

Martijn Tas, Vitens Waternet

Kees van Beek, KWR Watercycle Research Institute

Rob Bredveld, Vitens Waternet

René Kollen, Vitens Waternet

Naar een verstoppingvrij puttenveld Tull en 't Waal (V): stand van zaken

Puttenveld Tull en 't Waal (Vitens Midden Nederland) heeft ernstig te lijden van boorgatwand (of mechanische) putverstopping. Om deze verstopping tegen te gaan, worden de putten sinds augustus 2005 regelmatig aan- en uitgeschakeld. Het regelmatig putschakelen heeft tot een aanzienlijke verbetering geleid: moesten de putten voordien iedere twee à vier jaar worden geregenereerd; afgelopen vier jaar is slechts één put geregenereerd.

Om putverstopping te voorkomen hebben wij bijna drie jaar geleden in dit tijdschrift aanbevolen putten dagelijks regelmatig aan en uit te schakelen¹⁾. Deze wijze van preventie heeft betrekking op putten die gevoelig zijn voor het optreden van boorgatwand (of mechanische) verstopping. In Nederland betreft dit putten die anoxisch (sulfaatreducerend) grondwater onttrekken aan (semi-) spanningspakketten.

Inmiddels wordt op puttenveld Tull en 't Waal regelmatig putschakelen, met behulp van een carrousel²⁾. Dit artikel beschrijft de stand van zaken. De ervaringen zijn gunstig: was het in het verleden noodzakelijk de putten iedere twee à vier jaar te regenereren, in de afgelopen vier jaar was het slechts nodig om één put te regenereren. Vooraf zullen wij

eerst de methode van putschakeling (carrousel-schakeling) in herinnering roepen²⁾.

Carrousel putschakeling

Om tot een regelmatige afwisseling van ontzetting en rust te komen zijn de putten in een carrousel-schakeling geplaatst (zie de tabel).

De schakeling omvat vijf carrousets, waarbinnen de putten rouleren. Alle putten boven het actuele niveau in de reinwaterkelder (de watervraag) zijn steeds in bedrijf. Het niveau in de reinwaterkelder komt overdag gewoonlijk overeen met niveaugroep 4; niveaugroep 5 schakelt af en toe bij, en de groepen 6 t/m 9 alleen bij calamiteiten.

Binnen de carrousets schuiven alle putten per drie uur kloksgewijs een plaats op; de put in eerste positie sluit aan in derde positie, de

put in tweede verschuift naar eerste positie en de put in derde naar tweede positie. In het schakelschema van Tabel 1 zullen in carrousel 1 en 5 dus regelmatig twee putten tegelijkertijd in bedrijf zijn en dus zes uur draaien: de in bedrijf zijnde eerste put schakelt uit en schuift aan in de derde positie, de tweede in bedrijf zijnde put schuift door naar de eerste positie en blijft in bedrijf, en de derde put schuift door naar de tweede positie en komt in bedrijf (voor verdere details zie Van der Wurff *et al.*²⁾). Deze carrousel-schakeling is sinds augustus 2005 operationeel (voor meer informatie over opzet en uitvoering van schakelschema's zie Raaij³⁾).

Dit aantal is voor alle putten binnen één carrousel nagenoeg identiek. Omdat alle putten iedere drie uur rouleren, kunnen verschillen in de mate van putschakelen (gemiddelde duur van opeenvolgende

Indeling van de putten in carrousets en groepen.

carrousel	putten nummer	niveau groepen reinwaterkelder								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1*	20, 21, 22	X			X			X		
2	24, 25, 26					X	X			X
3	23, 27, 28	X					X			X
4	29, 30, 31			X				X		X
5	33, 34, 35		X		X				X	

NOTEN

* In oktober 2006 buiten bedrijf gesteld

perioden van onttrekking en van rust) globaal worden weergegeven als verschillen in aantallen draaiuren per maand (voor de berekening van het aantal bedrijfsuren/maand zie Van der Wurff *et al.*²³).

