



Christof Lubbers, Royal Haskoning

Johannes Boersma, Waterschap Aa en Maas

Antoine van Geffen, Waterschap Aa en Maas

Zijn meerkanaalswaaiers toe- pasbaar in de afvalwaterwereld?

Stelt u zich voor dat een nieuw, nog niet opgeleverd influentgemaal van een rioolwaterzuiveringsinstallatie met een hoge capaciteit niet voldoet aan het ontwerpdebiet. Korte tijd nadat de pomp in werking is getreden, loopt het debiet terug tot soms 50 procent van het ontwerpdebiet. Voor zover bekend wordt aan alle gangbare ontwerpregels voor gemalen voldaan. De *Factory Acceptance Test (FAT)* is glansrijk doorstaan; toch faalt de pomp in de praktijk. Een realistische situatie. Waarin verschilt de praktijk van de proefstand? In het gemaal is onderzoek gedaan; ook zijn testen verricht naar de oorzaak van de terugval in debiet. Resultaat: het type waaier van de pomp is bepalend voor de gevoeligheid van het verpompen van gasrijk afvalwater.

De pomp vormt een belangrijk onderdeel van het transportsysteem en is daarom vaak onderwerp van studie. Functioneert dit onderdeel slecht, dan hapert de afvoer van afvalwater met alle consequenties als gevolg van mogelijke overstorten vanden. Basis voor het ontwerp van het transportsysteem zijn de theoretische prestaties van de pomp en de leidingkarakteristiek. De werkpunten over het hele werkgebied van de pomp worden vastgesteld, zodat deze op de proefstand (FAT) te testen is. Als de pomp goed is ingebouwd en aan alle voorwaarden van de pompfabrikant is voldaan, draait de pomp jarenlang naar behoren. Maar: wat als aan alle ontwerpregels is voldaan en het werkpunt van de pomp toch begint af te wijken op de QH-kromme (de relatie tussen debiet en opvoerhoogte)? Waterschap Aa en Maas ondervond dit. De vier pompen van het influentgemaal van de rwzi van Aarle-Rixtel vertoonden al in de opleveringsfase na een renovatie een reductie in capaciteit. De pompen zijn nieuw. Niets wijst op een ontwerpfout. Hetzelfde fenomeen doet zich voor bij rioolgemaal Harensse Broek en een tweede rioolgemaal binnen de zuiveringskring van rwzi Oijen.

Onverklaard verloop

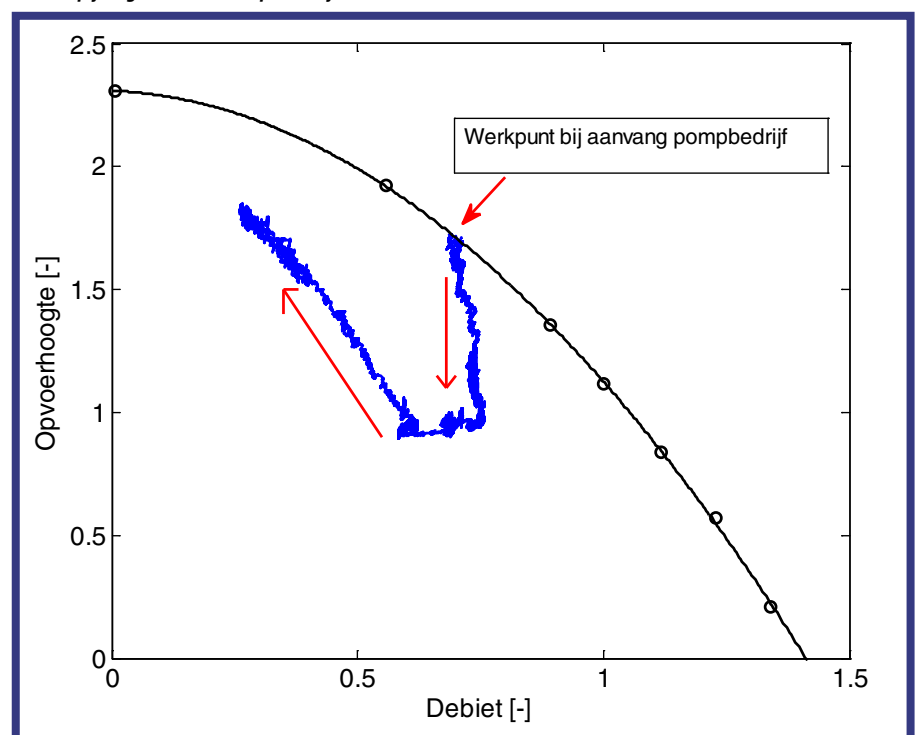
Na renovatie laten de debietregistraties van het influentgemaal een vooralsnog onverklaard verloop zien. Vrijwel direct na het opstarten van de pompen zakt het debiet in. Na inschakeling heeft de pomp, zoals het hoort, een werkpunt op de QH-kromme, zoals de registratie van het werkpunt toont in afbeelding 1. Vervolgens begint het

