

BTO 2003.012
september 2003

VERGELIJKINGSTABEL PUTMANAGEMENT:

**Winningstechnieken,
Boortechnieken,
Ontwikkelmethoden,
Regeneratiemethoden**

BTO 2003.012
september 2003

Vergelijkingstabel Putmanagement: Winningstechnieken, Boortechnieken, Ontwikkelmethoden, Regeneratiemethoden

© 2003 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
electronisch, mechanisch,
door fotokopieën, opnamen,
of enig andere manier, zonder
voorafgaande schriftelijke
toestemming van de uitgever.

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

Vergelijkingstabel Putmanagement:
Winningstechnieken, Boortechnieken,
Ontwikkelmethoden, Regeneratiemethoden

Projectnummer

11.1456.403

Projectmanager

Jan Willem Kooiman

Kwaliteitsborger(s)

Bert-Rik de Zwart

Auteur(s)

Elbert Schrama, John Bunnik (Artesia)

Dit rapport is verspreid onder BTO-participanten en is openbaar

Samenvatting

Het boren, ontwikkelen en regenereren van pompputten kent tal van beproefde technieken en methoden. Daarnaast komen er diverse nieuwe technieken op de markt. Voorliggende vergelijkingstabel is opgesteld om

- a) in één oogopslag een overzicht te hebben van bestaande en nieuwe technieken, hun toepassingsmogelijkheden, voor- en nadelen, kosten etc.
- b) een objectieve keuze te kunnen maken.

In deze tabel zijn boortechnieken; ontwikkel- en regeneratiemethoden alsmede bestaande wintechnieken op onderscheidende criteria beoordeeld.

De volgende tabelonderdelen zijn onderscheiden:

- 1 Bestaande wintechnieken
- 2 Toepassingsmogelijkheden wintechnieken
- 3 Bestaande boortechnieken
- 4 Bestaande ontwikkelmethoden
- 5 Bestaande regeneratietechnieken
- 6 Nieuwe boortechnieken
- 7 Nieuwe regeneratietechnieken

Inhoud

Samenvatting	1
Inhoud	2
1. Inleiding	3
2. Invullen tabel	3
3. Toetsing beoordeling en workshop	4
4. De tabelonderdelen	5
Tabel 1 Bestaande wintechnieken	8
Tabel 2 Toepassingsmogelijkheden wintechnieken	10
Tabel 3 Bestaande boortechnieken	11
Tabel 4 Bestaande Ontwikkelmethoden	12
Tabel 5 Bestaande regeneratietechnieken	14
Tabel 6 Nieuwe boortechnieken	17
Tabel 7 Nieuwe regeneratietechnieken	18

Toelichting Vergelijkingstabel

1 Inleiding

Het boren, ontwikkelen en regenereren van pompputten kent tal van beproefde technieken en methoden. Daarnaast komen er diverse nieuwe technieken op de markt. Voorliggende vergelijkingstabel is opgesteld om a) in één oogopslag een overzicht te hebben van bestaande en nieuwe technieken, hun toepassingsmogelijkheden, voor- en nadelen, kosten etc. b) een objectieve keuze te kunnen maken.

In deze tabel zijn boortechnieken; ontwikkel- en regeneratiemethoden alsmede bestaande wintechnieken op onderscheidende criteria beoordeeld. De volgende tabelonderdelen zijn onderscheiden:

- 1 Bestaande wintechnieken
- 2 Toepassingsmogelijkheden wintechnieken
- 3 Bestaande boortechnieken
- 4 Bestaande ontwikkelmethoden
- 5 Bestaande regeneratietechnieken
- 6 Nieuwe boortechnieken
- 7 Nieuwe regeneratietechnieken

De onderscheidende criteria zijn beoordeeld op het effect op de waterwinning. De waardering is als volgt:

-- = slecht; - = matig; 0 = redelijk; + = goed; ++ zeer goed. Slecht wil in dit verband zeggen slecht voor de hoeveelheid water die gewonnen kan worden. Bijvoorbeeld: scoort een boortechniek zeer goed op het criterium initiële verstopping, dan wil dat zeggen dat de initiële verstopping zeer gering is waardoor de hoeveelheid water die gewonnen kan worden relatief groot is. De scores zijn relatief. Scoort b.v. de regeneratietechniek jutteren met chloorbleekloog (CBL) ++ voor het verwijderen van organisch materiaal op de boorgatwand, dan wil dat niet zeggen dat al het organisch materiaal verwijderd wordt. Deze techniek scoort zeer goed ten opzichte van andere technieken.

In enkele kolommen zijn exacte getallen ingevuld (b.v. bij diepte en diameter van boortechnieken; kosten van boor- en regeneratietechnieken). Verder is ieder tabelonderdeel voorzien van een commentaartabel met technische achtergrondinformatie en literatuurverwijzingen. De volgende literatuur is gebruikt:

- Boormeester I en II (BM)
- Kennisdocument putten(velden) BTO 2000-110 (c) (KD-putten)
- KOA 00.021 over bemonsteringstechnieken (KOA 00.021)
- H27 "Waterputten" van de RAW-systematiek, (H27 RAW)
- TRIZ-rapport over putverstopping BTO2003.035 (TRIZ-rap)
- Duitse vakbladen Grundwasser en BBR
- Artikelen in H₂O
- Verslag Studiereis Duitsland 2002 BTO 2003.007
- Verslag BTO-minisymposium 5-6 mrt 2003

In de commentaartabel van de regeneratietechnieken zijn tevens de toepassingsmogelijkheden en randvoorwaarden voor de wijze van uitvoering opgenomen.

2 Invullen tabel

De verschillende tabelonderdelen zijn eerst ingevuld aan de hand van bestaande literatuur- en onderzoeksgegevens en expert judgement van specialisten binnen Kiwa. De tabelonderdelen 1 tot en met 5 zijn zó, met uitzondering van de kosten van de tabelonderdelen 3 en 5, volledig ingevuld. De kosten zijn opgevraagd bij boorbedrijven. Bij wintechnieken wordt onderscheid gemaakt in investerings- en exploitatiekosten. De kosten zijn berekend voor een "standaard put". Onder een standaard put wordt verstaan een put met een diepte van 100 m, een boordiameter van 0,6 m, een filterdiameter van 0,3 m en een filterlengte van 20 m.

