



KWR 06.076
december 2006

Naar een verstoppingsvrij puttenveld Tull en 't Waal

Resultaten van uitgevoerde experimenten bij
aanleg en bedrijfsvoering (januari - oktober 2005)



KWR 06.076
december 2006

Naar een verstoppingsvrij puttenveld Tull en 't Waal

Resultaten van uitgevoerde experimenten bij
aanleg en bedrijfsvoering (januari - oktober 2005)

© 2007 Kiwa Water Research
Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag
worden verveelvoudigd,
opgeslagen in een
geautomatiseerd
gegevensbestand, of openbaar
gemaakt, in enige vorm of op
enige wijze, hetzij
elektronisch, mechanisch,
door fotokopieën, opnamen,
of enig andere manier, zonder
voorafgaande schriftelijke
toestemming van de uitgever.

Kiwa Water Research
Groningenhaven 7
Postbus 1072
3430 BB Nieuwegein

Tel. (030) 606 95 11
Fax (030) 606 11 65
www.kiwawaterresearch.eu

Colofon

Titel

Naar een verstoppingsvrij puttenveld Tull en 't
Waal
Resultaten van uitgevoerde experimenten bij aanleg
en bedrijfsvoering (januari - oktober 2005)

Projectnummer

30.6697.400

Projectmanager

Jan Willem Kooiman/Marc Balemans

Opdrachtgever

Hydron Midden Nederland, thans Vitens.

Kwaliteitsborger(s)

Marc Balemans (Kiwa WR),
Rob Breedveld (Hydron A&D)

Auteur(s)

Nico van der Wurf (Hydron MN) en Kees van Beek
(Kiwa WR)

Dit rapport is niet openbaar en slechts verstrekt aan de opdrachtgevers van het
Contractonderzoekproject/adviesproject. Eventuele verspreiding daarbuiten vindt alleen plaats
door de opdrachtgever zelf.

Voorwoord

Aanleiding: verstoppingsvrij puttenveld Tull en 't Waal

Het puttenveld Tull en 't Waal van Hydron Midden-Nederland (thans Vitens) verstopt ernstig. Wegens verbouwing en grootschalige aanpassing wil Vitens nagaan of het mogelijk is om het puttenveld “verstoppingsvrij” te maken. Binnen het BTO, het BTS putverstoppingsonderzoek en afzonderlijke adviesopdrachten is hiervoor een methodiek uitgedacht. Achtergronden en aanpak zijn beschreven in ‘Putverstopping en deeltjes in grondwater: diagnose en aanzet voor therapie’ (BTO 2005.046). Binnen het project ‘naar een verstoppingsvrij puttenveld Tull en 't Waal’ wordt deze methodiek getoetst wat resulteert in concrete adviezen aan Vitens om de putverstopping op het puttenveld Tull en 't Waal te beheersen.

Met ingang van 1 oktober 2006 zijn Hydron Midden-Nederland en Hydron Advies en Diensten samengegaan met Vitens. In deze rapportage is er voor gekozen om de oude benaming te gebruiken, aangezien het inhoudelijke onderzoek voor 1 oktober 2006 uitgevoerd en afgerond was.

Deze rapportage

In voorliggende rapportage is de uitvoering van de experimenten met de daarbij verkregen resultaten op puttenveld Tull en 't Waal gedurende de periode januari tot oktober 2005 vastgelegd.

Het betreft de resultaten van de aanleg van de putten 33, 34 en 35, de achtergronden en implementatie van de putschakeling en de meting van de specifieke volumestroom van alle putten.

Opdracht aan Kiwa Water Research

Hydron heeft Kiwa Water Research opdracht gegeven om na te gaan hoe het puttenveld Tull en 't Waal ‘verstoppingsvrij’ gemaakt kan worden, het benodigde onderzoek hiervoor uit te voeren en praktische handreikingen op te stellen.

De belangrijkste opbrengst van dit project is een advies voor een optimale bedrijfsvoering (onttrekkingscapaciteit en schakelfrequentie) van de pompputten op Tull en 't Waal, gericht op een minimale verstopping.

Uitgevoerde werkzaamheden

Om te komen tot het hiervoor genoemde resultaat zijn op puttenveld Tull en 't Waal gedurende de periode juni 2004 – juli 2006 de volgende metingen uitgevoerd:

- in alle putten continue meting van de stijghoogten. Uit de resultaten van deze metingen kan het verloop van de afpompings worden bepaald,
- continue registratie van de putschakelingen. Uit de resultaten van deze registratie kan de tijdsduur van de afzonderlijke onttrekkings- en rustperioden worden berekend,
- deeltjestellingen. Om de verkregen resultaten van bovengenoemde metingen te kunnen verklaren en te onderbouwen zijn regelmatig deeltjestellingen uitgevoerd.

De resultaten van de gegevens zijn niet alleen afzonderlijk maar juist in samenhang geïnterpreteerd. De voortgang van het onderzoek, de resultaten en vervolgstappen zijn voortdurend besproken en geëvalueerd met de betrokken medewerkers, en in workshops gepresenteerd.

Rapportage

De resultaten van het gehele onderzoek is in 5 rapportages beschreven. De verkregen resultaten van de metingen zijn geëvalueerd en in drie rapporten vastgelegd:

- KWR 06.076 Naar een verstoppingsvrij puttenveld Tull en 't Waal; Resultaten van uitgevoerde experimenten bij aanleg en bedrijfsvoering (januari - oktober 2005);
- KWR 06.077 Naar een verstoppingsvrij puttenveld Tull en 't Waal; Putverstopping, deeltjes en schakelen (uitgevoerde metingen januari – december 2005);
- KWR 06.078 Naar een verstoppingsvrij puttenveld Tull en 't Waal; Gedrag van deeltjes bij bedrijfsvoering (uitgevoerde metingen t/m juli 2006).

In het tijdschrift voor watervoorziening en waterbeheer H₂O is een artikelenreeks gepubliceerd over het onderzoek, de aanleiding, de aanpak *en* de resultaten. De reeks bestond uit 4 artikelen in H₂O 2 en 3 van 2007 en is te beschouwen als de samenvatting van het onderzoek. Een bundeling van deze 4 artikelen is in een apart rapport opgenomen:

- KWR 07.017 Naar een verstoppingsvrij puttenveld Tull en 't Waal; Samenvatting.

Om de resultaten van het onderzoek ook voor de overige medewerkers van Hydron Midden-Nederland gemakkelijk toegankelijk te maken, is een zakboekje opgesteld. Hierin zijn tevens richtlijnen voor chemische putverstopping opgenomen:

- KWR 06.079 Richtlijnen voor het voorkomen en beheersen van putverstopping.

Projectteam

De werkzaamheden zijn uitgevoerd door een projectteam bestaande uit medewerkers van Hydron Advies en Diensten, Hydron Midden-Nederland en Kiwa Water Research.

Het projectteam bestond uit:

Gertjan Doedens –Regiomanager en Opdrachtgever Hydron-Midden Nederland

Floor Oskam – Teamleider Hydron Midden- Nederland

Nico van der Wurf – Procesauditor Hydron Midden- Nederland

Paul Niekus –Proceauditor Hydron Midden- Nederland

Rob van der Horst –Procesauditor Hydron Midden- Nederland

Rob Breedveld – Specialist Watervoorziening, Hydron Advies en Diensten

Martijn Tas – Gegevensverwerking stijghoogtemetingen, Hydron Advies en Diensten

Jan Willem Kooiman – Projectmanager Kiwa Water Research (tot februari 2005)

Marc Balemans – Projectmanager (vanaf februari 2005), Adviseur putmanagement Kiwa Water Research

Kees van Beek – Expert putverstopping en deeltjes Kiwa Water Research

Hendrik Beverloo – Veldmedewerker, uitvoering deeltjestellingen Kiwa Water Research

Inke Leunk – Hydroloog, data handling Kiwa Water Research

Tenslotte

Tijdens uitvoering van het onderzoek zijn de inzichten voor preventie en beheersing van mechanische putverstopping verder ontwikkeld. Deze inzichten zijn mede door inzet van het projectteam tot stand gekomen. Wij zijn de leden van het projectteam zeer erkentelijk voor hun inzet en de discussies. Wij danken Hydron Midden-Nederland voor de geboden mogelijkheden om deze opdracht uit te kunnen voeren.