Uitvoering en verwerking van de metingen

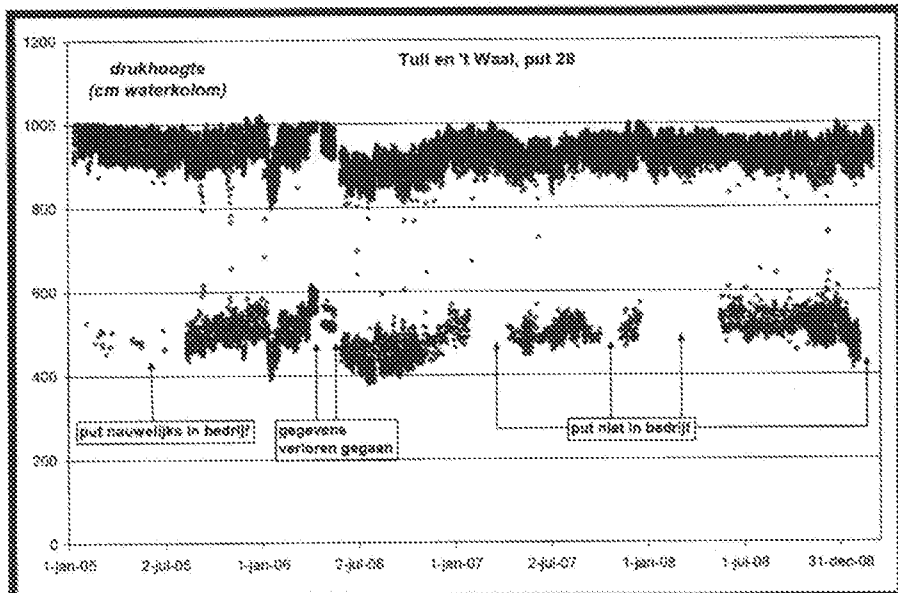
In alle putten van puttenveld Tull en 't Waal zijn drukmeters gehangen. Omdat de diameter van het waarnemingsfilter in de put zelf te klein was, zijn deze meters gehangen in het waarnemingsfilter in de omstorting. Deze meters registreren ieder half uur de druk en slaan deze in het geheugen op. Op een aparte druk meter wordt ieder half uur de barometerdruk geregistreerd en opgeslagen. De opgeslagen waarden worden regelmatig (eens per drie maanden) uitgelezen.

De gemeten druk minus de barometerdruk is gelijk aan de stijghoogte van het grondwater. Bij alle putten kunnen in de druk twee niveaus worden onderscheiden: een hoog niveau representatief voor de situatie tijdens rust, en een lager niveau representatief voor de situatie tijdens bedrijf (zie afbeelding 1). Als maat voor de afpomping wordt het verschil in druk tussen twee opeenvolgende waarnemingen gebruikt, indien dit verschil groter is dan 100 cm:

Indien $(p_{t=1} - p_{t=2}) > 100$ cm, dan is $\Delta s = p_{t=1} - p_{t=2} = h_{t=1} - h_{t=2} + a_{t=1} - a_{t=2}$.

Hierin is Δs de afpomping, p de druk, h de stijghoogte, a de barometerdruk, alles in cm H₂O, en $t=1$ en $t=2$ tijdstippen van twee opeenvolgende metingen, met een pauze van 30 minuten.

Omdat de barometerdruk niet altijd beschikbaar is, is het verschil tussen beide niveaus in druk gebruikt als maat voor de afpomping in plaats van het verschil tussen beide niveaus in stijghoogte. Luchtdrukverschillen van meer dan 1 mbar ($\approx 0,1$ cm H₂O) over een half uur komen zelden voor, zodat de bijdrage van $(a_{t=1} - a_{t=2})$ aan de afpomping verwaarloosbaar is. Het rust- en het bedrijfsniveau in afbeelding 1 vertonen beiden



Afb. 1: Verloop van de druk gemeten in put 28 (gemeten iedere twee uur). Tot 24 april 2006 beweegt de ruststand zich tegen de bovengrens van het meetbereik van de drukopnemer, doch de invloed daarvan op de berekende afpomping is verwaarloosbaar. Gegevens tussen 14 en 28 april en 17 en 29 mei 2006 ontbreken. De put heeft niet gedraaid tussen 28 januari en 12 april 2007, 3 oktober en 9 november 2007, 13 december 2007 en 16 mei 2008 en na 3 februari 2009. Voor introductie van de carrousselschakeling op 17 augustus 2005 heeft de put nauwelijks gedraaid.

enige vergelijkbare variatie. Deze wordt veroorzaakt door het al dan niet in bedrijf zijn van omringende putten (onderlinge beïnvloeding) en de variatie in volumestroom tijdens onttrekking (alle putten leveren op dezelfde verzameling; de volumestroom is groter indien de put als enige levert en kleiner indien alle putten tegelijkertijd leveren). Uit afbeelding 1 blijkt bovendien dat het voor de variatie in drukhoogte tijdens rust, op het oog, geen verschil maakt of de put al dan niet in bedrijf is. Blijkbaar is na schakelen, praktisch gesproken, binnen 30 minuten evenwicht in drukhoogte bereikt. Dit wordt bevestigd door het nagenoeg afwezig zijn van waarnemingen tussen beide niveaus.