De tabellen 6 en 7 (nieuwe technieken) zijn voor zover mogelijk ingevuld. Deze tabellen zijn nog niet volledig ingevuld omdat het nieuwe technieken betreft die nog nader onderzocht moeten worden.

3 Toetsing beoordeling en workshop

Toetsing boorbedrijven

Zoals eerder vermeld zijn de kosten voor boren en regenereren opgevraagd bij navolgende boorbedrijven:

- Haitjema (A. Nieuwaal);
- BAM NBM Infra (F. Glorie);

Tevens is hun gevraagd om hun mening te geven over de beoordelingen in de tabelonderdelen 3 en 5 (bestaande boor- en regeneratietechnieken). Indien een oordeel van de boorbedrijven afwijkt van een oordeel van Kiwa, is gevraagd dit te onderbouwen. Op basis hiervan is het oordeel op een aantal punten aangepast.

Toetsing waterbedrijven

Aan de waterbedrijven is middels een brief gevraagd hun mening te geven over de beoordelingen in de tabelonderdelen 1 tot en met 5. Indien hun oordeel afweek van dat van Kiwa is gevraagd om dit te onderbouwen. In een aantal gevallen is hierdoor het oordeel aangepast en aanvullend commentaar in de tabel verwerkt.

Voor het correct invullen en onderbouwen van met name tabelonderdeel 5 (regeneratietechnieken) is op 20 mei 2003 tevens een workshop georganiseerd. Tijdens deze workshop zijn de belangrijkste opmerkingen met betrekking tot opzet, lay-out en inhoud op de gehele vergelijkingstabel besproken. Daarnaast is een groot deel van de workshop besteed aan tabelonderdeel 5 (bestaande regeneratietechnieken). De volgende onderwerpen zijn hierbij aan bod gekomen:

- Wijze van uitvoering. Omdat in de praktijk blijkt dat regeneratietechnieken op verschillende wijze worden uitgevoerd zijn de randvoorwaarden voor uitvoering vastgesteld. Bijvoorbeeld de druk bij hogedrukreinigen of de dosering van chemicaliën;
- Toepassingsmogelijkheden. Tijdens de workshop is omschreven voor welke putdimensies (lengte filter, diameter filter en dikte omstorting) de verschillende technieken toepasbaar zijn;
- Beoordeling geschiktheid technieken. In de kolommen A, B en C worden de verschillende technieken beoordeeld op het verwijderen van verstoppend materiaal (A) op het filter, (B) in

de omstorting en (C) op de boorgatwand. Tijdens de workshop is deze beoordeling besproken;

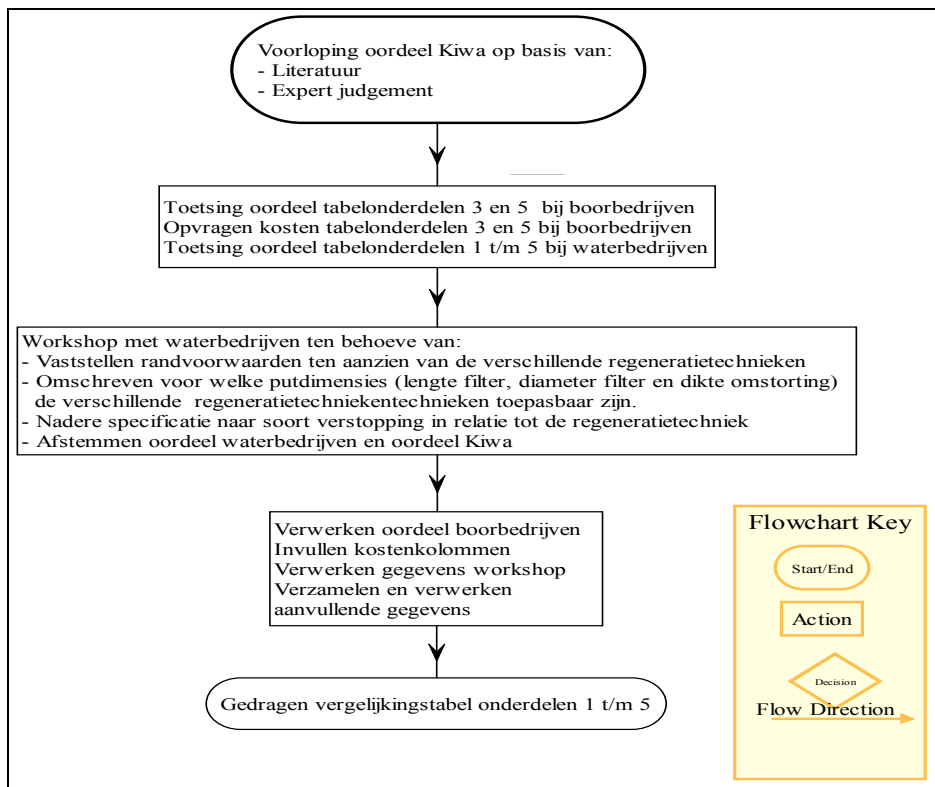
- Tevens is nader gespecificeerd op wat voor soort verstopping de verschillende technieken effect hebben, bijvoorbeeld ijzer verstopping (op het putfilter) of organisch materiaal (op de boorgatwand);
- Tenslotte zijn de belangrijkste opmerkingen op de waardering in de overige kolommen besproken en waar nodig aangepast.

De toetsing is uitgevoerd bij de volgende waterbedrijven:

- Hydron (H. Timmer en R. Breedveld);
- Vitens (T. Ebbing en R. Nijenhuis);
- Brabant Water (C. van Rosmalen);
- WML (M. Juhasz en C. Janssen).

