



Jeroen Hulsbeek, Royal Haskoning

Jans Kruit, Royal Haskoning

Michaela Hunze, FlowConcept\*

Cora Uijterlinde, STOWA

# Mengen en voortstuwen in ronde actief-slibreactoren kan beter

**Na circa tien jaar ervaring met ronde actief-slibtanks blijkt dat op diverse locaties de vereiste voortstuwing en menging in de diverse ringen niet optimaal verloopt. Onjuiste mengprincipes en onjuiste locaties van voortstuwers en recirculatiestromen kunnen leiden tot een instabiel zuiveringsproces en energieverliezen. Een inventarisatie leert dat weinig uniformiteit bestaat in het ontwerp van ronde reactoren. CFD-modellering kan, zo blijkt uit onderstaand toegelicht onderzoek, een goed instrument zijn om meer inzicht te krijgen in het stromingsgedrag in actief-slibsystemen.**



*De rioolwaterzuiveringsinstallatie van Apeldoorn met enkele ronde actief-slibtanks.*

**B**egin jaren negentig zijn de waterschappen in Nederland begonnen met het implementeren van de Europese richtlijnen voor fosfaat- en stikstofverwijdering op hun rioolwaterzuiveringsinstallaties. Voor 2010 zullen de aanpas-

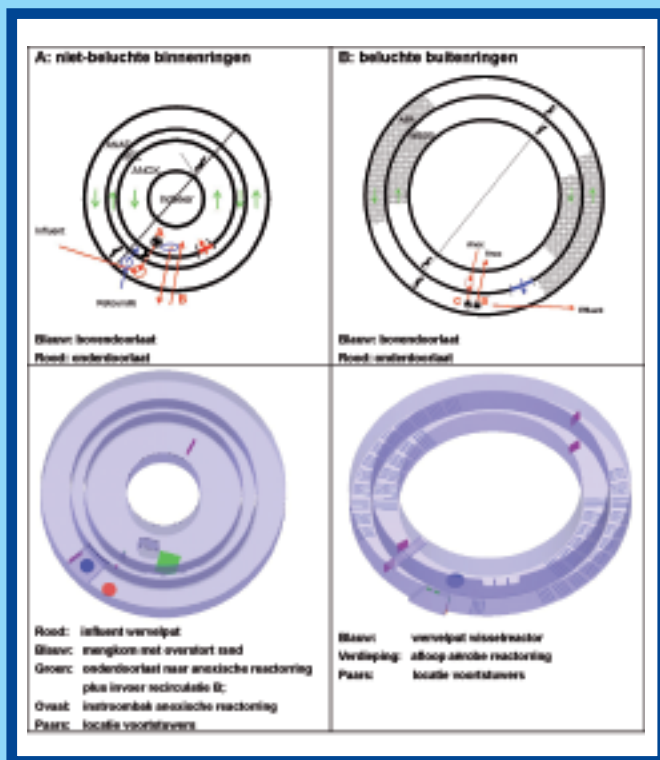
singen en uitbreidingen van de meeste rwzi's zijn voltooid. Vrijwel alle zuiveringsinstallaties zijn omgebouwd tot een combinatie van propstroom- en omloopreactoren. Propstroomreactoren worden toegepast voor anaërobe en anoxische ruimtes en omloop-

reactoren voor facultatieve anoxische/aërobe ruimtes en aërobe ruimtes. Naast traditionele omloopreactoren, zoals Carroussels, werd vanwege de snelheid van bouwen (prefab of systeembouw) en een lager investeringsniveau voor het eerst de ronde integrale reactor met bodembeluchting geïntroduceerd. Afhankelijk van de reeds bestaande configuraties en de geselecteerde procesconfiguraties (Phoredox, Bardenpho, UCT, m-UCT of BCFS) zijn twee tot vijf ringsreactoren gebouwd.

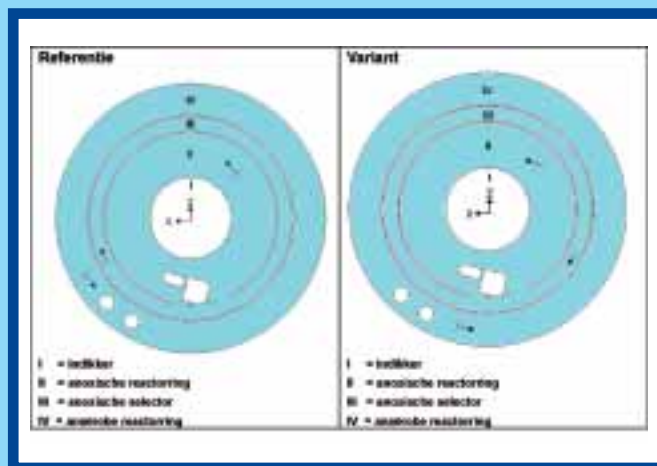
Op diverse locaties blijkt dat de vereiste menging en omloopsnelheden in diverse reactoringen niet worden gehaald. Anderzijds worden op verschillende locaties juist veel te hoge omloopsnelheden gemeld. De nominale omloopsnelheid is echter niet eenduidig gedefinieerd.