Resultaten

Het effect van putschakelen op de afpomping is onderzocht. De putten zijn niet identiek: ze verschillen in filterlengte, filterdiameter, boorgatdiameter, mate van

ontwikkelen bij oplevering en mate van verstopping, deeltjesconcentratie in het (ontrokken) grondwater, capaciteit van de onderwaterpomp, etc. Daardoor zal iedere put anders reageren. Het effect van verschillen in bedrijfsvoering op het verloop van de afpomping wordt getoond aan de hand van de putten 28 en 29 uit respectievelijk carrousel 3 en 1, en het effect van verschillen in putaanleg, etc. bij eenzelfde bedrijfsvoering aan de hand van de putten 33, 34 en 35 (carrousel 5).

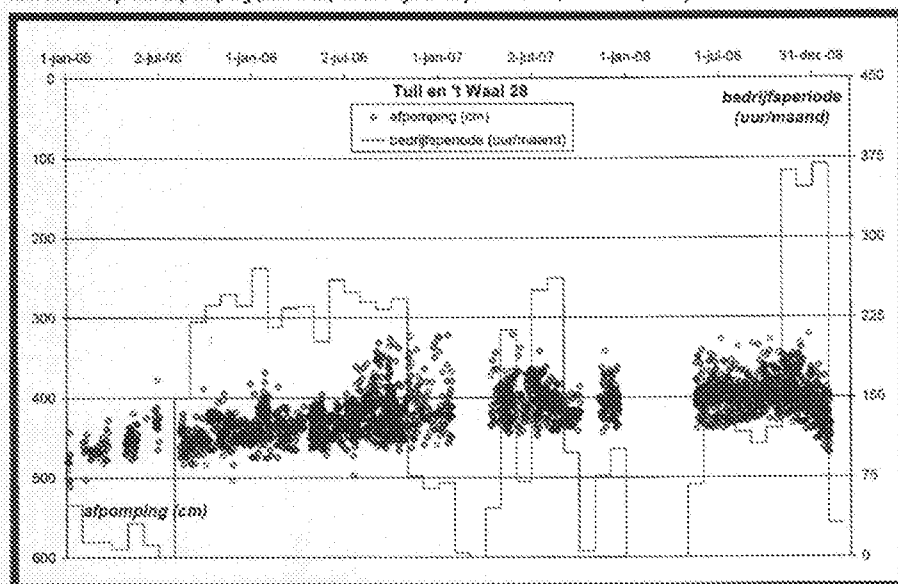
Carrousel 3: de putten 23, 27 en 28

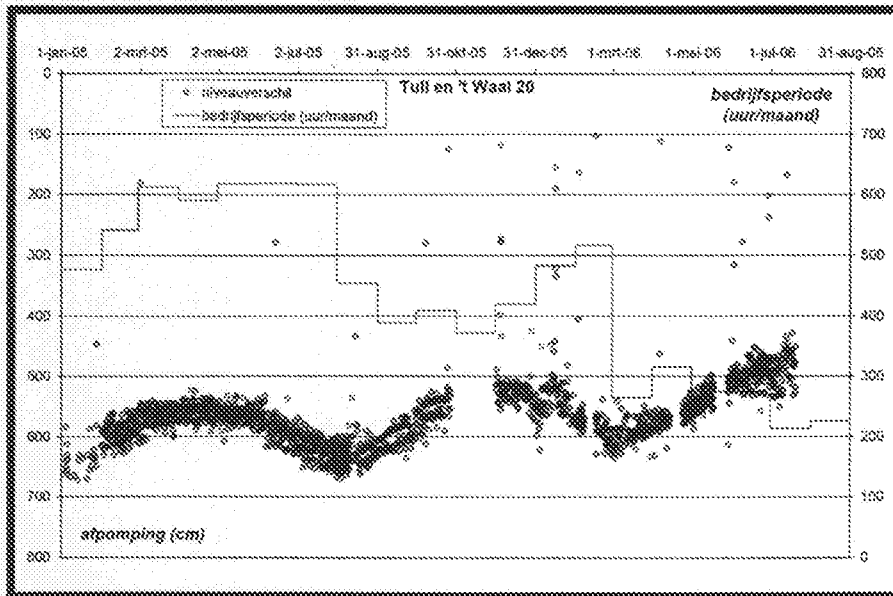
Afbeelding 1 toont voor put 28 het verloop van de geregistreerde drukken, waarbij het hoge niveau de situatie tijdens rust weergeeft en het lage niveau de situatie tijdens bedrijf. Gelijktijdige onderbrekingen in het hoge en in het lage niveau duiden op ontbrekende gegevens. Onderbrekingen in het hoge niveau, waar wel waarden voor het lage niveau aanwezig zijn, duiden op continue onttrekking. Omgekeerd, onderbrekingen in het lage niveau, waar wel waarden voor het hoge niveau aanwezig zijn, duiden op rust.

Het verschil tussen beide niveaus in afbeelding 1 is gelijk aan de afpomping. Het verloop van de afpomping is in afbeelding 2 weergegeven. Deze afbeelding toont tevens het aantal bedrijfsuren per maand als afgeleide maat voor het regelmatig putschakelen. Vergelijking van de afpomping met het aantal bedrijfsuren bevestigt dat de put regelmatig lange perioden niet heeft gedraaid.

Afbeelding 2 laat zien dat de afpomping langzaam afneemt bij gelijkblijvend aantal bedrijfsuren per maand (ca 240), maar nauwelijks reageert op de verminderde intensiteit na 5 september 2007, en vervolgens tot 4 november 2008 nagenoeg constant blijft. Dit lijkt strijdig (verbetering bij veel bedrijfsuren per maand, en geen verbetering bij minder uren), maar de

Afb. 2: Verloop van afpomping (linker as) en bedrijfsuren per maand (rechter as) van put 28.