December 2006

Marc Balemans

Kees van Beek.

Samenvatting

In voorliggende rapportage is de uitvoering van de experimenten met de daarbij verkregen resultaten op puttenveld Tull en 't Waal gedurende de periode januari tot oktober 2005 vastgelegd.

Gedurende najaar 2004 is de stijghoogtemeting in de putten operationeel gemaakt. Gedurende 2005 is de putschakeling handmatig geprogrammeerd, in augustus 2005 is overgegaan op een carrousselschakeling. Deze carrousselschakeling geeft een goed te programmeren en een zeer gelijkmatige belasting van de putten.

Uit het onderzoek met de "proefputten" blijkt dat in deze putten het optreden van verstopping goed is te beheersen: onder ongunstige omstandigheden neemt de afpomp (verstopping) toe, onder gunstige omstandigheden neemt de afpomp af, echter wordt de voorgaande capaciteit niet meer gehaald. Indien de bedrijfsvoering (duidelijk) niet correct is, reageert de put direct: de afpomp neemt direct toe. In het kader van het onderzoek is een van de putten met een grotere onderwaterpomp uitgerust. Ook deze put kan zodanig worden bedreven dat geen verstopping optreedt.

In 2004 zijn drie nieuwe putten aangelegd. Het maximaal ontwikkelen van deze putten resulteert in een toename van de specifieke volumestroom van 35 à 90%.

Gedurende 2005 zijn, met uitzondering van de put 33, de putten niet slechter geworden, ook de "proef" putten niet. Normaliter worden 3 à 4 putten per jaar geregenereerd: door het achterwege blijven van deze regeneraties hebben de experimenten zich zelf terugverdiend.

Het schakelschema van de putten is geautomatiseerd. Aanbevolen wordt de mogelijkheden voor het aanvragen van patent na te gaan.

Het is de verwachting dat door de introductie van deze schakeling de putten met een grotere capaciteit verstoppingsvrij kunnen worden bedreven.

Inhoud

	Voorwoord	1
	Samenvatting	5
	Inhoud	7
1	Inleiding	9
2	Uitvoering van de experimenten	11
2.1	Putcapaciteit	11
2.2	Putschakeling	12
2.2.2	Complicatie door spoelen van de zuiveringfilters	15
2.3	Stijghoogten	16
2.4	Specifieke volumestroom	17
3	Aanleg nieuwe putten	19
4	Resultaten	21
4.1	Specifieke volumestroom	21
4.2	Stijghoogten	22
4.3	Putschakelen	24
5	Conclusies en aanbevelingen	27
5.1	Conclusies	27
5.2	Aanbevelingen	27
	Bijlage 1: Draaiuren van de putten	29
	Bijlage 2: Specifieke volumestromen	31

1 Inleiding

Uit onderzoek naar het gedrag van deeltjes in grondwater is bekend dat gedurende onttrekking deeltjes uit het toestromende grondwater op de boorgatwand accumuleren, en dat bij het aanschakelen van de onderwaterpomp deeltjes van de boorgatwand worden verwijderd. Indien bij iedere keer schakelen (gemiddeld) de hoeveelheid deeltjes wordt verwijderd, die gedurende de voorgaande draaiperiode op de boorgatwand is geaccumuleerd, zal geen verstopping optreden. Deze verstoppingvrije situatie wordt beschreven door de relatie tussen DTS (aantal Draaiuren tussen Twee opeenvolgende Schakelingen) en de verwijderde hoeveelheid deeltjes bij aanschakelen van de onderwaterpomp.

Doel van het onderzoek is deze relaties voor de putten van het puttenveld Tull en 't Waal te bepalen.

In de uitvoering van het onderzoek is door meerdere oorzaken vertraging opgetreden, namelijk in de stijghoogtemetingen, putschakelingen en deeltjestellingen. Gedurende 2004 werden de experimenten regelmatig onderbroken vanwege de bouw van de zuivering. Inmiddels zijn sedert de jaarwisseling 2004/2005 de stijghoogtemetingen operationeel, en is het schema van de putschakelingen sedert zomervakantie 2005 operationeel. De (nieuwe) deeltjestellingen zijn nog niet operationeel. Doordat in de bouw van de zuivering vertraging is opgetreden, zijn de experimenten in 2005 hierdoor niet onderbroken. Vanwege de bouw wordt de winning op een lagere capaciteit bedreven dan de ontwerpcapaciteit, namelijk 4,5 in plaats van 6×10^6 m³/jaar.

Ondanks al deze complicaties, zijn vanaf de start van het onderzoek medio 2004 wel experimenten met verschillende volumestromen en putschakelingen uitgevoerd. Doel van deze experimenten was onderzoekshypothesen te toetsen, en proefondervindelijk tot een verstoppingvrij puttenveld te komen. Deze experimenten zijn uitgevoerd door Nico van der Wurf. De uitvoering van deze experimenten en de daarbij verkregen waarnemingen zijn door Nico wel genoteerd, maar niet gerapporteerd.

Bovendien zijn in mei 2004 drie nieuwe putten aangelegd. Ook bij de aanleg van deze putten was Nico betrokken.

Doordat Nico binnenkort Hydron MN gaat verlaten, kan informatie over de uitvoering van deze experimenten, met de daarbij verkregen resultaten van de metingen, verloren gaan. Om geen informatie verloren te laten gaan is Nico gedurende zijn laatste week als machinist van pompstation Tull en 't Waal geïnterviewd, en heeft hij de resultaten van de metingen toegelicht. In voorliggend rapport worden de uitvoering van de experimenten en de daarbij verkregen resultaten tot medio oktober 2005 samengevat.

Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de bedrijfsvoering van het puttenveld vastgelegd, en in hoofdstuk 3 wordt de aanleg van de nieuwe putten besproken. Vervolgens worden in hoofdstuk 4 de resultaten van het onderzoek kort besproken. Tenslotte worden in hoofdstuk 5 de conclusies gepresenteerd, met aanbevelingen voor verder onderzoek.

2 Uitvoering van de experimenten

Om te komen tot een verstoppingvrij puttenveld zijn de volgende grootheden gevarieerd:

1. Volumestroom van de onderwaterpomp (putcapaciteit)
 2. Schakelfrequentie van de onderwaterpomp (putschakeling).
- Op variatie in putcapaciteit en putschakeling zal de specifieke volumestroom van de put reageren en daarmee de
3. Stijghoogte

Bepaling van de specifieke volumestroom is tijdrovend en onderbreekt de regelmatige onttrekking van de put. Daarom wordt in de praktijk de stijghoogte in de put gemeten. Het verschil in stijghoogte tijdens bedrijf en tijdens rust is gelijk aan de afpompingshoogte. Hierbij wordt aangenomen dat de afpompingshoogte representatief is voor de situatie van de put: indien de afpompingshoogte afneemt wordt de put beter; indien de afpompingshoogte gelijk blijft verstopt de put niet; en indien de afpompingshoogte toeneemt verstopt de put.

In verband met de nieuwbouw van de zuivering, zullen de putten 20, 21 en 22 worden verlaten. Deze putten zijn daarom afgeschreven, waardoor zij beschikbaar zijn voor experimenten. Ter toetsing van de huidige inzichten op gebied van mechanische putverstopping (boorgatwandverstopping) zijn op deze putten verstoppende bedrijfsvoeringen toegepast.

De overige putten blijven in bedrijf. Randvoorwaarde bij de experimenten is dat deze putten zodanig worden bedreven dat zij niet (meer) verstopten.