De resultaten van de toetsingen zoals hiervoor beschreven zijn verwerkt in de maanden mei en juni. De tabelonderdelen 6 en 7 zijn voor zover mogelijk ingevuld. Omdat nog nader onderzoek verricht dient te worden naar enkele nieuwe technieken moet dit als een voorlopig oordeel worden gezien.

In figuur 1 is schematisch weergegeven hoe de vergelijkingstabel tot stand is gekomen.



Figuur 1 Methode waarop de vergelijkingstabel tot stand is gekomen

4 De tabelonderdelen

1 en 2 Bestaande wintechnieken en hun toepassingsmogelijkheden

Voor vier verschillende wintechnieken is in tabelonderdeel 1 weergegeven tot welke diepte ze toepasbaar zijn. Tevens zijn de wintechnieken gewaardeerd op aspecten als verstopping; ruimtebeslag, leveringszekerheid e.d. Daarnaast is voor verticale en horizontale pompputten een schatting gemaakt van de kosten. Bij de kosten wordt onderscheid gemaakt in investerings- en exploitatiekosten. De exploitatiekosten zijn uitgedrukt in €/m³ gewonnen drinkwater. De kosten zijn berekend op basis van de levensduur en de capaciteit van de put. Voor de vergelijking tussen de verschillende wintechnieken is uitgegaan van een winning van 2 miljoen m³/jr. Hiervoor hebben we vier verticale putten of één horizontale put nodig. Voor de verticale putten is uitgegaan van de “standaard put” (diepte 100 m; diameter boorgat 0,6 m, diameter filter 0,3 m en filterlengte 20 m). Voor de horizontale put is uitgegaan van een verticale schacht met 5 strenges van 80 m. Voor de leveringszekerheid is de horizontale put verdeeld in twee segmenten. Omdat de “standaard” put in de praktijk niet bestaat, dienen de getallen in de tabel als een indicatie gezien te worden.

Voor gedetailleerde en geautomatiseerde kostprijsberekeningen kan gebruik worden gemaakt van een tool voor asset-management welke medio 2004 beschikbaar komt.

Uit de tabel blijkt dat horizontaal boren veel voordelen biedt ten opzichte van verticaal boren. Dit wekt de suggestie dat het niet zinvol zou zijn om nog verticale pompputten te plaatsen, wat natuurlijk niet het geval is. Uitleg over hoe de tabel tot stand is gekomen is hierbij noodzakelijk. Om de verschillende wintechnieken te vergelijken is uitgegaan van een “normale situatie”, dat wil zeggen een horizontaal gelaagde bodem waarin de variatie in waterkwaliteit binnen het intrekgebied ook met name in verticale richting optreedt. Tevens is uitgegaan van nieuwbouw (er is geen bestaande putconfiguratie(s) waar rekening mee moet worden gehouden). Worden de criteria uit dit tabelonderdeel op zich beschouwd, uitgaande van de bovengenoemde situatie, dan geldt de waardering zoals weergegeven in tabelonderdeel 1.

Uit voorgaande toelichting kan afgeleid worden dat er veel situaties zijn waarbij toch een verticale put de voorkeur verdient boven een horizontale put. Hiervoor zijn verschillende oorzaken denkbaar:

- Criteria uit de tabel worden in een specifieke situatie anders gewaardeerd, omdat er niet sprake is van een “normale situatie”. Bijvoorbeeld de bodem is niet horizontaal gelaagd maar gestuwd of de waterkwaliteit varieert in horizontale richting sterker dan in verticale richting als gevolg van een infiltrerende rivier.
- Criteria uit de tabel zijn op een specifieke locatie niet van belang. Bijvoorbeeld verlagingen spelen geen rol, omdat er binnen het intrekgebied een hangwaterprofiel aanwezig is of het ruimtebeslag speelt geen rol omdat er op de winlocatie voldoende ruimte is voor verticale bronnen.
- Het uitgangspunt is de bestaande configuratie. Bijvoorbeeld er is een uitbreiding nodig van 500.000 m³/jr. Of een bestaande put van 500.000 m³/jr moet vervangen worden terwijl de andere putten van het puttenveld nog lang water kunnen leveren.
- De winning is dieper dan 80 meter onder maaiveld.

In tabelonderdeel 2 is de bruikbaarheid van de verschillende win-technieken gewaardeerd voor winnen van zeven verschillende “soorten” water, zoals oeverfiltraat, ondiep grondwater e.d.

3 Boortechnieken

In tabelonderdeel 3A is voor de bestaande boortechnieken weergegeven tot welke diepte ze toepasbaar zijn voor waterwinning en met welke diameter geboord kan worden. Het is evenwel met genoemde boortechnieken technisch mogelijk tot grotere diepten of met kleinere of grotere diameters te boren dan vermeld in tabelonderdeel 3A. De toepassingsmogelijkheden hiervan zijn vermeld in tabelonderdeel 3B.

Daarnaast zijn de boortechnieken gewaardeerd op de mate van initiële putverstopping, de nauwkeurigheid van boorbeschrijvingen en de kwaliteit van de grondmonsters tijdens het boren. De kosten zijn uitgedrukt in kosten per meter boren. Hierbij is uitgegaan van een “standaard put”.

4 Ontwikkelmethoden

Bij de ontwikkelmethoden zijn mechanische methoden en chemische methoden onderscheiden. Zij zijn gewaardeerd op verwijderen van de boorspoeling uit omstorting en boorgatwand, het vergroten van het doorlaatvermogen van het pakket door verwijderen van de fijne fractie, op veiligheid en milieubelasting. Tevens is een kolom toegevoegd waarin de kosten relatief zijn gewaardeerd.

