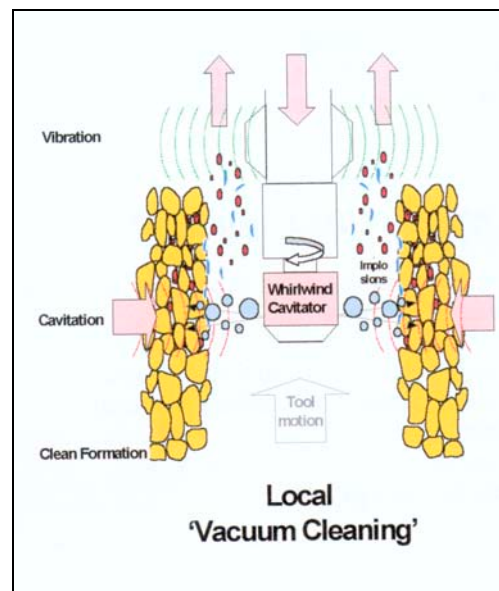


BTO 2004.040
november 2004

Putregeneratie met Roto-cavitatie

Evaluatie van het testprogramma 2002-2004



BTO 2004.040
november 2004

Putregeneratie met Roto-cavitatie

Evaluatie van het testprogramma 2002-2004

© 2004 Kiwa N.V.
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.

Opdrachtgever
BTO

Projectnummer
30.1456.404

Kiwa N.V.
Water Research
Groningenhaven 7
Postbus 1072
3430 BB Nieuwegein

Telefoon 030 60 69 511
Fax 030 60 69 165
Internet www.kiwa.nl

Colofon

Titel

Putregeneratie met Roto-cavitatie

Projectnummer

11.1456.404

Projectmanager

Jan Willem Kooiman

Kwaliteitsborger

Bert-Rik de Zwart

Auteur

John Bunnik (Artesia)

Dit rapport is verspreid onder BTO-participanten en is openbaar

Samenvatting

Roto-cavitatie is een regeneratietechniek voor pompputten, afkomstig uit de olie-industrie. Door de leverancier Whirlwind_i is een testprogramma uitgevoerd met tien putten bij vier waterbedrijven. Vanuit het BTO is door Kiwa de coördinatie en verslaglegging verzorgd.

De werking van de techniek

De hypothese ten aanzien van de werking van de techniek is dat door cavitatie kleine bellen worden gevormd met onderdruk. De bellen imploderen en dit zorgt voor een schokgolf die de verstopping in de omstorting en op de boorgatwand wegslaat. Door de onderdruk die met de implosie gepaard gaat, wordt vloeistof met hoge snelheid aangetrokken en dit zorgt voor afvoer van de losgekomen deeltjes.

Twee kernvragen

1. Is cavitatie inderdaad in staat om vuilbruggen te verstoren en te breken en het vuil te mobiliseren? Is de techniek wel krachtig genoeg? Bereiken de schokgolven de verstopping op de boorgatwand?
2. Is de techniek niet te krachtig, zodat er gevaar bestaat voor beschadiging van het filterbuis, de omstorting en/of de formatie?

Uitvoering en beperkingen

Na uitvoering en beschouwing van de resultaten bleek dat slechts zes van de tien putten binnen het testprogramma volledig aan de selectie criteria voldeden: Vorden, 2 x Doetinchem, Macharen, Someren, Helmond. De resultaten van de tien regeneraties en overige gegevens per put zijn gegeven in de tabel op de volgende pagina.

Conclusies op hoofdlijnen

De conclusies hebben alleen betrekking op deze zes putten die aan de criteria voldoen.

De resultaten van roto-cavitatie vallen tegen. De verbetering van het specifiek debiet ligt tussen 0 en 6%. Vergeleken met de tot nu toe gebruikte technieken voor putregeneratie op de boorgatwand zijn de resultaten en de kosten negatief voor roto-cavitatie. Onduidelijk is of de gecreëerde schokgolven de boorgatwand bereiken.

De indruk bestaat dat een nabehandeling met chemicaliën wel een groot effect heeft. Dit dient nader te worden onderzocht.

De leverancier was zelf ook teleurgesteld in de resultaten. Met medewerking van de TU Delft is inmiddels een vervolgonderzoek op laboratoriumschaal gestart.

Voor het succes van de regeneratie zijn de volgende parameters van belang:

- de afstand van de tool tot de filterwand;
- de omgevingsdruk;
- flair lengte (hoever komen de vacuüm bellen in de put);
- het optimale onttrekkingsdebiet tijdens cavitatie;
- de juiste centralisatie-techniek van de tool in de put.

Tabel: Parameters met betrekking tot de puthistorie en resultaten van uitgevoerde regeneraties.

Putgegevens								Uitgevoerde regeneraties		Rendementen Roto-cavitatie			
Waterbedr. Plaats Put. nr.	Type Verstopping	Bouwjaar (leeftijd)	Filterst. m-mv.	Materiaal Dikte filterw. (mm) Diam. filter (mm)	Diam. boorgat (mm)	Dikte Omstort. (mm)	Aantal reg. voor RC	Methoden regeneraties	Rendem. (% t.o.v. nuls.)	Q-spec. 0-sit. (m ³ /u/m)	Qspec. voor RC in m ³ /u/m + (% t.o.v. nuls.)	Qspec. na RC in m ³ /u/m + (% t.o.v. nuls.)	Rend. t.o.v. 0-sit t.o.v. voor RC
Hydron ZH Ridderkerk RK-17	b.g.w.: silt, klei kalk fijn zand en org.mat.	1960(44)	15-21	RVS 2 250-254	600	173	10 (na 92)	H ₂ O ₂ H ₂ O ₂ CBL jutteren +CBL HD HD + H ₂ O ₂ HD + H ₂ O ₂ jutteren+CBL jutteren (8 uur)+CBL jutteren (18 uur)+CBL roto-cav. 3,2'' 22/26*	? ? 16% 4% -4% 0% -1% 11% 4% 6% 3%	14,9	4,4 (30% ?)	4,9 (33% ?)	3% 11%
Hydron ZH Ridderkerk RK-18	b.g.w.: silt, klei kalk fijn zand en org.mat.	1969(35)	50-67 75-87	RVS 1,5 150-153	600	224	4 (na 92)	H ₂ O ₂ H ₂ O ₂ jutteren + CBL jutteren (7 uur)+CBL roto-cav. 3,2'' 26/41 GPM +CBL Jutteren (16 uur)+CBL	? ? 9% 13% 13% 32% 4%	15 ?	3,6 (24% ?)	5,5 (37%)	13% 53%
Vitens Vorden P03-04	Filter + omst onderste deel bgw.:Fe+Mn+mech.	1985(19)	21-33	PVC 9,5 296-315	700	193	0	roto-cavitatie 3,2''/4,5'' 31/145	9%	81,3	34,0 (42%)	41 (51%)	9% 21%
Vitens Doetinchem 69-05	b.g.w.	1969(35)	78-82 90-93 98-132	PVC 6 148-160	500	170	0	roto-cav. 3,2'' 29/67	4%	19,5	12,0 (62%)	12,7 (66%)	4% 6%
Vitens Doetinchem 74-10	b.g.w.	1974(30)	83-90 98-124	PVC 10 230-250	500	125	0	roto-cavitatie 3,2''/4,5'' 70/132	6%	13,9	8,6 (62%)	9,4 (68%)	6% 9%
WML Susteren PP 5	b.g.w.: fijn zand	1969(35)	101-121	RVS 2 200-204	400	98	0	roto-cavitatie 3,2'' 29/67	1%	15,0	4,5 (30%)	4,7 (31%)	1% 4%
WML Susteren PP 7	b.g.w.: fijn zand	1969(35)	100-118	RVS 2 200-204	400	98	0	roto-cavitatie 3,2'' 35/70	4%	22,5	8,4 (37%)	9,4 (41%)	4% 12%
BW Macharen 08-pp221	filter bovenin b.g.w. onderin	1980(24)	9-17	PVC 15 470-500	800	150	1	sputklossen roto-cav. 4,5'' 33/80 sputklossen jutteren + H ₂ O ₂	8% 1% 5% 26%	47,1	22,2 (47%)	22,5 (48%)	1% 1%
BW Someren 11-pp003	b.g.w.	1978(26)	176-199 225-251	PVC 10 230-250	600	175	2	jutteren + H ₂ O ₂ jutteren + H ₂ O ₂ roto-cav. 3,2'' 28/70	31% 6% 0%	51,5	23,6 (46%)	23,8 (46%)	0% 1%
BW Hemond PP101	fijn zand	1990(14)	122-135 143-144 175-178 182-184	PVC 10 230-250	600	175	3	jutteren + H ₂ O ₂ sputklossen.+CBL H ₂ O ₂ +jutteren roto-cav. 3,2''/4,5'' 28/68	16% 21% 19% 1%	28,1	14,2 (51%)	14,3 (52%)	1% 1%

* roto-cavitatie 3,2'' 22/26 = Er is gecaviteerd met een 3,2 inch tool. Het debiet van de spuitkop bedraagt gemiddeld 22 m³/uur en het debiet van de onderwaterpomp bedraagt gemiddeld 26 m³/uur.

Inhoud

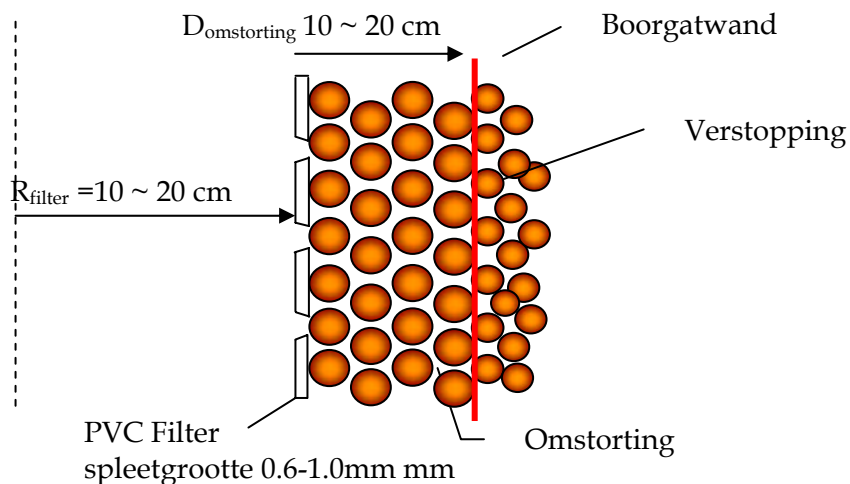
Samenvatting	1	
Inhoud	3	
1	Inleiding	5
2	De werking van de techniek	7
3	Doel en opzet van het testprogramma	9
3.1	Doel van het testprogramma	9
3.2	Tien proefbehandelingen	9
4	Uitvoering van het testprogramma	11
4.1	Puthistorie en rendementen roto-cavitatie (overzicht alle putten)	11
4.2	Evaluatie per put	13
4.2.1	Ridderkerk PP-17	13
4.2.2	Ridderkerk PP-18	15
4.2.3	Vorden P03-04	17
4.2.4	Deventer 69-05	18
4.2.5	Deventer 74-10	19
4.2.6	Susteren PP05	20
4.2.7	Susteren PP07	21
4.2.8	Someren PP003	24
4.2.9	Helmond PP01	25
5	Conclusies en aanbevelingen	27
5.1	Conclusies met betrekking tot de toepasbaarheid van de techniek	27
5.2	Aanbevelingen voor vervolg	28
5.3	Conclusies per put	28
I	Beschrijving onderzoek in testopstelling	32
II	Uitvoering van een cavitatie-behandeling	33
III	Besprekingsverslagen	35
IV	Verslag Evaluatiebijeenkomst	50
V	Folder van Wirlwind over de werking van Roto-cavitatie	53

1 Inleiding

In het kader van het Bedrijfstakonderzoek (BTO) Waterleidingbedrijven vindt binnen het project 'Optimalisatie winningstechnieken en -strategieën' onderzoek plaats naar putmanagement en putverstopping van pompputten.

De capaciteit van pompputten vermindert na verloop van tijd doordat vuildeeltjes (en mogelijk scale) zich ophopen op de boorgatwand en op het filter van een pompput. Als het niet mogelijk is om de verstopping te verwijderen wordt de levensduur van de put bekort en zullen er uiteindelijk meer putten nodig zijn om een gewenste productie te leveren. Er is derhalve een aanzienlijk economisch belang om de capaciteit van de put zo dicht mogelijk bij het theoretische maximum te houden. Tevens zijn er milieutechnische voordelen van regeneratie omdat hiermee de energiebehoefte en het ruimtegebruik (door de aanleg van putten) verminderd worden.

Er zijn reeds goede technieken om verstopping van de filterspleten en vervuiling in de put te verwijderen. Er zijn echter nog geen optimaal werkende technieken die het vuil tussen de omstorting en de formatie, en het vuil in de formatie verwijderen (zie figuur 1).



Figuur 1 : Schematische weergave detail waterwinningsput: dwarsdoorsnede over filterwand, omstorting en boorgatwand

De laatste jaren zijn er verschillende technieken in ontwikkeling voor het regenereren van pompputten (bijvoorbeeld regenereren met CO_2 met Rotocavitatie of met het regeneratiemiddel Aixtractor).

Rotocavitatie is mogelijk een nieuwe techniek waarmee de ontwikkeling en de regeneratie van pompputten kan worden geoptimaliseerd. Om deze techniek nader te onderzoeken heeft Whirlwind in samenwerking met Kiwa een testprogramma op 10 putten uitgevoerd. Dit rapport beschrijft de resultaten van het testprogramma.

Gevolgde procedure voor het testen van de techniek

De procedure die is gevolgd bij het testen van de Roto-cavitatie is als volgt:

- Literatuuronderzoek + bespreken van de techniek met Whirlwind
- Opstellen van een notitie met betrekking tot de werking van de techniek (zie hoofdstuk 2).
- Houden van een bijeenkomst met waterbedrijven en maken van een voorstel voor een testprogramma met 10 putten In hoofdstuk 3 worden de doelstelling en de uitvoering van het testprogramma nader toegelicht.
- Uitvoeren van de testen. In hoofdstuk 4 wordt de uitvoering van het testprogramma en de resultaten van de uitgevoerde regeneraties beschreven. Per waterbedrijf is voorafgaande aan de regeneraties en na afloop van regeneraties overleg geweest. De verslagen zijn bijgevoegd in bijlage III.
- Opstellen van een eindevaluatie. In hoofdstuk 5 worden de belangrijkste conclusies samengevat.
- Houden van een eindevaluatie met de betrokken waterbedrijven (bijlage IV).

2 De werking van de techniek

De techniek

De Jet-Cavitatietechniek wordt in de olie-industrie gebruikt om bebuizing, perforaties en formaties van olie-putten te reinigen. Onder hoge snelheid wordt door kleine gaatjes vloeistof naar buiten geperst. In de vloeistof vormen zich bellen die imploderen. Een combinatie van twee effecten zorgt voor het verwijderen van het verstoppende materiaal:

1. **Erosie.** Door de hoge snelheid van de vloeistof wordt de verstopping weggeslagen. Dit is vergelijkbaar met hoge drukreiniging (waterjetting) van waterputten (100-200 bar);
2. **Cavitatie.** Er worden kleine bellen gevormd door het grote drukverschil, dat optreedt als de vloeistof uit de "spuitgaten" wordt geperst. De bellen imploderen en dit zorgt voor een schokgolf die de verstopping wegslaat. Door de onderdruk die met de implosie gepaard gaat, wordt vloeistof met hoge snelheid aangetrokken en dit zorgt voor afvoer van de losgekomen deeltjes. Bij de Roto CAVITATOR™ is het cavitatie effect geoptimaliseerd. In bijlage V wordt in een folder van Wirlwind de techniek nader toegelicht.

De toepasbaarheid

In waterputten treden twee vormen van putverstopping op, namelijk: verstopping van de filterspleten en verstopping op de boorgatwand. Voor het beoordelen van de toepasbaarheid van de Roto CAVITATOR™ gaat het in principe om het verwijderen van de verstopping op de boorgatwand, omdat voor het schoonmaken van het filter al goede technieken voorhanden zijn.

1. **Verstopping op de boorgatwand.**
Volgens Whirlwind is de combinatie van beide effecten zo krachtig dat ook verstoppend materiaal op de boorgatwand kan worden verwijderd. Vooral de schokgolven die optreden door het cavitatie-effect zorgen voor het losmaken van de verstopte deeltjes. Bepalend voor de effectiviteit van het cavitatieproces is de samenstelling van deze opgewekte schokgolven. Een schokgolf bestaat uit een groot aantal golven met verschillende frequentie en amplitude. Uit de frequentie kan de golflengte bepaald worden. De golflengte van een golf is een indicatie hoe diep de golf doordringt in een medium. De amplitude van een golf is een maat voor de hoeveelheid energie die de golf bezit. Deze factoren bepalen de effectiviteit van een golf. Het is daarom belangrijk om de opgewekte schokgolf te karakteriseren om een oordeel te kunnen geven over de effectiviteit van het cavitatie-mechanisme. Bij het toepassen van schokgolven treden altijd een aantal effecten op zoals temperatuurstijging en het verplaatsen van deeltjes. Denk aan een schokgolf veroorzaakt door een explosie. Een sterke schokgolf kan dan ook zeer destructief zijn.
2. **Verstopping van de filterspleten.**
De combinatie van hoge drukreiniging en cavitatie zorgt voor directe verwijdering van het verstoppende materiaal. Een nevenopbrengst van het testprogramma is dat duidelijk zal worden of de Roto CAVITATOR™ geschikt is voor het verwijderen van deze vorm van putverstopping. De constructie van een waterput is op een aantal punten anders dan van een olieput. Een waterput heeft in vergelijking tot een olieput meestal een

PVC filter (in plaats van staal) met smalle sleuven (0.6 – 1.0 mm), die niet tegen een hoge druk en temperatuur bestand is. Daarnaast bevindt zich tussen het filter en de formatie een omstorting van 10-20 cm, terwijl een olieput meestal geen omstorting heeft. Er zijn echter vele manieren om een olieput te construeren (afhankelijk van de omstandigheden). Er bestaan dus ook olieputten die een vergelijkbare omstorting en filter hebben. Bij een put die reeds beschadigd is of waarvan de kwaliteit van het PVC slecht is, moet er een limiet (zie figuur 1) worden gesteld aan de waterdruk die de cavitatie-tool opbouwt en de aan de kracht van de schokgolven. Hierdoor vermindert de effectiviteit van de jet-cavitatie in een waterput sterk. Indien de put in goede conditie is (met name het PVC van de put is niet beschadigd en drukklasse van het PVC is voldoende) kan de cavitatie-techniek goed worden toegepast. Dat wil zeggen dat de drukken die bij roto-cavitatie worden gebruikt niet tot beschadigingen leiden.

Jetting effect op de boorgatwand

Het is bekend dat bij verstopping op de boorgatwand hoge drukreiniging geen effect heeft indien de omstorting dikker is dan 0,1 meter.

Cavitatie effect op de boorgatwand

De afstand die de schokgolf moet afleggen om het verstoppende materiaal op de boorgatwand te bereiken is gemiddeld ongeveer 25 centimeter ($=15 (R_{\text{filter}}) - 3.75 (R_{\text{nozzle}}) + 15 (D_{\text{omstorting}})$). De schokgolf zal eerst door smalle filterspleten (0.6 – 1.0 mm) heen moeten. Vervolgens moet de schokgolf nog 15 centimeter door de omstorting heen. De kracht van de schokgolf wordt mogelijk beperkt door de eigenschappen van het PVC filter. Bij een zeer dikke omstorting is het de vraag is of de schokgolf ter plaatse van de boorgatwand nog voldoende energie bezit om de verstopping te mobiliseren. Het testprogramma dient hier meer duidelijkheid over te verschaffen.