2.1 Putcapaciteit

Ten behoeve van de experimenten is in put 22 een grotere onderwaterpomp geïnstalleerd, waardoor deze put gevoeliger is geworden voor verstopping. Onderstaande tabel geeft een overzicht van de capaciteit en de opvoerhoogte van de geïnstalleerde onderwaterpompen.

Tabel 2.1: Overzicht van capaciteit en opvoerhoogte van de geïnstalleerde onderwaterpompen.

Put-nummer	Actuele cap. owp. (m ³ /h)	Opvoer-Hoogte (kPa)	Opmerkingen
20	90	190	
21	90	180	
22	90	200	Per 22 jan 2005 owp ingebouwd van 150 m ³ /h en 280 kPa Per 16 juni 2005: owp geknepen van 150 naar 120 m ³ /h Per 31 juli 2005: owp verder geknepen tot 110 m ³ /h Eind sept 2005: owp afgesteld op 150 m ³ /h Per 4 okt 2005: owp afgesteld op 120 m ³ /h
23	90	190	
24	74	240	
25	78	200	
26	78	200	
27	100	220	
28	100	220	
29	100	220	
30	100	220	
31	100	220	
33	60	380	Nieuwe put, medio 2005 in productie genomen.
34	60	380	Nieuwe put, medio 2005 in productie genomen.
35	60	380	Nieuwe put, medio 2005 in productie genomen.

In de praktijk zal de geleverde volumestroom van de putten variëren afhankelijk van het al of niet in bedrijf zijn van andere putten. Zo wordt de volumestroom van de onderwaterpompen beïnvloed door de het aantal putten dat op dezelfde ruwwaterleiding levert ("de putten drukken elkaar weg") en door de ondervonden stromingweerstand (diameter van de ruwwaterleiding).

2.2 Putschakeling

Vanwege de bacteriologische betrouwbaarheid van het onttrokken grondwater dient een put regelmatig in bedrijf te zijn, en kan niet met een vast schakelschema worden gedraaid. Doordat vanwege de experimenten de putten 20, 21 en 22 vooraan staan, is om de overige putten voldoende te laten draaien, het schakelschema van de putten tussen januari en augustus 2005 regelmatig (minimaal maandelijks) veranderd.

Omdat de capaciteit van de putten niet allemaal gelijk is, zijn in verband met de zuivering geen willekeurige combinaties van putten mogelijk.

Randvoorwaarden voor het schakelschema van de putten zijn het niveau in de reinwaterkelder (RWK) en het al of niet in bedrijf komen van het derde en vierde zuiveringsfilter (Voor het in bedrijf nemen van een filter is een minimale capaciteit nodig en mag een maximale capaciteit niet worden overschreden).

Een schakelprogramma bestond uit drie putten, die regelmatig met de hand werden omgezet. Het puttenveld Tull en 't Waal bestaat uit 15 putten, wat resulteert in 5 schakelprogramma's. Het aan- en uitschakelen van putten wordt "gestuurd" door het niveau in de RWK. De stand van de RWK is opgedeeld in 11 niveau groepen, waarvan de groepen 1 t/m 9 gebruikt

worden voor het aan- en uitschakelen van de putten. Alleen put 22 is geprogrammeerd, de overige putten schakelden op kelderniveau. Aangezien het patroon in afgifte van drinkwater min of meer constant is, ligt bijgevolg ook het patroon van putschakeling min of meer vast.

De putten 20 en 22 zijn geplaatst in RWK niveaugroep 1, put 21 in niveaugroep 4. Deze niveaugroep wordt ook gebruikt voor het omschakelen van 2 naar 4 (zuivering)filters, en voor het schakelen van de hogedrukpompen van dag- naar nachtrecht. Het dagregime varieert tussen 650 en 700 m³/h en het nachtrecht tussen 230 en 270 m³/h. De overige putten zijn over de niveaugroepen 4 t/m 9 van de RWK verdeeld. De putten 23 en 27, gelegen aan weerszijden direct naast de proefputten 20, 21 en 22, zijn geplaatst in niveaugroep 9. Op deze wijze wordt de stijghoogte van de proefputten door de overige putten van het puttenveld geminimaliseerd.

De aan put 22 opgelegde putschakeling is in onderstaande tabel samengevat.

Tabel 2.2: Overzicht van de schakeling opgelegd aan put 22

Datum	Opgelegde schakeling
Per 21 januari 2005	24 uur aan, 1 uur uit
Per 28 januari 2005	Continu
Per 2 februari 2005	24 uur aan, 1 uur uit
Per 14 februari 2005	12 uur aan, 1 uur uit
Per 18 februari	24 uur aan, 1 uur uit (vanwege deeltjestelling)
Per 21 februari	12 uur aan, 1 uur uit
Per 23 februari	24 uur aan, 1 uur uit
Per 24 maart	12 uur aan, 1 uur uit
Per 20 april	3 uur aan, 1,5 uur uit
20 mei	Diver 1,82 m dieper gehangen
6 juni	Verstoring schakeling vanwege deeltjestelling
14 juni	Verstoring schakeling vanwege pompproef
20 t/m 25 juli	Verstoring schakeling vanwege deeltjestelling
Per 25 juli	1 uur aan, 1 uur uit
Per 10 augustus	Inregelen carrousel
Per 16/20 augustus	Putschakeling in carrousel

Omdat deze handmatige programmering niet voldeed (de consequenties van de gekozen combinaties waren niet te voorzien, waardoor putten te lang of te weinig draaiden, waardoor de bacteriologische betrouwbaarheid in het geding kon komen) is in de zomervakantie 2005 door Nico van der Wurf een carrousel-schakeling ontwikkeld (en door Ron Pieters geïnstalleerd). Deze carrousel-schakeling is onderstaand weergegeven.

Tabel 2.3: Indeling van de putten in carroussels en groepen

Carrousel	Putten	Niveaugroepen 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	

Bovenstaand carrousel moet als volgt worden gelezen: eerst wordt groep 1 ingeschakeld, bestaande uit twee putten, één uit carrousel 1 en één uit carrousel 3. Vervolgens wordt groep 2 ingeschakeld, bestaande uit één put van carrousel 5. Bij verdere vraag naar water wordt groep 3 ingeschakeld, enzovoorts.

Gewoonlijk kan overdag met de groepen 1 t/m 4 worden volstaan, groep 5 schakelt af en toe bij. De groepen 6 t/m 9 zijn nauwelijks in bedrijf; de groepen 6 en 7 schakelen aan bij calamiteiten, zoals brand.

Bij het stijgen van het waterniveau in de RWK schakelen de putten uit volgens het principe: laatste in, eerste uit. In de praktijk betekent dit dat groep 1 circa 23 uur per dag draait.

Binnen een carrousel worden de putten per 3 uur kloktijd gerouleerd. Als voorbeeld is in onderstaande tabel deze roulatie voor carrousel 1 weergegeven.

Tabel 2.4: Voorbeeld van putschakeling van een groep binnen carrousel 1.

groep	Dag	Kloktijd (uur)	Putschakeling		
			1	4	7
	1	0-3	20	21	22
		3-6	21	22	20
		6-9	22	20	21
		9-12	20	21	22
		12-15	21	22	20
		15-18	22	20	21
		18-21	20	21	22
		21-24	21	22	20
	2	0-3	22	20	21
		3-6	20	21	22
		6-9	21	22	20
	enz	enz	enz		

Bovenstaande tabel moet als volgt worden gelezen: indien op dag 1 tussen 0 en 3 uur water wordt gevraagd zal als eerste groep 1 met put 20 inkomen. Indien bij toenemende watervraag groep 4 wordt aangesproken zal put 21 inkomen, en bij nog verder toenemende vraag tenslotte groep 7 met put 22. Tussen 3 en 6 uur zal als eerste put 21 inkomen, vervolgens put 22 en tenslotte put 20. In het voorgaande is al vermeld dat groep 1 vooraan staat en groep 7 nagenoeg achteraan, zodat groep 7 nauwelijks in bedrijf komt. Als dus op dag 1 om 3 uur put 20 van groep 1 verhuist naar groep 7, zal deze put zeer waarschijnlijk uitschakelen, en zal put 21 inschakelen, en indien deze put al draait put 22. In de praktijk zal een put dus maximaal 6 uur aan één stuk draaien, en vervolgens dus minimaal 3 uur rust hebben. Dit zal niet het geval zijn op dagen met grote vraag wanneer ook groep 7 staat ingeschakeld. Merk ook op dat de schakeling per dag varieert: de schakeling op dag 1 van 0 tot 3 uur is niet gelijk aan de schakeling op dag 2 van 0 tot 3 uur, enzovoorts. Met andere woorden een onregelmatige regelmatigheid. Binnen een carrousel zullen de putten dus nagenoeg gelijk belast worden. Dit wordt in onderstaande tabel bevestigd door vergelijking van de bedrijfsuren van de putten voor en na augustus 2005.