5 Regeneratiemethoden

Hoe de tabel met regeneratiemethoden tot stand is gekomen is reeds besproken. Bij de regeneratiemethoden is onderscheid gemaakt in vaak gebruikte en minder vaak gebruikte mechanische technieken en chemische technieken. De regeneratiemethoden zijn beoordeeld op geschiktheid voor het regenereren van verschillende putonderdelen, te weten putfilter, omstorting en boorgatwand. Bij de boorgatwand is in de waardering onderscheid gemaakt in het effect op verwijderen van restanten boorspoeling, fijn zand, leem en organisch materiaal. Daarnaast zijn de regeneratiemethoden beoordeeld op:

- effectiviteit en duurzaamheid d.w.z. de mate waarin de capaciteit van de put herstelt als gevolg van het verwijderen van de verstopping en de snelheid waarmee de verstopping terugkomt;
- veiligheid;
- milieubelasting en;
- de kans van optreden van beschadigingen.

6 en 7 Nieuwe boortechnieken en regeneratiemethoden

Voor het boren zijn 3 nieuwe technieken genoemd. Eén van deze technieken ‘horizontaal gestuurd boren’ is reeds toegepast in Duitsland. De twee andere technieken zijn ideeën, die tijdens het TRIZ pilotproject ‘putverstopping’ zijn gegeneerd.

Voor het regenereren zijn 5 nieuwe technieken genoemd. Momenteel worden de volgende twee onderzoeken naar nieuwe regeneratiemethoden uitgevoerd:

- 1) In het kader van dit BTO-project worden de toepassingsmogelijkheden, effectiviteit en duurzaamheid van regeneratiemethoden “Roto Cavities” onderzocht. Het onderzoek wordt naar verwachting in oktober 2003 afgerond;

2) In het kader van het BTS-project Putverstopping wordt regenereren met CO₂ onderzocht. Dit onderzoek loopt door tot in 2004.

Voorgesteld is om in 2003 een derde nieuwe techniek te onderzoeken. De programmalijs begeleidingscommissie heeft de voorkeur voor één van de nieuwe boortechnieken. Van de nieuwe boortechnieken komt 'horizontaal gestuurd boren' het meest in aanmerking. De "state of the art" is zodanig dat deze techniek nu ook onder bepaalde Nederlandse omstandigheden kan worden toegepast. In Houten bijvoorbeeld worden t.b.v. koude/warmte-opslag putten met deze techniek aangelegd. De informatie die met dit project en met de reeds bestaande winning in Duitsland wordt gegenereerd wordt voor het onderzoek gebruikt.

Tabel 1A: Bestaande wintechnieken

Bestaande technieken en methoden	A Diepte (m)	B Filterlengte/ capaciteit	C Verlagingen	D Verstopping	E Bacteriologische betrouwbaarheid	F Ruimtebeslag vergravingsschade	G bedrijfsvoering	H leveringszekerheid	I Kosten in €/m ³	
									Invest	Exploit
<i>Gesloten systemen</i>										
1) Vert. pompputten	5-400	+/+	-	0	+	0	0	+	120.000	0,035
2) Hor. pompputten	5-80	++/++	+	+	0	++	0	+	1.000.000	0,030
3) Drainage	0-7	++/-	++	-	-	--	0	0	info duinb.	info duinb.
<i>Open systemen</i>										
4) Kanalen en sloten	0-10	++/++	++	0	--	-	++	-	info GWA	info GWA

-- slecht - matig 0 redelijk + goed ++ zeer goed

Tabel 1B : Literatuurverwijzingen en opmerkingen bij tabel 1A (bestaande wintechnieken)

