



Kees van Beek, KWR Watercycle Research Institute
 Jan Abbekerk, Vitens
 Rob Breedveld, Vitens
 Rene Kollen, Vitens

Afweging kosten putregeneratie versus kosten uitbreiding puttenveld

De twaalf putten op puttenveld Tull en 't Waal van Vitens kunnen slechts een beperkt aantal uren per jaar in bedrijf zijn zonder te verstopen. Als dit maximum aantal uren wordt overschreden, verstopen ze met een snelheid die recht evenredig is met de mate van overschrijding. Omdat bedrijfsvoering en putverstopping zo sterk gekoppeld zijn, was het mogelijk een financiële afweging te maken tussen de opties voor inrichting van het puttenveld: veel putten zonder verstopping of weinig putten met veel verstopping en regeneraties. In Tull en 't Waal levert uitbreiding naar - in eerste instantie - 15 putten een netto financiële besparing op.

Putten die grondwater onttrekken aan (semi-)spanningspakketten, kunnen zonder verstopen per jaar een beperkt aantal bedrijfsuren maken¹⁾. Over puttenveld Tull en 't Waal van Vitens is voldoende informatie beschikbaar om een relatie te leggen tussen verstoppingsnelheid, regeneratiefrequentie en bedrijfsvoering. Met behulp van deze relatie is het mogelijk een financiële afweging te maken tussen twee opties voor de inrichting van een puttenveld: een groter aantal putten zonder regeneratie of een kleiner aantal met regelmatig regeneratie. Daarvoor is eerst een globale relatie afgeleid tussen onttrekkingsintensiteit (aantal bedrijfsuren per jaar) en verstoppingsnelheid (toename van de afpompings in meters per jaar). Vervolgens wordt voor iedere onttrekkingsintensiteit het aantal putten berekend dat nodig is om te voldoen aan de jaar- en maximale uurproductie. De combinatie levert het benodigde aantal putten op met bijbehorende verstoppingsnelheid en regeneratiefrequentie. Met die gegevens wordt berekend wat voordeliger is: meer putten zonder verstopping of minder putten met verstopping en met bijbehorende regeneratiewerkzaamheden.

Deze berekeningswijze van een economisch optimum op basis van de bedrijfsvoering gaat daarmee verder dan het werk van Vink²⁾, die het economisch optimum berekende bij een gegeven regeneratiefrequentie.

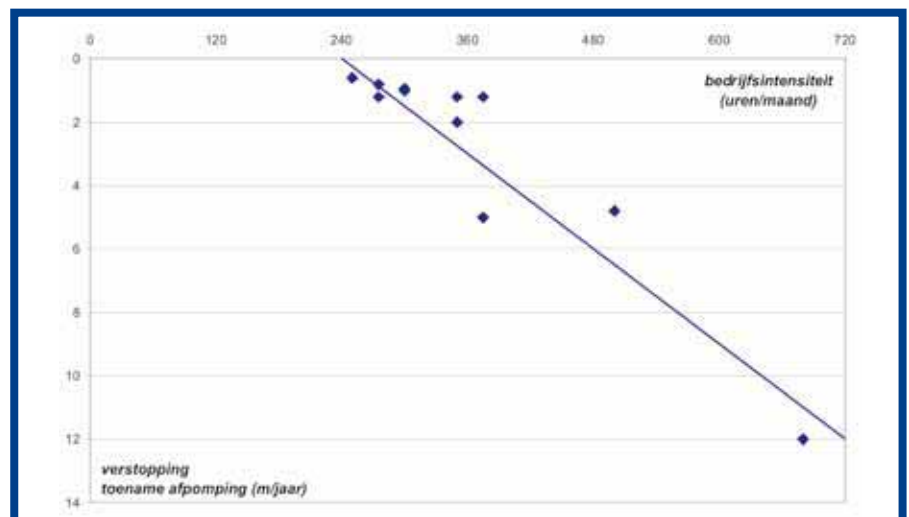
Relatie bedrijfsvoering en verstoppingsnelheid

Het optreden van verstopping van de boorgatwand of mechanische verstopping is gerelateerd aan de bedrijfsvoering, in het bijzonder aan de schakelfrequentie. Uit het verloop van de afpompings in de tijd is de toename in de afpompings te bepalen, in meters per jaar. Indien over dezelfde periode ook de bedrijfsvoering bekend is, is het mogelijk de verstoppingsnelheid als functie hiervan weer te geven.