Tabel 2.5: Bedrijfsuren van de putten op puttenveld Tull en 't Waal. Het effect van de carrouselchakeling op de bedrijfsuren is duidelijk herkenbaar.

Put	Bedrijfsuren putten Tull en 't Waal 2005								
	jan	feb.	mrt	apr	mei	juni	juli	aug	sep
20	512	545	615	616	597	617	635	468	428
21	332	378	458	469	486	493	506	508	424
22	424	624	703	627	537	496	516	343	412
24	300	23	334	52	215	371	244	37	39
25	133	292	127	301	219	155	290	158	21
26	80	128	59	170	250	294	28	169	31
23	14	9	1	13	23	20	0	131	261
27	45	130	19	0	0	52	0	241	270
28	34	15	14	11	29	11	0	160	249
29	27	288	7	21	5	19	317	250	199
30	4	13	110	282	196	112	215	121	189
31	309	13	312	160	281	377	31	163	180
33	303	403	117	263	405	519	155	290	378
34	223	145	541	127	0	136	543	320	367
35	323	172	167	583	309	52	389	468	360

Deze carrouselchakeling heft alle beperkingen van het handmatig schakelen op:

1. Alle putten kunnen niet langer dan een vooraf ingestelde tijd draaien. In dit geval 3 uur, en op dagen met een grotere drinkwatervraag 6 uur of meer. Alleen op piekdagen worden putschakelingen onderdrukt.
2. Alle putten komen regelmatig in bedrijf.
3. Er kan geselecteerd worden naar optimale combinaties van putten voor de zuivering.

Met andere woorden: deze carrouselchakeling is geniaal. Het is de moeite waard de mogelijkheden na te gaan om op deze schakeling patent aan te vragen.

In bijlage I zijn de draaiuren van de putten van de carroussel 1 (put 20, 21 en 22) en carroussel 3 (put 33, 34 en 35) tegen de tijd weergegeven. Uit afbeeldingen blijkt dat de putten voor augustus incidenteel zeer lange tijd continu hebben onttrokken, tot meer dan 100 uur. Bovendien blijkt uit de afbeeldingen dat in enkele gevallen zeer lange draaitijden waren ingesteld, tot 23 uur per dag.

Na augustus kunnen de twee niveau's in draaitijden duidelijk worden herkend, namelijk tot 3 uur en tot 6 uur.

2.2.2 Complicatie door spoelen van de zuiveringfilters

De regelmatige onttrekking door de putten wordt onderbroken door het spoelen van de filters.

De zuiveringsfilters worden in de nacht tussen 03.00 en 06.00 uur gespoeld. Een spoelbeurt duurt 22 minuten, en per nacht worden altijd twee filters gespoeld. Het spoelen van de filters wordt aangestuurd door Saia.plc.

De filters worden met reinwater gespoeld, waardoor het niveau in de kelder zakt, en een put uit de eerste niet draaiende groep zal worden ingeschakeld. Omdat de nachtproductie van Tull en de capaciteit van de groepen bekend zijn, kan geschat worden welke groep dat zal zijn. Dit blijkt groep 3 te zijn, bestaande uit de putten 29, 30 en 31. Voor de introductie van de carrousselschakeling werden voornamelijk de putten 27, 28, 29, 30 en 31 ingezet tijdens het spoelen van de filters. De consequentie van de carrousselschakeling is wel dat voor het spoelen binnen het “klokvenster” van 3 uur een put kan worden ingezet, die kort tevoren was uitgeschakeld.

Het schakelen van de putten wordt vastgelegd in het PRODUctie Informatie Systeem (PRODIS, bestaande uit modicon.plc en SCADA, Supervision, Control And Data Acquisition), waarbij een “0” aangeeft het tijdstip van uitschakelen van de aangegeven put, en een “1” het tijdstip van inschakelen. PRODIS registreert niet meer dan één schakeling per minuut. Indien een put binnen één minuut meerdere keren wordt geschakeld, wordt alleen de laatste schakeling genoteerd. Een dergelijke situatie kan worden herkend aan het twee maal achter elkaar voorkomen van een gelijk teken. Indien bij een put twee maal achter elkaar hetzelfde teken voorkomt, is de put minder dan één minuut voorafgaand aan het tweede teken in actie geweest (minder dan één minuut aan of uit geweest). Deze situatie blijkt tijdens het spoelen van de filters regelmatig voor te komen. Deze kortdurende draaiperiodes zijn vaak niet zichtbaar in het verloop van de stijghoogte. In ieder geval wordt meer geschakeld dan uit het verloop van de stijghoogte kan worden afgeleid.

Deze korte schakelingen treden op indien het niveau van RWK rond een stand behorend bij een niveaugroep varieert. Dit blijkt in het bijzonder het geval te zijn met carrousselgroep 2 waarvan de eerste put pas bij niveaugroep 5 inkomt.

2.3 Stijghoogten

De stijghoogte in de putten wordt iedere 30 minuten gemeten met behulp van stijghoogtemeters. Deze stijghoogtemeters hebben een bereik van 10 meter. De stijghoogtemeters moeten zodanig worden ingehangen dat zowel de stijghoogte tijdens rust als tijdens bedrijf binnen dit bereik valt. De resultaten van de metingen worden opgeslagen.

Het geheugen van de stijghoogtemeters wordt regelmatig uitgelezen. Na correctie voor de barometerdruk worden “genormaliseerde” stijghoogten berekend.

De stijghoogtemeters zijn niet ingehangen via de peilbuis in de put; de diameter van de stijghoogtemeter was te groot voor deze peilbuis. Daarom zijn de stijghoogtemeters ingehangen in het waarnemingsfilter ter hoogte van de langste filterlengte van de put (de putfilters hebben blinde gedeelten). Tijdens het plaatsen van de meters, eind 2004, bleek dat de stijghoogte in de waarnemingsfilters nagenoeg gelijk was aan die in de put.

2.4 Specifieke volumestroom

De stijghoogte is een afgeleide (surrogaat)meting. In de praktijk zal een toenemende afpompingsduur duiden op het optreden van putverstopping, en een gelijkblijvende afpompingsduur op de afwezigheid daarvan.

Het is echter niet ondenkbaar dat door combinaties van putschakelingen op één ruwwaterleiding of door het werken van een onderwaterpomp in een bepaald Q-h traject, dat de afpompingsduur op het oog gelijk blijft, maar dat de put wel aan het verstopping is.

Het bepalen van de afpompingsduur uit de geregistreerde stijghoogten is lastig vanwege de onderlinge beïnvloeding van de putten: het niveau van rust- en bedrijfsstanden wordt bepaald door het al of niet draaien van de aangrenzende putten.

Om deze redenen is ook regelmatig de specifieke volumestroom van de putten bepaald. Bij deze metingen werd de volumestroom gevarieerd en de bijbehorende stijghoogte gemeten. Het verschil in stijghoogte tussen bedrijf en rust gaf dan de afpompingsduur bij de bijbehorende volumestroom. De relatie tussen volumestroom en afpompingsduur geeft de specifieke volumestroom.

