



Ingmar Nopens, Universiteit van Gent
Arjen van Nieuwenhuijzen, Witteveen+Bos
Tony Flaming, Waterschap de Dommel
Jeroen Langeveld, TU Delft/Royal Haskoning

Geavanceerde dynamische modellering rwzi Eindhoven voor een schonere Dommel

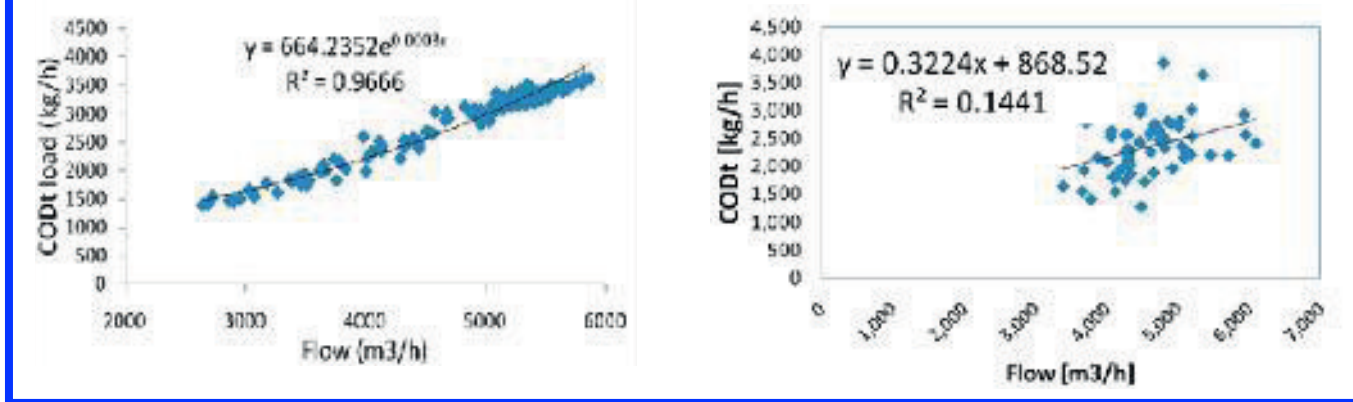
Onder het motto 'samen, slim, schoon' ontwikkelen in Noord-Brabant enkele gemeenten, waterschappen en universiteiten innovatieve oplossingen voor een vernieuwende aanpak in de afvalwaterketen en het watersysteem. Een onderdeel hiervan is een geavanceerde modellering van procesonderdelen van de rioolwaterzuiveringsinstallatie. Deze modellering maakt op haar beurt deel uit van het KRW-innovatieproject KALLISTO, dat bijdraagt aan een doelmatig en duurzaam schonere rivier de Dommel. Het onderzoek loopt tot medio dit jaar in de regio Eindhoven¹⁾.

De waterkwaliteit van de Dommel is momenteel ontoereikend voor een goede ecologische toestand voor het waterleven. Ingrijpende maatregelen zijn daarom vereist. Waterschap De Dommel en de gemeenten in de regio investeerden de afgelopen jaren al fors om de waterkwaliteit op een goed niveau te krijgen. Het waterschap renoveerde de rwzi Eindhoven (750.000 i.e.) in 2006 volledig. Ook is een groot aantal randvoorzieningen en groene buffers achter de riooloverstorten aangelegd. Daarnaast is een deel van de Dommel tot de natuurlijke staat (her)ingericht en uitgebaggerd.

Desondanks staat de waterkwaliteit in De Dommel nog voortdurend onder druk door de effluentlozing vanuit de rwzi en de overstorten in verhouding tot de capaciteit van het ontvangende oppervlaktewater. Naast de knelpunten met de zuurstofhuishouding spelen vooral bij overstorten in De Dommel hoge ammoniumpieken - die toxisch kunnen zijn voor de vispopulatie en ander aquatisch leven - een belangrijke beperkende rol voor de waterkwaliteit.