Wintechnieken	Opmerkingen	Literatuur
1) Vert. pompputten	<p>A Filters op verschillende diepten mogelijk. Lengte filters afhankelijk van dikte en samenstelling WVP.</p> <p>B Lengte filters afhankelijk van dikte en samenstelling WVP. Capaciteit <200 m³/h/m. Capaciteit is sterk afhankelijk van doorlaatvermogen WVP. Capaciteit geringer dan horizontale put in hetzelfde pakket.</p> <p>C Verlagingen groter dan bij horizontale pompputten omdat de onttrekking op één plaats in het horizontale vlak plaatsvindt (puntverlaging) en per meter filter meer wordt onttrokken. Bij horizontale putten is de verlaging minder groot echter wel uitgestrekt over een groter gebied.</p> <p>D Kans op verstopping van boorgatwand is groot omdat (1) de boortechniek vaak roterend zuigboren is waarbij boorspoeling wordt gebruikt (met juiste boorspoeling en ontwikkeltechniek wordt de mate van verstopping beperkt), (2) relatief hoge stroomsnelheid van het water is toegestaan en (3) diameter van het filtergrind voor alle lagen binnen het watervoerende pakket meestal hetzelfde wordt gekozen; filtergrind kan wel nauwkeurig worden aangebracht en (4) bij horizontaal gelaagde bodems is de kans op vermenging van verschillende watertypen groot (kan door filterstellingen goed te kiezen ondervangen worden).</p> <p>H kiezen ondervangen worden).</p> <p>I Lange levensduur ongeveer 40 jaar. Optreden van verstopping kan levensduur verkorten. De kosten zijn berekend voor een "standaard put" (100 m diep, diameter boring 0,6m, diameter filter 0,3 m, filterlengte 20 m).</p>	<p>TRIZ-rap. pag 7 t/m 15</p> <p>KD-putten pag 6-8, 6-9</p>
2) Hor. pompputten	<p>B Meerdere strengen per pompput mogelijk. Op één niveau kunnen 8 strengen met een maximale lengte van 90 meter worden aangelegd.</p> <p>D Risico's verstopping relatief klein omdat (1) geen boorspoeling is gebruikt (spuitboren met casing) (2) de stroomsnelheid op de boorgatwand relatief laag is en (3) diameter van het filtergrind iedere 2 m nauwkeurig wordt bepaald; aanbrengen filtergrind relatief onnauwkeurig en (4) kans op vermenging van verschillende watertypen bij horizontaal gelaagde bodems iets kleiner is.</p> <p>E In een horizontale put kan als gevolg van lage stroomsnelheden in de filterstrengen groei van grondwaterfauna en andere organismen optreden welke een bron kunnen zijn van besmetting.</p> <p>G Door grote capaciteit en afwijkende constructie is de bedrijfsvoering soms eenvoudiger (positief) en soms moeilijker (negatief): - pos: door minder putten zijn minder regelwerk nodig, hierdoor is de bedrijfsvoering wel iets minder flexibel; - neg: een te laag onttrekkingsdebiet geeft meer groei van grondwaterfauna waardoor inzet van microzeven en een UV noodzakelijk is; - neg: als gevolg van natuurlijke grondwaterstroming kan kortsluitstroming tussen strengen ontstaan als de put uit bedrijf is met als gevolg; mogelijke verstopping in de filterspleten. Al met al dient een horizontale put zo constant mogelijk met groot debiet te worden ingezet; - neg: in de (vaak) diepe put mag niet alleen gewerkt worden (ARBO) daarbij brengt het grotere aantal afsluiters extra werk met zich mee; - neutraal: de regeneratie van verstopping op de filterspleten, gebeurt minder vaak, maar is bij een regeneratie veel ingrijpender dan bij een vepu. I - Put met een capaciteit van 2 mlj/jr. Diepte putschacht ongeveer 50 m De kosten per meter nemen vanaf 50 m meer dan lineair toe met de diepte.</p>	<p>KD-putten pag 6-9, 6-10</p>
3) Drainage	<p>B Capaciteit beperkt door relatief kleine diameter en geringe verlagingen doordat vlak onder de freatische grondwaterspiegel wordt gewonnen.</p> <p>D Kans op (biologische) verstopping groot door onttrekking van zuurstofrijk water met mogelijk hoge conc. nutriënten en relatief hoge temp. in de zomer.</p> <p>E Risico's voor bacteriologische besmetting groot omdat door de ondiepe ligging de verblijftijden van het grondwater gering zijn.</p> <p>H Geringe levensduur ongeveer 20 jaar.</p>	<p>KD-putten pag 6-10</p>
4) Kanalen en sloten	<p>F Uitgangspunt is dat de kanalen en sloten speciaal voor waterw. worden gegraven. Bij gebruik van bestaande infrastructuur is er geen ruimtebeslag of vergravingschade.</p> <p>H Leveringszekerheid is matig, omdat de kans op verontreinigingen (of calamiteiten) bij oppervlaktewater groot is.</p>	
1) Ver.pompputten 2) Hor.pompputten 3) Drainage	<p>H Om de leveringszekerheid te kwantificeren is een indicatieve berekening gemaakt: De kans op uitval is de kans op verstopping x impact van de verstopping. De kans op verstopping kunnen we afleiden uit de benodigde regeneratiefrequentie. Voor verticale bronnen is deze gesteld op 1 maal per 5 jaar voor horizontale bronnen 1 maal per 10 jaar en voor drainage 1 maal per jaar. De kans is dus resp. 0,2; 0,1 en 1,0. De impact is afhankelijk van het aantal aanwezige bronnen. Gaan we uit van een winning van 2 mlj m³/jr dan hebben we 4 verticale putten nodig of 1 horizontale put of minimaal 10 drains. Valt een verticale put uit dan is de impact 0,25. Valt de horizontale put uit dan is de impact 0,5 (de onttrekking in een hopu gescheiden worden in 2 compartimenten) voor de drains is de impact 0,1 De kans op uitval is dus (de kans op verstopping x impact van de verstopping): verticale bronnen 0,2 x 0,25 = 0,05 (5%); horizontale bronnen 0,1 x 0,50 = 0,05 (5%); drainage 1,0 x 0,10 = 0,10 (10%)</p>	

Tabel 2A: Toepassingsmogelijkheden wintechnieken

Wintechniek/Toepassing	A Oevergrondwater	B Freatisch grondw.	C Diep grondwater	D Diep infiltratie	E Dun pakket	F Winnen één kwaliteit	G Terugw. geïnfiltr opp.w.
<i>Gesloten systemen</i>							
1) Verticale pompputten	+	0	++	++	-	0	0
2) Horizontale pompputten	++	+	-	+	++	+	+
3) Drainage	-	++	n.v.t.	n.v.t.	0	+	+
<i>Open systemen</i>							
4) Kanalen en sloten	-	++	n.v.t.	n.v.t.	0	-	0

-- slecht - matig 0 redelijk + goed ++ zeer goed

Tabel 2B : Literatuurverwijzingen en opmerkingen bij tabel 2A (toepassingsmogelijkheden wintechnieken)

Wintechniek/Toepassing	Opmerkingen		Literatuur
1) Vert. pompputten	E B G	<p>Relatief veel putten nodig voor de winning uit een dun pakket.</p> <p>Indien er zowel zuurstof als ijzer in het water aanwezig is, is bij horizontaal gelaagde bodems de kans op verstopping bij verticale putten wat groter omdat met horizontale putten in dit geval makkelijker water van één kwaliteit gewonnen kan worden. Door exacte filterstellingen van verticale filters kan dit probleem voorkomen/verminderd worden.</p> <p>Het verschil in microbiologische besmetting is niet zo groot. Dit hangt meer af van de diepte beneden maaiveld. Met name bij een ondiep open infiltratiesysteem is het terugwinnen makkelijker met horizontale putten of drainage. Bij een diep open infiltratiesysteem zoals in Heel in Limburg zijn verticale putten handiger.</p>	KD putten pag 6-7 BM 1 pag 36 t/m 39
2) Hor. pompputten	A C + D	<p>Een nadeel is dat niet gestuurd kan worden in de stroming, zoals dit met een serie verticale putten wel het geval is. Met betrekking tot de microbiologische veiligheid is een horizontale put beter, dit is van belang omdat bij oeverfiltraat de kans op grondwaterfauna groter is dan bij "normale" grondwaterwinning.</p> <p>Toepasbaar tot 80 m. Kosten vanaf 50 m erg hoog</p>	KD putten pag 6-7 BM 1 pag 36 t/m 39
3) Drainage	A	<p>Grote filterlengte noodzakelijk omdat de capaciteit per meter filter laag is.</p> <p>De maximale diepte is 7 meter. Als er een slecht doorlatende deklaag aanwezig is (bij rivieren vaak het geval) dan zijn de mogelijkheden beperkt.</p>	KD putten pag 6-7 BM 1 pag 36 t/m 39
4) Kanalen en sloten			KD putten pag 6-7 BM 1 pag 36 t/m 39