De bedrijfsvoering wordt hier vereenvoudigd weergegeven als het aantal bedrijfsuren per maand: bij weinig bedrijfsuren zal een put waarschijnlijk meer kortere perioden hebben gedraaid dan een put met veel bedrijfsuren en daardoor per bedrijfsuur meer hebben geschakeld.

Afbeelding 1 toont de verstoppingsnelheid als functie van het aantal bedrijfsuren voor de putten van het puttenveld Tull en 't Waal³⁾. De verstoppingsnelheid is

Afb. 1: Verstoppingsnelheid (toename in afpompings in meters per jaar) als functie van bedrijfsintensiteit (bedrijfsuren per maand) voor putten van Tull en 't Waal. De getrokken lijn geeft de op het oog afgeleide relatie.



gedefinieerd als de toename van de afpompingsnelheid over de tijd na een toename van het aantal bedrijfsuren per maand. Uit deze afbeelding blijkt dat hoe groter de bedrijfsintensiteit is, hoe groter de verstoppingsnelheid uitvalt.

In afbeelding 1 is op het oog een relatie afgeleid tussen verstoppingsnelheid x en bedrijfsintensiteit y :

$$\text{voor } x > 240: y = -6 + (12/480)x.$$

Deze relatie is in de tabel vertaald naar de noodzakelijke regeneratiefrequentie. Zolang de putten bij bestaande bedrijfsvoering maximaal 240 uur per maand draaien, zal geen verstopping optreden en is regeneratie niet nodig. Zodra per maand 280 uur wordt gedraaid, zal de afpompingsnelheid met een meter per jaar toenemen, bij 320 uur met twee meter per jaar en bij 400 uur met vier meter per jaar. Ervan uitgaande dat putten worden geregenereerd zodra de afpompingsnelheid met vier meter is toegenomen, moet bij 400 bedrijfsuren per maand ieder jaar worden geregenereerd, bij 320 uur per maand iedere twee jaar en bij 280 uur per maand iedere vier jaar.

Capaciteit puttenveld

Pompstation Tull en 't Waal is ingericht op een jaarproductie van 6×10^6 kubieke meter en op een maximale uurproductie van 1.200 kubieke meter. De putten op het pompstation zijn uitgerust met onderwaterpompen van 100 kubieke meter per uur. Om verstopping volledig te voorkomen, zijn voor het leveren van 500.000 kubieke meter water per maand (afgerond) 21 putten nodig. Minder putten is mogelijk, maar dan moet geregeld worden geregenereerd: jaarlijks bij gebruik van twaalf putten, tweejaarlijks bij 15 putten en eens per vier jaar bij gebruik van 18 putten (zie de tabel). In al deze scenario's wordt voldaan aan de gewenste maximale uurproductie van 1.200 kubieke meter.

Preventie putverstopping

In plaats van regelmatig schakelen kan putverstopping ook worden tegengegaan door de putten met een kleinere pomp uit te rusten. Daardoor zal de stroomsnelheid van het toestromende grondwater evenredig minder worden, en daarmee de concentratie van deeltjes en dus ook de verstoppingsnelheid³⁾.

Uit de tabel blijkt dat putten met een onderwaterpomp van 100 kubieke meter per uur zonder te verstopten 240 uur per maand kunnen functioneren. Putten met een pomp van 80 kubieke meter per uur kunnen dan zonder verstopten $240 \times 100/80 = 300$ uur per maand maken, en putten met een pomp van 60 kubieke meter per uur $240 \times 100/60 = 400$ uur per maand. Bij verkleining van de capaciteit van de onderwaterpompen zijn meer putten nodig om de maximale uurproductie van 1.200 kubieke meter te kunnen leveren, namelijk 15 putten van 80 kubieke meter per uur of 20 putten van 60 kubieke meter per uur. Om de maatgevende productie van 500.000 kubieke meter per maand te bereiken, moet in alle gevallen 417 uur worden gedraaid ($12 \text{ putten} \times 100 \text{ kubieke meter per uur} \times 417 \text{ uur} = 20 \times 60 \times 417$).