Optimalisatie van de zuiveringsprocessen op rwzi Eindhoven is dus van groot belang om de piekmissies naar de Dommel te voorkomen. Geavanceerde dynamische wiskundige modellering kan meer inzicht verschaffen in de huidige werking van



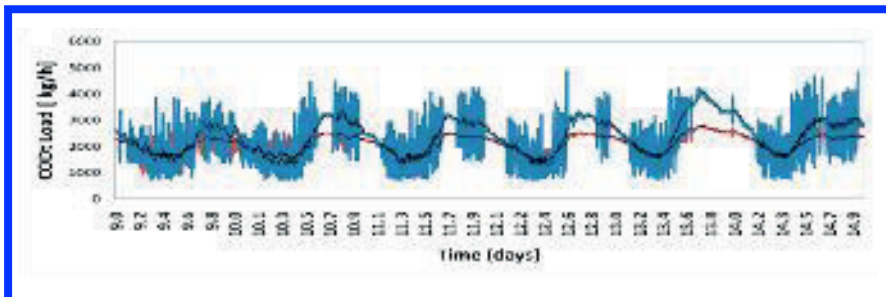


Afb. 1: Correlatie tussen debiet en CZV_{total} voor offline en online metingen.

de rwzi en de ruimte die bestaat voor verbetering van de installatie met de nadruk - in eerste instantie - op piekbelastingen. Verbeteringen worden enerzijds getoetst binnen de bestaande infrastructuur en anderzijds door het nemen van bijkomende structurele maatregelen. Dit model van de rwzi wordt vervolgens in een nageschakelde analyse geïntegreerd in een model van de hele waterketen om deze maatregelen te toetsen met maatregelen elders in de keten.

Dynalische modellering

Wiskundige modellen van de processen in een rwzi zijn klassiek beschikbaar in commerciële softwarepakketten. Een model van de rwzi Eindhoven werd geïmplementeerd in WEST (mikebydhi.com). Alvorens het model te kunnen gebruiken voor evaluatie van scenario's dient het eerst afdoende gekalibreerd te worden, teneinde een goede beschrijving van de reële situatie te garanderen en vertrouwen te hebben in het model. Hiervoor werd gebruik gemaakt van het kalibratieprotocol UGent-BIOMATH. Het is verstandig om tijdens de kalibratie zo weinig mogelijk modelparameters aan te passen²⁾, aangezien dit de voorspellende kracht van het model beperkt (het model kan enkel de kalibratiesituatie voorspellen, de voorspelling bij andere condities is zeer groot). De noodzaak om veel parameters te wijzigen tijdens een kalibratieproces duidt op het feit dat de modelstructuur niet correct is. Ook ligt de kwaliteit van de invoerdata (influent) vaak aan de basis van overvloedige kalibratie. In



Afb. 2: Invoer-tijdsreeks voor CZV_{total} op basis van online en offline correlaties.

deze context is de kalibratie-oefening voor de rwzi Eindhoven op verschillende vlakken vernieuwend.

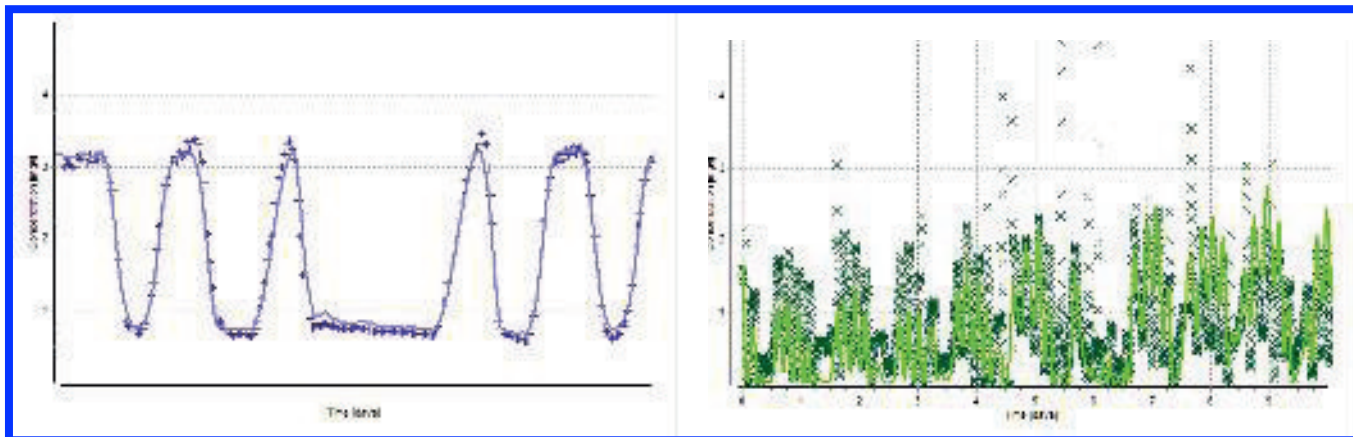
In eerste instantie werd aandacht besteed aan de kwaliteit van de invoerdata. De influentfractienering gebeurde op de klassieke manier, maar er werd terdege aandacht besteed aan de frequentie³⁾. Hiervoor werd gebruik gemaakt van een online S::CAN-sensor. Afbeeldingen 1 en 2 illustreren de impact van het gebruik van online versus offline data voor CZV_{total}. Er werd gebruik gemaakt van correlaties met debiet. In het geval van offline data werden data (24 uren mengmonster) gebruikt van drie jaar (twee metingen per week), bij de online data van drie dagen (zie afbeelding 1). De debietstijdsreeks was ook op minuutbasis beschikbaar. De correlatie op basis van de online meting is duidelijk superieur.