Afb. 3: Verloop van afpompings (links) en van het aantal bedrijfsuren per maand (rechts) van put 20. De put heeft tussen 14 en 21 januari 2005 niet gedraaid. De resultaten van de metingen tussen 27 oktober en 1 december 2005, 7 en 16 februari 2006, 14 en 24 april 2006, 18 en 29 mei 2006 en na 20 juli 2006 ontbreken; vergelijk met het aantal bedrijfsuren/maand.

ruimte voor verbetering (= verkleining van de afpompings) is beperkt: blijkbaar is de afpompings bij oplevering bereikt, en is verdere verbetering niet mogelijk. De ruimte voor toename van de afpompings is daarentegen nagenoeg onbeperkt. De snelle toename van de afpompings na 4 november 2008 valt samen met een toename in het aantal bedrijfsuren naar circa 360 per maand. Veranderingen in de af- of toename van de afpompings vallen dus samen met veranderingen in draaiuren per maand (en dus in de duur van de opeenvolgende draai- en rustperiodes). Uit afbeelding 2 blijkt dat put 20 zonder te verstopten 240 uur/maand (of meer?) in bedrijf kan zijn, maar zeker geen 360 uur/maand.

Carrousel 1: de putten 20, 21 en 22

Afbeelding 3 toont het verloop van de afpompings en van het aantal bedrijfsuren/maand voor put 20.

Uit afbeelding 3 blijkt dat de afpompings direct en sterk reageert op veranderingen in bedrijfsvoering. De put verbetert vanaf januari tot april 2005, maar daarna is het aantal bedrijfsuren zodanig toegenomen dat de afpompings weer toeneemt. Introductie van de carouselschakeling op 17 augustus 2005 gaat samen met een vermindering van het aantal bedrijfsuren en met een afname van de afpompings. Door een geleidelijke toename van het aantal bedrijfsuren na november 2005 neemt ook de afpompings weer toe. Ten slotte neemt door een abrupte afname van het aantal bedrijfsuren op 3 maart 2006 de afpompings weer drastisch af. Gezien de afpompings (circa zes meter) is de put behoorlijk verstopt, waardoor flinke reacties op gunstiger en ongunstiger bedrijfsvoeringen mogelijk zijn. Uit de afbeelding blijkt dat deze put zonder te verstopten 400 uur/maand kan draaien.