relatie verstoppingsnelheid en bedrijfsintensiteit			benodigd aantal putten
toename afpompings (meter per jaar)	bedrijfsintensiteit (uur per maand)	regeneratie frequentie (x per jaar)	
0	240	0	21
1	280	0,25	18
2	320	0,5	15
4	400	1	12

Relatie tussen verstoppingsnelheid en bedrijfsintensiteit en daaruit voortvloeiende regeneratiefrequentie. Tevens is het aantal putten berekend nodig om bij aangegeven bedrijfsintensiteit de ontwerp capaciteit van het puttenveld ($6 \times 10^6 \text{ m}^3$ per jaar of 500.000 m^3 per maand) te leveren. Alle putten leveren 100 m^3 per uur.

Uit het voorgaande blijkt dat het puttenveld de gevraagde capaciteit verstoppingsvrij kan leveren met twaalf putten van 100 kubieke meter per uur bij 240 uur per maand of met 21 putten van 60 kubieke meter per uur bij 400 uur per maand (de putten van 60 kubieke meter per uur verstopten niet bij 400 uur per maand, maar ze moeten 417 uur per maand draaien). Maar als het puttenveld dan toch moet worden uitgebreid naar 21 putten, hebben putten van 100 kubieke meter per uur de voorkeur boven putten van 60 kubieke meter per uur.

Afweging putregeneratie versus uitbreiding puttenveld

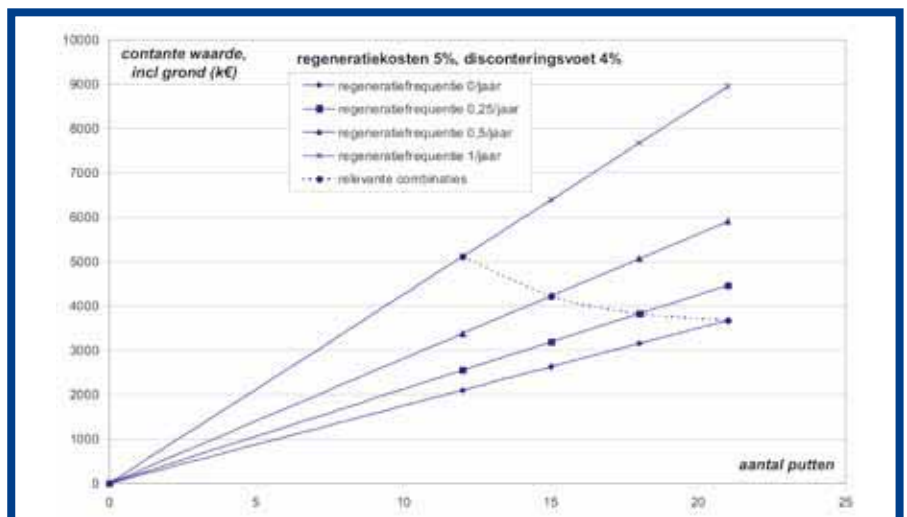
Puttenveld Tull en 't Waal bestaat momenteel uit twaalf putten. Uit het voorgaande blijkt dat bij een jaarproductie van 6×10^6 kubieke meter deze putten elk jaar moeten worden geregenereerd. Mogelijk is het financieel voordeliger om extra putten aan te leggen. Voor deze afweging wordt aangenomen dat verstoppende putten bij een toename van de afpompingsnelheid van vier meter 20 keer te regenereren zijn en dat de levensduur van niet-verstoppende putten 50 jaar bedraagt. De kosten van een nieuwe put (125 meter diep) worden geraamd op 150.000 euro: 95.000 voor boren inclusief ontwikkelen, 30.000 bijkomende kosten (zoals putkelder en kosten voor aansluiting, werktuigbouw en elektrotechniek) en 25.000 interne kosten (zoals ontwerp, administratie en toezicht).

