

REACTIE EN NAWOORD OP 'DE DYNAMIEK VAN RIOOLSTELSLS'
(H₂O 13/1998, PAG. 16 E.V.)

De dynamiek van rioolstelsels: een reactie

Het zeer lezenswaardige artikel 'De dynamiek van rioolstelsels', door Korving, Wiggers en Van den Hof in H₂O nr. 13¹ snijdt een onderwerp aan dat niet alleen vanuit wetenschappelijk oogpunt van belang is, maar zeer zeker ook raakt aan vraagstukken en discussies uit de alledaagse praktijk. Het is vanuit dit laatste gezichtspunt dat ik hierbij reageer. Mijn reactie betreft de volgende punten:

- de geschetste nadelen van de gangbare deterministische rekenmethode
- de bruikbaarheid van alternatieve rekenmethoden in het vakgebied riolering
- enkele suggesties voor verdere ontwikkeling van deze alternatieve methoden.

Overigens zij op voorhand gesteld dat de ontwikkeling van systeemidentificatietechnieken, net zoals een aantal andere methoden, voor toepassingen binnen de rioleringstechniek veelbelovend is.

Veronderstelde nadelen deterministische methoden rekensnelheid

De auteurs stellen dat het uitvoeren van berekeningen met dynamische stromingsprogramma's veel tijd kost. Nu is veel of weinig tijd een relatief begrip. Pas zodra rekentijden beperkend worden bij het gebruik van modellen is er sprake van een probleem. Wat dit betreft is er in de ingenieurspraktijk veel veranderd. Waar midden jaren '80 de simulatie van stromingsdynamiek praktisch onmogelijk was door de exorbitant lange rekentijden, is dit met de ontwikkeling van zowel de hardware als de software binnen ieders bereik gekomen. Dit overigens

behoudens uitzonderlijk omvangrijke rioolstelsels.

De figuren 1 en 2 geven een illustratie van de afname van rekentijden. In de grafieken is de rekentijd voor een omvangrijk rioolstelsel (circa 3000 strengen en een gesimuleerde tijdsduur van 2 uur) uitgezet in de tijd lopende vanaf 1991 tot 1997. Sindsdien is deze informatie niet meer bijgehouden, omdat het probleem van rekentijd geen onderwerp van discussie meer was.

Momenteel bedraagt de rekentijd circa 5 minuten, waarbij de snelheid van de i/o beperkend is, dit wil zeggen dat het inlezen en opslaan het gros van de computertijd beslaat. De geschetste trend zet zich nog steeds voort, waarbij de vrijkomende rekencapaciteit niet langer wordt gebruikt voor het reduceren van rekenkosten maar veeleer voor het verfijnen en verbeteren van de rekenresultaten. Vanuit de praktijk van een ingenieursbureau is de rekentijd voor simulaties, ook van zogeheten reeksrekeningen, dan ook geen argument om naar een andersoortige rekenmethodiek over te stappen tenzij hieraan andere voordelen vastzitten. Voorbeelden hiervan zijn een eenvoudiger calibratie of de mogelijkheid meer complexe processen zoals de vuilemissie op een goede manier in beeld te brengen.

Kosten

Een ander genoemd nadeel is de hoge kosten die gepaard gaan met het verzamelen van de systeemp parameters die nodig zijn voor het gebruik van deterministische modellen. Dit nadeel onderschrijf ik, echter met de kanttekening dat de systeemstructuur en de systeemgeometrie door de rioolbeheerders in vergelijking met een aantal jaren geleden aanzienlijk beter en betrouwbaarder kan worden aangeleverd. Het probleem van de kwantificering van de systeemp parameters spitst zich dan ook meer toe op de te hanteren rekenparameters zoals inloopp parameters, overlaatcoëfficiënten en dergelijke. Hiervoor zijn calibratiemetingen noodzakelijk. Overigens wordt in het artikel niet ondubbelzinnig bewezen dat het calibreren van een model op basis van systeemidentificatie sneller, goedkoper en eenvoudiger is dan bij een deterministisch model.

Onvoldoende nauwkeurigheid

De auteurs stellen dat de nauwkeurigheid van deterministische modellen onvoldoende is. De vraag die hierbij gesteld moet worden is welke nauwkeurigheid men nastreeft en welke prijs men over heeft voor de gevraagde nauwkeurigheid. In een artikel te verschijnen in september van dit jaar² wordt de haalbare nauwkeurigheid van deterministische modellen op circa 10 procent gesteld voor wat betreft overstortingsvolumen en optredende maximale debieten. Voor praktijktoepassingen is dit naar mijn OBmening voldoende; in elk geval is men in staat om ontwerpen van rioolstelsels of de effecten van maatregelen in bestaande stelsels goed te beoordelen.