3 Aanleg nieuwe putten

De putten 33, 34 en 35 zijn april-mei 2004 aangelegd. Bij de aanleg van deze putten is bijzondere aandacht gegeven aan de filterstelling, namelijk alleen in het grofste gedeelte van het pakket, en aan het ontwikkelen van de putten, namelijk maximaal ontwikkelen.

Put 33 is als eerste aangelegd. Bij de aanleg van deze put is als werkwater voor de boorspoeling het ruwwater van put 22 gebruikt. Bij de aanleg van de putten 34 en 35 is onttrokken grondwater van de nieuwe put 33 als werkwater gebruikt. Dit water bevatte vanzelfsprekend restanten boorspoeling.

Het boorgat van put 33 was op 19 mei 2004 (woensdag voor Hemelvaartdag) op einddiepte. Vanwege vrije dagen heeft het boorgat ruim 4 dagen open gestaan, voordat het putfilter werd gesteld. Bij het boorgat van put 34 werd op een vrijdag de einddiepte bereikt. Het boorgat van put 34 heeft een weekend open gestaan, dus ruim 2 dagen. Het putfilter van put 35 is nog dezelfde dag als het bereiken van de einddiepte gesteld en met omstortingsgrind aangevuld en afgepompt. Het boorgat was de voorgaande dag nagenoeg op einddiepte, en er is toen met 2 boorploegen gewerkt van 5 tot 21 uur.

Wegens het ontbreken van een ruwwaterleiding was het niet mogelijk de putten in gebruik te nemen. Om de putten bacteriologisch in orde te houden, zijn de putten van juni tot en met december 2004 afgepompt met een pompje van 10 m³/h, met het volgende regime: 0,5 uur aan, 11,5 uur uit, 0,5 uur aan, 11,5 uur uit, enzovoorts. Vervolgens zijn de putten januari 2005 in productie genomen.

Uit onderstaande tabel blijkt dat het kwispelen een gunstig effect heeft gehad.

Tabel 3.1: Overzicht van de specifieke volumestromen van de putten 33, 34 en 35, na oplevering, ontwikkeling, kwispelen en ingebruikneming.

	Put 33		Put 34		Put 35	
	Datum	Waarde (m ³ /h/m)	Datum	Waarde (m ³ /h/m)	Datum	Waarde (m ³ /h/m)
Oplevering boorondernemer	29 apr 04	32,0	7 juni 04	36,4	24 mei 04	49,3
Na 1 ^o chemische behandeling	13 mei 04	50,1	16 juni 04	53,9	3 juni 04	60,0
Na 2 ^o chemische behandeling			?	?	14 juni 04	61,9
Na kwispelen	1 feb 05	60,0	5 jan 05	63,1	4 jan 05	67,6
Na ingebruikneming	9 juni 05	52,1	8 juni 05	59,5	7 juni 05	65,4
	29 sep 05	48,5	6 okt 05	62,6	5 okt 05	66,8

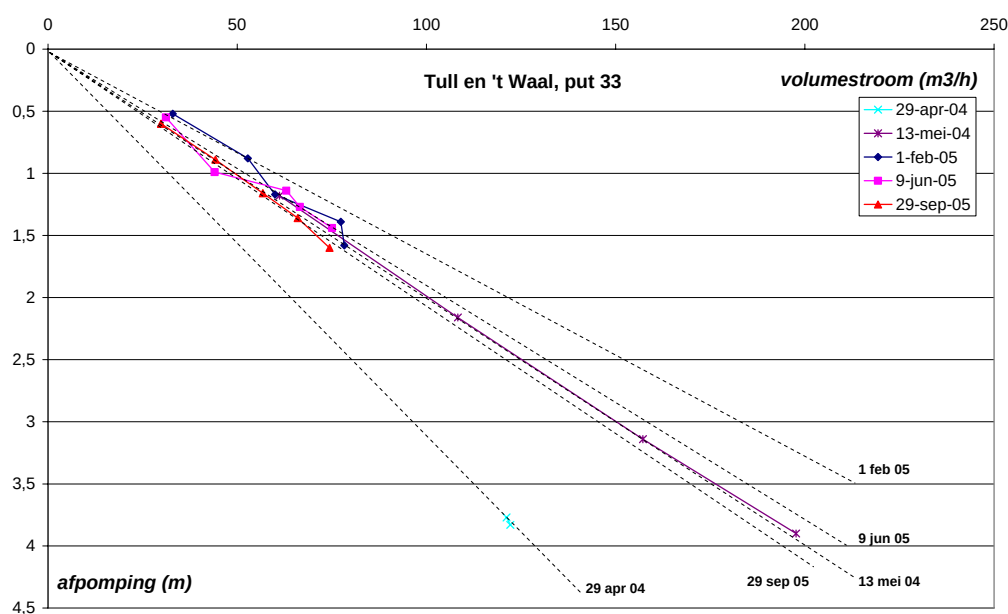
Merk op dat na het ontwikkelen van de putten door de boorondernemer (het water was zandvrij), de specifieke volumestroom van de putten door intensief ontwikkelen nog met 35 à 90% toenam.

Uit bovenstaande tabel blijkt ook dat de specifieke volumestroom van put 33 na ingebruikneming is teruggelopen. Dit is niet bij de beide andere putten het geval, en was niet aan een toename van de afpompings opgemerkt.

4 Resultaten

4.1 Specifieke volumestroom

De specifieke volumestroom wordt bepaald door de volumestroom tegen de afpompingshoogte te zetten, en vervolgens met behulp van de lijn door de oorsprong en een recht gedeelte van de verkregen relatie. Een en ander is weergegeven in onderstaande afbeelding.



Afb. 4.1: Bepaling van de specifieke volumestromen van put 33 op de aangegeven tijdstippen.

In onderstaande tabel zijn voor alle putten de aldus berekende waarden voor de specifieke volumestroom samengevat, zie ook bijlage 2.

