willems P., Qvick A., Vaes G., Feyen J. & Christiaens K. (2000). Algemene methodologie voor het modelleren van de waterafvoer in bevaarbare waterlopen in Vlaanderen. In opdracht van Administratie Waterwegen en Zeewezen.

Vaes G. (2006). Vergelijking van verschillende methodes voor het inschatten van hoeveelheden parasitair water. Rioleringswetenschap nr. 22, juni 2006.

Vaes G. & Willems P. (2006). Filtertechniek voor het kwantificeren van parasitaire debieten in rio- len. Rioleringswetenschap nr. 21, maart 2006.

Willems P. (2000). Probabilistic immission model- ling of receiving surface waters, doctoraatsthesis, Katholieke Universiteit Leuven.

G. Vaes

Projectmanager, HydroScan NV,
Tiensevest 26/4,
3000 Leuven,
tel 016 24 05 05,
fax 016 24 05 09

P. Willems

Postdoctoraal onderzoeker FWO-Vlaanderen en
gastdocent K.U.Leuven
Laboratorium voor Hydraulica,
Kasteelpark Arenberg 40,
3001 Heverlee,
tel 016 32 16 63,
fax 016 32 19 89,
E-mail: Patrick.Willems@bwk.kuleuven.be