3 Doel en opzet van het testprogramma

3.1 Doel van het testprogramma

Hoewel goede resultaten bereikt zijn in olie- en gasputten is er onbekendheid met de directe effecten van Roto-cavitatie in pompputten voor de drinkwatervoorziening. Er zijn onder meer de volgende kernvragen:

- 1 Is cavitatie inderdaad in staat om vuilbruggen te verstoren en te breken en het vuil te mobiliseren? Is de techniek wel krachtig genoeg? Bereiken de schokgolven de verstopping op de boorgatwand?
- 2 Is de techniek niet te krachtig, zodat er gevaar bestaat voor beschadiging van het filterbuis, de omstorting en/of de formatie?

Om deze vragen te beantwoorden is er tijdens een presentatie bij Kiwa (19 maart 2002) door Kiwa, Whirlwind en 6 waterbedrijven besloten dat een tweeledig programma zou moeten worden uitgevoerd, bestaande uit het gecontroleerd en op stapsgewijze uitvoeren van 10 proefbehandelingen in het veld.

Tijdens de proefbehandelingen wordt de techniek van de roto-cavitatie op zich getest, dat wil zeggen dat tijdens het testprogramma **geen** chemicaliën worden gebruikt.

De coördinatie van het testprogramma verloopt via Kiwa. Het programma is gericht op het vaststellen van het effect van de Roto CAVITATOR™ onder verschillende representatieve omstandigheden. In dit programma worden de juiste tool keuze (diameter, centralisatie) en behandelingstechniek onderzocht. Hierbij moet het risico voor beschadiging van de put zo laag mogelijk zijn.

3.2 Tien proefbehandelingen

In samenwerking met Kiwa worden door Whirlwind 10 representatieve putten (met natuurlijke omstandigheden en een normale constructie) geselecteerd bij de waterbedrijven die geïnteresseerd zijn om met deze fase mee te doen.

De selectiecriteria voor de representatieve putten zijn in grote lijnen als volgt:

- 1 De capaciteit van de put moet beduidend lager (tussen 30 en 50%) zijn dan de capaciteit bij oplevering. De capaciteit mag echter niet verder zijn teruggelopen dan 50% van de capaciteit bij oplevering. Daarnaast moet er duidelijk sprake zijn van verstopping op de boorgatwand.
- 2 Bij voorkeur worden er putten gekozen die reeds meerdere keren met verschillende technieken zijn geregenereerd en die over een verloop van jaren een geleidelijk verval getoond hebben van het specifiek debiet.
- 3 De put moet in goede conditie zijn en bij voorkeur niet ouder dan 30 jaar.
- 4 De voorkeur gaat uit naar veel toegepaste putconstructies die representatief zijn voor Nederland. (geen indicaties van nazakken of lekkage van het filterscherm). Er wordt gekozen voor putten die representatief zijn voor de Nederlandse geologische omstandigheden.
- 5 Goed en volledig gedocumenteerde putgegevens zijn een noodzaak.

Waterbedrijven geven aan welke putten in aanmerking komen voor een proefbehandeling en leveren de benodigde informatie aan. De selectie zal door Kiwa plaatsvinden.

Voor elke gekozen put wordt een gedetailleerd programma opgesteld, waarin de toolkeuze, de wijze van afpomping, de opstelling van de apparatuur en de behandelingsstappen beschreven worden. In algemene zin zien de behandelingen er uit als omschreven in bijlage II.

De Whirlwind support engineer schrijft een rapport van elke proefbehandeling. Whirlwind levert voor de behandeling de roterende cavitatie spuitkop (de z.g.n. Roto CAVITATOR™), evt. centralisatie gereedschap om de tool goed in het midden van het gat te houden, en een cavitatie expert. Whirlwind heeft afspraken gemaakt met Q-flow om behandelingsgereedschap, voor zover dat niet direct door het waterbedrijf geleverd kan worden, te leveren zodat een totaalpakket aangeboden kan worden.

De financiële condities voor de eerst 10 'proef' behandelingen zijn gunstiger dan voor eventuele toekomstige 'normale' behandelingen. De uitvoering van regeneratie met roto-cavitatie tijdens het proefprogramma kost ongeveer 4100 euro. Een behandeling buiten het testprogramma kost ongeveer 6800 euro. Hierbij dient vermeld te worden dat de definitieve kosten afhankelijk zijn het aantal putten, de diepte van de putten, transportafstanden e.d.

4 Uitvoering van het testprogramma

4.1 Puthistorie en rendementen roto-cavitatie (overzicht alle putten)

In totaal zijn 10 putten geregenereerd met roto-cavitatie. In tabel 1 is een overzicht gegeven van de geregenereerde putten.

Enkele van de in tabel 1 genoemde putten zijn reeds eerder geregenereerd. Om het resultaat van de uitgevoerde regeneratie met roto-cavitatie te kunnen beoordelen is het noodzakelijk de gehele puthistorie te beschouwen. Onder de puthistorie wordt in dit verband verstaan:

- Het specifiek debiet van de nulsituatie zoals aangegeven door het waterbedrijf.
- Het verloop van het specifiek debiet in de tijd.
- De tijdstippen en rendementen (toename van het specifiek debiet ten opzichte van de nulsituatie) van de uitgevoerde regeneraties.
- De duurzaamheid van de uitgevoerde regeneraties. Omdat de meeste regeneraties met roto-cavitatie recentelijk zijn uitgevoerd is dit voor roto-cavitatie nog niet goed te beoordelen.
- Omschrijving van de optredende verstopping (boorgatwand of filterspleten).

Indien bovenstaande zaken bekend zijn kunnen de rendementen van de uitgevoerde regeneraties met roto-cavitatie op waarde worden geschat. In tabel 1 zijn voor de 10 geregenereerde putten een aantal parameters weergegeven die de puthistorie karakteriseren. Bovendien zijn de rendementen van de regeneraties met roto-cavitatie weergegeven ten opzichte van de nulsituatie en ten opzichte van de situatie direct voor de regeneratie met roto-cavitatie. Tevens zijn de rendementen van eerder uitgevoerde regeneraties weergegeven. Voor een uitgebreide beschrijving van andere regeneratiemethoden wordt verwezen naar het kennisdocument putten van Kiwa van september 2000 (BTO 2000-110 (c)) en de vergelijkingstabel putmanagement van september 2003 (BTO 2003.012). In paragraaf 4.2 worden alle individuele putten geëvalueerd.

Tabel 1: Parameters met betrekking tot de puthistorie en resultaten van uitgevoerde regeneraties.

Putgegevens								Uitgevoerde regeneraties		Rendementen roto-cavitatie			
Waterbedr. Plaats Put. nr.	Type Verstopping	Bouwjaar (leeftijd)	Filterst. m-mv.	Materiaal Dikte filterw. (mm) Diam. filter (mm)	Diam. boorgat (mm)	Dikte Omstort. (mm)	Aantal reg. voor RC	Methoden regeneraties	Rendem. (% t.o.v. nuls.)	Q-spec. 0-sit. (m ³ /u/m)	Qspec. voor RC in m ³ /u/m + (% t.o.v. nuls.)	Qspec. na RC in m ³ /u/m + (% t.o.v. nuls.)	Rend. t.o.v 0-sit t.o.v. voor RC
Hydron ZH Ridderkerk RK-17	b.g.w.: silt, klei kalk fijn zand en org.mat.	1960(44)	15-21	RVS 2 250-254	600	173	10 (na 92)	H ₂ O ₂ H ₂ O ₂ CBL jutteren +CBL HD HD + H ₂ O ₂ HD + H ₂ O ₂ jutteren+CBL jutteren (8 uur)+CBL jutteren (18 uur)+CBL roto-cav. 3,2'' 22/26*	? ? 16% 4% -4% 0% -1% 11% 4% 6% 3%	14,9	4,4 (30% ?)	4,9 (33% ?)	3% 11%
Hydron ZH Ridderkerk RK-18	b.g.w.: silt, klei kalk fijn zand en org.mat.	1969(35)	50-67 75-87	RVS 1,5 150-153	600	224	4 (na 92)	H ₂ O ₂ H ₂ O ₂ jutteren + CBL jutteren (7 uur) +CBL roto-cav. 3,2'' 26/41 GPM +CBL Jutteren (16 uur)+CBL	? ? 9% 13% 13% 32% 4%	15 ?	3,6 (24% ?)	5,5 (37%)	13% 53%
Vitens Vorden P03-04	Filter + omst onderste deel bgw.:Fe+Mn+mech.	1985(19)	21-33	PVC 9,5 296-315	700	193	0	roto-cavitatie 3,2''/4,5'' 31/145	9%	81,3	34,0 (42%)	41 (51%)	9% 21%
Vitens Doetinchem 69-05	b.g.w.	1969(35)	78-82 90-93 98-132	PVC 6 148-160	500	170	0	roto-cav. 3,2'' 29/67	4%	19,5	12,0 (62%)	12,7 (66%)	4% 6%
Vitens Doetinchem 74-10	b.g.w.	1974(30)	83-90 98-124	PVC 10 230-250	500	125	0	roto-cavitatie 3,2''/4,5'' 70/132	6%	13,9	8,6 (62%)	9,4 (68%)	6% 9%
WML Susteren PP 5	b.g.w.: fijn zand	1969(35)	101-121	RVS 2 200-204	400	98	0	roto-cavitatie 3,2'' 29/67	1%	15,0	4,5 (30%)	4,7 (31%)	1% 4%
WML Susteren PP 7	b.g.w.: fijn zand	1969(35)	100-118	RVS 2 200-204	400	98	0	roto-cavitatie 3,2'' 35/70	4%	22,5	8,4 (37%)	9,4 (41%)	4% 12%
BW Macharen 08-pp221	filter bovenin b.g.w. onderin	1980(24)	9-17	PVC 15 470-500	800	150	1	sputklossen roto-cav. 4,5'' 33/80 sputklossen jutteren + H ₂ O ₂	8% 1% 5% 26%	47,1	22,2 (47%)	22,5 (48%)	1% 1%
BW Someren 11-pp003	b.g.w.	1978(26)	176-199 225-251	PVC 10 230-250	600	175	2	jutteren + H ₂ O ₂ jutteren + H ₂ O ₂ roto-cav. 3,2'' 28/70	31% 6% 0%	51,5	23,6 (46%)	23,8 (46%)	0% 1%
BW Hemond PP101	fijn zand	1990(14)	122-135 143-144 175-178 182-184	PVC 10 230-250	600	175	3	jutteren + H ₂ O ₂ sputklossen.+CBL H ₂ O ₂ +jutteren roto-cav. 3,2''/4,5'' 28/68	16% 21% 19% 1%	28,1	14,2 (51%)	14,3 (52%)	1% 1%

* roto-cavitatie 3,2'' 22/26 = Er is gecaviteerd met een 3,2 inch tool. Het debiet van de spuitkop bedraagt gemiddeld 22 m³/uur en het debiet van de onderwaterpomp bedraagt gemiddeld 26 m³/uur.

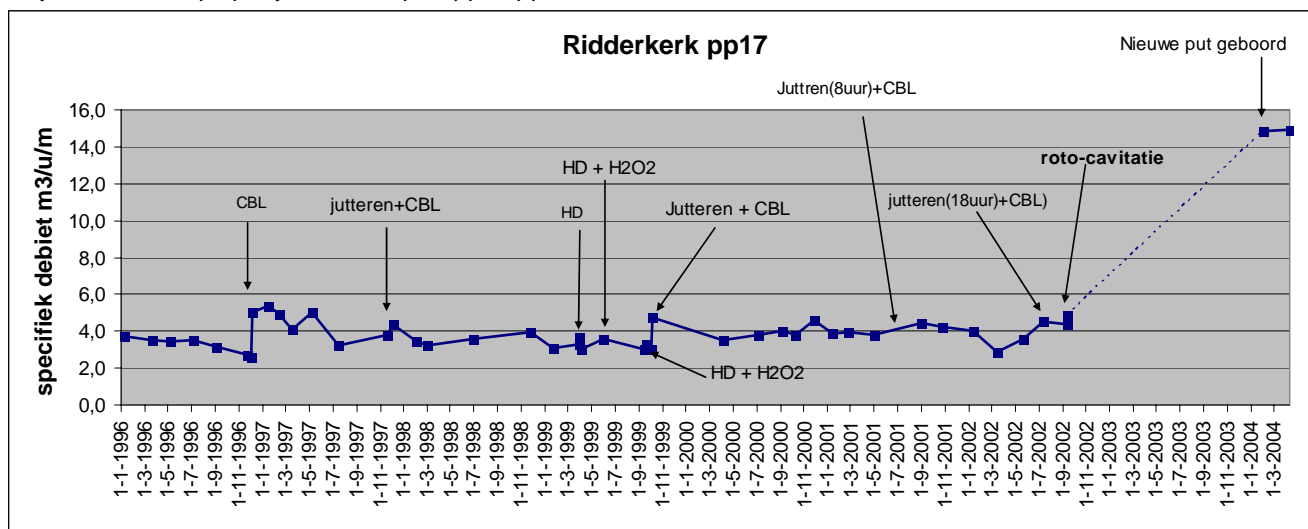
4.2 Evaluatie per put

4.2.1 Ridderkerk PP-17

Uit camera-inspectie vooraf blijkt dat er een filterbeschadiging in de put aanwezig is, waardoor de roto-cavitatie behandeling met de 3,2" tool-kop niet op de volledige filterlengte kon worden uitgevoerd. Om deze reden is afgeweken van het oorspronkelijke plan van aanpak en is het beschadigde filtergedeelte niet behandeld.

Deze put is aangelegd in 1960 het verloop van het specifiek debiet vanaf 1996 met de uitgevoerde regeneraties is weergegeven in grafiek 1.

Grafiek 1: Verloop specifiek debiet pompput pp17 in Ridderkerk



Voorafgaande aan de regeneratie met roto-cavitatie op 12 september 2002, is de put 10 maal eerder geregeneerd (in 1992, 1993, 1996, 1997, 4 keer in 1999, in 2001 en in 2002). Van de eerste 2 regeneraties (beide met H₂O₂) zijn geen rendementen bekend. Ook het verloop van het specifiek debiet van voor 1996 is niet bekend. Het specifiek debiet van de nulsituatie is dus ook niet bekend. Het hoogst gemeten specifiek debiet in de periode 1996-2002 is 5,4 m³/u/m. Het specifiek debiet van de nulsituatie ligt waarschijnlijk veel hoger. Eind 2002 is de put gedempt, in 2004 is een nieuwe put geboord. Het specifiek debiet van de nieuwe put bedraagt 14,9 m³/u/m. Omdat we niet precies weten wat het specifiek debiet van de nulsituatie van de oude put is, zijn hiervoor 4 aannames gedaan en zijn de rendementen van de uitgevoerde regeneraties ten opzichte van de aangenomen nulsituatie ook 4 maal berekend. Het resultaat is weergegeven in tabel 3.

Tabel 3: Rendementen regeneraties in % t.o.v. de nulsituatie uitgaande van 4 verschillende nulsituaties.

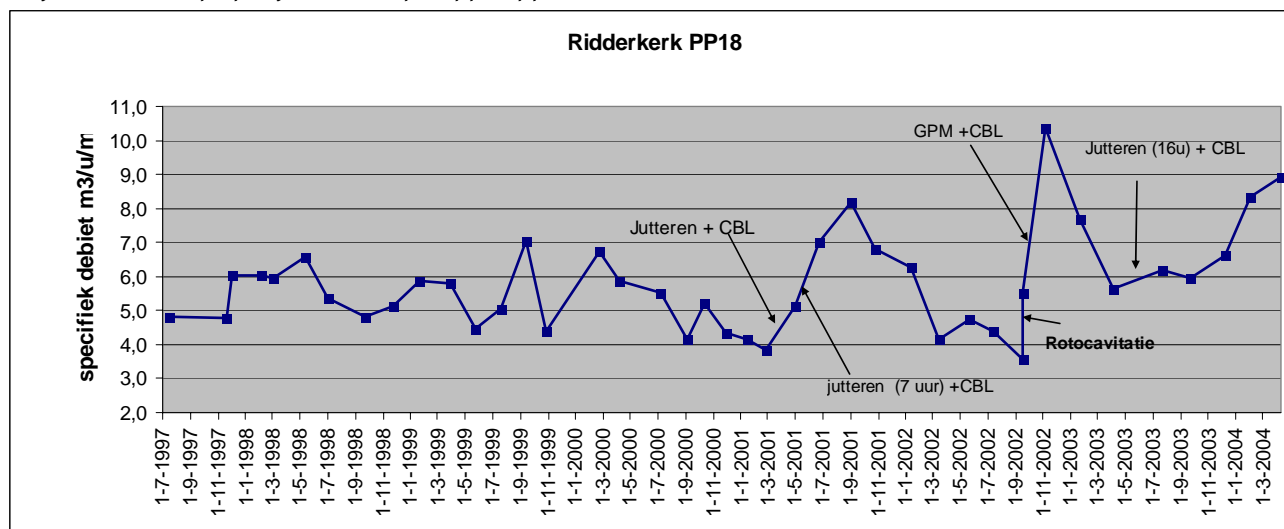
Qsp nulsituatie in m ³ /u/m	5	10	14,9	20
	rendementen in % t.o.v. nulsituatie			
3 dec 96: CBL	48,0	24,0	16,1	12,0
5 nov 97: jutteren+CBL	12,0	6,0	4,0	3,0
2 apr 99: HD	13,0	-6,5	-4,4	-3,3
1 jun 99: HD+H ₂ O ₂	-0,2	-0,1	-0,1	0,0
17 sep 99: HD+H ₂ O ₂	-1,8	-0,9	-0,6	-0,4
4 okt 99: jutteren+CBL	34,0	17,0	11,4	8,5
23 jun 01: jutteren +CBL (8uur)	13,0	6,5	4,4	3,3
24 jun 02 : jutteren+CBL (18uur)	19,2	9,6	6,4	4,8
12 sep 02: roto-cavitatie	10,0	5,0	3,4	2,5

Uit tabel 3 blijkt dat, in het geval we uitgaan van een specifiek debiet van de nulsituatie van 14,9 m³/u/m, de rendementen van de eerder uitgevoerde regeneraties (voor roto-cavitatie) variëren tussen -4,4 en 16,1%. Het rendement van roto-cavitatie is in dit geval 3,4%. Door roto-cavitatie is het specifieke debiet toegenomen van 4,38 naar 4,88 m³/u/m. Berekenen we de toename ten opzichte van de situatie direct voordat de put met roto-cavitatie is geregenereerd dan bedraagt de toename 11,4%. Uit tabel 3 blijkt dat regenereren met H₂O₂ voor deze put geen of slechts een negatief resultaat geeft. Het regenereren met CBL heeft wel een positief resultaat. Het resultaat van de roto-cavitatie komt overeen met de laatste 2 regeneraties uitgevoerd met jutteren en CBL in de twee jaar voorafgaand aan de regeneratie met roto-cavitatie. Hierbij dient rekening gehouden te worden met het feit dat niet het hele filter is behandeld.

4.2.2 Ridderkerk PP-18

Deze put is aangelegd in 1969 het verloop van het specifiek debiet vanaf 1997 met de uitgevoerde regeneraties is weergegeven in grafiek 2.

Grafiek 2: Verloop specifiek debiet pompput pp18 in Ridderkerk



Voorafgaande aan de regeneratie met roto-cavities op 16 september 2002 is de put 4 maal eerder geregenereerd (in 1992, 1995, 2 keer in 2001). Van de eerste 2 regeneraties (beide met H₂O₂) zijn geen rendementen bekend. Ook het verloop van het specifiek debiet van voor 1997 is niet bekend. Het specifiek debiet van de nulsituatie is dus ook niet bekend. Het hoogst gemeten specifiek debiet in de periode 1997-2004 is 10,4 m³/u/m. Het specifiek debiet van de nulsituatie ligt waarschijnlijk hoger. Omdat we niet precies weten wat het specifiek debiet van de nulsituatie is, zijn hiervoor 3 aannames gedaan en zijn de rendementen van de uitgevoerde regeneraties ten opzichte van de aangenomen nulsituatie ook 3 maal berekend. Het resultaat is weergegeven in tabel 3.