werkpunt af te wijken van de kromme en in een tijdsduur van soms slechts een half uur is het debiet gehalveerd. De pompregeling probeert dit inzakkende debiet op te vangen door op te toeren.

Wordt de pomp – nadat deze een tijdje uitgeschakeld is geweest – weer

ingeschakeld, dan begint het fenomeen opnieuw met een werkpunt op de QH-kromme, waarna het debiet langzaam afneemt. In de pomp lijkt zich langzaam een verstoring op te bouwen, die ervoor zorgt dat de pomp terugloopt in debiet en dus niet meer aan de QH-kromme voldoet. Als de pomp stopt, verdwijnt de verstoring om

Afb. 1: Meerkanaalswaaier: de werkpunten (blauwe lijn) wijken in de tijd af van de pompkromme (zwarte lijn). De rode pijlen geven het verloop in de tijd aan.



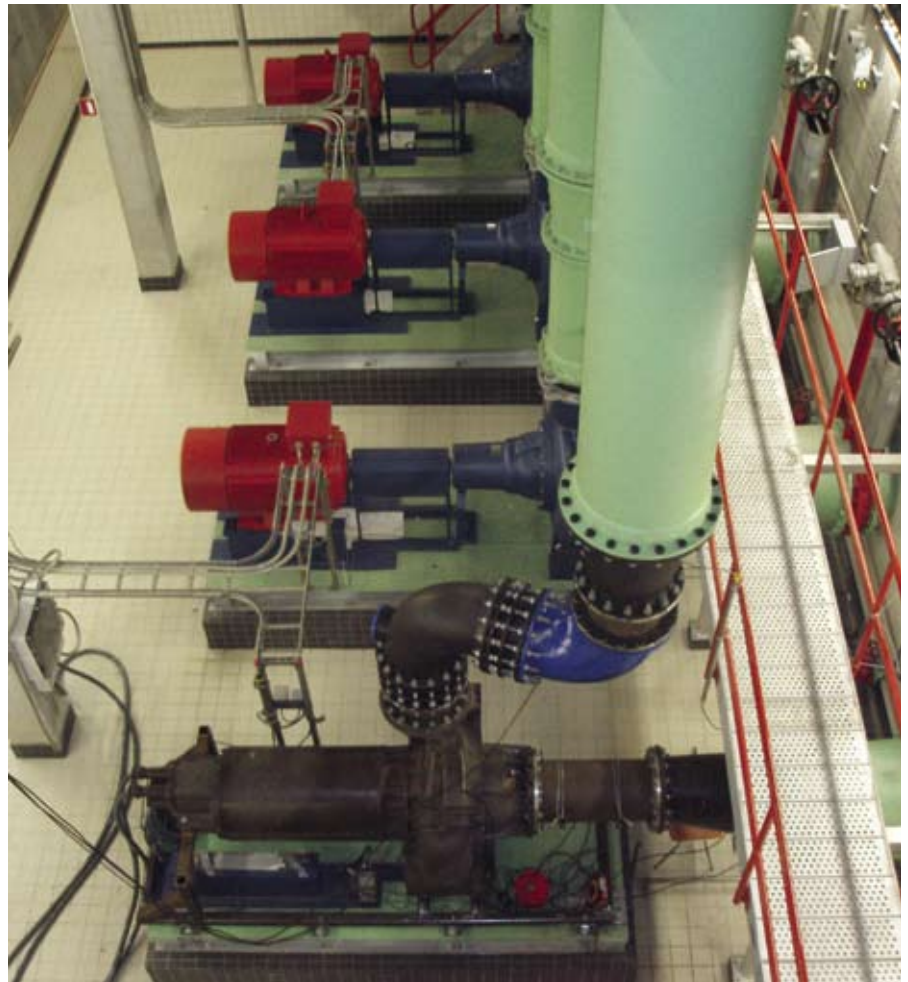
vervolgens weer langzaam op te bouwen na inschakeling van de pomp.