Een invoer-tijdsreeks voor het model werd op basis van beide aanpakken gegenereerd (zie afbeelding 2). Het valt op dat vooral

tijdens hoge debieten de belasting die aan het model gevoed wordt, sterk onderschat wordt door de regressie op basis van de offline data. Dit is een gevolg van de mengmonsters die piekgedrag sterk uitmiddelen. Uiteraard zal dit gevolgen hebben voor het gedrag en kalibratie van het model. Gelijke conclusies konden worden getrokken voor opgelost CZV- en drogestof-belastingen (niet getoond).

Op het vlak van modelstructuur werd aandacht besteed aan een meer gedetailleerde modellering van de beluchting (zowel de zuurstofoverdracht als de regeling) en de bezinkingsprocessen (zowel voor- als nabezinkers). Een correcte beschrijving van de beluchting is cruciaal voor een goede beschrijving van de ammonium verwijdering. Klassiek worden modellen op basis van de zuurstofoverdrachtcoëfficiënt kLa gebruikt. In de modellering van rwzi Eindhoven was echter het luchtdebiet dat effectief werd ingebracht beschikbaar via SCADA. Er

Afb. 3: Impact van de accurate voorspelling van zuurstofconcentraties (links simulaties als blauwe lijn en data als blauwe kruizen) op ammoniumconcentraties (rechts simulaties als groene lijn en data als groene kruizen).



bestaan empirische modellen (klassiek een machtsfunctie) die het verband tussen kLa en luchtdebiet beschrijven. Hier werd echter geopteerd voor een meer rigoureuus model op basis van de specifieke zuurstoftransfer-efficiëntie, een meer fysisch procesgebaseerd model. Dit model en het luchtdebiet gaven aanleiding tot zuurstof- en NH₄-voorspellingen (zie afbeelding 3) zonder enige kalibratie van (bio)kinetiek.

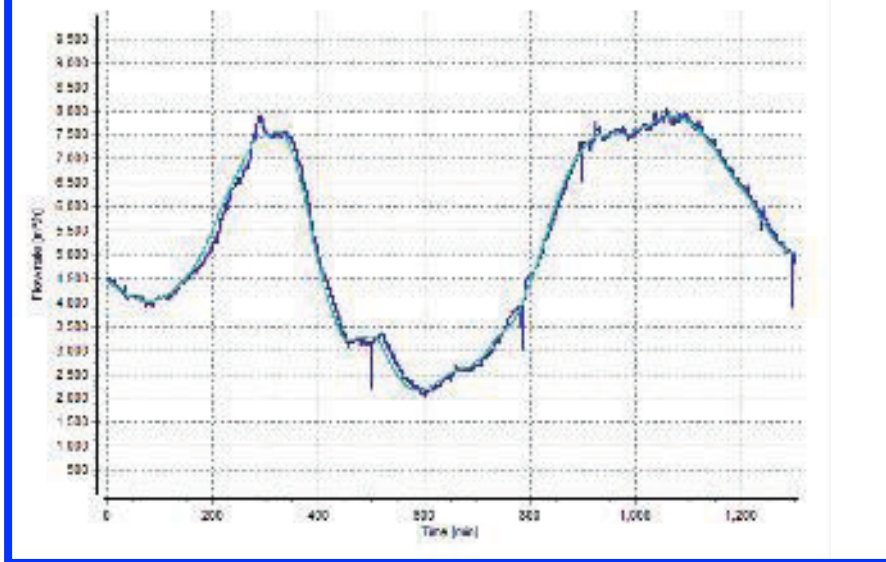
Aangezien bij toekomstige voorspelling de luchtdebietsdata niet voorhanden zijn werd ook de cascade NH₄-DO-regelaar in het model opgenomen. Afbeelding 4 geeft de voorspelling van het luchtdebiet weer. Voor het halen van dit resultaat diende de voorspelde zuurstofwenswaarde door de slaafregelaar te worden gelogd in SCADA.