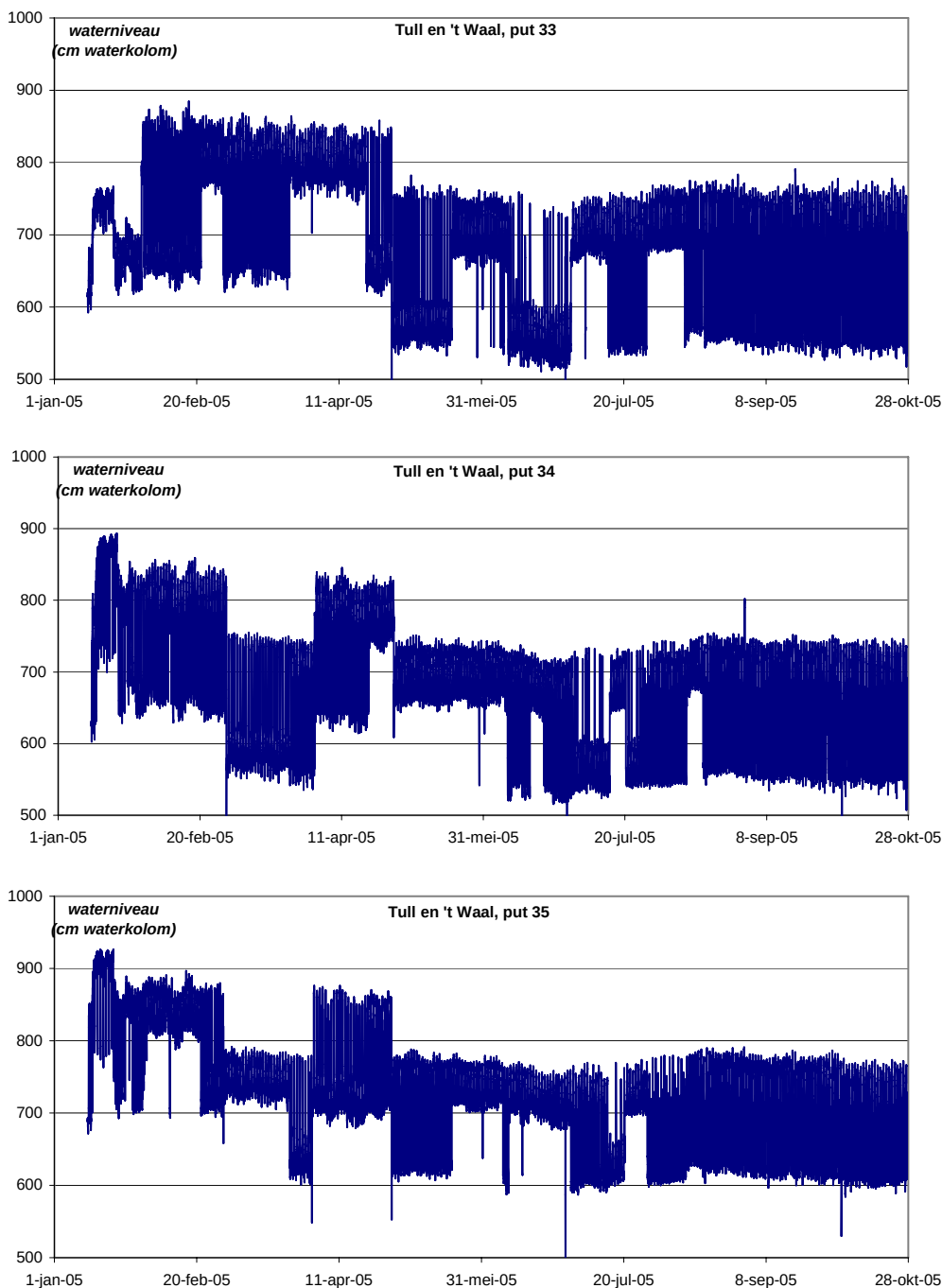
Tabel 4.1: Samenvatting van het verloop van de specifieke volumestromen (in m³/h per m afpompings) van de putten van puttenveld Tull en 't Waal

datum	Putnr 20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	33	34	35
opl	56,8	58,7	42,4	57,9	45,0	56,0	58,4	87,0	51,5	84,0	69,1	88,9	60,0	63,1	67,6
jul 03						39,8									
mrt 04	46,2	40,8	23,7		30,5	35,8	35,5		25,2	57,0	36,0	74,5			
jul 04			26,3	14,7											
sep 04				37,2				47,4							
jan 05					26,7	35,8									
feb 05		17,2	33,8	± 39			39,5	49,6	27,5	57,3	37,0				
jun 05	18,2	21,6	12,1		30,2	35,1	± 37	50,0	29,0	56,4	42,6	62,0	52,1	59,5	65,4
okt 05	19,3	21,0	16,2	40,8	30,0	35,3	39,5	53,9	30,8	55,4	42,8	69,5	48,5	62,6	66,8
% opl	34	36	38	70	67	63	68	62	60	66	62	78	81	99	99

Uit bovenstaande tabel blijkt duidelijk dat de putten 23 t/m 31 sedert de start van de experimenten, half 2004, niet zijn verslechterd, maar zijn verbeterd. Een uitzondering wordt gevormd door put 33. Gewoonlijk neemt de specifieke volumestroom van een nieuwe put na in gebruikneming toe. Dit is bij de putten 33 t/m 35 niet het geval. Deze putten zijn dus inderdaad maximaal ontwikkeld.

4.2 Stijghoogten

De meting van de stijghoogte in de putten was in januari 2005 operationeel. De resultaten van de metingen worden maandelijks door de machinist van Tull uitgelezen, en vervolgens door Hydron A&D verwerkt. Aangezien het lijkt dat put 33 aan het verstopen is, is het verloop van de afpompings van de nieuwe putten 33, 34 en 35 in onderstaande afbeelding weergegeven. In deze afbeelding zijn alle metingen van de stijghoogten uitgezet (48/dag). De bovenzijde van de gemeten stijghoogten vormt de stijghoogte tijdens rust, en de onderzijde tijdens bedrijf. Het verschil tussen beide geeft de stijghoogte. De stijghoogte in een put wordt beïnvloed door het al of niet draaien van naastgelegen putten. Deze onderlinge beïnvloeding resulteert in de "karteling" aan de boven- en onderzijde van de stijghoogtemetingen: de ene keer stonden de naastgelegen aan, de andere keer uit.



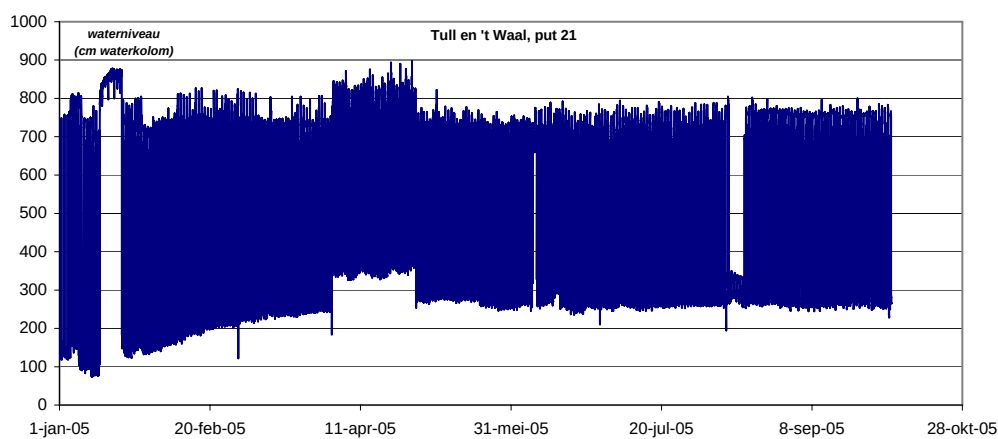
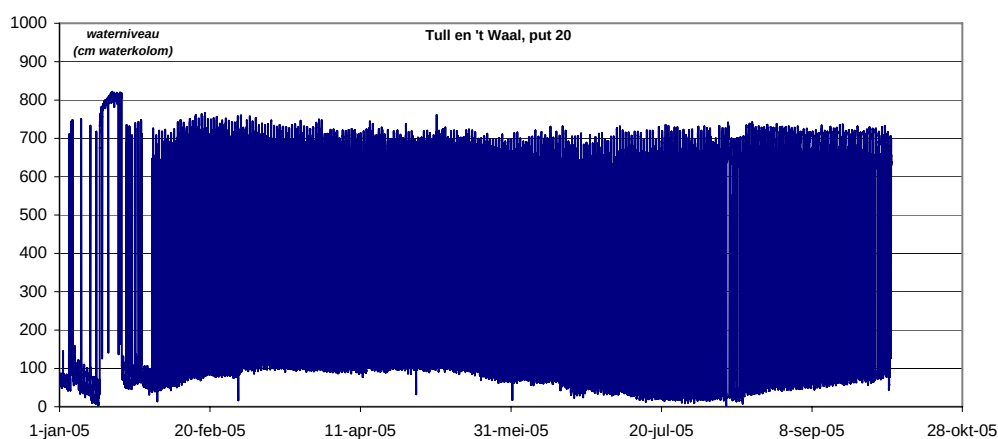
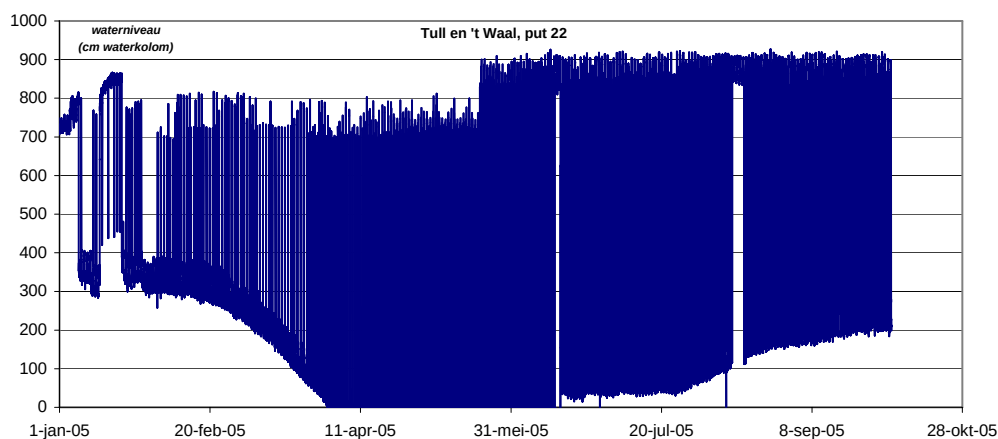
Afb. 4.1: Verloop van de afpompings in de putten 33, 34 en 35.