Daarbovenop is per put 25.000 euro verwervingskosten voor grond in rekening gebracht. De kosten van regeneratie variëren zeer en zijn onder meer afhankelijk van de toegepaste methode en het aantal putten dat tegelijkertijd wordt behandeld. De regeneratiekosten omvatten de externe kosten en de interne kosten - zoals aanvragen offertes, gunning opdracht, begeleiding en toezicht - en kosten voor microbiologische analyse voor heringebruikname.

Een goede kostenvergelijking is mogelijk door de totale kosten terug te rekenen naar de contante waarde. Dit is gedaan voor een aantal scenario's (zie de tabel), met medeneming van bovenstaande kosten. Afbeelding 2 toont de contante waarde voor een disconteringsvoet van vier procent en voor regeneratiekosten die vijf procent van de kosten van een nieuwe put bedragen. Hogere regeneratiekosten resulteren in hogere waarden voor de contante waarde; een hogere disconteringsvoet in lagere waarden. In de berekeningen zijn secundaire factoren buiten beschouwing gelaten, zoals toegenomen energieverbruik bij het optreden van verstopping.

Afbeelding 2 laat zien dat een bedrijfsvoering met twaalf putten die jaarlijks geregenereerd moeten worden, veruit het duurste scenario

Afb. 2: Relatie tussen contante waarde en aantal putten als functie van regeneratiefrequentie. De kosten van regeneratie zijn geschat op 7.500 euro (vijf procent van de nieuwbouwkosten) en de disconteringsvoet is vier procent.





is. Aanleg van 21 putten zonder regeneratie is het goedkoopst. Doorrekening van deze scenario's met een 50 procent lagere verstoppingsnelheid (en dus lagere regeneratiefrequentie) leidt tot dezelfde conclusie: gebruik van twaalf putten is het duurst; 18 putten het voordeligst - inzet van 21 putten is dan niet meer relevant, omdat bij inzet van 18 putten verstopping al niet meer optreedt. Ook een verlaging van het aantal regeneraties door putten ernstiger te laten verstopen, verandert de conclusie niet. De kosten per regeneratie zullen dan hoger worden, wat resulteert in relaties verge-

lijikbaar met die in afbeelding 2. Concluderend wordt voorgesteld het aantal putten uit te breiden van twaalf naar 15 en het verloop van de afpompingsonder de nieuwe bedrijfsvoering nauwlettend te volgen. Mocht daartoe aanleiding zijn, dan kan het puttenveld in een later stadium worden uitgebreid naar 18 of 21 putten.

Conclusies

- Putverstopping en bedrijfsvoering zijn op puttenveld Tull en 't Waal sterk aan elkaar gekoppeld. Daarom is het mogelijk een financiële afweging te maken tussen de

opties voor inrichting van het puttenveld: veel putten zonder verstopping of weinig putten met veel verstopping en dito regeneraties;

- Uitbreiding van het aantal putten levert een financiële besparing op door vermindering van het aantal benodigde regeneraties. Deze besparing compenseert de kosten voor aanleg van extra putten;
- Voorgesteld wordt het aantal putten op Tull en 't Waal uit te breiden van twaalf naar 15 en in een later stadium, indien noodzakelijk, naar 18 of 21;
- Preventie van verstopping door de putten met kleinere pompen uit te rusten, is niet relevant. Het voordelige effect van kleinere pompen valt weg tegen het nadelige effect van zwaardere belasting.

LITERATUUR

- Van Beek K., A. Oosterhof, R. Breedveld en B-R. de Zwart (2004). Zelfregenererende pompputten, frequent schakelen voorkomt mechanische putverstopping. *H₂O* nr. 18, pag. 36-38.
- Vink K. (2004). Assetmanagement voor pompputten: regenereren of vervangen? *Kiwa BTO* 2004.023.
- Van Beek K., R. Breedveld, M. Tas en R. Kollen (2010). Naar een verstoppingsvrij puttenveld Tull en 't Waal (Vitens MN), VI: Relatie lengte onttrekking- en rustperiode. *H₂O* nr. 17, pag. 45-48.