Mogelijke oorzaken

Als een pomp niet voldoet aan de QH-kromme kan dat verschillende oorzaken hebben: cavitatie, vervuiling of verstopping van de waaier; asymmetrische aanstroming van de waaier; draaiing van het water voordat het de waaier instroomt; lokale wervelingen die onderdruk veroorzaken of gas in de waaier, wat de doorstroming blokkeert.

Het typische aan de situatie in Aarle-Rixtel is het tijdsaspect. De pomp begint altijd op de pompkromme om vervolgens af te wijken. We kunnen dan ook aannemen dat de pomp in principe goed functioneert, maar dat in de tijd een verandering optreedt. Onderzocht is of de aanstroming naar de pomp voldoet en of sprake is van vervuiling in de pomp. Zonder resultaat. Het water is voldoende vrij van vuil en de aanstroming vanuit de ontvangkelder is gevarieerd door schotten te plaatsen en zelfs door de zuigmonden te verwijderen. Zonder duidelijk verschil echter in de prestaties van de pomp.

De drie gemalen waar het probleem zich voordoet, verschillen wat betreft de aanstroming van de pomp vanuit de natte kelder, de zuigleiding en de opstelling van de pomp. We constateren in geen van de gevallen cavitatie. Bij Aarle-Rixtel is de aanstroming uitgebreid geperfectioneerd. Dit leidde niet tot verbetering. De enige geconstateerde overeenkomsten zijn het type water, namelijk afvalwater, en het type pomp, namelijk pompen met een meerkanaalswaaier. Bij Aarle-Rixtel is in het traject voorafgaande aan deze studie de nieuwe meerkanaalswaaier vervangen door een meerkanaalswaaier van een andere fabrikant, om zo vast te kunnen stellen of het probleem is veroorzaakt door deze specifieke pomp. Maar, ook de pomp van het andere fabrikaat vertoont hetzelfde probleem. Zou de vorm van de waaier in combinatie met ontgassing in de kern van de waaier de oorzaak zijn van de afname van het debiet?



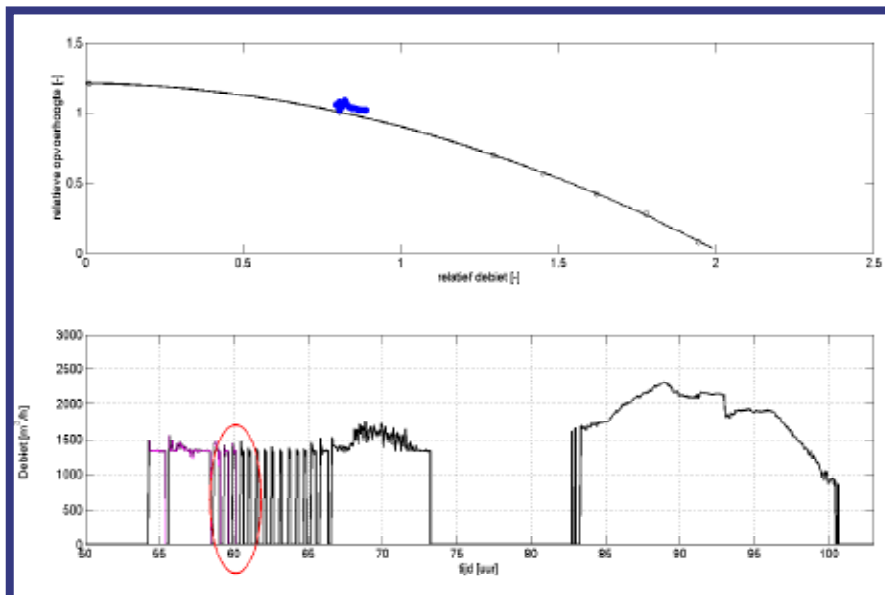
Opstelling van de drie originele pompen en de zwarte geteste schroefcentrifugaalpomp van het influentgemaal van Aarle-Rixtel