Uit tabel 4.1 blijkt dat de specifieke volumestroom van put 33 met 20% is afgenomen. Indien dat het geval is moet de afpompings, bij gelijkblijvende capaciteit, met 20% zijn toegenomen, dat wil zeggen van 2,00 naar 2,40 m. Dit is in bovenstaande afbeelding lastig af te leiden.

Uit bovenstaande afbeelding blijkt ook dat de stijghoogtemeters regelmatig zijn verhangen.

4.3 Putschakelen

Afbeelding 4.2 toont het verloop van de stijghoogten van de putten 20, 21 en 22. Uit de afbeelding blijkt dat de afpompings van put 22 tot maart/april sterk toeneemt: er werd te weinig geschakeld. Na juni neemt de afpompings weer af, er wordt ruim voldoende geschakeld. Echter uit tabel 4.1 blijkt dat de oorspronkelijk specifieke volumestroom niet wordt gehaald. Put 20 schakelde 4 à 6 keer per dag: de afpompings varieert iets, maar blijft globaal gelijk. Blijkbaar is de schakelfrequentie voor deze put kritisch: nog minder schakelen zal snel tot verstopping leiden. Put 21 schakelde 5 à 8 keer per dag: de put verbetert enigszins. Opvallend is dat de afpompings direct op de (verandering in) schakelfrequentie reageert, zodra deze duidelijk in het correcte of niet correcte traject is gelegen.



Afbeelding 4.2: Verloop van de stijghoogten van de putten 20, 21 en 22 van 1 januari tot half oktober 2005.

De afpompings van put 20 varieert in de tijd: een verbetering tot april/mei, vervolgens een verslechtering tot juli en vervolgens weer een verbetering.

5 Conclusies en aanbevelingen

Naast het vastleggen van de uitgevoerde experimenten kunnen ook de volgende conclusies worden getrokken.

5.1 Conclusies

Ten aanzien van het putschakelen:

1. Door het volledig automatiseren van de putschakeling kunnen de putten zeer gelijkmatig worden belast. De indruk bestaat dat bij de handmatige programmering putten gedurende bepaalde perioden te zwaar zijn belast.
2. Het geprogrammeerde schakelprogramma leidt tot een zeer gelijkmatige belasting van de putten.

Ten aanzien van de nieuwe putten (filterstelling in het grofste gedeelte, en maximale ontwikkeling):

3. Een maximale ontwikkeling van de nieuwe putten resulteerde in een toename van de specifieke volumestroom van 35 tot 90% ten opzichte van oplevering.

Ten aanzien van het optreden van putverstopping:

4. Het afgelopen jaar is de afpompings van de “normale” putten gelijk gebleven.
5. Bepaling van de specifieke volumestroom leerde dat de “normale” putten niet zijn verstopt, met uitzondering van put 33, die 20% is teruggelopen. Door het achterwege blijven van de regeneraties heeft het onderzoek zich terugverdiend.
6. Het optreden van mechanische putverstopping is een zeer discontinu proces: als de omstandigheden ongunstig zijn treedt putverstopping op, indien de omstandigheden gunstig zijn treedt enige verbetering op, maar de oorspronkelijke specifieke volumestroom wordt niet meer gehaald.
7. De afpompings reageert direct op duidelijk gunstige, dan wel duidelijk ongunstige omstandigheden.
8. Ook put 22, uitgerust met een grotere onderwaterpomp, kan zodanig worden bedreven dat geen (verdere) verstopping optreedt.

Het is de verwachting dat (mede door de introductie van de carrouselchakeling) de putten van puttenveld Tull en 't Waal met grotere onderwaterpompen verstoppingvrij kunnen worden bedreven.

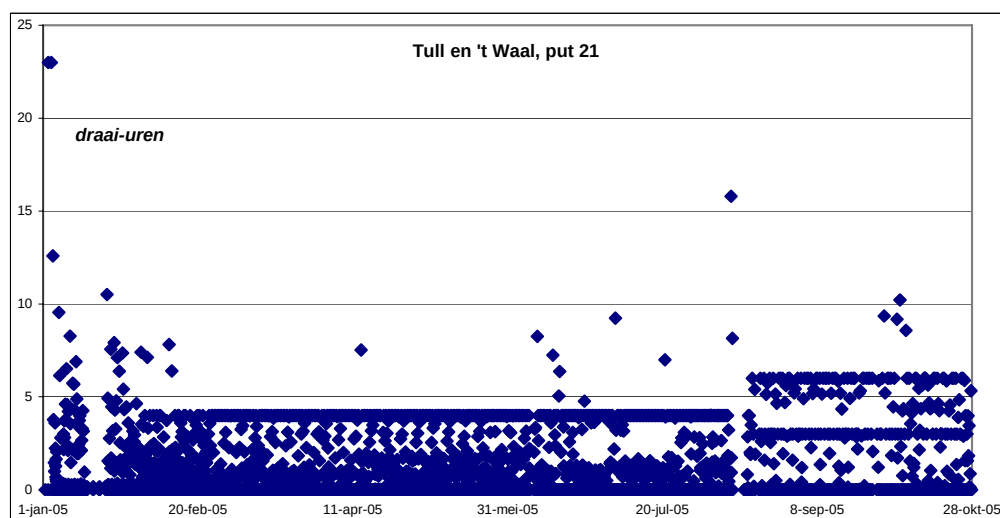
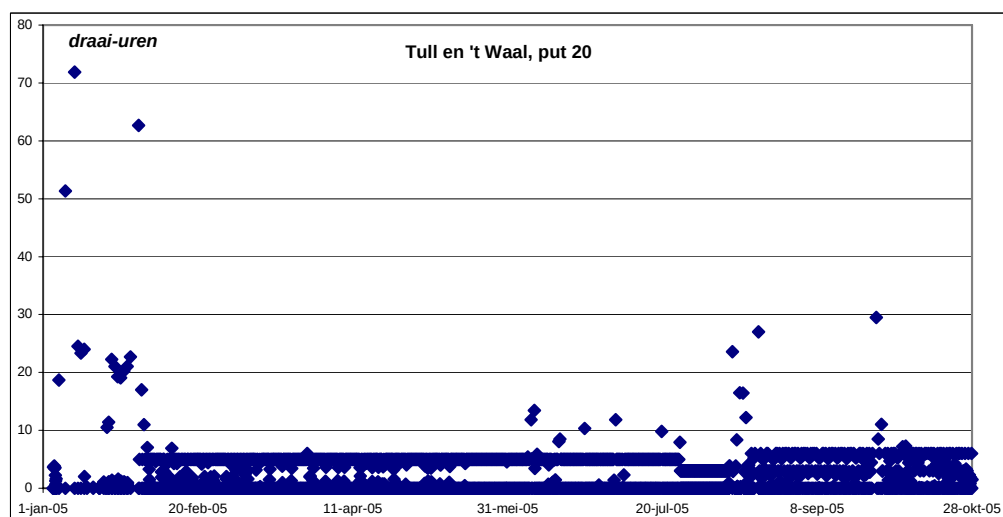
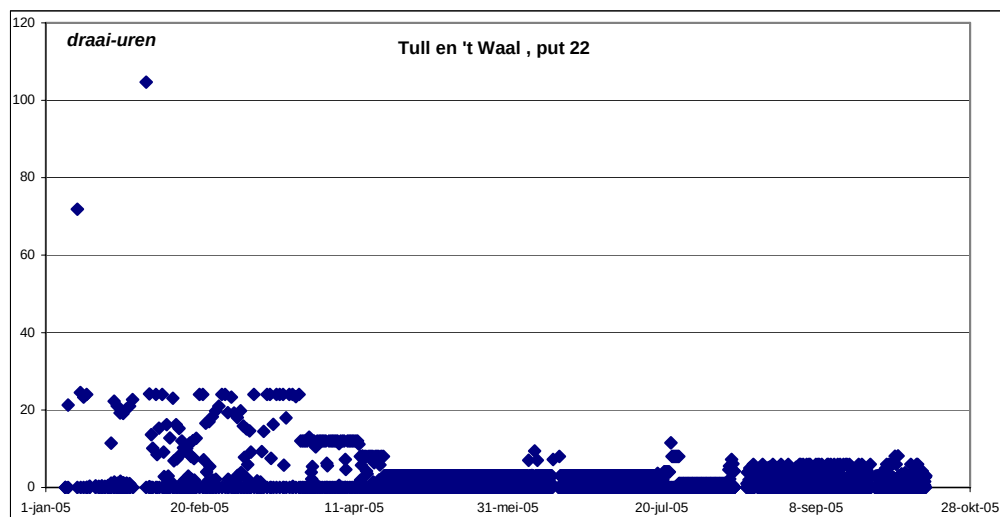
5.2 Aanbevelingen