Merk op dat de put in januari en februari 2005 bij een bedrijfstijd van 500 uur/maand verbetert, en in januari en februari 2006 bij

een gelijke bedrijfstijd verslechtert. Blijkbaar vormt het aantal bedrijfsuren per maand geen goede definitie voor regelmatig putschakelen.

Carrousel 5: de putten 33, 34 en 35

Afbeelding 4 toont het verloop van de afpompings en van de bedrijfsvoering voor put 33. Tussen 10 januari en 2 februari 2006 is aan de put met wisselende capaciteit continu onttrokken en tussen 30 juni en 17 juli 2007 intermitterend voor het schoonpompen na regeneratie.

Op 10 januari 2006 is de onderwaterpomp van circa 70 kubieke meter per uur in put 33 vervangen door een grotere pomp van circa 100 kubieke meter. De afpompings op 10 januari 2006 bedroeg circa 140 cm en op 2 februari 2006 circa 270 cm. De afpompings ten gevolge van het inhangen van een grotere pomp komt overeen met $100/70 \times 140 = 200$ cm. De toename in de

afpompings bedraagt $270 - 200 = 70$ cm en wordt veroorzaakt door het optreden van putverstopping als gevolg van de voorafgaande continue onttrekking. Het optreden van verstopping komt ook tot uiting in een afname van de specifieke volumestroom: vooraf $70/1,40 = 50$ kubieke meter per uur per meter afpompings, en naderhand $100/2,70 = 37$ kubieke meter, een afname van $(50-37)/50 \times 100$ procent = 26 procent.

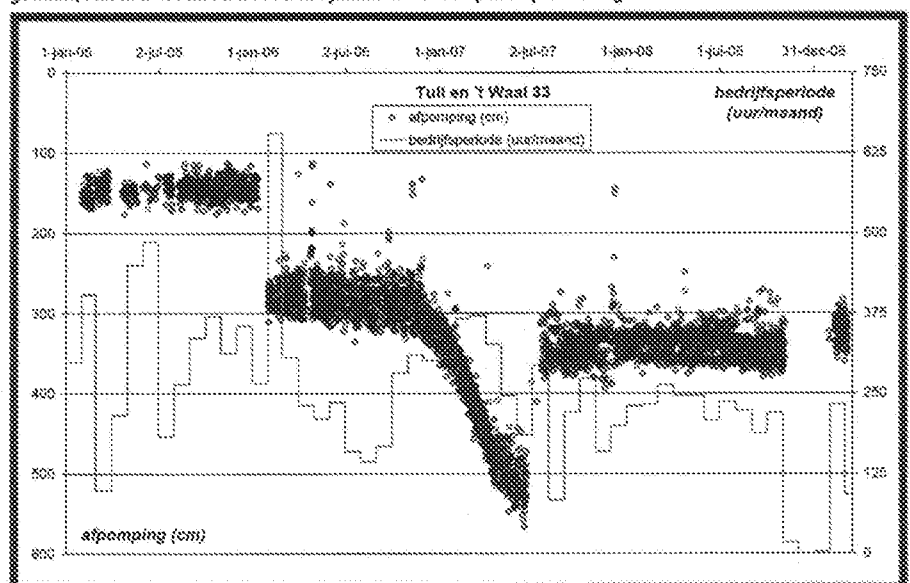
Na 21 april 2006 neemt de afpompings voortdurend langzaam toe, om na 17 november 2006 zeer sterk toe te nemen. Op 22 september en op 17 november 2006 zijn veranderingen in de bedrijfsvoering/putschakeling aangebracht. Deze intensivering in bedrijfsvoering wordt weerspiegeld in een toename van het aantal bedrijfsuren/maand per oktober 2006.