Door de auteurs wordt met name de slechte voorspelbaarheid van de vuilemissie aangehaald als één van de nadelen van deterministische modellen. Dit laatste bezwaar is maar ten dele aan de modellering van de dynamica van stromingsverschijnselen toe te schrijven. Hoewel de discussie rondom het modelleren van de vuilemissie een artikel op zich waard is, toch enkele opmerkingen:

* Allereerst zal gedefinieerd moeten worden welke nauwkeurigheid men wenst te bereiken. Het bepalen van de vuilemissie is namelijk geen doel op zich. De gevraagde nauwkeurigheid van de berekende vuilemissie moet worden gedefinieerd vanuit de waterkwaliteitsmodellering.

* De vuilemissie uit een rioolstelsel wordt bepaald door een veelheid aan processen, bijvoorbeeld:

- sedimenttransport
- transport van drijvend materiaal
- inspoeling van vuil van afvoerende oppervlakken.

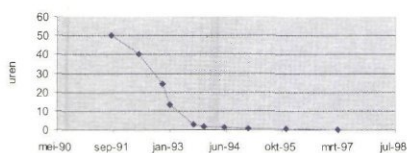
Daarnaast speelt ongetwijfeld nog tal van andere niet of nauwelijks bekende processen een rol. Voorbeelden hiervan zijn biochemische of chemische processen die de aard van het vuil in rioolstelsel in de tijd beïnvloeden.

Al met al moet er nogal wat onderzoek worden verricht voordat via volledig deterministische weg een vuilemissiemodel kan worden gebouwd. Wellicht dat op dit punt de alternatieve modelleringstechnieken een krachtig middel kunnen verschaffen. Hierbij wordt de kanttekening geplaatst dat zonder nader fundamenteel onderzoek naar de processen die een rol spelen bij de vuilemissieproblematiek een dieper inzicht en dus de mogelijkheid tot het formuleren van mogelijke maatregelen niet beschikbaar komen.

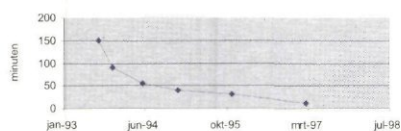
Bruikbaarheid van alternatieve rekenmethode in het vakgebied riolering

In de (internationale) literatuur worden sedert enkele jaren alternatieve methoden beschreven waarmee de dynamiek van rioolstelsels kan worden beschreven, voorbeelden zijn fuzzy logic, neurale netwerken, intelligent

Figuur 1: Verloop rekentijden



Figuur 2: Verloop rekentijden



agents en de door de auteurs gebruikte systeemidentificatie. Al deze methoden gaan uit van een wiskundige beschrijving van het 'gedrag' van systemen waarbij de onderliggende fysische processen niet of nauwelijks worden betrokken in de modellering. De algemene indruk is dat dergelijke methoden in staat zijn om van een bestaand systeem min of meer betrouwbare resultaten te leveren als er voldoende betrouwbare meetgegevens aanwezig zijn voor enkele locaties binnen het stelsel. In de ingenieurspraktijk, waarin tot op heden deterministische modellen worden gehanteerd, wordt getoetst op zowel het gedrag van overstorten alsook op mogelijke 'water op straat' locaties. Nadat het functioneren van een rioolstelsel in kaart is gebracht en er een aantal knelpunten blijkt te zijn (hetzij wateroverlast hetzij knelpunten in het functioneren van overlaten) is het gebruikelijk min of meer vergaande maatregelen in of aan het rioolstelsel te nemen. Bij het gebruik van dynamische modellen is het dan mogelijk om het effect van deze maatregelen op het stelsel als geheel in beeld te krijgen. Zo kan worden nagegaan of het oplossen van een wateroverlastprobleem door de voorgestelde ingrepen leidt tot het ontstaan van onacceptabele situaties in andere delen van het stelsel. De werkwijze volgens de systeemidentificatie laat een dergelijke praktijk niet toe om twee redenen:

- * Er kunnen geen metingen worden verkregen van een nog niet bestaande situatie, tenzij hiervoor de rekenresultaten van een ander dynamisch model worden gebruikt. Dit impliceert echter dat de door de auteurs geschetste nadelen van deze modellen worden geaccepteerd.
- * Om praktische redenen zullen niet van alle van belang zijnde locaties binnen een rioolstelsel voldoende betrouwbare meetgegevens beschikbaar zijn.

De resolutie in ruimtelijke zin zal te gering zijn voor een volledige beoordeling van het functioneren van een rioolstelsel.

De bruikbaarheid van de alternatieve modelleringsmethoden is daarom volgens mij betrekkelijk beperkt voor de ontwerppraktijk. Veeleer zie ik mogelijkheden op het terrein van de vuilemissie. Zoals hiervoor al is aangegeven is een betrouwbaar, praktisch hanteerbaar model vooralsnog niet haalbaar. Systeemidentificatie biedt hier mogelijkheden, immers men hoeft niet alle onderliggende processen en de bijbehorende rekenparameters, randvoorwaarden en initiële condities te kennen terwijl er slechts meetresultaten van een beperkt aantal locaties noodzakelijk zijn (namelijk de overstortputten).