Tabel 4: Rendementen regeneraties in % t.o.v. de nulsituatie uitgaande van 3 verschillende nulsituaties.

Qsp nulsituatie in m ³ /u/m	10	15	20
	rendementen in % t.o.v. nulsituatie		
20 mrt 01: jutturen + CBL	12,9	8,6	6,5
10 mei 01: jutturen (7 uur) + CBL	18,8	12,5	9,4
16 sep 02: roto-cavities	19,6	13,1	9,8
25 sep 02: GPM + CBL	48,3	32,2	24,2
19 mei 03: jutturen (16 uur) + CBL	5,7	3,8	2,9

Uit tabel 4 blijkt dat, in het geval we uitgaan van een specifiek debiet van de nulsituatie van 15 m³/u/m de rendementen van de eerder uitgevoerde regeneraties (voor roto-cavities) 8,6 en 12,5% bedragen. Het rendement van roto-cavities is in dit geval 13,1%. Door roto-cavities is het specifieke debiet toegenomen van 3,6 naar 5,5 m³/u/m. Berekenen we de toename ten opzichte van de situatie direct voor dat de put met roto-cavities is geregenereerd dan bedraagt de toename 52,7%. Het resultaat van de roto-cavities komt overeen met de laatste 2 regeneraties met CBL in de twee jaar

vooraan de regeneratie met rotocavitatie. Hieruit zou men kunnen concluderen dat met roto-cavitatie dezelfde soort verstopping wordt verwijderd als met CBL (dit geldt ook voor put 17). CBL werkt dispergerend op met name kleideeltjes.

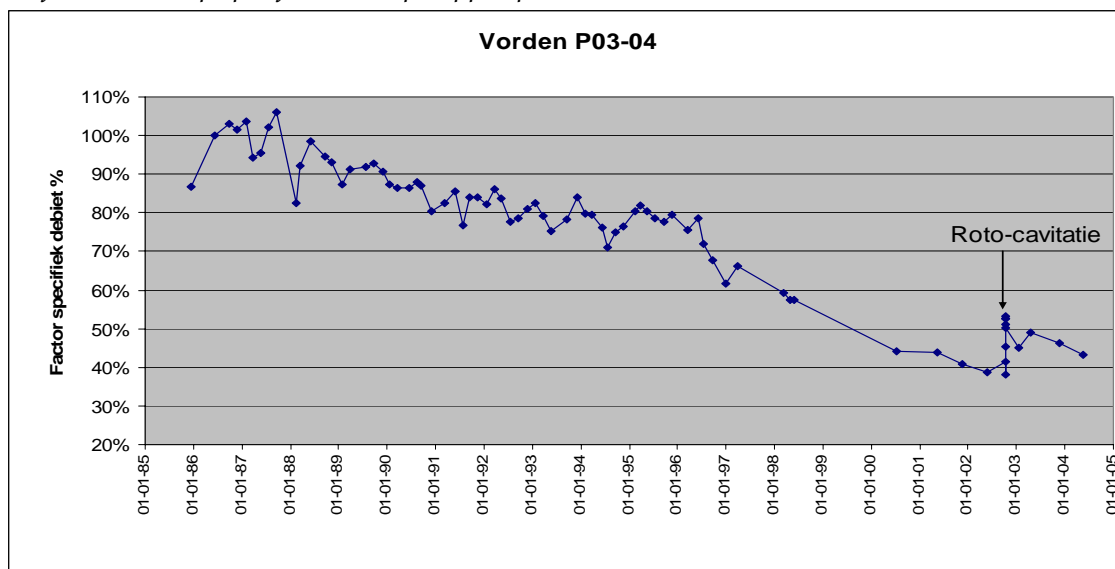
Ook opvallend is dat na de regeneratie met rotocavitatie het rendement van de GPM+CBL regeneratie zeer hoog is in vergelijking met alle andere regeneraties, terwijl deze methode meestal minder rendement oplevert dan jutteren + CBL (GPM staat voor gesloten put methode. Bij deze regeneratiemethode wordt cloorbleekloog in de put gebracht zonder de putkop/pomp te verwijderen waardoor niet gejutterd kan worden. Na enige tijd wordt het cloorbleekloog weer opgepompt). Mogelijk komt dit doordat met de roto-cavitatie deeltjes zijn verwijderd waardoor de CBL beter in contact komt met de verontreiniging en dus beter zijn werk kan doen. Hieruit zouden we kunnen concluderen dat onderzoek naar de combinatie roto-cavitatie en CBL zinvol is.

De ervaring met roto-cavitatie is dat vaak veel fijn zand wordt verwijderd, dit was ook bij RK18 het geval. Uit een indicatieve berekening blijkt (zie rapport regeneratie van put RK-18 van oktober 2002) dat indien de poriën in de omstorting volledig opgevuld zouden zijn met formatiezand, dat 4,1 ton zand geproduceerd zou moeten worden om de omstorting volledig te reinigen. In de meeste gevallen is men terughoudend om dergelijke hoeveelheden zand te produceren. Mogelijk zou het rendement van de regeneratie verbeterd kunnen worden door langer te blijven caviteren en dus meer zand te verwijderen.

4.2.3 Vorden P03-04

Deze put is aangelegd in 1985 het verloop van het specifiek debiet vanaf 1985 met de uitgevoerde regeneratie is weergegeven in grafiek 3.

Grafiek 3: Verloop specifiek debiet pompput p03-04 in Vorden



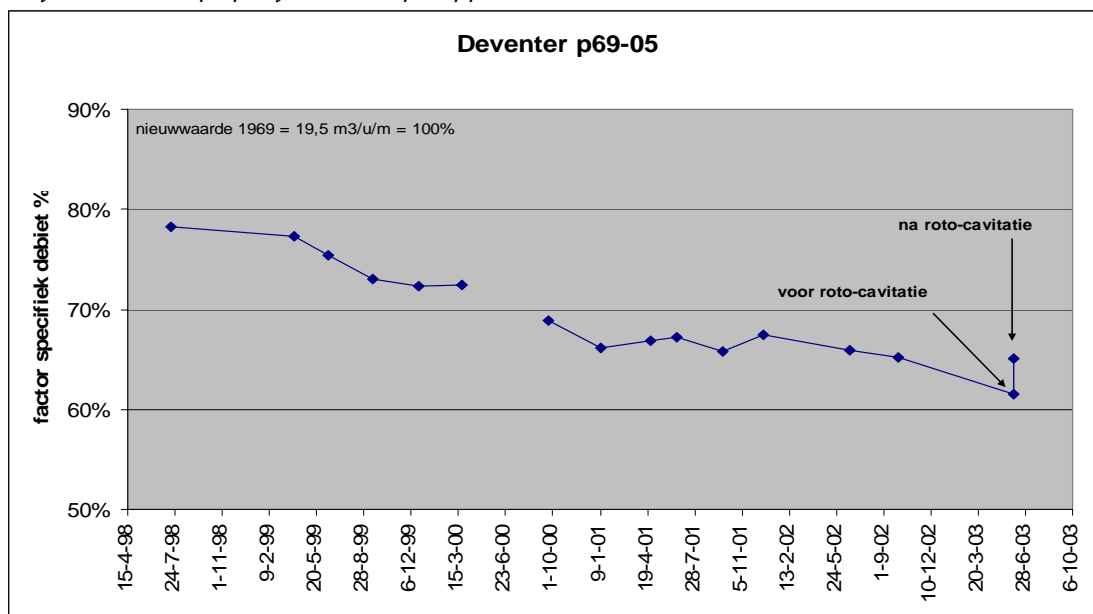
Voorafgaande aan de regeneratie met roto-cavitatie op 10 oktober 2002 is de put niet eerder geregeneerd. Het specifieke debiet van de nulsituatie bedraagt 81,3 m³/u/m. Het specifiek debiet voor roto-cavitatie bedraagt 33,6 m³/u/m (=41,3%). Het specifiek debiet na roto-cavitatie bedraagt 40,8 m³/u/m (=50,3%). Ten opzichte van de nulsituatie is het specifiek debiet met 7,2 m³/u/m toegenomen (9%). Ten opzichte van de situatie voor roto-cavitatie is het specifiek debiet toegenomen met 21,4%

Op deze put is ondergrondse ontijzering toegepast. Dit vindt plaats door met zuurstof verrijkt water te injecteren (3000 m³ met zuurstof verrijkt water wordt geïnjecteerd waarna 18000 m³ water wordt onttrokken). Door deze ondergrondse ontijzering zijn de onderste meters filter van dicht gaan zitten door vorming van ijzer en mangaanoxide. Uit de flowmeting blijkt dat de onderste 4 meter (= 33% van de totale filterlengte) voor roto-cavitatie nagenoeg geen water levert. Echter de toename per meter is voor het onderste deel van het filter ongeveer gelijk aan de rest van het filter.

4.2.4 Deventer 69-05

Deze put is aangelegd in 1969 het verloop van het specifiek debiet vanaf 1998 met de uitgevoerde regeneratie is weergegeven in grafiek 4.

Grafiek 4: Verloop specifiek debiet pompput 69-05 in Deventer



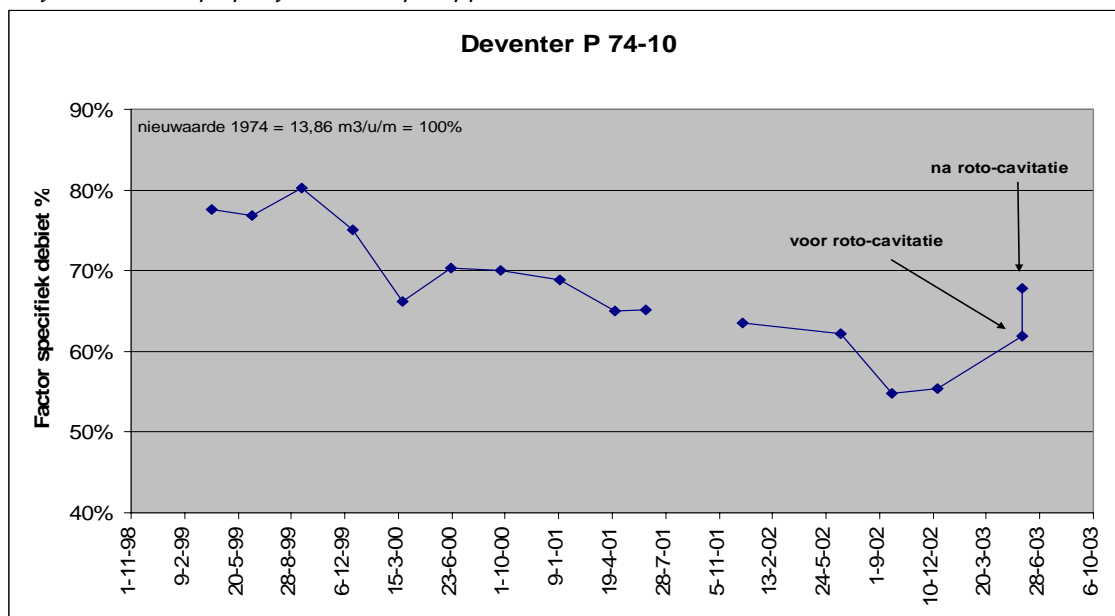
Voorafgaande aan de regeneratie met roto-cavitatie op 3 juni 2003 is de put niet eerder geregenereerd. Het specifiek debiet van de nulsituatie bedraagt 19,5 m³/u/m. Het specifiek debiet voor roto-cavitatie bedraagt 12,0 m³/u/m (=61,5%). Het specifiek debiet na roto-cavitatie bedraagt 12,7 m³/u/m (=65,1%). Ten opzichte van de nulsituatie is het specifiek debiet met 0,7 m³/u/m toegenomen (3,6%). Ten opzichte van de situatie voor roto-cavitatie is het specifiek debiet toegenomen met 5,8%.

Tijdens de tweede behandeling werd een redelijke hoeveelheid omstortingsgrind afgepompt. Uit camera-inspectie voor roto-cavitatie en na de tweede run blijkt dat in het filter scheurtjes zijn ontstaan en dat enkele schotjes zijn doorgebroken. Om deze reden is verdere behandeling aan de put gestaakt. De regeneratie is dus niet volledig uitgevoerd omdat normaliter 3 à 4 runs worden uitgevoerd. In het algemeen wordt aangenomen dat de kwaliteit van het PVC voor 1974 aanzienlijk slechter is dan na 1974. De mindere kwaliteit van het PVC heeft zeker een rol gespeeld bij het ontstaan van de beschadigingen. Vitens deelt de mening dat de beschadigingen waarschijnlijk ook waren ontstaan in het geval de put was gereinigd door middel van hoge druk reinigen (spuitklossen). Het beschadigde deel van de put moet nog hersteld worden, derhalve is de put nog niet in bedrijf gesteld.

4.2.5 Deventer 74-10

Deze put is aangelegd in 1974 het verloop van het specifiek debiet vanaf 1998 met de uitgevoerde regeneratie is weergegeven in grafiek 5.

Grafiek 5: Verloop specifiek debiet pompput 74-10 in Deventer

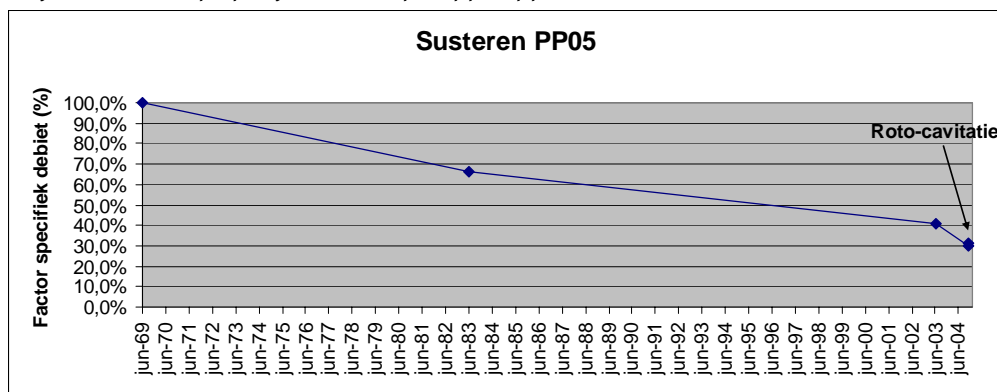


Voorafgaande aan de regeneratie met roto-cavitatie op 27 mei 2003 is de put niet eerder geregenereerd. Het specifiek debiet van de nulsituatie bedraagt 13,9 m³/u/m. Het specifiek debiet voor roto-cavitatie bedraagt 8,6 m³/u/m (=61,9%). Het specifiek debiet na roto-cavitatie bedraagt 9,4 m³/u/m (=67,6%). Ten opzichte van de nulsituatie is het specifiek debiet met 0,8 m³/u/m toegenomen (5,8%). Ten opzichte van de situatie voor roto-cavitatie is het specifiek debiet toegenomen met 9,3%. Vanwege de ligging in een nieuwbouwwijk is de put in april 2004 gedempt.

4.2.6 Susteren PP05

Deze put is aangelegd in 1969 het verloop van het specifiek debiet met de uitgevoerde regeneratie is weergegeven in grafiek 6. Zoals in de grafiek is te zien zijn er maar heel weinig meetgegevens (slechts 3 metingen voor de uitgevoerde regeneratie).

Grafiek 6: Verloop specifiek debiet pompput pp05 in Susteren



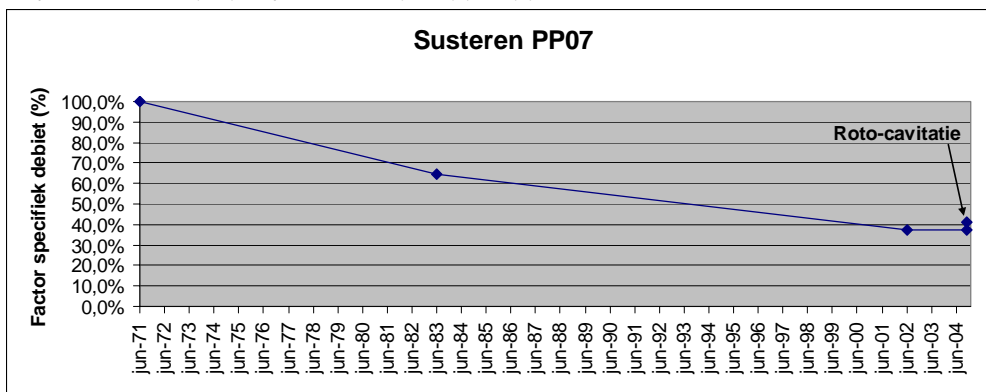
Voorafgaande aan de regeneratie met roto-cavitatie op 4 en 5 november 2003 is de put niet eerder geregenereerd. Het specifiek debiet van de nulsituatie bedraagt ongeveer 15 m³/u/m. Het specifiek debiet voor roto-cavitatie bedraagt 4,5 m³/u/m (= 30,0%). Het specifiek debiet na roto-cavitatie bedraagt 4,7 m³/u/m (= 31,3%). Ten opzichte van de nulsituatie is het specifiek debiet met 0,2 m³/u/m toegenomen (1,3%). Ten opzichte van de situatie voor roto-cavitatie is het specifiek debiet toegenomen met 4,4%. De verbetering is marginaal. Omdat de put niet eerder is geregenereerd en het specifiek debiet reeds ver is teruggelopen is het zeer moeilijk een dergelijke put te verbeteren.

Tijdens de cavitatie werd zand en silt geproduceerd. De put is gemaakt d.m.v. een puls boring. De kans van verstopping van de boorgatwand is daardoor minder omdat geen boorspoeling wordt gebruikt. Mogelijk is de put verstopt door aantrekken van fijn zand. Blijven caviteren totdat de put geen zand meer levert, of caviteren met een grotere tool had het specifiek debiet mogelijk verder verhoogd (= een hypothese). Echter uit de laatste 2 stopproeven voor en de laatste run blijkt dat het specifiek debiet niet meer verder stijgt.

4.2.7 Susteren PP07

Ook deze put is aangelegd in 1969 het verloop van het specifiek debiet met de uitgevoerde regeneratie is weergegeven in grafiek 7. Zoals in de grafiek is te zien zijn er maar heel weinig meetgegevens (slechts 3 metingen voor de uitgevoerde regeneratie).

Grafiek 7: Verloop specifiek debiet pompput pp07 in Susteren



Voorafgaande aan de regeneratie met roto-cavitatie op 5 november 2003 is de put niet eerder geregenereerd. Het specifiek debiet van de nulsituatie bedraagt ongeveer 22,5 m³/u/m. Het specifiek debiet voor roto-cavitatie bedraagt 8,4 m³/u/m (=37,3%). Het specifiek debiet na roto-cavitatie bedraagt 9,4 m³/u/m (=40,9%). Ten opzichte van de nulsituatie is het specifiek debiet met 1,0 m³/u/m toegenomen (3,6%). Ten opzichte van de situatie voor roto-cavitatie is het specifiek debiet toegenomen met 11,9%. Er is een kleine verbetering opgetreden. Omdat de put niet eerder is geregenereerd en het specifiek debiet reeds ver was teruggelopen is het zeer moeilijk een dergelijke put te verbeteren.

Tijdens de cavitatie werd zand en silt geproduceerd. De put is gemaakt d.m.v. een puls boring. De kans van verstopping van de boorgatwand is daardoor minder omdat geen boorspoeling wordt gebruikt. Mogelijk is de put verstopt door aantrekken van fijn zand. Blijven caviteren totdat de put geen zand meer levert of caviteren met een grotere tool had het specifiek debiet mogelijk verder verhoogd (= een hypothese).