Vermoedens bestaan dat een (te) lage snelheid (minder dan 0,2 meter per seconde) ertoe kan leiden dat geen volledige menging optreedt van het actief-slibmengsel met de recirculatiestromen, dat het zuurstofrendement afneemt hetgeen energetisch ongunstig is en dat schietstromen naar de volgende reactor kunnen optreden waarbij piekconcentraties van stikstof in het effluent kunnen voorkomen.

Te hoge omloopsnelheden (meer dan 0,4 meter per seconde) kunnen leiden tot instabiele stofomzettingen en kortsluitstromen naar de volgende reactoren.



Afb. 1: Schematische weergave van de BCFS-reactor van de rwzi Drachten.



Afb. 2: Schematische weergave van de posities van de voortstuwers in de niet-beluchte ringen in de referentiesituatie en de variant.

Royal Haskoning heeft samen met FlowConcept\*, Flygt en WL|Delft Hydraulics, in opdracht van de STOWA, een studie uitgevoerd om de tot op heden opgebouwde praktische kennis te bundelen, theoretisch te onderbouwen en deze kennis om te zetten in eenduidige richtlijnen voor menging en voortstuwing in ronde actief-slibreactoren. De studie is opgedeeld in een inventarisatie van de problematiek en de vigerende richtlijnen voor voortstuwers in Nederland en een Computatieve Fluid Dynamics (CFD)-modelstudie van een rioolwaterzuiveringsinstallatie.

Op basis van de resultaten van de inventarisatie zijn aspecten geselecteerd die met CFD-modellering verder zijn onderzocht. Met CFD-modellering kan het gedrag van vloeistofstromen in reactoren inzichtelijk worden gemaakt. Daarbij kan de snelheid en de richting van de vloeistof stroom op elke plek in de reactor worden berekend en gevisualiseerd. In dit artikel worden enkele onderzoekaspecten belicht: het pomphuis effect en de locatie van in- en uitgaande stromen in een reactorring en het effect van mee- en tegenstroom in opeenvolgende reactorringen.

Voor de modelstudie is de rwzi Drachten (BCFS) van Weterskip Fryslân geselecteerd (100.000 i.e. a 136 g TZV). Deze is ontworpen voor de gestelde effluenteisen voor  $N_{tot}$  en  $P_{tot}$  van respectievelijk 10 en 1 mg/l. Voor de CFD-modellering zijn de niet-beluchte en beluchte reactorringen omwille van de rekentijd apart gemodelleerd (zie afbeelding 1).

### Het pomphuis effect

Een voortstuwer in een reactorring is feitelijk een axiale propellerpomp zonder pomphuis.

De reactorring neemt de functie van het pomphuis over. De lengte van het pomphuis bedraagt circa twee keer de ringbreedte of waterhoogte stroomafwaarts van de voortstuwer en één keer de beenbreedte stroomopwaarts van de voortstuwer. Voor een effectieve werking van de voortstuwer is een verstoring in het pomphuis door bijvoorbeeld in- of uitgaande stromen niet gewenst. Om het effect van het pomphuis van de voortstuwer en één keer de beenbreedte stroomopwaarts van de voortstuwer op het menggedrag en de stroming te kunnen beoordelen, zijn modelberekeningen uitgevoerd met de niet-beluchte ringen, waarbij de locatie van de voortstuwers is aangepast.

In afbeelding 2 is de referentiesituatie en de variant weergegeven, waarbij de locaties van de voortstuwers zijn aangepast. De locatie van de voortstuwers is weergegeven met een lijn loodrecht op de stroomrichting en een pijl die de stroomrichting weergeeft. In de anaerobe reactorring is de voortstuwer in de referentiesituatie stroomopwaarts vlak voor de mengkom met overstortrand gesitueerd (zie afbeelding 2). In de variant is deze voortstuwer verplaatst stroomafwaarts van de influentwervelput. De voortstuwer in de anoxische selector is in de variant verplaatst naar locatie stroomopwaarts van de afloop anoxische selector. Door de twee genoemde voortstuwers op deze wijze te verplaatsen is stroomafwaarts van de voortstuwers voldoende ruimte gecreëerd, zodat het pomphuis kan worden afgemaakt alvorens de stroming van het slibwatermengsel wordt beïnvloed door in- of uitgaande stromen. De locatie van de voortstuwer in de anoxische reactorring is niet aangepast. Wel is de opstelhoek van deze voortstuwer aangepast van 20° naar 30°.