Hypothese: ontgassing, analogie met cavitatie

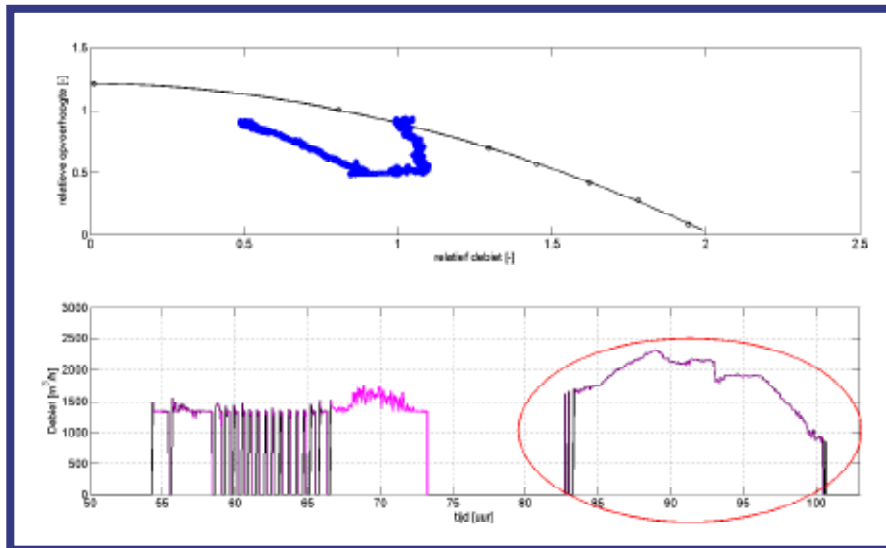
Van afvalwater is bekend dat er veel gas in opgelost kan zijn door biochemische reacties. Na verder onderzoek blijkt dat in dit geval vooral sprake is van gasopname door regendruppels. De mate van afval van het werkpunt ten opzichte van de pompkromme is duidelijk het grootst tijdens RWA. De afbeeldingen 2 en 3 tonen de gemeten

werkpunten tijdens een DWA- en een RWA-situatie. De onderste grafiek van beide figuren toont een debietregistratie over een bepaalde periode. Het eerste deel laat een DWA-afvoer zien waarbij de pomp uit- en ingeschakeld wordt. Het tweede deel laat de afvoer zien tijdens een langdurige regenbui. De bovenste grafiek van beide figuren toont de werkpunten van de periode in de rode cirkel.

Afb. 2: Boven de werkpunten tijdens DWA, onder de debietregistratie.



Mogelijke oorzaak van het probleem is ontgassing in de pomp. In de waaier van de pomp treedt namelijk een grote onderdruk op. De onderdruk is waaiervormspecifiek en bepaalt de onderdruk die nodig is om cavitatie te voorkomen; de NPSH-karakteristiek. In het geval van afvalwater met mogelijk veel opgelost gas kan al bij een hogere onderdrukwaarde ontgassing plaatsvinden. De ontgassing en de daarmee gepaard gaande gasbellen ontstaan op dezelfde locatie in de waaier waar ook cavitatie zou ontstaan. Dit betekent dat de oorzaak van gasbellen tijdens ontgassing vergelijkbaar is met de formatie van dampbellen tijdens cavitatie en eenzelfde effect heeft. Wanneer zo'n gasbel een deel van een waaierkanaal vult, beperkt het de doorgang voor water en zullen debiet en druk afnemen. Dit beeld klopt met de geconstateerde problemen. Op verschillende dagen en vooral tussen RWA- en DWA-aanvoer zitten grote verschillen in de mate van afwijking van het werkpunt. Ontgassingskrommen zoals we die voor