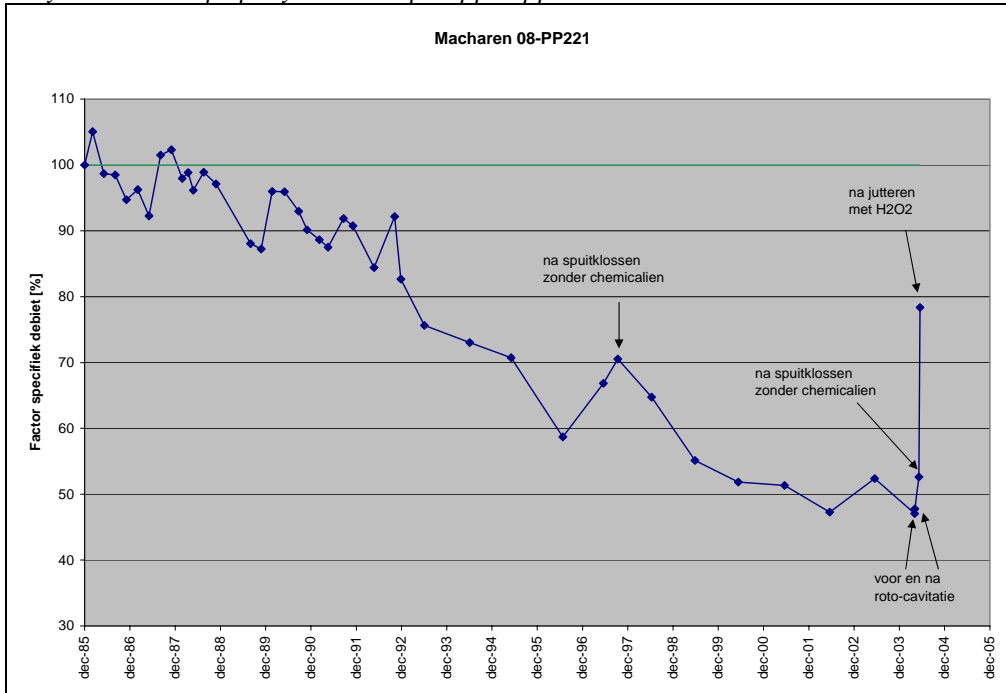


Foto: regeneratie in uitvoering

Macharen 08-PP221

Deze put is aangelegd in 1980 het verloop van het specifiek debiet vanaf 1985 is weergegeven in grafiek 8. Hierbij moet inacht genomen worden dat de metingen van voor 1993 niet erg nauwkeurig zijn als gevolg van het gebruik van een watermeter met relatief grote afwijkingen.

Grafiek 8: Verloop specifiek debiet pompput pp221 in Macharen



Voor roto-cavitatie heeft een camera-inspectie plaatsgevonden, hieruit blijkt dat met name bovenin de put en in de zandvang redelijk wat ijzerverstopping aanwezig is.

Voorafgaande aan de regeneratie met roto-cavitatie is de put één maal eerder geregeneerd in 1997. Na de regeneratie met roto-cavitatie is de put nog twee maal geregeneerd. De uitgevoerde regeneraties en de rendementen ten opzichte van de nulsituatie zijn in tabel 5 weergegeven.

Tabel 5: Rendementen regeneraties in % t.o.v. de nulsituatie.

Q-spec nulsituatie in m ³ /u/m	47
rendementen in % t.o.v. nulsituatie	
30 mei 97: spuitklossen	8,1
15 april 04: roto-cavitatie	0,7
18 mei 04: spuitklossen	4,8
26 mei 04: jutteren + H ₂ O ₂	25,7

Door de regeneratie in 1997 is het specifiek debiet toegenomen met 8%. De filterweerstand voor deze regeneratie was zeer gering. Dit houdt in dat de toename is veroorzaakt door reiniging van de boorgatwand en niet door reiniging van het putfilter.

De uitgevoerde regeneratie met roto-cavitatie heeft een zeer gering effect gehad (valt binnen de marge van de meetnauwkeurigheid). Indien roto-cavitatie effect heeft gehad is het effect waarschijnlijk ontstaan door reiniging van de filterspleten. Dit blijkt uit de verminderde weerstand over het putfilter en uit de camera-inspectie uitgevoerd na roto-cavitatie.

De mogelijke oorzaken van het feit dat de uitgevoerde roto-cavitatie slechts een zeer gering effect heeft zijn:

- Complicaties tijdens de uitvoering: Vanwege de grote diameter van de put zou de regeneratie eigenlijk uitgevoerd moeten worden met de 6 inch tool. Vanwege centralisatie problemen van de tool en de capaciteitsrestrictie van de hogedrukpomp en de hogedruk slang (benodigde drukken niet haalbaar) kon de 6 inch tool niet worden ingezet en is er geregenereerd met de 4,5 inch tool. De afstand tussen de tool en het filter is in deze put eigenlijk te groot waardoor het effect niet ver achter het filter zal doorwerken.
- De oorzaak van de verstopping: Uit de regeneraties die uitgevoerd zijn na roto-cavitatie kunnen we aannemen dat de verstopping zich voor het grootste gedeelte niet op het filter, maar op de boorgatwand bevindt. Het wel goed werken van H_2O_2 kan duiden op organische stof als oorzaak van de verstopping. Mogelijk is organische stof met roto-cavitatie moeilijk te verwijderen, zeker in het geval dat de diameter van de ingezette tool te klein is.

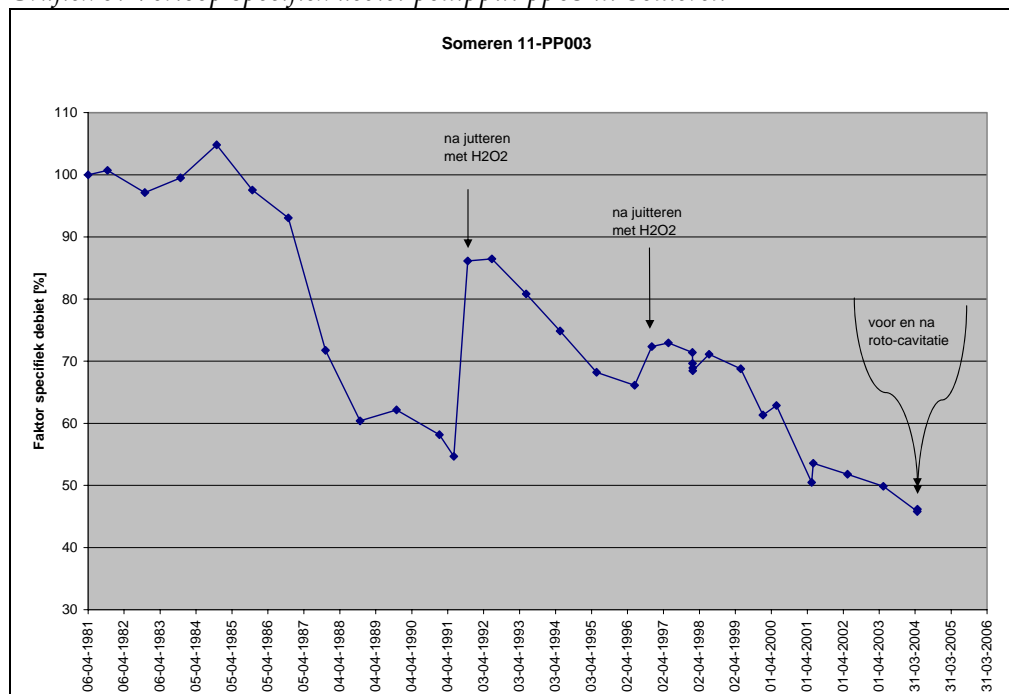
Na de regeneratie met roto-cavitatie is de put geregenereerd met spuitklossen en vervolgens door jutteren met H_2O_2 . Het spuitklossen heeft een redelijk tot matig effect gehad (5%). Het jutteren met H_2O_2 heeft een aanzienlijk effect gehad (26%).

Het spuitklossen en jutteren heeft nagenoeg geen effect gehad op de filterweerstand (berekend uit verschil in stijghoogte tussen putfilter en filter in de omstorting). Dit houdt in dat het regeneratie-effect ontstaat door het verwijderen van verontreiniging op de boorgatwand. Het aanzienlijke effect van het jutteren met H_2O_2 is mogelijk ontstaan doordat de put vlak hiervoor met roto-cavitatie is geregenereerd of door het spuitklossen uitgevoerd na roto-cavitatie. Onderzocht dient te worden of chemicaliën beter werken doordat er met roto-cavitatie deeltjes zijn verwijderd.

4.2.8 Someren PP003

Deze put is aangelegd in 1978 het verloop van het specifiek debiet vanaf 1981 is weergegeven in grafiek 9.

Grafiek 9: Verloop specifiek debiet pompput pp03 in Someren



Voorafgaande aan de regeneratie met roto-cavitatie is de put twee maal eerder geregenereerd (in 1991 en in 1996). In tabel 6 zijn de rendementen van de uitgevoerde regeneraties ten opzichte van de nulsituatie weergegeven.

Tabel 6: Rendementen regeneraties in % t.o.v. de nulsituatie.

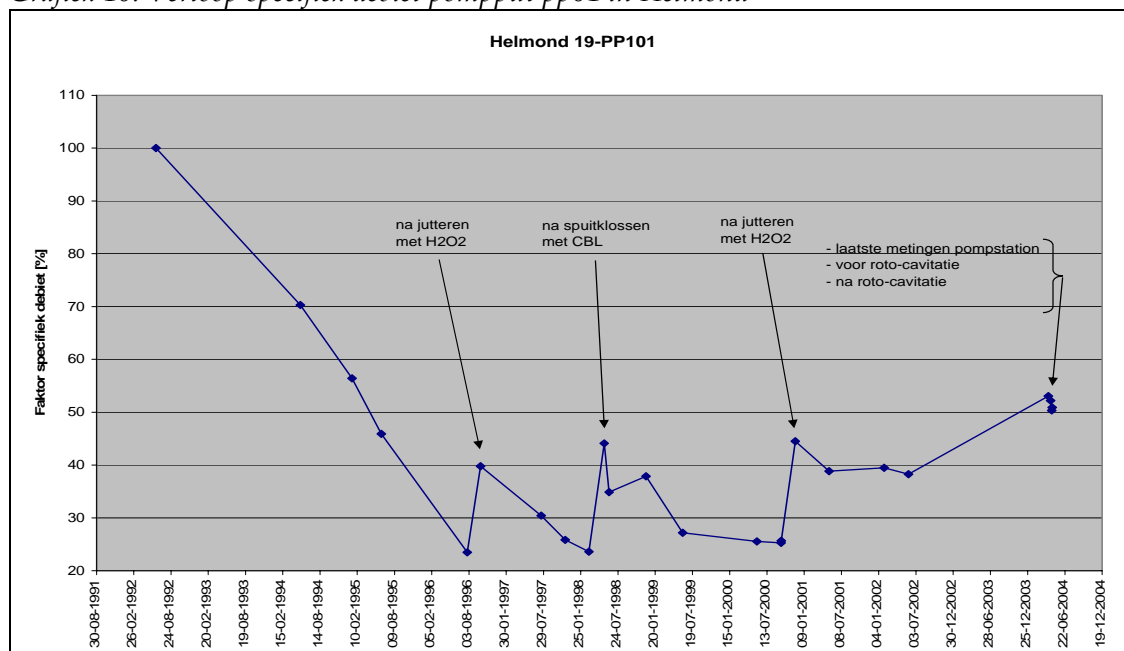
Qsp nulsituatie in m ³ /u/m	47
	<i>rendementen in % t.o.v. nulsituatie</i>
23 okt 91: jutteren + H ₂ O ₂	31,4
4 dec 96: jutteren + H ₂ O ₂	6,2
23 april 04: roto-cavitatie	0,4

Door deze 2 regeneraties is het specifiek debiet toegenomen met respectievelijk 31% en 6%. De filterweerstand voor deze regeneraties was zeer gering. Dit houdt in dat de toename is veroorzaakt door reiniging van de boorgatwand (bij de eerste regeneratie zijn met name spoelingsrestanten verwijderd) en niet door reiniging van het putfilter. Het effect van de laatste regeneratie met H₂O₂ is gering. Dit geeft aan dat de verstopping moeilijk is te verwijderen. De uitgevoerde regeneratie met roto-cavitatie heeft geen effect gehad (effect valt binnen de marge van de meetnauwkeurigheid). Uit camera inspectie vooraf blijkt dat het filter redelijk schoon is. De verstopping bevindt zich dus voornamelijk op de boorgatwand.

4.2.9 Helmond PP01

Deze put is aangelegd in 1990 het verloop van het specifiek debiet vanaf 1991 is weergegeven in grafiek 10.

Grafiek 10: Verloop specifiek debiet pompput pp01 in Helmond



Voorafgaande aan de regeneratie met roto-cavitatie is de put drie maal eerder geregeneerd (in 1996, in 1998 en 2000). In tabel 7 zijn de rendementen van de uitgevoerde regeneraties ten opzichte van de nulsituatie weergegeven.

Tabel 7: Rendementen regeneraties in % t.o.v. de nulsituatie.

Qsp nulsituatie in m3/u/m	47
rendementen in % t.o.v. nulsituatie	
28 sept 96: jutteren + H ₂ O ₂	16,3
18 mei 98: spuitklossen + CBL	20,5
27 nov 02: jutteren + H ₂ O ₂	18,9
21 april 04: roto-cavitatie	0,6

Door deze regeneraties is het specifiek debiet toegenomen met respectievelijk 16%, 21% en 19%. De filterweerstand voor deze regeneraties was zeer gering. Dit houdt in dat de toename is veroorzaakt door reiniging van de boorgatwand en niet door reiniging van het putfilter. De uitgevoerde regeneratie met roto-cavitatie heeft een zeer gering effect gehad (valt binnen de marge van de meetnauwkeurigheid). Uit de filterweerstand blijkt dat dit effect niet is veroorzaakt door reiniging van het filter. Tijdens de cavitatie kwam veel fijn zand naar boven. Het mogelijk geringe effect is dus waarschijnlijk toe te schrijven aan het verwijderen van fijn zand uit het pakket/omstorting.

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies met betrekking tot de toepasbaarheid van de techniek

In paragraaf 3.1 zijn de volgende kernvragen gesteld:

1. Is cavitatie inderdaad in staat om vuilbruggen te verstoren en te breken en het vuil te mobiliseren? Is de techniek wel krachtig genoeg? Bereiken de schokgolven de verstopping op de boorgatwand?
2. Is de techniek niet te krachtig, zodat er gevaar bestaat voor beschadiging van het filterbuis, de omstorting en/of de formatie?

In de onderstaande conclusies is geprobeerd deze vragen zoveel mogelijk te beantwoorden. Een moeilijkheid betreft het feit dat slechts zes van de tien putten binnen het testprogramma volledig aan de selectie criteria voldoen: Vorden, 2 x Doetinchem, Macharen, Someren, Helmond. De conclusies hebben daarom alleen betrekking op deze zes putten.

Een beperking vooraf bij de conclusies is dat roto-cavitatie is beoordeeld als regeneratietechniek voor putverstopping op de boorgatwand (mechanische verstopping) en **niet** voor filterspleetverstopping. Vermeld dient te worden dat met roto-cavitatie ook het putfilter en de zandvang gereinigd kunnen worden.

De volgende conclusies zijn getrokken:

1. Het resultaat van de roto-cavitatie behandeling bij de put 03-04 van Vitens in Vorden (9% toename) is ongeveer hetzelfde als een verbetering bereikt met andere regeneratiemethoden. De indruk bestaat hier (ook) sprake was van filterspleetsverstopping.
2. De overige 5 putten hebben een aanzienlijk minder goed resultaat gehaald dan de conventionele technieken. De verbetering in specifiek debiet bij deze putten varieert van 0% tot 6%, welke grotendeels vallen binnen de marge van de meetnauwkeurigheid.
3. De cavitatie techniek zoals deze uitgevoerd is in het testprogramma voldoet niet als vervanging voor huidige technieken. Daarbij spelen de kosten ook nog een rol. De prijs van rotocavitatie ligt boven die van de meeste conventionele methoden.
4. Het is nog niet duidelijk welk effect roto-cavitatie heeft op een chemische behandeling die uitgevoerd wordt op een put die net behandeld is met roto-cavitatie. Nader onderzoek dient uit te wijzen of de chemie beter zijn werk kan doen na een behandeling met roto-cavitatie omdat de verontreiniging beter "bereikbaar" is.
5. Op basis van recente ontwikkelingen kan wel geconcludeerd worden dat er nog mogelijkheden voor verbetering van de techniek zijn. Zie bijlage I.
6. Uit het testprogramma is niet duidelijk geworden of de gecreëerde schokgolven de boorgatwand bereiken (Bijlage 1 geeft uitleg over onderzoek naar de werking).
7. Overige parameters die van belang zijn voor een regeneratie van waterputten en voortkomen uit het testprogramma zijn:
 - a. de afstand van de tool tot de filterwand
 - b. de omgevingsdruk
 - c. flair lengte (hoever komen de vacuüm bellen in de put)

- d. het optimale onttrekkingsdebiet tijdens cavitatie
 - e. de juiste centralisatie-techniek van de tool in de put
8. Bij het uitvoeren van roto-cavitatie in putten met een PVC filter is het risico nog steeds aanwezig op beschadiging van het filter. Het risico op beschadiging is minimaal indien de drukklasse van het PVC voldoende is, de put niet te oud is en in goede conditie verkeert.

5.2 Aanbevelingen voor vervolg

De volgende aanbevelingen zijn gedaan bij het uitvoeren van een eventueel vervolgtraject:

1. Door de implosie van de cavitatiebellen ontstaan schokgolven die de verontreiniging op de boorgatwand moeten mobiliseren. Damping van schokgolf door water/filter/omstorting kan het gevolg hebben dat de schokgolf de boorgatwand niet met voldoende energie bewerkt, waardoor de techniek niets anders doet dan jetten. Onderzoek naar de invloed van de dikte van de omstorting en diameter van de put op het effect van de cavitatie (in relatie tot de grootte van het bellenspoor) is daarom noodzakelijk.
2. Vanuit het testprogramma is duidelijk geworden dat het cavitatie effect zeker minder wordt op grotere diepte (afname lengte van bellenspoor (flair)). Inzicht in de relatie diepte (druk) en de werking van de techniek is noodzakelijk.
3. Door aanpassingen van de techniek tijdens het testprogramma is niet duidelijk welke krachten door Roto-cavitatie op het putfilter worden uitgeoefend. Om in een vervolgtraject het risico op het beschadigen van een put te minimaliseren is het aan te bevelen om de selectiecriteria ten aanzien van de conditie en constructie van de put te blijven handhaven.

5.3 Conclusies per put

Ridderkerk PP-17

Het rendement van roto-cavitatie bedraagt 3% ten opzichte van de nulsituatie en 11% ten opzichte van de situatie direct voor dat de put met roto-cavitatie is geregenereerd. Op zich is het rendement niet hoog, het resultaat van de roto-cavitatie komt wel overeen met de laatste 2 regeneraties met CBL in de twee jaar voorafgaand aan de regeneratie met roto-cavitatie. Bij de rendementen van de regeneratie moet rekening gehouden worden met het feit dat vanwege een beschadiging van de put (geconstateerd voor de regeneratie) niet het gehele filter is geregenereerd.

Ridderkerk PP-18

Het rendement van roto-cavitatie is 13% ten opzichte van de nulsituatie en 53% ten opzichte van de situatie direct voordat de put met roto-cavitatie is geregenereerd. Het resultaat van roto-cavitatie komt overeen met de laatste 2 regeneraties met CBL voorafgaand aan de regeneratie met roto-cavitatie. Hieruit zou de conclusie getrokken kunnen worden (dit geldt ook voor put 17) dat met roto-cavitatie dezelfde soort verstopping wordt verwijderd als met jutteren + CBL. CBL werkt dispergerend op met name kleideeltjes. Hierdoor worden kleideeltjes en andere deeltjes verwijderd. De ervaring met roto-cavitatie is dat vaak veel fijn zand wordt verwijderd. Ook opvallend is dat na de regeneratie met roto-cavitatie het rendement van de GPM+CBL

regeneratie zeer hoog is in vergelijking met alle andere regeneraties, terwijl deze methode meestal minder rendement oplevert dan jutteren + CBL (GPM staat voor gesloten put methode. Bij deze regeneratiemethode wordt cloorbleekloog in de put gebracht zonder de putkop/pomp te verwijderen waardoor niet gejutterd kan worden. Na enige tijd wordt het cloorbleekloog weer opgepompt). Mogelijk komt dit doordat met de roto-cavities deeltjes zijn verwijderd die met andere technieken niet worden verwijderd, waardoor de CBL beter in contact komt met de verontreiniging en dus beter zijn werk kan doen. Hieruit zouden we kunnen concluderen dat onderzoek naar de combinatie roto-cavities en CBL zinvol is.