In afbeelding 3 zijn de berekende omloopsnelheden in de niet-beluchte ringen op een waterhoogte van 3,2 meter met kleuren weergegeven (van 0-1 m/s). Het stromingspatroon in de verschillende reactorringen is weergegeven met vectoren.

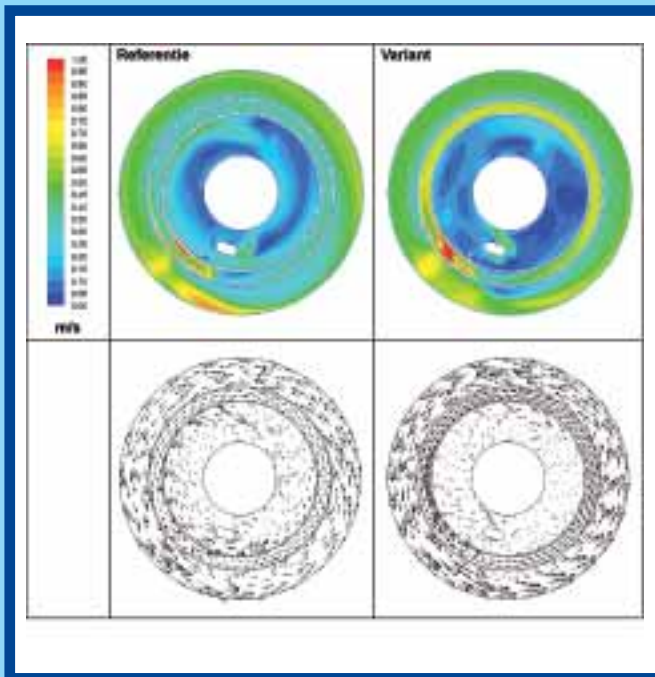
### Anoxische selector

Uit afbeelding 3 blijkt dat door het verplaatsen van de voortstuwer in de anoxische selector de omloopsnelheid duidelijk wordt verhoogd (van 0,25-0,30 naar 0,45-0,50 m/s). Hieruit kan worden geconcludeerd dat de ingaande stroom vanuit de mengkom in de anaerobe reactorring de werking van de voortstuwer negatief beïnvloedt. Door het verplaatsen van de voortstuwer kan het pomphuis zonder verstoringen worden afgemaakt, zodat een hogere stuwkracht (hogere omloopsnelheid) gegenereerd kan worden. In de praktijk kan dus een voortstuwer met een lager energetisch vermogen worden geïnstalleerd mits de juiste locatie wordt gekozen.

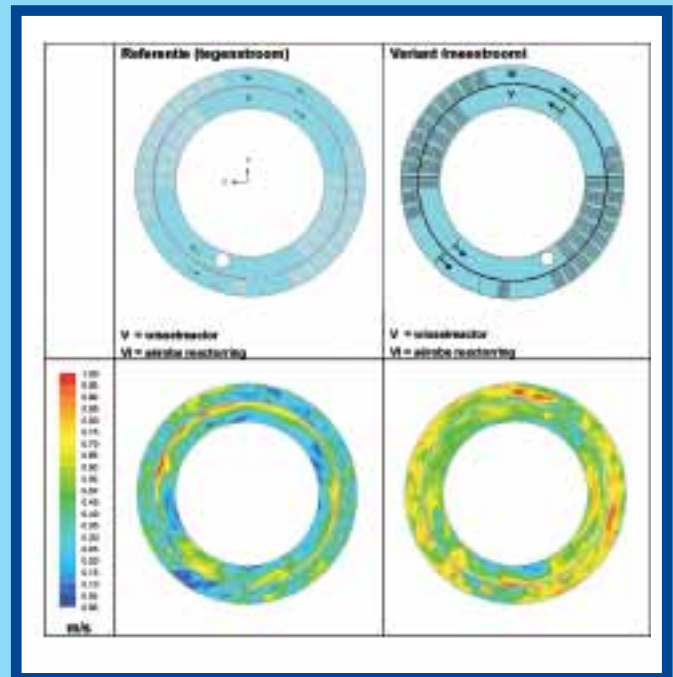
### Anaerobe reactor

In de anaerobe reactor wordt op de bodem in de omgeving van de influentwervelput een lage omloopsnelheid berekend. Dit wordt veroorzaakt door de uittredende stroom uit de wervelput waarvan de stroomrichting ten opzichte van de stroomrichting in de reactorring tegenovergesteld is.