Tabel 3A: Bestaande boortechnieken

Bestaande technieken	A Verharde gesteenten Onverharde gesteenten	B Diepte (m)	C Diameter (mm)	D Initiële verstopping	E Nauwkeurigheid boorbeschrijvingen	F Kwaliteit Grondmonsters		G Kosten €/meter
						F1 ongeroid	F2 geroid	
Boortechnieken								
1) Pulsboren	Onverharde gesteenten	0 - 100	350 - 800	0	0	0	+	500
2) Roterend zuigboren zonder luchtliften	Onverharde + verharde gesteenten	0 - 80	350 - >1000	-	0	-	0	450
Roterend zuigboren met luchtliften	Onverharde + verharde gesteenten	0 - > 400	350 - >1000	-	0	-	0	450
3) Roterend spuitboren	Onverharde gesteenten	0 - > 400	350 - 400	--	--	--	n.v.t.	150
4) Holle Avegaarboren	Onverharde gesteenten	0 - 25	350 - 600	+	-	-	+	75
5) DTH-hamerboren	Verharde gesteenten	0 - 250	350 - 380	+	--	--	n.v.t.	200

-- slecht - matig 0 redelijk + goed ++ zeer goed

Tabel 3B: Literatuurverwijzingen en opmerkingen bij tabel 3A (bestaande boortechnieken)

Boortechnieken	Opmerkingen	Literatuur
1) Pulsboren	<p>B Technisch mogelijk om tot 200 m te boren, praktisch zelden toegepast vanwege de kosten van vertoeren.</p> <p>C Boren met een diameter van 100-350 mm ook mogelijk. De diameters worden toegepast bij plaatsen van waarnemingsfilters.</p> <p>D Geen verstopping op de boorgatwand door gebruik van boorspoeling, wel door versmering met name bij doorboren van klei- en veenlagen. In sterk heterogene watervoerende lagen kan verstopping ontstaan door opvulling van de ruimte tussen boorbuis en boorgatwand met fijn materiaal.</p> <p>E Relatief lage boorsnelheid, diepte van grondmonster is nauwkeurig.</p> <p>F Door het pulsen worden dunne vaste kleilaagjes opgelost tussen het water en zand/grind, waarna de laag omschreven wordt als siltig zand. Verder ontmengt het materiaal in de puls; indien vervolgens de puls niet in een aparte bak wordt leeggestort, waarna het materiaal wordt gemengd alvorens een monster te nemen, dan wordt het aandeel van de fijne fractie onderschat.</p> <p>G Bij een diameter van 320 mm en een diepte vanaf 30 m nemen de kosten per meter sterk toe (meer dan lineair met de diepte).</p>	<p>KD putten pag 6-12</p> <p>BM 1 pag 45, 81, 89</p> <p>BM 2 pag 15, 29, 52</p> <p>KOA 00.021 pag 29</p> <p>H27 RAW pag 41</p>
2) Roterend zuigboren zonder luchtliften Roterend zuigboren met luchtliften	<p>A Zowel onverharde als verharde gesteenten door gebruik te maken van verschillende beitels.</p> <p>B Maximale diepte met luchtliften bedraagt ongeveer 750 m.</p> <p>C Boren met diam. van 250-350 mm is ook mogelijk, b.v. voor plaatsen van waarnemingsputten. Maximale boordiameter 1500 mm.</p> <p>D De put kan na boren geschraapt worden waardoor putverstopping significant kan worden vertraagd, zie tabelonderdeel 4.</p> <p>E Relatief hoge boorsnelheid, hierdoor diepte van grondmonster onnauwkeuriger dan pulboren echter nauwkeuriger dan spuitboren.</p> <p>F Monster is geroerd, doch vaste dunne kleilaagjes komen, in tegenstelling tot pulsen, als brokjes boven De interne structuur (bijv. ingesloten veen- of bruinkool) en het watergehalte is hierdoor goed te schatten. Nauwkeurigheid m.b.t. de diepte van de grondmonster is ongeveer 0,5 m.</p>	<p>KD putten pag 6-12</p> <p>BM 1 pag 45, 47, 65, 67, 94, 114, 116</p> <p>BM 2 pag 32</p> <p>KOA 00.021 pag 29</p> <p>TRIZ-rap pag 7 t/m 15</p>
3) Roterend spuitboren	<p>A Voor waterwinning bij waterbedrijven wordt de techniek in Nederl. niet toegepast omdat de boringen niet van voldoende kwaliteit zijn. Zowel onverharde als verharde gesteenten door gebruik te maken van verschillende beitels.</p> <p>B maximale diepte bedraagt enkele kilometers</p> <p>F2 Door overdruk en grote dichtheid van de boorspoeling onderin het boorgat is de kans op putverstopping groot. Vrijwel onmogelijk om ongeroerde monsters te steken omdat de boorstang getrokken moet worden.</p>	
4) Holle Avegaarboren	<p>C Boren met diameter van 120-350 is ook mogelijk b.v. voor plaatsen van waarnemingsputten.</p> <p>D Geen verstopping op de boorgatwand door boorspoeling, wel door versmering met name bij doorboren van klei- en veenlagen.</p>	<p>BM 1 pag 44, 45</p> <p>BM 2 pag 52</p>
5) DTH-hamerboren	<p>C Boren met diameter van 100-350 is ook mogelijk bijvoorbeeld voor andere toepassingen.</p> <p>D Weinig verstopping omdat geen boorspoeling wordt gebruikt maar schuim (als drager om boorgruis boven te krijgen) en omdat onverbuisd wordt geboord. Het schuim met fijn boorgruis kan voor enige afpleistering van de boorgatwand zorgen.</p> <p>F1 Boorgruis wordt gemengd door transport met lucht.</p>	<p>BM 1 pag 45, 53, 151, 152, 153</p>