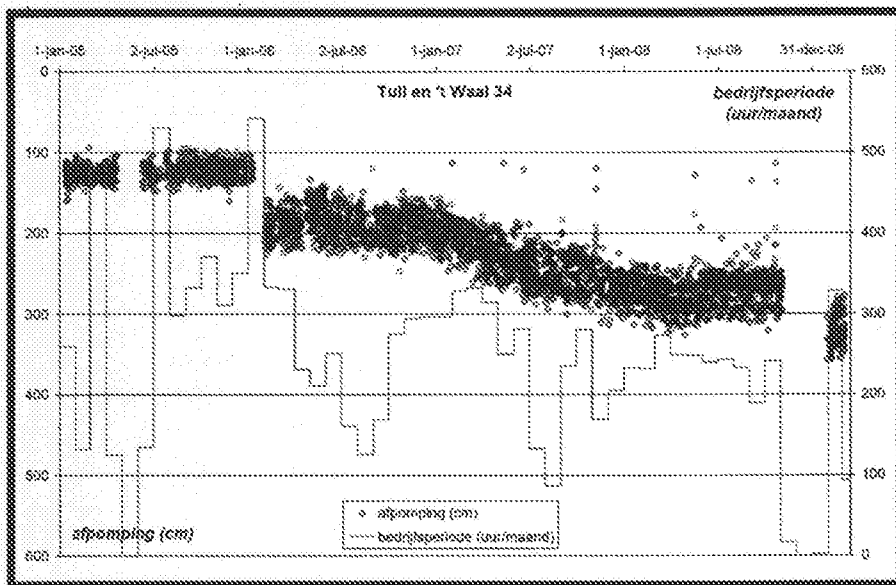
Tussen 16 juni en 20 juli 2007 wordt de put geregenereerd, voor regeneratie bedraagt de specifieke volumestroom circa $100/5,10 = 19,6$ kubieke meter per uur per meter afpompings en na $100/3,40 = 29,4$ kubieke meter. Omdat de verstopping zich op de boorganwand bevindt, zijn deze putten lastig te regenereren. Bovendien was de put ernstiger verstopt dan de heft van de waarde van de oorspronkelijke specifieke capaciteit, de uiterste aanbevolen waarde om tot regeneratie over te gaan.

Na regeneratie wordt overgegaan op een minder intensieve bedrijfsvoering. De afpompings van de put blijft vervolgens nagenoeg constant of neemt iets toe. Blijkbaar is dit de maximale belasting (circa 240 uur/maand) die put 33 momenteel kan trekken. De vermindering van de afpompings nadat de put van 2 november 2008 tot 9 februari 2009 buiten bedrijf is geweest, is in lijn met de verwachting.

Merk op dat de put van juli tot en met september 2006 bij een bedrijfstijd van 160 uur/maand begint te verstopten en gedurende augustus 2007 tot november 2008 bij grotere bedrijfstijd vrijwel gelijk blijft.

Afb. 4: Verloop van afpompings (links) en bedrijfsuren per maand (rechts) van put 33. Tot de introductie van de carouselschakeling op 17 augustus 2005 is de put regelmatig langere tijd continu in bedrijf en buiten bedrijf is geweest; tussen 2 november 2008 en 29 januari 2009 is de put uit productie geweest.





Afb. 5: Verloop van de afpomping (linker as) en van de bedrijfsintensiteit (rechter as) voor put 34. Tussen 20 april en 8 juni 2005 en tussen 2 november 2008 en 29 januari 2009 heeft de put niet gedruaid.

Afbeelding 5 toont het verloop van de afpomping en van de bedrijfsintensiteit voor put 34. Op 8 januari 2006 is de onderwaterpomp van circa 70 kubieke meter per uur vervangen door een grotere pomp van circa 100 kubieke meter per uur, en is vervolgens tot 3 februari 2006 met wisselende capaciteit continu onttrokken. Voor deze continue onttrekking bedraagt de afpomping circa 120 cm en era circa 190 cm. De afpomping ten gevolge van het inhangen van een grotere pomp komt overeen met $100/70 \cdot 120 = 170$ cm. De toename in de afpomping ten gevolge van de voorafgaande continue onttrekking bedraagt dus circa $190 - 170 = 20$ cm. Dit verschil komt ook tot uiting in de specifieke volumestroom: voor de continue onttrekking $70/1,20 = 58,3$ kubieke meter per uur per meter afpomping, en era $100/1,90 = 52,6$ kubieke meter per uur, een afname van $(58,3 - 52,6)/58,3 \cdot 100\% = 10\%$. De toename in de afpomping wordt dus grotendeels veroorzaakt door de aanwezigheid van een grotere pomp en voor een klein deel door het optreden van verstopping.