Vorden P03-04

Voorafgaande aan de regeneratie met roto-cavities is de put niet eerder geregenereerd. In vergelijking met andere regeneratiemethoden is dit ook niet mogelijk. Ten opzichte van de nulsituatie is het specifieke debiet met 9% toegenomen. Ten opzichte van de situatie voor roto-cavities is het specifieke debiet toegenomen met 21%. Een redelijk resultaat als we nagaan dat het specifieke debiet voor roto-cavities was teruggelopen tot ongeveer 40%.

Op deze put is ondergrondse ontijzering toegepast. Hierdoor zijn de onderste meters filter van dicht gaan zitten door vorming van ijzer en mangaanoxide. Het rendement van het onderste deel is ongeveer even groot als van de rest van het filter.

Deventer 69-05

Voorafgaande aan de regeneratie met roto-cavities is de put niet eerder geregenereerd. Het specifieke debiet is met 4% toegenomen ten opzichte van de nulsituatie. Ten opzichte van de situatie voor roto-cavities is het specifieke debiet toegenomen met 6%. Een gering resultaat zeker gezien het feit dat het specifieke debiet voor roto-cavities nog ongeveer 60% bedraagt. De oorzaak van het geringe effect wordt mede veroorzaakt doordat de behandeling tijdens de tweede run is gestopt vanwege zandlevering. De regeneratie is dus niet volledig uitgevoerd omdat normaliter 3 à 4 runs worden uitgevoerd. Uit camera-inspectie blijkt dat in het filter scheurtjes zijn ontstaan en enkele schotjes zijn doorgebroken. Vitsens deelt de mening dat de beschadigingen waarschijnlijk ook waren ontstaan in het geval de put was gereinigd door middel van hoge druk reinigen (spuitklossen).

Deventer 74-10

Voorafgaande aan de regeneratie met roto-cavities is de put niet eerder geregenereerd. Het specifieke debiet is ten opzichte van de nulsituatie toegenomen met 6%. Ten opzichte van de situatie voor roto-cavities is het specifieke debiet toegenomen met 9%. Een gering resultaat zeker gezien het feit dat het specifieke debiet voor roto-cavities nog ongeveer 60% bedraagt. De put is echter wel 30 jaar oud. De put is in april 2004 gedempt.

Susteren PP05 en PP07

Voorafgaande aan de regeneratie met roto-cavities zijn de putten niet eerder geregenereerd. Omdat de putten vrij oud zijn (35 jaar) en niet eerder zijn geregenereerd zijn de specifieke debieten van deze putten reeds ver teruggelopen (respectievelijk tot 30% en 37%). Om deze reden is het zeer moeilijk een dergelijke putten te verbeteren. De rendementen van de

regeneratie waren dan ook gering, respectievelijk 1% en 4% ten opzichte van de nulsituatie en 4% en 12% ten opzichte van de situatie voor roto-cavitatie. Tijdens de cavitatie werd veel zand en silt geproduceerd. Mogelijk zijn de putten verzand. Normaal worden met roto-cavitatie ongeveer 4 runs uitgevoerd. Een hypothese is dat men bij dergelijke putten met een zo groot mogelijke tool moet door caviteren totdat ze geen zand meer leveren. Onderzocht moet worden of vervolgens met een chemische regeneratie verontreinigingen verwijderd kunnen worden die met niet met roto-cavitatie alleen niet verwijderd kunnen worden. Mogelijk ontstaan er door roto-cavitatie "nieuwe wegen" waardoor de chemicaliën beter de resterende verontreiniging kunnen bereiken.

Macharen 08-PP221

Voorafgaande aan de regeneratie met roto-cavitatie is de put één maal eerder geregenereerd met spuitklossen in 1997. Door deze regeneratie is het specifiek debiet toegenomen met 8%. Uit metingen blijkt dat de toename is veroorzaakt door reiniging van de boorgatwand en niet door reiniging van het putfilter. Na de regeneratie met roto-cavitatie is de put nog twee maal geregenereerd. De uitgevoerde regeneratie met roto-cavitatie heeft een zeer gering effect gehad (1% t.o.v. de nulsituatie, dit effect valt binnen de marge van de meetnauwkeurigheid). Indien er effect is, dan is dit waarschijnlijk ontstaan door reiniging van de filterspleten. Dit blijkt uit de verminderde weerstand over het putfilter en uit de camera-inspectie uitgevoerd na roto-cavitatie. De mogelijke oorzaken van het feit dat de uitgevoerde roto-cavitatie slechts een zeer gering effect heeft zijn ten eerste complicaties tijdens de uitvoering (vanwege de grote diameter waren er centralisatie problemen waardoor een te kleine tool is gebruikt). Ten tweede de oorzaak van de verstopping: Het wel goed werken van H_2O_2 kan duiden op organische stof als oorzaak van de verstopping. Mogelijk is organische stof met roto-cavitatie moeilijk te verwijderen. Na de regeneratie met roto-cavitatie is de put geregenereerd met spuitklossen en vervolgens door jutteren met H_2O_2 . Het jutteren met H_2O_2 heeft een aanzienlijk effect gehad (26%).

Someren PP003

Voorafgaande aan de regeneratie met roto-cavitatie is de put twee maal eerder geregenereerd (in 1991 en in 1996 d.m.v. jutteren met H_2O_2). Door deze 2 regeneraties is het specifiek debiet toegenomen met respectievelijk 31% en 6% t.o.v. de nulsituatie. Uit metingen blijkt dat de toename is veroorzaakt door reiniging van de boorgatwand en niet door reiniging van het putfilter. Het geringe effect van 6% van de laatste verstopping geeft aan dat de verstopping moeilijk is te verwijderen. De uitgevoerde regeneratie met roto-cavitatie heeft geen effect gehad (0%) mogelijk omdat organische stof (mede) de verstopping heeft veroorzaakt.

Helmond PP01

Voorafgaande aan de regeneratie met roto-cavitatie is de put drie maal eerder geregenereerd, 2 maal met H_2O_2 en 1 maal met CBL (in 1996, in 1998 en 2000). Door deze regeneraties is het specifiek debiet toegenomen met 16%,

21% en 19%. De filterweerstand voor deze regeneraties was zeer gering. Dit houdt in dat de toename is veroorzaakt door reiniging van de boorgatwand en niet door reiniging van het putfilter. De uitgevoerde regeneratie met roto-cavitatie heeft een zeer gering effect gehad (1% t.o.v. de nulsituatie, dit effect valt binnen de marge van de meetnauwkeurigheid).

I Beschrijving onderzoek in testopstelling



Bijlage bij KIWA document Putregeneratie met Roto-Cavities

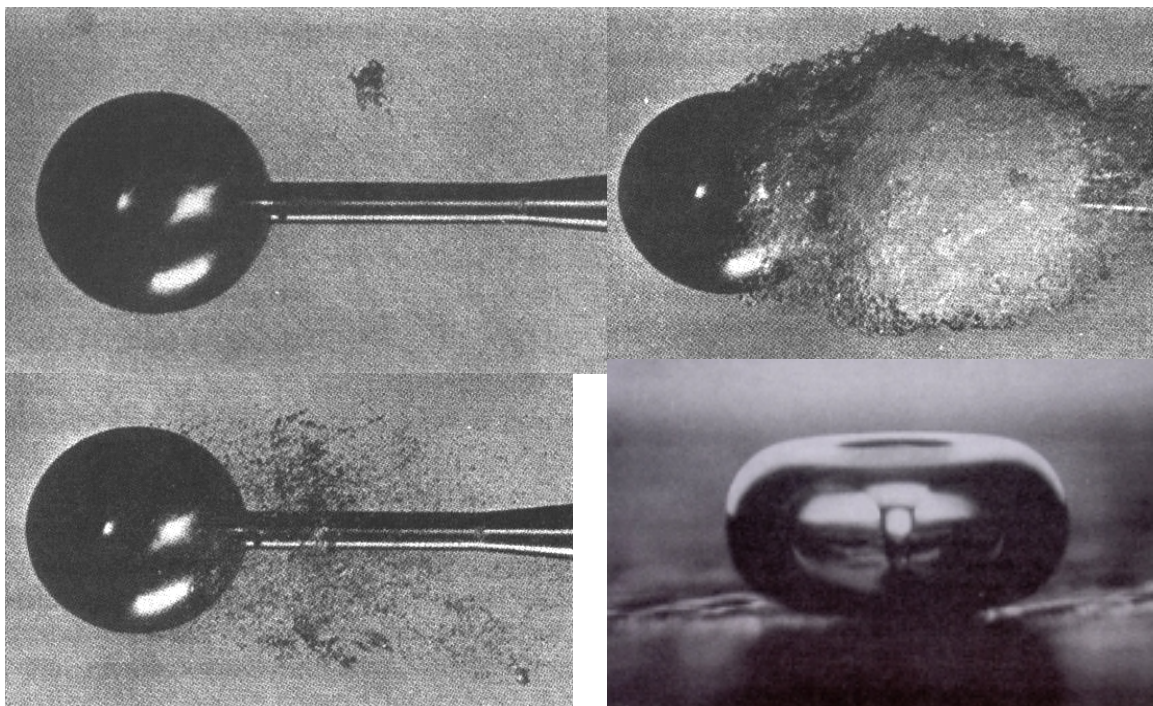
Cavities

Cavitiesbellen zijn damp/gas bellen die een lagere druk hebben dan de omgevingsdruk in de vloeistof. De bellen ontstaan in lagedruk punten die d.m.v. bijvoorbeeld een hydrovibrator opgewekt worden. De bellen vullen zich direct na het ontstaan met damp en opgelost gas van de vloeistof waarin ze opgewekt worden.

Zodra de damp/gas bellen de lagedruk invloed van de hydrovibrator verlaten, worden ze door de hogere omgevingsdruk in de vloeistof in elkaar gedrukt. Dit gaat zo heftig dat er van implosies gesproken kan worden die gepaard gaan met heftige schokgolven. Tevens bestaat er in de cavitiespluim een sterke zuigwerking van de in elkaar zakkende damp/gas bellen.

De cavitiesbellen, die dus slechts zeer kortstondig bestaan, worden op een doel gericht (wandsediment, verstopte filter of formatie poriën, etc). Door de zuigwerking en de implosie schokgolven wordt het wandsediment losgebroken of het verstoppend materiaal losgetrild/gewoeld en gemobiliseerd.

De techniek is onder meer zeer geschikt om niet-in-zuur-oplosbare wandsedimenten te verwijderen en om verstoppend vuil uit de formatie 'los te kloppen'.



Figuur 1: Cavities, (ontstaan van) cavitiesbellen in een vloeistofstroom en een implosie van een cavitiesbel (rechts onder)

Hydrovibratoren

De cavitatie techniek, die door Whirlwind International BV (WWi) ontwikkeld wordt, is gebaseerd op de toepassing van zeer krachtige hydrovibratoren. WWi heeft de exclusieve beschikking over intellectueel eigendom voor de inzet van 'Ivannikov' hydrovibratoren voor het schoonmaken van putten.

De caverende werking van deze hydrovibratoren onderscheidt zich van andere gereedschappen met een caverende werking door de hoge drukverschillen die opgewekt kunnen worden.

Ontwikkeling

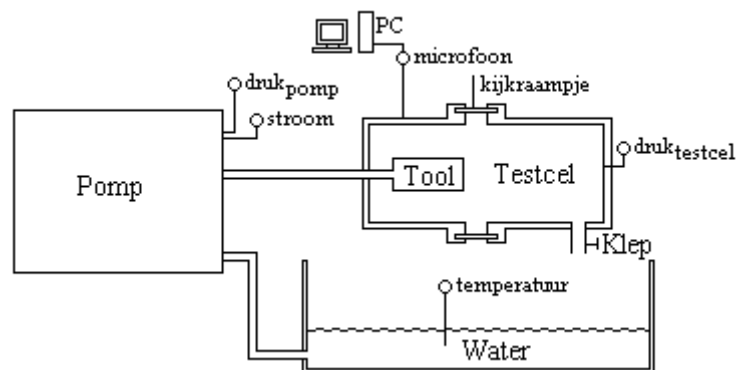
De cavitatie tools zijn in de praktijk gebruikt voor putregeneraties, te weten in olieputten in het Midden Oosten en in de Noordzee (1999 – 2001) en in waterputten in Nederland (2002 – 2004). Tijdens de veldtoepassingen kwam het voor dat, naast en aantal zeer goede behandelingen, er niet de beoogde resultaten gehaald konden worden. Zo werden de resultaten van KIWA programma door WWi als teleurstellend ervaren.

Om de resultaten over de gehele linie te verbeteren besloot Whirlwind International, met begeleiding van TU Delft, de basisprincipes van de cavitator verder te onderzoeken. Na een grondige studie is er in 2003 in Assen een hogedruk testcircuit en testcel gebouwd.

In januari 2004 is begonnen met het eigenlijke testwerk. Het doel van het testwerk is door systematische testen te achterhalen welke van de factoren belangrijk zijn om de cavitatie activiteit te bevorderen. Hierbij wordt rekening gehouden met factoren als vloeistofstroom, omgevingsdruk, geometrie etc.

Hogedruk testcel

Een schema van de testopstelling is weergegeven in onderstaande **figuur**. De te meten grootheden zijn: pompdruk, testceldruk (de omgevingsdruk), beeld, geluid en temperatuur.



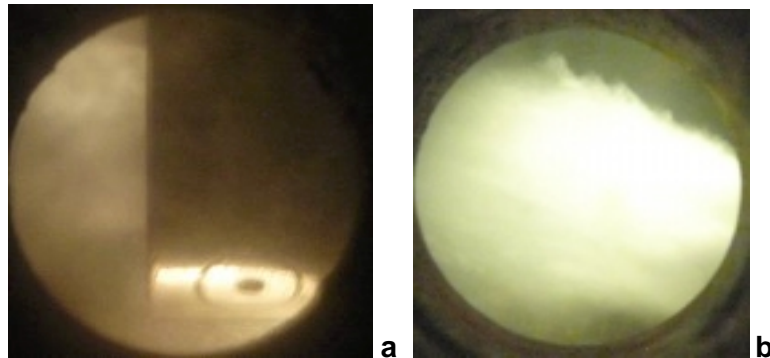
Figuur Schema van de testopstelling met de hoge druk testcel.

Meetsessies

Er zijn elf meetsessies uitgevoerd van januari tot en met september 2004 in Assen,

De waarneming vindt onder andere plaats via de kijkraampjes. Onder zichtbare cavitatie wordt verstaan dat er een witte wolk wordt waargenomen. De witte wolk bestaat dan uit een pluim van lagedrukbelletjes die worden verlicht, zie onderstaande **foto's**.

De vloeistofstroom is van rechts naar links. In **a** is het einde van de tool zichtbaar in **b** bevindt het einde van de tool zich net buiten beeld en is een cavitatie wolk goed zichtbaar:

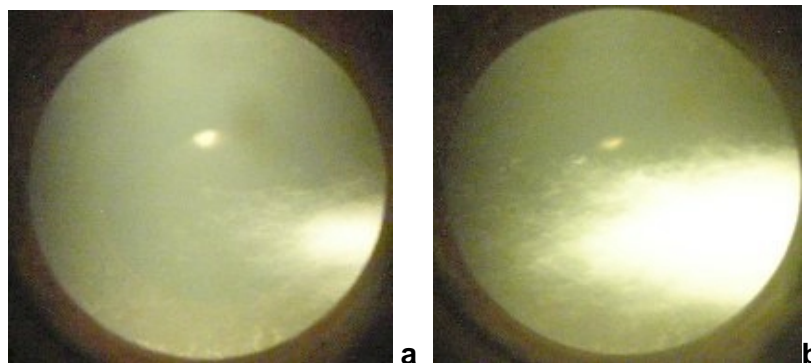


Foto's van de uitstroom van de cavitator.

Bij een atmosferische testcel druk is een grote cavitatiepluim van 10 tot 15 cm zichtbaar in een lagedruk testcel.

Als de druk wordt verhoogd in de hogedruk testcel dan ziet men via de raampjes dat de pluim kleiner wordt en zich bij ongeveer 25 bar en 100 ltr/min bij de geteste hydrovibrators terugtrekt in de tool. Dit wil zeggen dat de lengte van de pluim bij drukken hoger dan 25 bar en 100 ltr/min minder dan enkele centimeters is, omdat het hydrovibrator mechanisme in de geteste tools zich enkele centimeters vanaf de uitstroomopening van de tool bevindt. Overigens gaven geluidsindicaties en interne sporen in de tools aan dat bij drukken hoger dan 25 bar er in het algemeen nog steeds sterke cavitatie optrad.

Door een hogere uittredesnelheid van het water komen de bellen verder voordat ze imploderen; naast de druk heeft dan ook de vloeistofsnelheid grote invloed van de lengte van de pluim. Op onderstaande **foto's** is dit goed te zien, bij 100 ltr/min is de witte wolk bijna niet zichtbaar en bij 120 ltr/min is de wolk bijna over de volledige lengte van foto. Bij lagere vloeistofstroom is de cavitatie niet zichtbaar.



Foto's Twee foto's van de vijfde meetsessie: 25 bar testcel druk – 100 (a), 120 (b) ltr/min. Het uiteinde van de tool zit net buiten het zicht van de foto aan de rechterkant.



Tijdens het testwerk werd het gaandeweg duidelijk dat de conditie van het water (beluchtigheidsgraad, aanwezigheid van kleine vuildeeltjes, etc) een belangrijke invloed had op het ontstaan en de mate van cavitatie. Tevens werd het duidelijk dat de lengte van cavitatiepluim bij verhoogde drukken in het algemeen kleiner was dan verwacht werd op basis van de atmosferische testen.

Voor de KIWA testen betekende dit dat bij de geometrie in de behandelde putten, met - ten opzichte van diepboringen - grote buisdoorsneden, het regelmatig voorgekomen zal zijn dat de cavitatiepluim niet goed in contact gekomen zal zijn met de gatwand en dat de implosie-effecten onvoldoende zijn geweest om het vuil te mobiliseren.

Manipulatie van de vloeistof karakteristieken

De testresultaten leidden tot recente experimenten (september 2004) die er op gericht waren de lengte van de cavitatiepluim te beheersen door het manipuleren van de vloeistofkarakteristieken.

Bij 40 en 80 bar testcel druk zonder vloeistofmanipulatie is er bij 100 ltr/min geen cavitatie pluim te zien. Door vloeistofmanipulatie kan er een pluim gemaakt worden van een gewenste lengte. Deze metingen zijn reproduceerbaar.

Voor waterputten zou dit betekenen dat bij de verwachte vloeistofdruk in de put er een pluim lengte van 5 tot 7 cm gekozen zou kunnen worden door vloeistofmanipulatie. Als dan ook de kop van de Rot Cavitator dicht bij de gatwand gebracht wordt door ex-centralisatie worden een veel breder speelveld gecreëerd voor het verbeteren van de behandelingsresultaten.

Verdere ontwikkelingen

WWi gaat verder met een ontwikkelingsprogramma om de kennis ten aanzien van de lengte van de cavitatiepluim te verdiepen, met het doel om krachtige implosies waar mogelijk op of zo dicht mogelijk bij het te reinigen oppervlak plaats te laten vinden. WWi verwacht dat hierdoor er betere resultaten bereikt kunnen worden in het veld.

De effecten van deze veranderingen zullen onder meer onderzocht worden in de hogedruk testcel en vervolgens in veld experimenten.