Afb. 3: Boven de werkpunten tijdens RWA, onder de debietregistratie.

cavitatie kennen (NPSH-krommen), bestaan niet, simpelweg omdat die volledig afhangen van de waterkwaliteit en de concentratie opgelost gas.

Een ander aspect dat meeweegt, is het lagere toerental tijdens DWA. Hierdoor zal de onderdruk in de waaier kleiner zijn, waardoor ook de mate van ontgassing kleiner is. Tijdens RWA neemt het toerental toe en is de gasconcentratie van het regenwater hoger. Deze combinatie zorgt ervoor dat ontgassing plaatsvindt. Afhankelijk van het type waaier heeft deze ontgassing invloed op de prestatie van de pomp.

Is er bewijs voor deze theorie?

Het best denkbare bewijs zou zijn dat een gaspocket was waargenomen in de waaier. Hoop was gevestigd op een transparante zuigleiding, maar omdat het afvalwater te vuil is, bedroeg het zicht slechts enkele centimeters. Toch bestaat ondersteunend bewijs voor deze theorie. Op het influentgemaal is de pomp met de meerkanaalswaaier vervangen door een andere pomp met een meerkanaalswaaier van een andere fabrikant. Het resultaat was hetzelfde: het debiet nam in korte tijd sterk af. Om te bepalen of de waaivorm invloed heeft op de geconstateerde afwijking van het werkpunt, is op deze locatie getest met een pomp met een ander type waaier, namelijk met een schroefcentrifugaalwaaier. Met een sterk verbeterd resultaat, zoals te zien is in afbeelding 4. Er is slechts een lichte afwijking ten opzichte van de theoretische pompkromme waargenomen.

Vervolgens is ook bij rioolgemaal Harens Broek de pomp vervangen door een pomp met een schroefcentrifugaalwaaier, met hetzelfde gunstige resultaat. Afbeelding 5 laat zien dat ook bij dit gemaal het type waaier van invloed is op de pompprestatie. Ofwel: het is goed mogelijk dat de vorm van de waaier invloed heeft op de hoeveelheid gas die uit de oplossing komt én op de locatie binnen de waaier waar deze ontgassing optreedt. Daarnaast heeft de waaier invloed op het doorvoeren van

het gas door de pomp. De metingen geven aan dat dit proces gunstiger verloopt bij een schroefcentrifugaalwaaier dan bij een meerkanaalswaaier. Dit komt wellicht doordat gas de neiging heeft naar de as van de waaier te bewegen. De meerkanaalswaaier is symmetrisch om de as. Gas dat daar terechtkomt, zal minder snel verstoord worden. De schroefcentrifugaalwaaier ligt asymmetrisch rond de as. De punt van de waaier bevindt zich op de as, waardoor gas naar buiten gewerkt wordt door de waaier.

Wat zijn de consequenties voor de praktijk?