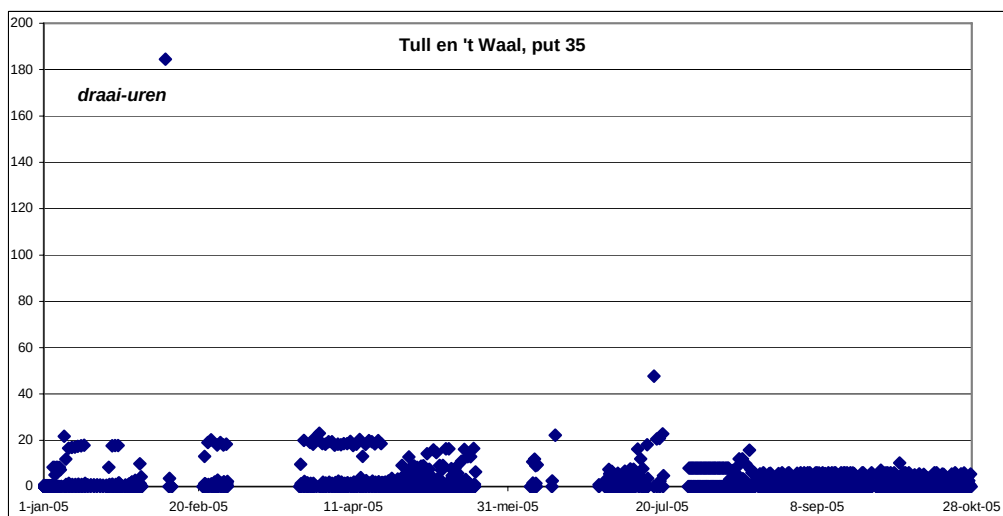
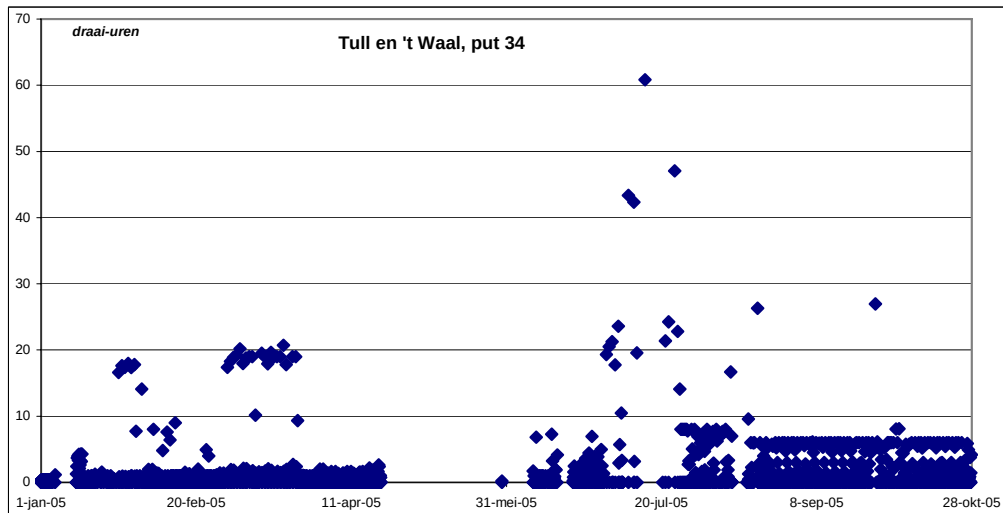
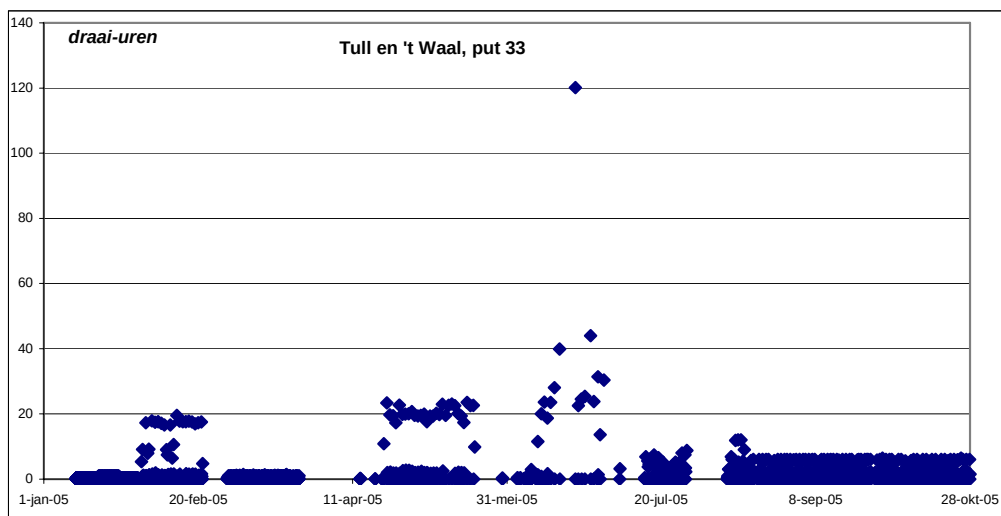
Op basis van de resultaten worden de volgende aanbevelingen gedaan:

1. Nader onderzoek naar de oorzaak van het verstoppen van put 33.
2. Nader onderzoek naar de reden waarom de verstopping van put 33 niet werd opgemerkt door een toename in de afpompings. (is de diver niet voor het verstoppende putfilter gehangen? de put bevat een blind gedeelte).

3. Verder onderzoek naar het effect van schakelen op het optreden van putverstopping door de onderwaterpompen in de “proef” putten op maximale capaciteit zetten.
4. Het schakelen van de putten kan de zuivering ongunstig beïnvloeden. Daarom wordt voorgesteld het effect van het schakelen op de zuivering door te meten.
5. Divermetingen voor continu gebruik operationeel maken, zodat een geringe toename in de afpompings direct wordt opgemerkt, en de bedrijfsvoering kan worden aangepast.

Bijlage 1: Draaiuren van de putten





Bijlage 2: Specifieke volumestromen