WWi heeft voor dit onderzoek een subsidie aangevraagd. KIWA heeft aangegeven deze aanvraag te steunen.

Verdere informatie:

Whirlwind International BV
Tynaarlosestraat 68
9481 AE, Vries, Nederland
Tel: 0592 54 3623
www.whirlwindi.nl

II Uitvoering van een cavitatie-behandeling

De opstelling

De opstelling bestaat uit:

1. een pompinstallatie (minimaal 40 bar beschikbaar voor de tool bij 400 ltr/min);
2. gereedschap om de tool het gat in te brengen (kraan en verschroefde pijp of hogedrukslang op een rol);
3. gereedschap om de put af te pompen tijdens de behandeling (dompelpomp die naast de cavitatorpijp ingelaten wordt, of gereedschap voor luchtlichten);
4. een gekalibreerde opvang/bezink-tank;
5. een videocamera om de conditie van het filter voor en na de behandeling te controleren;

De behandelingsmethode

De behandelingsmethode is generiek als volgt :

1. Inspecteer toestand van de put met een videocamera;
2. Bevestig de 3.2" cavitator tool, centraliser en release-sub aan de pijp;
3. Test de cavitator bij resp. 200, 300 en 400 ltr/min, check de rotatie en effecten (de tool maakt een sterk geluid als er cavitatie plaatsvindt); In verband bacteriologische betrouwbaarheid inhoud van de slang minimaal 1 maal verversen;
4. Laat de tool in naar het diepste punt van de put, trek dan terug tot het onderste punt van het filter. Zorg ervoor dat de spuitkop nooit in zand draait; het opgespoten zand kan snel de PVC filterbuis beschadigen;
5. Bepaal het specifiek debiet overeenkomstig de procedure van het desbetreffende waterbedrijf;
6. Begin de behandeling met het laagste pompdebiet waarbij, aan de oppervlakte, goede cavitatie werking bemerkt wordt; Tijdens behandeling altijd afpompcapaciteit meten. Ten aanzien van de afpompcapaciteit zijn meerdere opties die nog nader onderzocht moeten worden n.l. (1) inbrengdebiet x 2; (2) inbrengdebiet + pompcapaciteit; (3) minimaal afpompen = gelijk aan inbrengdebiet
7. Behandel het filterinterval van beneden naar boven door de pijp terug te trekken met ca 1 mtr per minuut;
8. Plaats de cavitatorpijp voorzichtig op het diepste punt, check of de diepte veranderd is (b.v. door het niet goed opvoeren van vuildeeltjes of evt. beschadiging van de filterbuis);
9. Stop de behandelingspomp, wacht tot de uitstroom van de put gestabiliseerd is en meet het put debiet. Meet het waterniveau in de put en de omstorting. Inspecteer de opvangtank. Weeg en neem monsters van evt verwijderd materiaal;
10. Bepaal het specifiek debiet en de respectievelijke instroomweerstand en de resultaten met de verwachte waarden. Meet eventueel de flow. Indien het specifiek debiet lager is dan 95% van de in het verleden hoogst gemeten waarde, zet dan de behandeling voort. Indien een waarde van

5% of kleiner dan wel een waarde van 95% of beter bereikt is, ga dan naar punt 13.

11. Inspecteer de toestand van de put met een videocamera;
12. Herhaal de behandeling met een hogere doorzet voor de behandelingspomp (zeg 100 ltr/min meer) en verlaag de optreksnelheid. Neem regelmatig monsters in flessen en beoordeel de voortgang van het schoonmaakproces. Als en interval niet schoon is (helder kraanwater, turbiditeit specificatie volgt.) Breek de behandeling onmiddellijk af als er ongunstige verschijnselen (zoals beschadiging aan de filterbuis) geobserveerd worden;
13. Indien geen resultaat bereikt wordt met de 3.2" cavitatie spuitkop, dan staan de 4.5" en 6" spuitkop ter beschikking om een zwaardere behandeling te geven;
14. Rond de behandeling af door het uittrekken van de behandelingspomp en de Roto CAVITATOR™;
15. Inspecteer de toestand van de put met behulp van en videocamera.

III Besprekingsverslagen

- Startbespreking 19 maart 2002
- Tussentijdse evaluatie 14 november 2002
- Evaluatie Deventer 16 juni 2003
- Voortgangsoverleg 18 september 2003
- Startoverleg Brabant Water en WML 21 oktober 2003
- Verslag uitvoering Someren 3-5 november 2003
- Verslag Brabant Water 5 maart 2004

Vergadering / nr.: **Bijeenkomst Roto-Cavitatie techniek**
Secretaris: **Elbert Schrama**
Datum: **19-03-2002**

Kiwa N.V.
Water Research
Groninghaven 7
Postbus 1072
3430 BB Nieuwegein

Telefoon 030 60 69 511
Fax 030 60 61 165
Internet www.kiwa.nl



J. Wehrens (WML)	H. Boesschen-Hospers (WMO)	E.J. Schrama (Kiwa WR)
C. Janssen (WML)	A. Heuver (WMO)	B-R de Zwart (TU Delft)
H. Timmer (Hydron-AD)	W. Smit (WhirlWind)	J. Kieft (wbGr, afwezig)
C. v. Rosmalen (Brabant Water)	T. Bakker (WhirlWind)	
T. Ebbing (WGld)	Y. Kolenbrander (WhirlWind)	
R. Nieuwenhuis (WGld)	J. Mellies (The Tool company)	

In het kader van het BTO project 'Optimalisatie winningstechnieken en -strategieën' is op 19 maart 2002 bij Kiwa de bijeenkomst over Roto-Cavitatie techniek gehouden. De Roto-cavitatie techniek wordt reeds met succes in de olie-industrie gebruikt. Voor de watersector is het een nieuwe techniek, die mogelijk voor de regeneratie van putten met verstopping op de boorgatwand interessant is (zie notitie d.d. 12-02-2002).

Tijdens de bijeenkomst heeft de firma WhirlWind meer over de Roto-Cavitatie techniek verteld, is gediscussieerd over de toepasbaarheid in de watersector en zijn afspraken voor vervolgstappen gemaakt. In dit verslag zijn de meningen met betrekking tot de toepasbaarheid en de gemaakte afspraken vastgelegd.

De meningen van de aanwezigen waren eensluidend. Allen zien toepassingsmogelijkheden voor de Roto-Cavitatie techniek in de watersector. Een ieder denkt aan de regeneratie van verticale putten met verstopping op de boorgatwand. WML denkt ook aan de regeneratie van hun horizontale put met verstopping van de filterspleten. Het belangrijkste punt van zorg bij de toepassing van deze techniek is de vraag of de constructie van een waterput bestand is tegen de krachten van de schokgolf. In vergelijking met gangbare regeneratietechnieken bij verstopping op de boorgatwand, is dat dit een mechanische i.p.v. chemische regeneratietechniek is.

Willen wij een informatie-bijeenkomst organiseren waarop WhirlWind meer over deze regeneratietechniek vertelt, we kunnen discussieren over de toepasbaarheid en we afspraken kunnen maken over eventuele vervolgstappen. WhirlWind wil graag laten zien dat deze regeneratietechniek ook bij verstopping op de boorgatwand werkt.

Vergadering / nr.: Tussentijdse evaluatie Roto-Cavitatie
Secretaris: Bert-Rik de Zwart
Datum: 14-11-2002

Kiwa N.V.
Water Research
Groninghaven 7
Postbus 1072
3430 BB Nieuwegein

Telefoon 030 60 69 511
Fax 030 60 61 165
Internet www.kiwa.nl



H.Timmer (Hydron-AD)	W. Smit (WhirlWind)	E.J. Schrama (Kiwa WR)
C. v. Rosmalen (Brabant Water)	T. Bakker (WhirlWind)	B-R de Zwart (TU Delft)
T. Ebbing (Vitens WG)	Y. Kolenberg (WhirlWind)	
R. Nijenhuis (Vitens WG)	J. Mellies (The Tool Company)	
H. Bergevoet (Vitens WG)		
J. Kieft (Waterbedrijf Groningen)		

Samenvatting

Op 14 november 2002 is een tussentijdse evaluatie over de Roto-cavitatie techniek gehouden. Op deze bijeenkomst zijn de 3 uitgevoerde regeneraties geëvalueerd. Op de eerste put (RK-P17) was de behandeling niet geslaagd, maar ook niet representatief vanwege een slechte en kapotte constructie, bij de tweede put (RK-P18) was het resultaat minder vergeleken met de conventionele methode(n) en bij de derde put (Vorden P03-04) was het resultaat beter dan met de conventionele methode(n). De duurzaamheid van de regeneraties moet nog worden vastgesteld. Gedurende een jaar wordt het specifiek debiet herhaaldelijk gemeten. Er zit een opgaande lijn in de resultaten en de wijze van uitvoering derhalve is besloten om het testprogramma voort te zetten. Daarnaast moet de techniek onder verschillende natuurlijke omstandigheden uitgetest worden voordat een objectieve beoordeling gegeven kan worden. Vitens Overijssel, Brabant Water en Waterbedrijf Groningen zullen elk één of twee putten aanleveren.

De belangrijkste punten bij de toepassing van de Roto cavitatie techniek is de vraag of de constructie van een waterput bestand is tegen de krachten van de schokgolf en of deze schokgolf wel de verstopping op de boorgatwand bereikt en losmaakt.

Evaluatie Ridderkerk pompput17 (RK-P17)

Hydron ZH: Regenereren is niet gelukt. Dit kan zijn doordat het filter kapot was en het bovenste deel van het filtertraject niet behandeld is. Het specifiek debiet van de put is niet verbeterd. Omdat de regeneratie nauwelijks effect heeft gehad, is het onnodig om de duurzaamheid vast te stellen. De put is ondertussen met de conventionele methode geregenereerd. Het effect hiervan is nog niet bekend.

WhirlWind: Door het de eerste put betrof en het filter deels kapot was, is erg voorzichtig gedaan en zijn de resultaten niet goed. Er is niet voldoende afgepompt tijdens de twee behandelingen, daardoor is de vervuiling niet goed verwijderd. De put was minder geschikt voor de methode, omdat deze veel zand leverde tijdens de behandeling.

Evaluatie Ridderkerk pompput 18 (RK-P18)

Hydron ZH: Helaas is door de tijdgebrek alleen de 3,2" tool gebruikt (met hoge debiet) en niet de 4,5" tool. De afpomping tijdens de behandeling is hier wel goed uitgevoerd. In vergelijking met de conventionele methode (jutteren en chloorbleekloog) was op deze put het resultaat met cavitatie minder. Tijdens de behandeling is veel fijn zand en wat omstortingsgrind (platjes) meegekomen.

Whirlwind: Tijdens behandeling is gekozen om niet de 4,5" tool in te zetten, omdat de slang niet berekend is op een druk groter dan 200 bar. Er is gekozen om met het maximale debiet met de 3,2" te caviteren.

Evaluatie Vorden P03-04

Vitens Gelderland: Resultaten waren beter dan de conventionele methode (hoge druk reiniging (HD) + chemisch). Na de eerste twee runs werd hetzelfde resultaat als met HD gehaald. Na de volgende run werd nogmaals een toename van het specifiek debiet van de put behaald. Het specifiek debiet van het bovenste deel van het filter is daarmee terug op ongeveer 75%. Het onderste pakket is nagenoeg niet verbeterd. Dit gedeelte is al helemaal verstopt verharde ijzer- en mangaanoxiden. Ook andere methoden boekten hier geen resultaat. Helaas is door de beperking van de slang (200 bar) de 4,5" tool niet met een optimaal debiet ingezet. Met de grotere tool is geen verbetering behaald t.o.v. 3,2" tool.

Whirlwind: Resultaten waren goed in het bovenste gedeelte onderste gedeelte geen maximale cavitatie met 4,5" tool. Uit camerainspectie blijkt dat de put niet beschadigd is met zowel de 3,2 als de 4,5" tool. Voor de volgende behandeling moet er een slang met grotere diameter komen zodat grotere debieten gebruikt kunnen worden.

Conclusies evaluatie

Zowel het effect van de regeneraties als de wijze van uitvoering vertoont een opgaande lijn. Het is voor alle partijen een leerproces om de techniek beter in te zetten. Verbeterpunten zijn een groter debiet bij de 4,5 " tool, tool dicht bij de filter- (en boorgat-)wand plaatsen en dicht bij de tool onttrekken. Daarnaast moet gekeken worden naar de natuurlijke omstandigheden (diepte, grofte pakket en type verstopping) en het resultaat van de behandeling. In elk geval moet de duurzaamheid van de methode nog worden vastgesteld door gedurende ½-1 jaar herhaaldelijk het specifieke debiet te meten. De putconstructie is bestand tegen de tot nu toe gebruikte tools en debieten. Het is echter nog de vraag of deze ook bestand is tegen de 4,5" tool met een optimaal/maximaal debiet.

Put	Tool	Volume stroom	Omstandigheden	Resultaat	Opmerkingen
RK 17	3,2"	300 - 400 l/min	Ondiepe put, fijn zandig pakket, sleuven groot i.v.t. filtergrind en formatie	--	Kapot filter
RK 18	3,2"	300 - 520 l/min	Diepe put, fijn zandig pakket, sleuven groot i.v.t. filtergrind en formatie	±/o	Veel fijn zand mee
Vorden 03-04	3,2" + 4,5"	400-520, 550 l/min	Ondiepe put, grof zandig pakket, ondergrondse ontijzering	+	Onderste pakket helemaal dicht

Legenda: -- slecht, - matig, o redelijk, + goed, ++ zeer goed

Vervolg afspraken testprogramma

Er is besloten om met het testprogramma door te gaan. Vitens Overijssel levert een andere put aan, Brabant Water levert twee diepe putten (± 200 m) aan en ook de put die buiten gebruik is doordat de cementatie verkeerd is uitgevoerd. Op deze put kan worden nagegaan of de constructie bestand is tegen de 4,5" tool met maximaal debiet. Waterbedrijf Groningen zal een put aanleveren, wanneer er weer een verstopt is. Recent is bij hen een regeneratieprogramma uitgevoerd en is het dus even wachten voordat er een geschikte kandidaat (put die voldoet aan de criteria) is.

De reden voor de keuze van een diepe put is de mogelijke invloed van een hogere omgevingsdruk op het effect van cavitatie. Het effect van cavitatie is gebaseerd op het volume van de vacuumbellen (grote en hoeveel) en de snelheid van de implosie. Het kan zijn dat op grote diepte de schokgolf krachtiger wordt doordat de implosiesnelheid door de hoge omgevingsdruk groter is. Deze hypothese is (nog) niet wetenschappelijk (door de bedenker van het concept) onderzocht.

Bij de volgende regeneraties wordt een slang met grotere diameter (dwz lagere drukval) gebruikt, zodat de 4,5" tool ook optimaal kan worden ingezet.

Bij The Tool Company in Assen staat de oppervlakteopstelling. Joost Mellies nodigt iedereen uit om deze te bekijken.

Vergadering / nr.: Evaluatie Roto-Cavitatie Deventer mei/juni 2003
Secretaris: Bert-Rik de Zwart
Datum: 16-06-2003

Kiwa N.V.
Water Research
Groningenhaven 7
Postbus 1072
3430 BB Nieuwegein

Telefoon 030 60 69 511
Fax 030 60 61 165
Internet www.kiwa.nl



H. Boesschen Hospers
(Vitens)
A. Heuver (Q-flow)
W. Smit (WhirlWind)
B-R de Zwart (TU Delft)

Aanleiding bijeenkomst

In het kader van het testprogramma roto-cavitatie zijn twee putten van Vitens Overijssel behandeld met de rotocavitator. Op 27 mei 2003 is pompput 74-10 behandeld. Tijdens de inzet van de 4,5" tool met een debiet van 550 L/min traden er een aantal problemen op. Op 3 juni 2003 is pompput 69-05 behandeld met roto-cavitatie. Tijdens de tweede run kwam een hoeveelheid grind mee dat niet gebruikelijk is. Na het beëindigen van de run is een camera inspectie uitgevoerd. Er werd geconstateerd dat het putfilter op meerdere plaatsen gescheurd is en dat er ook een aantal bruggen gebroken zijn. Het doel van deze bijeenkomst was om de problemen die optraden bij pompput 74-10 op te lossen en te achterhalen waarom put 69-05 bezweken is.

Evaluatie Ceintuurbaan P74-10

Vorbereiding

Om de 4,5" tool in te zetten is een nieuwe slang aangekocht door Q-flow. Deze slang heeft een grotere diameter waardoor het mogelijk is om hogere debieten te gebruiken (lagere drukval) tijdens de regeneratie. Bij de vorige behandeling was het niet mogelijk om de 4,5" tool optimaal in te zetten. Er kwamen verder geen bijzonderheden naar voren.

Uitvoering

Onderstaande tabel geeft de details van de behandeling van put 74-10 (overgenomen van Whirlwind)

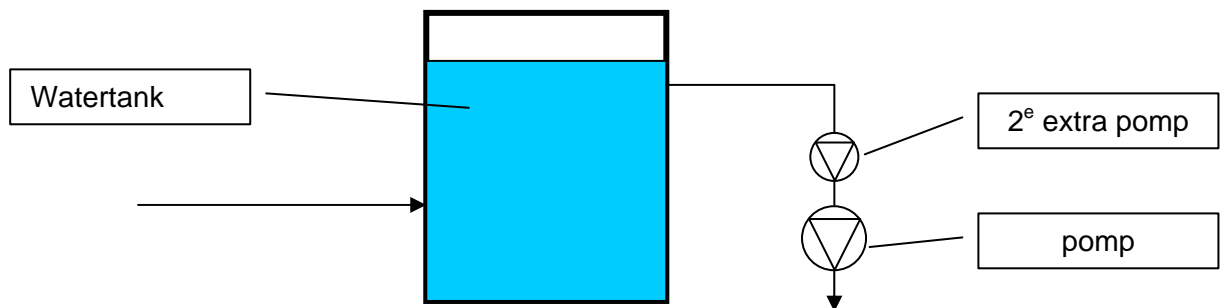
Run	Tool	1.1 V tool (m/min)	Filter interval	2. Q (l/min)	Q (m ³ /u)	Werkdruk pomp (bar)	Totaal gepompt	OWP (m ³ /u)	Netto Afpomping (m ³ /h)	Opmerkingen
1	3,2"	1	122-96 88-81	400	24	50	23	64	40	Platte grinddeeltjes komen mee, waarschijnlijk omstortings materiaal
2	3,2"	½	122-96 88-81	550	33	85	50	68	35	Platte grinddeeltjes komen mee, waarschijnlijk omstortings materiaal
3	3,2"	½	122-96 88-81	550	33	85	3	70	37	Zanddeeltjes komen mee
4	4,5"	½	104-95 88-81	700	42	70	28	78	36	

Het inbouwen ging snel en er zijn in totaal 4 runs uitgevoerd. In het begin kwam wat omstortinggrind mee die voornamelijk plat waren. Dit is ook bij alle andere regeneraties waargenomen en wordt als normaal beschouwd. Tot en met de een na laatste run verliep de uitvoering van de regeneratie goed. Tijdens laatste run werd de 4,5" tool ingezet met een debiet van 700 l/min. Tijdens deze run slipte de haspel een aantal keren (schatting 6 keer) door en bleek ook de slang een aantal maal om zijn as gedraaid te zijn.

Problemen uitvoering

Doorslippen haspel

Het slippen van de haspel komt doordat de toevoer van het water niet constant is. Daardoor staat er geen constante druk op de slang waardoor de slang steeds te maken krijgt met drukfluctuaties. De slang zet uit en krimpt in waardoor de slang begint te schokken. Dit probleem kan opgelost worden om een extra pomp te gebruiken die zorgt dat er voldoende voordruk in het systeem waardoor de drukfluctuaties zullen verdwijnen. Bij de volgende regeneraties zal er een pomp tussen gezet worden.