Tabel 4A: Bestaande ontwikkelmethoden

Bestaande technieken Ontwikkelmethoden	A	B	C	D	E		F
	Verwijderen restanten boerspoeing omstorting	Verwijderen restanten boerspoeing boorgatwand	Vergroten doorlatendheid pakket rondom filter door verwijderen fijne fractie	Veiligheid	Milieubelasting		Kosten
<i>Mechanische methoden</i>							
1) Schoonpompen	+	-	0	++		+	++
2) Intermittierend schoonpompen	+	0	+	++		+	+
3) Sectiegewijs schoonpompen	+	+	+	+		+	-
4) Sectiegewijs rondpompen	+	+	-	+		++	-
5) Jutten in combinatie met schoonpompen	+	+	+	-		+	0
6) Schrapen	n.v.t.	++	n.v.t.	+		++	--
<i>Chemische methoden</i>							
						CBL	H ₂ O ₂ (+HCl)
7) Inbrengen van chemicaliën met buizen en schoonpompen	+	0	+	-	--	+	(0)
8) Inbrengen van chemicaliën met sectieapparaat	+	+	+	-	--	+	(0)
9) Inbrengen van chemicaliën met sectie-rondpompapparaat	+	++	-	-	-	+	(0)
10) Inbrengen van chemicaliën met buizen en jutten	+	++	++	--	--	+	(0)

-- slecht - matig 0 redelijk + goed ++ zeer goed

Tabel 4B : Literatuurverwijzingen en opmerkingen bij op tabel 4A (bestaande ontwikkelmethoden)

Ontwikkelmethoden	Opmerkingen		Literatuur
1-10) Alle technieken		<i>De zorgvuldigheid waarmee een put is geboord, het feit of er boorspoeling is gebruikt en indien er boorspoeling is gebruikt de samenstelling van de boorspoeling, zijn zeer belangrijk voor het resultaat van het ontwikkelen van een put. Indien een put wordt geschraapt, wordt de boorspoeling volledig van de boorgatwand verwijderd.</i>	
1) Schoonpompen	B E	Onder boorspoeling wordt verstaan de natuurlijke boorspoeling (zand, klei en veenresten) of kunstmatige boorspoeling zoals bentoniet, caustic soda en CMC's. Geen gebruik van chemicaliën. Bij gebruik van CMC's is er wel een verhoogd zuurstof gebruik in het geloosde water. Dit is nadelig als geloosd wordt op het opp.water en niet als het water in de bodem zakt (geldt ook voor techniek 2 t/m 5).	BM I pag 205,206 BM II pag 101 KD putten pag 11-30
2) Intermitterend schoonpompen			KD putten pag 11-31, 15-22
3) Sectiegewijs schoonpompen	A,B,C	Tijdens luchtlichten op en neer bewegen dan 10% à 15% > specifiek debiet t.o.v. schoonpompen. Het is gebruikelijk deze techniek uit te voeren met onderwaterpompen. Er zijn ook technieken waarbij luchtdruk wordt gebruikt (luchtlichten) ook wel mammoetpompen genoemd. Een ander uit Duitsland afkomstige techniek is HAPETA. Met deze techniek wordt ook sectiegewijs water afgepompt en afgevoerd. Via het zoekwoord "brunnensanierung" kan men op het internet informatie over deze techniek krijgen.	BM I pag 206 KD putten pag 11-31 11-32, 15-22 Overig: voor techniek HAPETA® internet zoekwoord: "brunnensanierung"
4) Sectiegewijs rondpompen	B	Als de omstorting dun is en de volumestroom hoog genoeg kan ook de boorgatwand goed gereinigd worden. Als de omstorting te dik is (zie tevens tabel 5) wordt de boorgatwand niet bereikt.	BM I pag 208 KD putten pag 11-32, 15-24
5) Jutten in combinatie met schoonpompen	A,B,C D	De resultaten van jutten zijn beter dan van intermitterend pompen, echter iets slechter dan sectiegewijs afpompen/ rondpompen. Controle of putafdichting hoge drukken kan verdragen. Door jutten kan de verstopping toenemen, indien bij de filtergrindomstorting te veel van de fijne fractie is uitgegaan.	BM I pag 207 KD putten pag 11-32
6) Schrapen	A B F At/mF	Bij schrapen wordt de boorspoeling vervangen door schoonwater waardoor er geen restanten boorspoeling in de omstorting aanwezig zijn. Putverstopping kan naar verwachting worden voorkomen of significant worden vertraagd door de boorgatwand na boren preventief te schrapen om boorspoeling te verwijderen. Meerkosten bij de aanleg van de put ± 20%. Deze investering wordt voor verstoppende putten terug verdiend. Op het moment dat 2 volledige regeneraties worden uitgespaard is het "break even point" bereikt. Schrapen kan ook als onderdeel van boortechnieken worden gezien waarbij boorspoeling wordt gebruikt.	H ₂ O 21/94 pag 636-639 Memo Hydron-AD feb-2003
7) Inbrengen van chemicaliën met buizen en schoonpompen	A,B,C	Specifiek debiet circa 10% > schoonpompen.	BM I pag 228 t/m 231 KD putten pag 11-33
8) Inbrengen van chemicaliën met sectieapparaat	A,B,C	Specifiek debiet circa 10% à 30% > schoonpompen.	BM I pag 228 t/m 231 KD putten pag 11-33
9) Inbrengen van chemicaliën met sectie-rondpompapparaat	A,B,C E	Specifiek debiet circa 20% à 40% > schoonpompen. Hoeveelheid chemicaliën gering doordat deze door rondpompen efficiënter worden gebruikt.	BM I pag 228 t/m 231 KD putten pag 11-33
10) Inbrengen van chemicaliën met buizen en jutten	A,B,C C	Specifiek debiet circa 40% à 60% > schoonpompen. Waarschijnlijk beter dan Jutten alleen omdat de boorgatwand beter is gereinigd waardoor de barrière werking minder is.	BM I pag 228 t/m 231 KD putten pag 11-34
7-10) met chemicaliën		Voordat chemicaliën worden gebruikt is meestal eerst mechanisch ontwikkeld. De restanten boorspoeling zijn dan al uit de omstorting verwijderd, de chemie draagt daar niets meer aan bij.	
F) Kosten		De kosten zijn relatief gewaardeerd. Nadat protocollen zijn opgesteld voor ontwikkelen van een "standaard put" kunnen de kosten exact worden berekend.	