Enkele suggesties voor het verdere onderzoek

Naast de door de auteurs genoemde verbeteringen aan de techniek doe ik hierbij de vol-

gende suggesties voor verdere verfijning van de techniek en een vergroting van de praktische toepasbaarheid: [INS*] Het correct modelleren van het pompregime, ook tijdens DWA, vergroot de praktische toepasbaarheid, met name bij reeksberekeningen. Het verdient dan ook aanbeveling hieraan aandacht te schenken bij het verdere onderzoek.

- * Om de praktische meerwaarde van de alternatieve modelleringsmethodieken te kwantificeren zou het interessant zijn eens na te gaan welke inspanningen noodzakelijk zijn om met een deterministisch model een vergelijkbaar resultaat te behalen als met de systeemidentificatie. Hiermee kan één van de openingsstellingen van de auteurs, 'goedkoper, sneller en eenvoudiger' worden onderbouwd.
- * Inmiddels is op een aantal plaatsen in Nederland gemeten aan zowel neerslag als aan de vuilemissie van rioolstelsels. Op basis van deze metingen kan worden getracht via systeemidentificatie te komen tot een voorspellend vuilemissiemodel. Als deze ontwikkeling wordt ingezet kan hieraan een belangrijke meerwaarde voor de praktijk worden ontleend.

Tenslotte

Het rekenen aan rioolstelsels heeft de laatste tien jaar een grote ontwikkeling doormaakt. Momenteel ontwikkelt zich een praktijk waarin in theorie alles 'uitrekenbaar' is maar waar de discipline van modelcalibratie aan praktijkmetingen vrijwel afwezig is. Wat dit betreft is het vakgebied riolerings bij mijn weten uniek, het gebruik van ongecalibreerde modellen heeft een onderschat risico in zich. Ongeacht de modelleringsmethodiek die men toepast is een calibratie aan praktijkwaarnemingen noodzakelijk.

Daarnaast is een discussie over de na te streven nauwkeurigheden van hydraulische berekeningen aan rioolstelsels noodzakelijk in relatie tot het kostenaspect. Zeer hoge nauwkeurigheden kosten veel inspanning, anderzijds kan een te lage nauwkeurigheid van berekeningen leiden tot het nemen van verkeerde of te kostbare maatregelen in rioolstelsels. ❏

François Clemens

Witteveen + Bos Raadgevende ingenieurs B.V.,
Deventer

Nawoord auteurs

De auteurs gaan in hoofdlijn akkoord met de punten zoals die zijn aangevoerd in de reactie. Doel van het artikel was aan te geven dat het ook mogelijk is om met alternatieve technieken, waarvan systeemidentificatie er één is, het overstortingsgedrag van een rioolstelsel te voorspellen. De resultaten van het onderzoek tot nu toe lijken erop te wijzen dat met technieken als systeemidentificatie sneller, eenvoudiger en goedkoper het overstortingsgedrag beschreven kan worden.

Bij de reactie plaatsen wij de volgende kanttekeningen. Ten eerste is de geschetste methode niet bedoeld voor het uitvoeren van ontwerpberekeningen, maar voor de controle op het functioneren van rioolstelsels op langere termijn. Ten tweede is het verschil in rekentijd tussen stromingsmodellen en identificatie voor reeksberekeningen (langere termijn voorspellingen) dan misschien niet zozeer relevant voor de adviespraktijk, het blijft opvallend. Bij systeemidentificatie vergt een reeksbe-rekening voor een heel jaar slechts enkele seconden. Ten derde wordt opgemerkt dat in het artikel zeker niet beweerd wordt dat weinig nauwkeurige vuiluitworpvoorspellingen alleen toe te schrijven zijn aan een gebrekkige modellering van de dynamische stromingsverschijnselen. Tot slot willen de auteurs erop wijzen dat kalibreren bij systeemidentificatie slechts bestaat uit een juiste keuze van de modelorde (m.b.v. de beschikbare MATLAB toolbox). Welke minimale hoeveelheid gegevens nodig is om goed te kunnen voorspellen, is tot nu toe nog niet geheel duidelijk.

Met het oog op verder onderzoek willen de auteurs de aandacht vestigen op het feit dat systeemidentificatie waarschijnlijk niet geschikt is als methode om de vuiluitworp van een rioolstelsel te voorspellen. Dit wordt veroorzaakt door de aanname van lineair systeemgedrag die identificatie met zich meebrengt. Om complexe processen als de vuiluitworp van een rioolstelsel te kunnen beschrijven, zijn modellen nodig die niet-lineariteiten kunnen bevatten.

Daarnaast lijkt het van belang om voor verbetering van de voorspellingen gebruik te maken van conceptuele modellen, zodat een deel van de kennis over de fysica van het systeem in het model verwerkt kan worden. Een andere mogelijke ontwikkeling is de toepassing van neurale netwerken om het dynamisch gedrag van rioolstelsels te beschrijven. ❏

ir. J.L. Korving, prof.ir. J.B.M. Wiggers, dr.ir. P.M.J. van den Hof