Schematische weergave watertoevoer

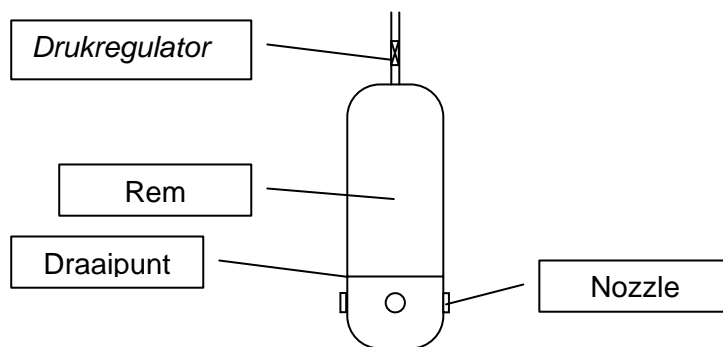
Ab Heuver (Q-flow) zal een schema maken waarin de gehele cavitatie opstelling staat, inclusief de technische gegevens.

Torderen van de hogedrukslang.

Naast het probleem met de haspel bleek ook dat de slang meerdere keren om zijn as gedraaid was. Waarschijnlijk is dit gebeurd bij het afzetten van de pomp. De slang loopt leeg terwijl de kop nog draait. Daardoor verliest de slang zijn stijfheid en kan dan meegedraaid worden. Het gevaar van het torderen van de slang is dat de tool niet meer gecentreerd in het gat hangt en het filter kan beschadigen.

Om dit probleem bij verdere regeneraties te voorkomen zijn drie aanpassingen nodig:

- 1) Drukregulator boven de tool aanbrengen, zodat de slang ten allen tijden vol en star blijft (>30 bar)
- 2) Aanpassen rem op cavitator, zodat draaien gemakkelijker gaat. Het draaimoment wordt minder groot waardoor de torsie vermindert.
- 3) Centralisatie van de tool.



Schematische weergave van de cavitator

Resultaat

Het resultaat van de behandeling was telerustellend. Voor de behandeling was het specifiek debiet $8.57 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$. Op de dag zelf werd na de behandeling werd $9.39 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ gemeten.

De meting van Q-flow gaf als waarde vooraf $8.23 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ en na de behandeling werd een waarde van $8,54 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ gemeten. Dit is nauwelijks een verbetering (zowel relatief als absoluut).

Het resultaat moet vergeleken worden met conventionele regeneratiemethoden. Binnenkort wordt dezelfde put geregenereerd met CBL. De resultaten zullen naast elkaar gelegd worden.

Een aantal opmerkingen/aandachtspunten ten aanzien van het resultaat is gemaakt:

- Aard van de verstopping. Het verstoppend materiaal is organisch waardoor het niet gevoelig is voor schokgolven. Het onderzoek richt zich al op het vaststellen van de omstandigheden waarbij cavitatie werkt.
- Door de hoge rotatiesnelheid worden de cavitatiebellen ook rondgedraaid. Dit resulteert in energieverlies, waardoor cavitatie veel minder effectief is.
- Ook met langere cavitatie zou het resultaat niet veel beter geweest zijn.

Evaluatie Ceintuurbaan P69-05

Vorbereiding

Bij het doorspreken van de voorbereiding kwamen de selectiecriteria zoals die beschreven staan in het plan van aanpak van het testprogramma aan de orde. Een aantal aanpassingen in deze criteria worden voorgesteld.

- 1) Grens van capaciteit wordt aangepast naar maximaal 70%, omdat de meeste waterbedrijven de putten niet verder laten verslechteren.
- 2) Bij voorkeur moet er binnen een puttenveld putten zijn die in constructie vergelijkbaar zijn en met een andere regeneratiemethode behandeld zijn (of liever nog tegelijkertijd behandeld worden). Voor de vergelijking is het beter om meer putten te hebben. De praktijk wijst echter wel uit dat dat niet altijd mogelijk is.
- 3) Vasthouden aan maximale ouderdom van de putten.

Omdat put 74-10 met de 4,5" tool problemen gaf werd er rekening gehouden met het torderen van de slang. Dit probleem werd echter niet verwacht, omdat alleen de 3,2" tool gebruikt kon worden vanwege het kleine putfilter. De 3,2" tool gaf op put 74-10 geen problemen.

Uitvoering

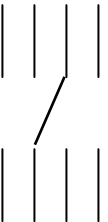
Onderstaande tabel geeft de details van de behandeling op put 69-05

Run	Tool	1.3 V tool (m/min)	1.4 Q (l/min)	Q (m ³ /u)	Werkdruk pomp (bar)	Totaal gepompt	OWP (m ³ /u)	Netto Afpomping (m ³ /h)	Opmerkingen
1	3,2"	1	400	24	50	23	63	39	klei en fijn zand worden afgepompt
2	3,2"	½	550	33	85	41	70	37	Veel omstortingsgrind wordt afgepompt*

(overgenomen van Whirlwind)

* een behoorlijke hoeveelheid omstortingsgrind wordt afgepompt. Als gevolg daarvan wordt besloten aan het einde van de run een camera te runnen om te verifiëren of er beschadigingen zijn opgetreden aan de put. Vanwege scheuren in het filter en doorgebroken schotjes werd verdere behandelingen aan deze put gestaakt.

Omdat tijdens run 2 veel grind meegekomen was, werd een camera-inspectie uitgevoerd. De beelden lieten een aantal scheuren (minimaal 10) en ook diverse schotten waren uitgekomen. De beschadiging was voornamelijk in het onderste pakket te zien. De scheuren lopen allemaal min of meer verticaal vanuit de ene filterspleet naar de andere. Er zijn twee hoofdoorzaken genoemd waardoor het filter bezweken is:



- 1) Het PVC filter komt uit '69, is waarschijnlijk inmiddels al bros geworden en daarnaast is het PVC ook maar 6 mm dik. Onderin de put lagen een aantal bruggen die omhoog gehaald gaan worden om te testen. Daarnaast wordt bij het boorbedrijf de gegevens van het PVC filter opgevraagd. Deze konden niet meer gevonden worden in het archief van Vitens.
- 2) De ruimte tussen tool en putfilter was maximaal 3 cm. Er is dus een zeer kleine annulaire ruimte. Omdat er met 550 l/min wordt "geïnjecteerd" is het zeer waarschijnlijk dat het water niet voldoende ruimte heeft gehad om weg te stromen. Je krijgt hierdoor het zogenaamde "ballooning" effect. Het filter werd weggedrukt met het gevolg dat er een aantal "extra" filterspletten ontstonden waardoor het water weg kon stromen.

Resultaat

Omdat er maar 1 echte run gemaakt is kan het resultaat ook niet te bepalen. Bij aanvang van de behandeling werd een specifiek debiet van 12,04 m³/h/m gemeten na de eerste run was dit 12,14 m³/h/m en na de tweede run 12,70 m³/h/m. Dit is geen grote verbetering van de put.

Het resultaat van beide behandelingen was teleurstellend. Wim Smit heeft een aantal aanpassingen aan de tool voorgelegd om het effect van cavitatie te verbeteren.

- Niet meer rotoren van de tool (energie verlies door meedraaien van bellen met het water)
- Aantal nozzles uitbreiden van 4 naar 10 (betere spreiding cavitatie bellen)

Whirlwindi gaat deze aanpassing uitvoeren en eerst testen in Assen

Vervolg testprogramma

Voordat het testprogramma vervolgd wordt, moet eerst bevestigd worden dat de hierboven genoemde oorzaken ook echt de reden van het bezwijken van put 69-05 zijn. Daarnaast moeten ook de afgesproken aanpassingen uitgevoerd worden. In verband met de tijd die hiervoor nodig is, is besloten om de planning aan te passen en pas na de zomer het programma voort te zetten. De afgesproken punten worden meegenomen naar de voorbereiding van de behandeling van de volgende putten (WML en Brabant Water). Het vervolg van het testprogramma gaat in overleg met de waterbedrijven. Bert-Rik zal de waterbedrijven op de hoogte stellen van de ontwikkelingen binnen het testprogramma.

Afspraken

De volgende afspraken zijn gemaakt tijdens de vergadering:

- Gedetailleerde rapportage wordt door Whirlwind geleverd. (Yolanda Kolenberg)
- Uitvoeren van aanpassingen opstelling (Q-flow, Wwi en TTC)
 1. Extra pomp inzetten om voordruk in het systeem te krijgen.
 2. Drukregulator aanbrengen
 3. Betere centralisatie van de cavitator
- Uitvoeren van aanpassingen cavitator (WWi)
- Schema opstelling (Ab Heuver)
- Gegevens PVC opvragen bij boorbedrijf (Henk Boeschen Hospers)
- Test PVC (WWi / Kiwa ?)
- Uitstel behandeling putten Brabant Water en WML (Bert-Rik de Zwart)
- Aanpassen selectiecriteria (Bert-Rik)
- Rekening houden met ruimte tussen putfilter en cavitator

Vergadering / nr.: **Bijeenkomst Roto-Cavitatie techniek**
Secretaris: **John Bunnik**
Datum: **18 september 2003**

Kiwa N.V.
Water Research
Groningenhaven 7
Postbus 1072
3430 BB Nieuwegein

Telefoon 030 60 69 511
Fax 030 60 61 165
Internet www.kiwa.nl



W. Smit (WhirlWind)
J. Mellies (The Tool company)
B-R de Zwart (TUDelft)
J. Bunnik (Artesia)

In het kader van het BTO project 'Optimalisatie winningstechnieken en -strategieën' is op 18 september 2003 bij Kiwa overleg geweest over de voortgang met betrekking tot het uitvoeren van proeven met Roto-Cavitatie bij de waterleidingbedrijven.

Tijdens het overleg zijn de volgende zaken aan de orde gekomen:

- 1 Resultaten van voorgaande proeven en de verbeteringen/aanpassingen in de techniek van roto-cavitatie.
- 2 De procedures voor de proeven bij WML (Waterleiding Maatschappij Limburg) en BW (Brabant Water) en afspraken met betrekking tot de uitvoering van de proeven.

Resultaten voorgaande proeven en verbeteringen

Tot nu toe zijn zowel succesvolle (Vorden), als minder succesvolle proeven uitgevoerd (Ceintuur baan Deventer; Ridderkerk). Op de Ceintuurbaan in Deventer is het filter tijdens de roto-cavitatie kapot gegaan. De vermoedelijke oorzaak is dat de put oud was (PVC verhard) en dat dikte van het PVC gering (6 mm) was. Bij het uitvoeren van nieuwe proeven in PVC-filters zal daarom voorafgaande aan de proef de drukklasse van het PVC worden gecontroleerd.

Het resultaat van de regeneraties voldeed in meeste gevallen niet aan de verwachting. Daarom is Recentelijk door de Toolcompany een nieuwe cavitatie-kop gebouwd. In tegenstelling tot de voorgaande kop roteert deze kop niet. De verwachting is dat hierdoor de cavitatie-bellen dieper in het pakket komen waardoor de werking beter wordt

Procedures en afspraken met betrekking tot de uitvoering

De procedures voor proeven bij Brabant water (Macharen en Someren) zijn besproken. Bij de Procedure van Someren dient de juiste appendix bijgevoegd te worden.

De procedure voor Susteren (WML) wordt op korte termijn rondgestuurd. Afsproken is dat begonnen wordt bij de WML o.a. omdat de WML (in Susteren) RVS-filters heeft. Aan WML wordt gevraagd of zij een tweede put ter beschikking willen stellen, zodat de oude en nieuwe cavitatiekop getest kunnen worden. De twee putten dienen zo identiek mogelijk te zijn.

Bij voorkeur worden putten geselecteerd waarvan een flowmeting aanwezig is van de situatie direct na aanleg van de put. Hierdoor kan het rendement van de cavitatie-proeven sectiegewijs beoordeeld worden.

Aan WML wordt gevraagd of de testen eind oktober uitgevoerd kunnen worden. Medio half oktober is er een overleg met WML over de uitvoering van de proeven.

De uitvoering van de proeven bij Brabant Water worden uitgesteld tot begin 2004. John informeert Carl van Rosmalen hierover.

Overig mededelingen

Door Q-flow wordt een schaalmodel gebouwd waarin o.a. proeven met roto-cavitatie kan worden gedaan. Tijdens de eerste proef met roto-cavitatie zullen Kiwa, Whirlwindi, en de Toolcompany aanwezig zijn.

Afspraken

- In de procedure van Someren voor Brabant Water wordt de juiste appendix bijgevoegd.
- De procedure van Susteren wordt op korte termijn rondgestuurd (reeds uitgevoerd)
- Kiwa, Toolcompany en Whirlwind zijn aanwezig bij de proef met het schaalmodel van Q-flow (dd 27 oktober 2003)
- John neemt contact op met WML (Jos Wehrens) over de planning van de proeven, overleg over de proeven en het aanleveren van gegevens (reeds uitgevoerd)
- John neemt contact op met Brabant Water (Carl van Rosmalen) over de planning van de proeven (reeds uitgevoerd).

Vergadering / nr.: **Bijeenkomst roto- en staight cavatietechniek**
Secretaris: **John Bunnik**
Datum: **21 oktober 2003**

Kiwa N.V.
Water Research
Groningenhaven 7
Postbus 1072
3430 BB Nieuwegein
Telefoon 030 60 69 511
Fax 030 60 61 165
Internet www.kiwa.nl

Artesia VOF
Water Research Unlimited
Korte Weistraat 12
2871 BP Schoonhoven
Telefoon 0182 38 71 38
Fax 0182 38 71 40

Kiwa N.V.
Water Research
Groningenhaven 7
Postbus 1072
3430 BB Nieuwegein
Telefoon 030 60 69 511
Fax 030 60 61 165
Internet www.kiwa.nl



J. Wehrens (WML)
R. Boersma (Q-flow)
W. Smit (WhirlWind)
J. Mellies (The Tool company)
B-R de Zwart (TU Delft)
J. Bunnik (Artesia)

Op 21 september is op pompstation Heel en pompstation Susteren overleg geweest over het regenereren van 2 putten (5 en 7) met roto-cavitatie en straight-cavitatie op pompstation Susteren. Tijdens het overleg zijn de volgende afspraken gemaakt.

Afspraken

- De procedure voor Susteren wordt aangepast conform de afspraken tijdens de vergadering. (Toolcompany/Whirlwind).
- Op woensdag 22 oktober 2003 wordt door de Toolcompany een offerte gestuurd naar Jos Wehrens van de WML (per post en per mail) voor het uitvoeren van de regeneraties. De kosten zijn conform de eerder gemaakte afspraken (Toolcompany).
- De proeven worden uitgevoerd begin november (week 45 of week 46). Op maandag worden door de WML de putkoppen verwijderd en de putten getrokken zodat op dinsdag kan worden gestart. Als er geen tegenslag is kunnen de putten op donderdag/vrijdag weer draaien.
- Bertrik de Zwart en John Bunnik (Kiwa/Artesia) zullen op dinsdag en waarschijnlijk ook woensdag aanwezig zijn. Tijdens de uitvoering van de proef wordt gezamenlijk (Toolcompany/Whirlwind/-WML/Kiwa/Artesia) besloten over regeneratieduur inzet van roto- of straightcavitatie etc.
- Put 5 wordt eerst behandeld met roto-cavitatie en daarna met straight-cavitatie. Put 7 zal eerst worden behandeld met straight-cavitatie en daarna met roto-cavitatie. Omdat de putten min of meer gelijk zijn kan op deze manier het effect van beide methoden worden vergeleken.
- Tijdens de uitvoeren van de proeven wordt gewerkt volgens de veiligheids- en milieu-voorschriften van de WML
- Jos Wehrens stuurt de gegevens van put 7 naar de Toolcompany

Vergadering / nr.: Verslag uitvoering Roto-Cavitatie 2 putten Susteren
Secretaris: John Bunnik
Datum:



W. Kolenbrander
(WhirlWind)
J. Mellies (The Tool company)
B-R de Zwart (TUDelft)
J. Bunnik (Artesia)
Werknemers WML
Werknemers Q-flow

Op 3 t/m 5 november 2003 zijn bij de WML in Susteren twee putten geregeneerd met Rotocavitatie en straight cavitatie.
Bij het regenereren van de eerste put (nr 5) waren er wat problemen:
In de put is een peilbuis gevallen waardoor de onderste 2 meter van het filter (filterlengte totaal 20 m).
In de put is een mobiele telefoon gevallen. Om te voorkomen dat opgeloste bestanddelen van de batterij in het gewonnen water komen is geïsoleerd met klei en een afdekkende plaat.
Tijdens de tweede run met rotocavitatie werd er te veel druk opgebouwd. Besloten is te stoppen en door te gaan met straight cavitatie. Op 5 november is (na reparatie s ??) een tweede run gedaan met rotocavitatie.
Op 4 november heeft Whirlwind heeft een verzoek gedaan voor meerwerk vanwege vertragingen opgedaan door bovengenoemde problemen.
Antwoord: maak een overzicht dan bekijken we daarna hoe we hier mee om gaan.

Vergadering / nr.: **Bijeenkomst Roto-Cavitatie techniek**
Secretaris: **John Bunnik**
Datum: **5 maart 2004**

Kiwa N.V.
Water Research
Groninghaven 7
Postbus 1072
3430 BB Nieuwegein

Telefoon 030 60 69 511
Fax 030 60 61 165
Internet www.kiwa.nl



C. van Rosmalen (BW)
W. Smit (Whirlwind)
J. Mellies (The Tool company)
J. Bunnik (Artesia)
G.Cirkel (Kiwa)

In het kader van het BTO project 'Optimalisatie winningstechnieken en -strategieën' (testprogramma regenereren met Roto-cavitatie) is op 5 maart 2004 bij Kiwa overleg geweest over de uit te voeren regeneraties bij Brabant Water in Macharen en Someren.

Macharen

Het gaat om put 08-PP221 met een filterstelling van 8-15,8 meter -m.v.; een boorgat van 800 mm en een filter van 470 mm. Hieronder worden de gemaakte afspraken in hoofdlijnen weergegeven. De details m.b.t. de procedures zoals doorgesproken tijdens het overleg worden door Whirlwind verwerkt in de procedure. Afspraken op hoofdlijnen:

- Er wordt eerst met 4,5 inch tool gecaviteerd (1 keer schoonmaken en een keer caviteren), daarna met 6,0 inch tool caviteren.
- Door BW wordt de pomp ingebouwd en uitgebouwd.
- De uitvoering is op 13 en 14 april.

Someren

Het gaat om put 11-PP003 met een filterstellingen van 176-199 meter -m.v. en 225-251 m -m.v.; een boorgat van 600 mm en een filter van 230 mm. Hieronder worden de gemaakte afspraken in hoofdlijnen weergegeven. De details m.b.t. de procedures zoals doorgesproken tijdens het overleg worden door Whirlwind verwerkt. Afspraken op hoofdlijnen:

- Er wordt eerst met 3,2 inch tool gecaviteerd en **niet** met de 4,5 inch tool omdat het een diepe put betreft en de kans van beschadigen tot een minimum beperkt moet worden.
- Er vindt een extra camera-inspectie plaats na de eerste run.
- Op de blinde stukken wordt rustig gecaviteerd eveneens om de kans op beschadigingen te minimaliseren.
- Door BW wordt de pomp ingebouwd en uitgebouwd.
- De Toolcompany heeft overleg met Q-flow over de krimp/rek van de slag met name ten behoeve van de diepe putten in Someren, zodat op de juiste diepte wordt gecaviteerd.
- De uitvoering is op 14 en 15 april met mogelijk een uitloop naar 16 april.

Helmond

Door Carl wordt bekeken of er in Helmond nog een put met Roto-cavitatie geregenereerd kan worden.