Naast de zuurstofhuishouding is ook de slibbalans belangrijk voor een goede voorspelling van zuiveringsrendementen⁴⁾. Het in de modelleringwereld standaard ingeburgerde model van Takacs is hiervoor ontoereikend wegens incorrecte voorspelling van onderstroomconcentraties. Daarom werd een verbeterd bezinkingsmodel ontwikkeld dat nauwkeuriger is en compressie en dispersie in de voedingslaag meeneemt⁵⁾.

Voor de beschrijving van de nitraat-removal is een goede voorspelling van de chemische zuurstofvraag (CZV) in het influent uiterst belangrijk. Hiervoor werd een meer gedetailleerd voorbezinktankmodel gebruikt en getoetst met meetresultaten uit meetcampagnes. Dit, samen met de eerder vermelde hogere fluctuatie van het influent, resulteerde in een opmerkelijke verbetering van de voorspelling van de nitraatremoval (zie afbeelding 5), zonder enige noodzaak aan kalibratie van de kinetiek.

Duurzame integrale afvalwaterketen Eindhoven

Het KALLISTO-project resulteert uiteindelijk in een aantal integrale optimalisatiescenario's, die uitgewerkt zullen worden tot enkele maatregelen. Dit kunnen fysieke maatregelen in de riolering, in het transportstelsel, op of achter de zuivering of in het oppervlaktewater zijn. Tegenwoordig met een kosteninschatting stellen de clusterpartijen een gezamenlijk investeringsprogramma op voor



Afb. 4: Voorspelling van de luchtdebieten na afstellen van het model van de regelaar. De grafiek toont de simulatiewaarden (lichtblauwe curve) ten opzichte van de gemeten waarden (donkerblauwe curve).

gemeenten en waterschap. Deze resultaten worden in de loop van dit jaar gepubliceerd.

Door het beschouwen van de afvalwaterketen als één geheel geeft het KALLISTO-project concrete invulling aan een doelmatig afvalwaterketenbeheer zoals voorgesteld in het Bestuursakkoord Water. De omvang van het onderzoeksproject en de diepgang waarmee in de volle breedte van de afvalwaterketen - zowel naar kwantiteit als kwaliteit - en het oppervlaktewateronderzoek wordt verricht, is volgens de betrokken partijen uniek voor Nederland en heeft daarnaast een sterke internationale uitstraling.

LITERATUUR

- 1) De Jonge J., J. Langeveld en A. van Nieuwenhuijzen (2011). Samenwerking in afvalwaterketen rond Eindhoven voor een schonere Dommel. H₂O nr. 8, pag. 12-13.
- 2) Rieger L., S. Gillot, G. Langergraber, T. Ohtsuki, A. Shaw, I. Tak en S. Winkler (2012). Guidelines for using activated sludge models. IWA Scientific and Technical Report. IWA Publishing.
- 3) Cierkens K., S. Plano, L. Benedetti, S. Weijers, J. de Jonge en I. Nopens (2012). Impact of influent data frequency and model structure on the quality of

WWTP model calibration and uncertainty. Water Science Technology nr. 2, pag. 233-242.

- 4) Plósz B., J. de Clercq, I. Nopens, L. Benedetti en P. Vanrolleghem (2011). Shall we upgrade one-dimensional secondary settler models used in WWTP simulators? Yes. Water Science Technology nr. 8, pag. 1726-1738.
- 5) Bürger R., S. Diehl en I. Nopens (2011). A consistent modelling methodology for secondary settling tanks in wastewater treatment. Water Research nr. 6, pag. 2247-2260.

Afb. 5: Vergelijking simulatieresultaten (roze lijn) ten opzichte van metingen (rode kruizen) voor nitraat met standaard voorbezinktankmodel (links) en met meer gedetailleerd voorbezinktankmodel (rechts).