Uit de modelberekeningen blijkt dat direct stroomafwaarts van de influentwervelput de omloopsnelheid significante afneemt. De locatieverandering van de voortstuwer in de anaerobe reactorring heeft maar gedeeltelijk een verbetering van het rendement tot gevolg. De voortstuwer wordt nog steeds



Afb. 3: De omloopsnelheid en de bijbehorende vectorplot op 3,2 meter boven de bodem in de referentiesituatie en de beschreven variant.



Afb. 4: Boven een schematische weergave van de beluchte ringen in de referentiesituatie (tegenstroom) en de variant met meestroom. Onder de omloopsnelheid op 3,2 meter boven de bodem.

stroomopwaarts door de influentstroom afkomstig van de wervelput beïnvloed. De verbetering is in afbeelding 3 te herkennen aan de lengte van de vectoren en de stroomrichting van de vectoren die beter parallel geordend zijn.

### Effect mee- en tegenstroom

Het effect van mee- en tegenstroom wordt geïllustreerd aan de hand van modelberekeningen die zijn uitgevoerd in de beluchte ringen. Om de beide beluchte ringen van dezelfde stroomrichting te kunnen voorzien, is de locatie van de wervelput in de variant (meestroom) 45° tegen de klok in verschoven en is de stroomrichting in de wisselreactor omgedraaid (zie afbeelding 4 boven). In afbeelding 4 zijn de resultaten van de modelberekeningen in de beluchte ringen bij een waterhoogte van 3,2 meter weergegeven. In de variant zijn de omloopsnelheden ten opzichte van de referentiesituatie duidelijk hoger.

De gemiddelde omloopsnelheid bedraagt in de referentiesituatie in de wisselreactor en de aerobe reactorring respectievelijk 0,45 en 0,39 m/s, terwijl deze omloopsnelheden in de meestroom variant 0,53 en 0,62 m/s bedragen. Uit de modelberekeningen bleek dat bij alle waterhoogtes de snelheidsverdeling in de meestroomvariant gelijkmatiger is dan in de referentiesituatie. Uit de modelberekeningen bleek verder dat door uit te gaan van meestroom de kans op kortsluitstromingen veel kleiner is.

Uit afbeelding 4 blijkt dat door het toepassen van meestroom het te installeren vermogen van de voortstuwers in de beluchte ringen kan worden verlaagd. Ten opzichte van tegenstroom kan in dit voorbeeld het te

installeren vermogen met 15 tot 25 procent worden gereduceerd.

### Evaluatie en conclusies

Op basis van de inventarisatie kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Op een aantal rwzi's die uitgevoerd zijn in rondbouw, blijkt dat de vereiste voortstuwing en menging in diverse ringen en compartimenten niet optimaal verloopt. Tot op heden is echter geen overschrijding van de effluenteisen vastgesteld vanwege onvoldoende voortstuwing of menging;
- De kritische omloopsnelheid om bezinking te voorkomen, bedraagt 0,20 m/s. Dit betekent dat op elke locatie in de reactorring een omloopsnelheid van 0,20 m/s gewaarborgd moet zijn;
- Meng- of instroomconstructies in de reactorring moeten zoveel mogelijk worden vermeden;
- Bij het ontwerp van een rwzi in rondbouw mag de locatie van de voortstuwers niet als sluitpost fungeren. Deze moet worden geïntegreerd met het bepalen van de gewenste beluchtingsconfiguratie en de locatie van de verschillende in- en uitgaande stromen van een reactorring.

Op basis van de CFD-modelberekeningen kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- CFD-modellering is een krachtig instrument voor het bepalen van de optimale configuratie van reactoren (locatie in- en uitgaande stroom, locatie beluchtingsvelden, locatie en vermogen voortstuwers). Dit geldt overigens niet alleen voor ronde reactoren, maar ook voor bijvoorbeeld omloopsystemen (met en zonder puntbeluchting);

- CFD modellering kan ertoe bijdragen het te installeren energetisch vermogen van mengers en voortstuwers te minimaliseren. In de praktijk betekent dit een energiebesparing die kan oplopen tot meer dan 20 procent;
- Door de voortstuwers zodanig te positioneren dat het pomphuis van de voortstuwer niet wordt verstoord (voldoende vrije ruimte zowel stroomopwaarts als stroomafwaarts), is het benodigde te installeren vermogen van de voortstuwers het kleinst;
- Bij de inzet van meestroom is de kans op kortsluitstroming tussen twee opeenvolgende reactorringen minimaal en kan het te installeren energetisch vermogen van de voortstuwers significant worden gereduceerd.

\* FlowConcept is een Duits bureau dat gespecialiseerd is in het uitvoeren van CFD-modellering op het gebied van afvalwaterbehandeling.