IV Verslag Evaluatiebijeenkomst

Kiwa N.V.
Water Research
Groninghaven 7
Postbus 1072
3430 BB Nieuwegein

Vergadering / nr.: Bijeenkomst Roto-Cavitatie techniek
Secretaris: John Bunnik
Datum: 14 oktober 2004

Telefoon 030 60 69 511
Fax 030 60 61 165
Internet www.kiwa.nl



tezig:

Deel 1

C. van Rosmalen (BW)
R. Nijenhuis (Vitens)
J. Bunnik (Artesia)
B. de Zwart (Kiwa)
J.W. Kooiman (Kiwa)



tezig:

Deel 2 +3

C. van Rosmalen (BW)
R. Nijenhuis (Vitens)
W. Smit (Whirlwindi)
T. Bakker (Whirlwindi)
Y. Kolenberg (Whirlwindi)
A. Stoop (Whirlwindi)
J. Mellies (The Tool company)
J. Bunnik (Artesia)
B. de Zwart (Kiwa)
J.W. Kooiman (Kiwa)

In het kader van het BTO project 'Optimalisatie winningstechnieken en -strategieën' (testprogramma regenereren met Roto-cavitatie) is op 14 oktober 2004 bij Kiwa een evaluatie gehouden met betrekking tot de resultaten van het testprogramma.

Opzet evaluatie

De evaluatie was opgesplitst in 3 delen:

Deel 1 betreft een evaluatie met alleen de waterbedrijven. Tijdens deze evaluatie zijn 3 vragen gesteld.

- Wat vindt je van de techniek? Wil je verder met Roto-cavitatie ?
- Wat vindt je van het rapport en de conclusies in het rapport?
- Wat vindt je van de samenwerking (Whirlwindi/Toolcompany, Kiwa/Artesia en Waterbedrijven)?

Deel 2 betreft de reactie van Whirlwindi op de antwoorden van de Waterbedrijven op de 3 gestelde vragen.

Deel 3 betreft een discussie in relatie tot de 3 gestelde vragen en over het vervolg van de Roto-cavitatie.

Samenvatting

Conclusies op basis van de gestelde vragen en de discussie:

Techniek:

- De resultaten vallen tegen en zijn niet goed genoeg.
- Het is belangrijk om kritisch te zijn bij de selectie van de putten en hierbij te voldoen aan de criteria die van te voren zijn gesteld.
 - In de uitvoering van de techniek moet een aantal zaken verbeterd worden.
 - Fundamenteel onderzoek naar de werking van cavitatie is noodzakelijk. Dit onderzoek wordt aan de hand van een testopstelling uitgevoerd door Whirlwindi in samenwerking met TUD.

Rapport:

- Omschrijving van testresultaten is goed, de conclusies dienen aangescherpt te worden.
- Door Whirlwindi wordt een bijlage toegevoegd over het onderzoek naar de werking van de techniek.

Samenwerking:

- Het principe van een testprogramma is goed.
- De samenwerking tussen de waterbedrijven Whirlwindi, Toolcompany, Q-flow, Kiwa/ Artesia is goed verlopen.

Vervolg:

- Het testprogramma is na verzending van het eindrapport afgerond. Dit houdt in dat Kiwa geen actieve rol meer speelt. Ieder initiatief voor vervolg ligt dus bij Whirlwindi. Whirlwindi gaat verder met onderzoek naar de werking van Roto-cavitatie in een testopstelling. Kiwa wil wel ondersteunen bij een subsidie-aanvraag voor vervolg onderzoek.

Resultaten deel 1

Van de 4 waterbedrijven die aan het testprogramma hebben meegedaan worden hieronder de antwoorden op de 3 gestelde vragen weergegeven.

Brabant Water (Carl van Rosmalen):

Techniek: Was hoopvol bij aanvang. Het resultaat valt tegen. Er zijn nagenoeg geen verbeteringen. Er is op basis van de huidige resultaten weinig tot geen vertrouwen in vervolg, ook niet in combinatie met chemie. Goede testputten zijn noodzakelijk bij het uitvoeren van een testprogramma.

Bij diepe putten (Helmond) is de vraag of je wel op exact de juiste diepte aan het cavitieren bent omdat er rek in de slang zit.

Noodzakelijke aanpassingen moeten professioneler (bijvoorbeeld het centraliseren van de tool in Marcharen) E.e.a. heeft te maken met het gebrek aan ervaring met waterputten.

Rapport: Resultaten goed omschreven. Conclusies nog te veel zoekende, duidelijker oordeel van het effect op de boorgatwand.

Samenwerking: Centrale aanpak en aansturing middels een testprogramma is erg goed. De totale looptijd van het testprogramma was wel erg lang, hierdoor viel de put in Marcharen uiteindelijk buiten de selectiecriteria omdat het specifiek debiet door de lange looptijd tot onder de 50% van de nieuwwaarde was gedaald.

Vitens (Richard Nijenhuis)

Techniek: Vitens zoekt vervanging voor chemische behandeling. Prijstechnisch interessant in vergelijking met chemische technieken mede omdat de behandeling in een dag mogelijk is. Resultaat vergelijkbaar met andere technieken. Optimalisatie van de techniek en prijstechnische optimalisatie is noodzakelijk. Richard is zeer voorzichtig positief. Over de duurzaamheid valt nog weinig te zeggen.

Rapport: niet gelezen

Samenwerking: Positief over het principe van een gezamenlijk testprogramma.

Kiwa had beter moeten vasthouden aan de selectiecriteria (specifiek debiet en meetwaarden van eerdere regeneraties) van de putten en meer sturing moeten geven aan het testprogramma ook bij technische problemen. Nu zijn enkele putten behandeld waarvan de resultaten niet representatief zijn omdat de putten niet aan de criteria voldoen.

Richard was graag meer betrokken geweest bij de uitvoering van andere putten. Het feit dat Q-flow meedoet is positief omdat zij veel ervaring hebben met waterputten. Communicatie tussen Whirlwindi, Toolcompany, Q-flow en Kiwa is goed. Technisch kunnen dingen sneller, met name duurde het te lang voordat de grote Tool beschikbaar was.

Hydron (Harrie Timmer; telefonisch overleg)

Techniek: Resultaten vergelijkbaar met andere technieken. Wil niet verder met de techniek omdat de resultaten beduidend beter zouden moeten zijn. De techniek is niet voldoende concurrerend met andere technieken.

Rapport: Goed, alleen globaal bekeken, verder geen opmerkingen over het rapport.

Samenwerking: De methode om via een testprogramma met meerdere bedrijven een nieuwe techniek te testen is zeer goed. De samenwerking binnen het testprogramma verliep goed.

WML (Jos Wehrens; telefonisch overleg)

Techniek: Resultaten waren slecht. Geregeneerde putten niet representatief omdat deze min of meer waren afgeschreven. Met chemische behandeling (H₂O₂) na roto-cavitatie zijn wel zeer goede resultaten behaald. Jos ziet wel mogelijkheden in de combinatie Roto-cavitatie en chemische behandeling. Met Roto-cavitatie maak je openingen/kanalen in de verontreiniging waardoor vervolgens de chemie beter zijn werk kan doen.

Rapport: Goed, geen opmerkingen.

Samenwerking: Jos was positief over de samenwerking.

Deel 2 + deel 3 Reactie van Whirlwindi + vervolg

Algemeen: Korte toelichting op de historie van Roto-cavitatie van Whirlwindi. Het belangrijkste in de toelichting is dat de techniek milieuvriendelijk is en dat effect op de boorgatwand gesorteerd kan worden.

Rapport: Whirlwindi is positief over het rapport. In de conclusies zou wat scherper naar voren moeten komen waarom de techniek niet goed werkt. Whirlwindi vraagt of het een bijlage mag bijvoegen over het onderzoek dat zij momenteel uitvoeren om de techniek te verbeteren. Kiwa heeft hier geen bezwaar tegen. Whirlwindi vraagt om in de rapportage "de deur naar de toekomst" niet te ver dicht te zetten.

Samenwerking: De samenwerking met de waterbedrijven en met Kiwa/ Artesia is zeer gewaardeerd door Whirlwindi.

Techniek: Benadrukt is dat een aantal putten niet aan de criteria voldeden. De resultaten vallen tegen. De resultaten zijn ook onvoorspelbaar. Resultaten bij Shell-chemie waren wel goed. Besloten is om terug te gaan naar de basis. De werking van de cavitatie-tool wordt verder onderzocht (zie tevens volgende paragraaf: hoe verder). Aantal zaken moeten anders: Tool moet ronddraaien in grote putten zodat dichter bij het filter gecaviteerd kan worden. De centralisatie van de tool (indien deze niet ronddraait langs het filter) moet beter. Het debiet bij de grote tool moet verhoogd worden. Onderzocht dient te worden wat het optimale afpompdebiet tijdens caviteren is.

Bovengenoemde zaken zijn volgens de Toolcompany ook onderdeel van het leerproces van een testprogramma.

Hoe verder: Verder gedaan wordt met testen van de straight caviator. De werking van de cavitatie tool wordt fundamenteel verder onderzocht. Dit gebeurt in samenwerking met de TUD. Tot nu toe is te veel geprobeerd met te weinig onderbouwing. Voor fundamenteel onderzoek is in Assen een testopstelling gebouwd waarbij onder verschillende drukken de grootte van de flair (wolk van vacuum belletjes rond de tool) in relatie tot de druk en in relatie tot de samenstelling van het water

onderzocht kan worden. In het begin van het testprogramma was ook al sprake van een testopstelling, de noodzaak daarvan blijkt nu.

Daarnaast moeten bovengenoemde problemen in de toepassing van de techniek opgelost worden.

Het testprogramma is afgelopen, dat wil zeggen dat Kiwa geen actieve rol in het vervolg speelt. Kiwa wil wel ondersteunen in bij het aanvragen van subsidie voor het verder ontwikkelen van de Roto-cavitatie. Q-flow staat positief tegenover de voorgenomen innovaties (het verder ontwikkelen van Roto-cavitatie).

V Folder van Wirlwind over de werking van Roto-cavities

WHIRLWIND – Cavitator™

Improved production & cleaner pipe

Jet - cavitation is a revolutionary technology based on **powerful active cavitation** combined with fieldproven rotational jetting. Running of the **WHIRLWIND – Cavitator™**, will result in improved production and cleaner pipes. This new tool removes dirt, scale, parafins, asphaltenes and mixed deposition and thus allows for effective clean-outs of :

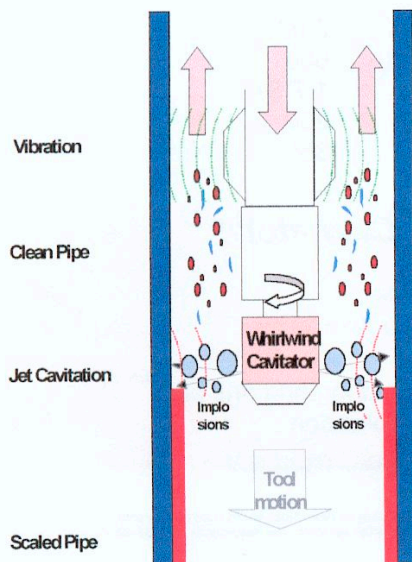
- Tubings
- Perforations
- Wire Wrapped Screens
- Slotted Liners
- Wireline Accessories
- Sand & Debris from wellbore of fish
- Formations

In combination with acid the tool is very powerful in boosting production in carbonate reservoirs.

The **WHIRLWIND - Cavitator™** is specifically designed for fast and efficient deployment on a workstring or on coiled tubing.



Jet - Cavitation Concept



The fluid flow pumped through the tool drives a mechanical process that induces powerful cavitation. The cavitation bubbles are released through nozzles in a rotor head. The rotor head drives a strong fluid flow with the cavitation bubbles to the tubing wall, perforation tunnel or the formation face. Here the impact of the flow together with the implosion shock-waves of the cavitation bubbles perform an unrivalled cleaning operation. The implosions suck any dirt towards the wellbore. The action takes place in the immediate vicinity of the tool. No packers are required for treatment of specific intervals. Specific intervals can thus be treated.



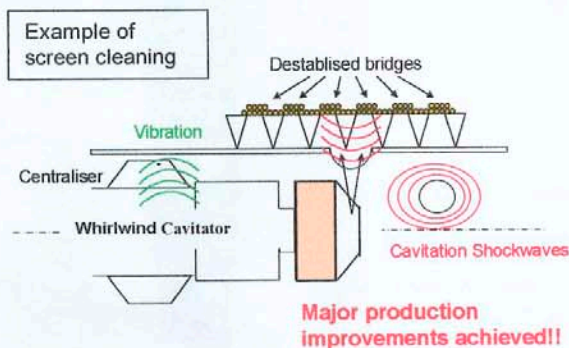
Vibrant Energy

Operational Features

Best results of the 3.0" O.D. **WHIRLWIND – Cavitator™** are obtained with flow rates of 250 – 350 ltr/min, almost independently of the annulus pressure. Lower flow rates still give good results. The adjacent picture shows on the left side very heavily scaled tubing and on the right side tubing after being cleaned by the **WHIRLWIND – Cavitator™**.



Example of scale removal



Additional Advantages

A positive side effect of the cavitator is the induced vibration. This diminishes the friction significantly and prevents stick slip of the coiled tubing operation. Cavitation can be made so powerful that a larger tool can create minifracs.

Tool specifications

The **WHIRLWIND – Cavitator™** is currently available in 2 sizes. Other sizes and specifications will be available on request.

Outside diameter (inch)	2.00	3.00
Length (mm)	360	600
Connection type	1.125"SA	1.7"SA
Maximum temperature (°C)	200	200
Pressure rating (Bar)	350	350

Major Features of **WHIRLWIND – Cavitator™**

- Unrivalled cleaning action
- Higher oil and gas production
- Better water injection
- With coiled tubing, work string and drill pipe
- Low pump rate for tool operation

All rights reserved. Tool specification may change without prior notice. No part of this publication may be reproduced and/or published by print, photoprint, microfilm or any other means without the written consent of Whirlwind International B.V., Tynaarloestraat 68, 9481 AE Vries, The Netherlands, Tel +31-592-543623, Fax +31-592-543034 site. www.whirlwind.nl



Vibrant Energy

WHIRLWIND – UBDReplacer™

Improved production *after* drilling

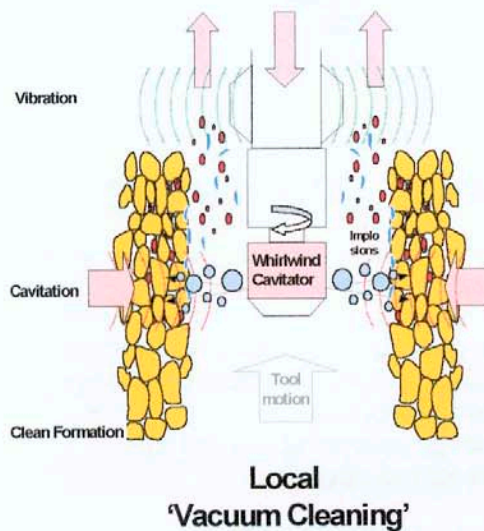
Jet - cavitation is a revolutionary technology based on fieldproven **powerful active cavitation** combined with fieldproven **rotational jetting**. Eliminate Under Balanced Drilling (UBD) from your programme and rely on effective clean-out after a normal drilling operation. Running of the WHIRLWIND – UBDReplacer™ on jointed pipe or coiled tubing, will result in boosting production when you want it: after drilling or after installing the completion. This new tool cleans the near wellbore and perforation tunnels as never before:

- *With no safety compromises*
- *Much cheaper than UBD*

The WHIRLWIND - UBDReplacer™ can also be applied as a remedial tool when overbalance is lost during an under-balanced drilling/completion operation. The WHIRLWIND - UBDReplacer™ is specifically designed for fast and efficient deployment on a work string or on coiled tubing.



Jet - Cavitation



The fluid flow pumped through the tool drives a mechanical process that induces powerful cavitation. The cavitation bubbles are released through nozzles in a rotor head. The rotor head propels a strong fluid flow with the cavitation bubbles to the formation face or perforation tunnel. Here the impact of the flow together with the implosion shock-waves of the cavitation bubbles perform an unrivalled cleaning action. The implosions suck any dirt towards the wellbore. The action takes place in the immediate vicinity of the tool. No packers are required for treatment of specific intervals. Poorly performing intervals can thus be individually stimulated, if desired.

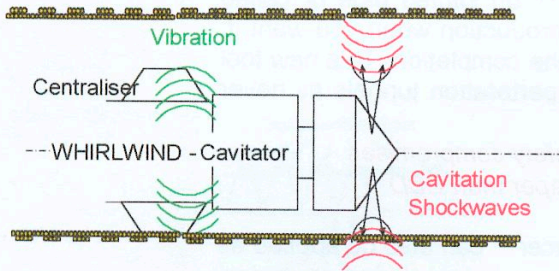


Vibrant Energy

Operational Features

Best results of the 4.5" O.D. **WHIRLWIND – UBDReplacer™** are obtained with flow rates of 750 to 1000 ltr/min. The tool is run in open or cased hole. The tools are acid resistant. A combined cavitation treatment with acid is particularly powerful in some formations.

The tool can be run on a suitable work string in open hole via an under-balance valve, to ensure that the formation stays clean after the clean-up operation. The tool can also be used to clean-up the formation during production tests



Additional Advantages

A positive side effect of the tool is the induced vibration. This diminishes the sliding friction significantly and prevents stick slip during. Cavitation can be made so powerful that larger tools can create formation fractures.

Tool specifications

The **WHIRLWIND – UBDReplacer™** is available in 3 sizes. Other sizes and specifications will be available on request.

Outside diameter (inch)	2.00	3.00	4.5
Length (mm)	360	600	600
Connection type	1.125"SA	1.7"SA	2 7/8"IF
Maximum temperature (°C)	200	200	200
Pressure rating (Bar)	350	350	350

The tools are H2S and acid resistant.

Major Features of **WHIRLWIND – UBDReplacer™**

The **WHIRLWIND – UBDReplacer™** provides improved production without the need for an expensive and complicated UBD operation:

- Higher oil and gas production and water injection
- Cost saving, particularly when UBD is eliminated
- Unrivalled cleaning action
- With coiled tubing, work string and drill pipe
- Low pump rate for tool operation

All rights reserved. Tool specification may change without prior notice. No part of this publication may be reproduced and/or published by print, photoprint, microfilm or any other means without the written consent of Whirlwind International B.V., Tynaarlosestraat 68, 9481 AE Vries, The Netherlands, Tel +31-592-543623, Fax +31-592-543034 site: www.whirlwind.nl



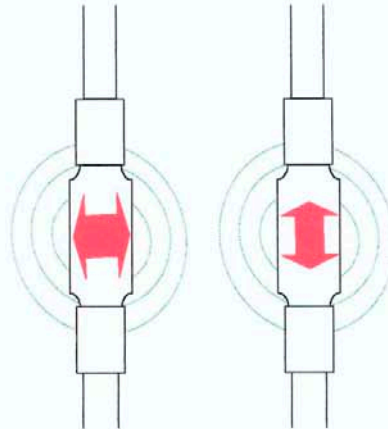
Vibrant Energy

WHIRLWIND – StringShaker™

Vibro-assisted pipe manipulation

When rotation is not available, vibration is your next best friend to reduce drag. Our fluid driven vibration devices impart high frequency vibration on the work string and casing. We custom design and build shaker devices with transverse or axial action, depending on the requirements. The WHIRLWIND – StringShaker™ is applied for:

- Running of casing and liners in high-drag circumstances.
- Installation of pre-drilled or slotted liners
- Installation of wire wrapped screens
- Running of work strings in high-drag circumstances
- Coiled tubing assemblies in high angle hole



StringShaker™ Concept

WHIRLWIND applies fieldproven, proprietary technology for powerful high frequency vibration. The tools are simple and therefore reliable and rugged. A typical pressure drop over the tools is 20 bar.

Major Features of WHIRLWIND – StringShaker™

The WHIRLWIND – StringShaker™ is a custom-built solution for vibro assisted string manipulation:

- Simple, rugged designs
- Transverse or axial action
- Can be combined with fishing tools

All rights reserved. Tool specification may change without prior notice. No part of this publication may be reproduced and/or published by print, photoprint, microfilm or any other means without the written consent of Whirlwind International B.V., Tynaarlosestraat 68, 8481 AE Vries, The Netherlands, Tel +31-592-543623, Fax +31-592-543034 site: www.whirlwind.nl



Vibrant Energy