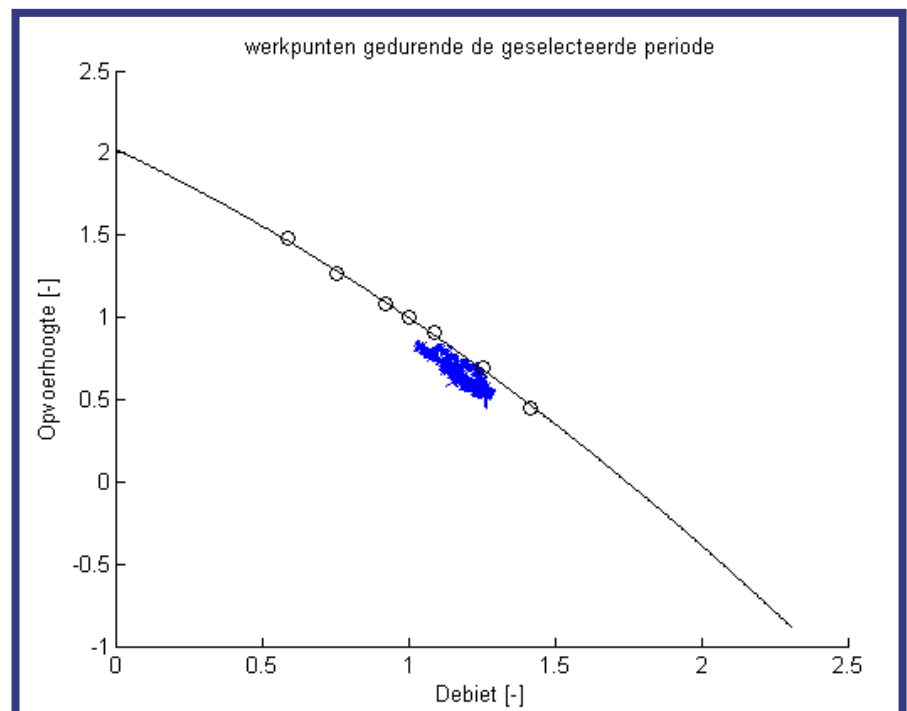
Op verschillende locaties met pompen van drie fabrikanten van meerkanaalswaaiers is geconstateerd dat de werkpunten kunnen afwijken van de pompkromme. De toepassing van meerkanaalswaaiers wordt bepaald door de grootte van de capaciteit. Boven een bepaalde capaciteit zijn één-kanaalswaaiers niet meer toe te passen

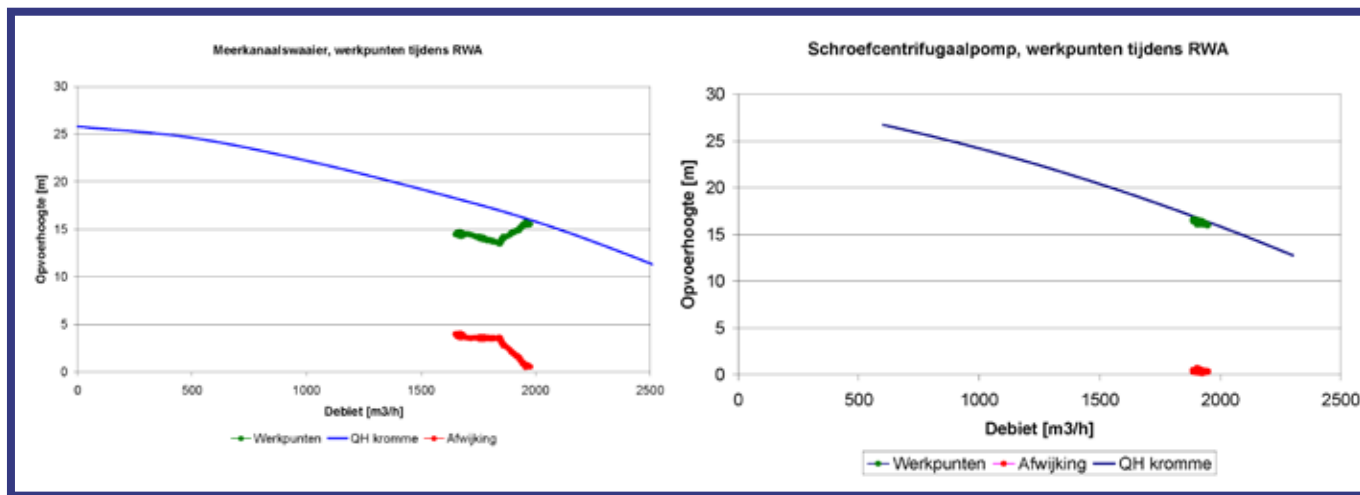
en is een overstap naar meer kanalen nodig. Omdat één-kanaalswaaiers niet symmetrisch op de as staan, is het mogelijk dat dit type pomp weinig last heeft van capaciteitsreductie door gas. Er zijn echter geen metingen verricht aan één-kanaalswaaiers om dit te bevestigen. De geconstateerde afwijkingen hebben mogelijk grote consequenties voor de praktijk. Deze afwijking wordt niet geconstateerd tijdens de FAT-testen. En dus kunnen we vraagtekens plaatsen bij de waarde van een FAT voor een afvalwatertoepassing, wanneer deze uitgevoerd wordt met schoon gasarm water. Een dergelijke FAT zou uit te breiden zijn met testen met gasrijk water.