Uit afbeelding 5 blijkt dat de afpomping na 17 november 2006 langzaam toeneemt; de put begint langzaam te verstopen. Voor die tijd was al op een intensievere bedrijfsvoering overgegaan, zoals weerspiegeld in een toename van het aantal bedrijfsuren per maand. Blijkbaar reageert de afpomping hier met enige vertraging op de verandering in bedrijfsvoering. Dit was ook al bij put 33 het geval. De afpomping (verstopping) blijft langzaam toenemen tot 5 december 2007, waarna deze gelijk blijft. Al op 15 juli 2007 was echter op een minder intensieve bedrijfsvoering overgegaan.

De toename van de afpomping nadat de put van 2 november 2008 tot 9 februari 2009 buiten bedrijf is geweest, wordt veroorzaakt door het inhangen van een grotere pomp. Afbeelding 6 toont het verloop van de afpomping en van het aantal bedrijfsuren per maand van put 35, behorend tot hetzelfde carrousel als put 33 en put 34. In deze put is regelmatig een andere pomp ingehangen,

maar de afpomping blijft constant. Er is dus geen sprake van putverstopping.

De verstoppingsnelheid van de putten 33, 34 en 35 is zeer verschillend; na overschrijding van een (onbekende) grens verstopt put 33 snel, put 34 matig en put 35 niet. Dit aantal is te klein om tot conclusies te komen, maar de relatie met de duur van open staan van het boorgat (op diepte) is frappant: put 33 stond 7 dagen open, put 34 4 dagen en put 35 0 dag. De kortere tijd van open staan resulteerde ook in een hogere waarde van de specifieke volumestroom na maximale ontwikkeling⁶. Hierbij wordt voorbij gegaan aan verschillen in filterlengte, capaciteit van de onderwaterpomp, etc.

Conclusies en aanbevelingen

- Uit de getoonde voorbeelden blijkt duidelijk dat een relatie bestaat tussen afpomping en bedrijfsvoering: boorgatwandverstopping (mechanische verstopping) is met gerichte bedrijfsvoering (regelmatig puitschakelen) te voorkomen;

- De meest ongunstige bedrijfsvoering bestaat uit continue onttrekking (zie ook Hoogendoorn et al.⁷), zoals langdurige pompproeven op (nieuwe) putten en langdurig schoonpompen na regeneratie;
- Daarom wordt aanbevolen na regeneratie niet meer dan een half uur per dag te onttrekken. Afhankelijk van het toegevoegde volume (chemicaliën en) ruwwater is periodieke onttrekking waarschijnlijk ook voldoende om te komen tot bacteriologisch betrouwbaar ruwwater;
- Vaak (maar niet altijd) reageert een put direct op een (nadelige of voordelige) verandering in bedrijfsvoering met een verandering (toename of afname) in de afpomping. Blijkbaar was de bedrijfsvoering in evenwicht, en sloeg de balans na een verandering door;
- Bij identieke bedrijfsvoering blijken sommige putten wel te verstopen en andere niet. Het is daarom op voorhand niet mogelijk aan te geven bij welke bedrijfsvoering of belasting putverstopping optreedt.

LITERATUUR

- 1) Van Beek K., R. Breedveld, M. Baemans en G.-J. Doedens (2007). Naar een verstoppingvrij puttenveld Tull en 't Waal (3): putverstopping en puitschakelen. H₂O nr. 3, pag. 29-31.
- 2) Van der Wurff N., K. van Beek, R. Breedveld en G.-J. Doedens (2007). Naar een verstoppingvrij puttenveld Tull en 't Waal (2): Carrousel puitschakelschema. H₂O nr. 2, pag. 51-53.
- 3) Raat K. (2009). Checklist schakelen. Tips en trucs voor ontwerp en toepassing van schakelschema's voor mechanisch verstopte putten. KWR Watercycle Research Institute. BTO 2009.0461s.
- 4) Breedveld R., K. van Beek en G.-J. Doedens (2007). Naar een verstoppingvrij puttenveld Tull en 't Waal (1): pomputten van de toekomst? H₂O nr. 2, pag. 48-50.
- 5) Hoogendoorn J., J. van Paassen en J. Timmer (2005). Hoe een goed producerend wirveld onderuit kan gaan. H₂O nr. 23, pag. 35-37.

Afb. 6: Verloop van de afpomping (linker as) en van de bedrijfsintensiteit (rechter as) voor put 35.