Maakt het beschreven probleem pompen met meerkanaalswaaiers ongeschikt voor toepassing van afvalwatertransport? Hoewel het probleem zich op meerdere locaties manifesteert en bij verschillende pompfabrikanten, kunnen we niet concluderen dat ontgassing alle meerkanaalswaaiers beïnvloedt. Op de onderzochte locaties blijkt wel dat het type waaier van grote invloed is op de prestaties van de pomp. Op het influentgemaal van de rwzi van Aarle-Rixtel en bij rioolgemaal Harens Broek is vastgesteld dat de pomp met een schroefcentrifugaalwaaier duidelijk beter presteert. De specifieke vorm van dit type waaier heeft blijkbaar de eigenschap dat het gas na ontgassing niet in de waaier opgehoopt blijft, maar verder getransporteerd wordt.

Dat brengt ons bij de vraag hoe we deze informatie gebruiken in het ontwerpproces van afvalwatertransport. Is ontgassing de hoofdoorzaak van het probleem, dan kunnen we kiezen voor een pomp met een lage zuigdrukbehoefte (NPSH). Een hoge NPSH-behoefte betekent dat sprake is van een grote onderdruk in de waaier en dat de kans op ontgassing en op cavitatie bij de pomp groter is. Naast onderdruk speelt ook de potentie van de waaier om gas verder

Afb. 4: Schroefcentrifugaalwaaier: de werkpunten liggen dicht bij de QH-kromme.





Afb. 5: Rioolgemaal Harense Broek. Meerkanaalswaaier (links) versus schroefcentrifugaalwaaier (rechts).

door de waaier te transporteren een rol. Onze hypothese: door de asymmetrie van de meerkanaalwaaiers kan gas in het centrum van de waaier blijven hangen, terwijl dit probleem zich in mindere mate voordoet bij een schroefcentrifugaalwaaier.

Gevolgen van het onderzoek

Onderzoek naar de oorzaak van de terugval in debiet toont aan dat het type waaier van de pomp bepalend is voor de gevoeligheid van het verpompen van gasrijk afvalwater. Het lijkt erop dat in de kern van de waaier gas vrijkomt uit het water, waar de druk het laagste is. Afhankelijk van de waaivorm

is de pomp in staat dit water-gasmengsel efficiënt te verpompen. Voor Waterschap Aa en Maas hebben deze inzichten geleid tot het vervangen van alle vier pompen met een meerkanaalswaaier door pompen met een schroefcentrifugaalwaaier.

Royal Haskoning heeft op basis van deze inzichten een monitoringsysteem ontwikkeld dat in de toekomst een dergelijk probleem snel en effectief kan analyseren. Door het plaatsen van *smartsoft*-sensoren in het transportsysteem is het mogelijk een systeem te creëren dat de beheerder informeert over het functioneren van leidingen en pompen.

Discussie

Het probleem dat de werkpunten van de pomp afwijken van de theoretische QH-kromme, doet zich voor op drie locaties onder duidelijk verschillende omstandigheden, met pompen van verschillend fabrikaat. De meerkanaalswaaiers hadden drie en vier kanalen en een capaciteit tussen 1500 en 3500 kubieke meter per uur. Er zijn geen metingen verricht aan één- of twee-kanaalwaaiers. Over de gevoeligheid van deze waaiers voor gasrijk water bij deze pompen kunnen we dan ook niets concluderen.