Tabel 5A: Bestaande regeneratietechnieken

Bestaande technieken	A putfilter Fe, Mn, Kalk	B omstorting Fijn zand	C Boorgatwand				D Veiligheid	E Milieubelasting	F beschadigingen	G Effectiviteit % (Qna-Qv/Qtot) x 100%	H duurzaamheid	I Kosten in €
			B.Sp.	FZ	Leem	Org.						
Regeneratietechnieken												
<i>Mechanische technieken</i>												
1) Schoonpompen (2 a 3 x nom)	--	0	--	--	--	--	++	+	++	--	--	2000
2) Sectiegewijs schoonpompen	-	+	0	0	0	-	+	+	0	0	-	4000 – 5000
3) Sectiegewijs rondpompen	-	+	+	+	+	0	+	++	0	-	-	4500 – 5500
4) Jutten (+ schoonpompen)	-	+	0	0	0	0	0	+	0	0	-	2500
5) Borstelen	0	--	--	--	--	--	+	+	+	-	-	2000
6) Hogedrukreinigen	++	+	--	--	--	--	0	+	-	+	0	2000
<i>Minder vaak gebruikte mechanische technieken</i>												
7) Gebruik van explosieven	+	+	0	0	0	0	-	++	-	0	-	?
8) Hoogfrequent trillen (Ultrasoon)	+	-	-	-	-	-	++	++	+	+?	0?	3000-4000
<i>Chemische technieken</i>												
9) Zuren (HCl) + verdringen	++	--	0	--	0	--	-	0	+	0	0	4000
10) Oxidatoren H ₂ O ₂ + Jutten	-	+	+	-	0	++	--	H ₂ O ₂ + (+HCl) 0	0	+	0	4000
11) Oxidatoren CBL + Jutten	-	+	+	-	0	++	-	--	0	++	0	4000
12) H ₂ O ₂ + hogedrukreinigen	+	0	0	-	0	++	--	H ₂ O ₂ + (+HCl) 0	-	++	+	3500
13) H ₂ O ₂ + rondpompen	-	+	+	0	0	+	0	H ₂ O ₂ + (+HCl) 0	0	0	0	6500

-- slecht - matig 0 redelijk + goed ++ zeer goed

Tabel 5B : Literatuurverwijzingen en opmerkingen bij tabel 5A (bestaande regeneratietechnieken)

Regeneratietechnieken	Maximale afm. putonderdelen			Wijze van uitvoering		Opmerkingen	Literatuur	
	Diepte filter	Diam. filter	Dikte Omstort.	Debiet .. X nomin	Duur (u)			
	m	mm	mm					
1) Schoonpompen	onbeperkt	onbeperkt	< 200	2	max 2	I	Deze techniek wordt vaak gebruikt in combinatie met andere technieken. Excl. flowmetingen en incl. 1 capaciteitsproef.	KD putten pag 11-31,15-16
2) Sectiegewijs schoonpompen	onbeperkt	< 400	< 200	2 – 5	0,5/sectie	I	Een debiet van 2 * nominaal is meestal voldoende. e.e.a is tevens afhankelijk van het ontwerpcriterium t.a.v. de snelheid op de boorgatwand. Bij een te groot debiet kan fijn zand uit het pakket worden getrokken waardoor de put juist verstopt. Excl flowmetingen en incl. 1 capaciteitsproef.	BM I Pag 230 KD putten pag 11-31,11-32
3) Sectiegewijs rondpompen	onbeperkt	< 400	< 200	2 – 5	0,5/sectie	C I	Als de omstorting dun is en de volumestroom hoog genoeg kan ook de boorgatwand goed gereinigd worden Pijls excl.flowmetingen en incl. 1 capaciteitsproef	BM I Pag 230 KD putten pag 11-32,15-24
4) Jutteren	> 15	onbeperkt	< 200	Druk (bar) 0,6 – 2	Aantal (n) 80 – 400	F I	Houdt rekening met de drukklasse van PVC. Excl. flowmetingen en incl. 1 capaciteitsproef.	BM I pag 229,230 KD putten pag 11-32
5) Borstelen	onbeperkt	onbeperkt	onbeperkt	Duur/put (u) 1		A	Alleen de aanslag op het filter wordt verwijderd niet de filterspleten zelf. Combinatie met andere technieken daarom vaak noodzakelijk.	BM I Pag 227 KD putten pag 15-18
6) Hogedrukreinigen	onbeperkt	onbeperkt	< 100	Druk (bar) 100 – 200	type spuitkop afh. van filter	F	Indien rotatie van de spuitkop hapert, is de kans op beschadigingen zeer groot.	BM I Pag 227 KD putten pag 15-18
7) Gebruik van explosieven	??	??	??	Hh (kg/m) ??		G	Met name toegepast bij geconsolideerde bodems. Alleen toepasbaar met stalen filters. Bij koperen filters grote risico's m.b.t. beschadigingen. Niet toepasbaar met PVC. Bij PVC dient een binnenbuis aangebracht te worden, deze techniek heet inline shocken. Effectiviteit is geschat op 10 a 20 % toename specifiek debiet t.o.v. sp.d. voor regeneratie. (sp.d nulsituatie = 100%).	BBR: 2001 heft 10 pag 20-27 DVGW : Brunnenbau 2000 contact & studium: band 616 pag 165-172 www.pigadi.com
8) Hoogfrequent trillen (Ultrasoon)	onbeperkt	> 150	< 250	Frequentie 25000	Omg. dr. (bar) > 2	G I	Voordat deze techniek wordt toegepast wordt de put voorgereinigd d.m.v. borstelen. Deze techniek werkt veel beter bij hydrostatische druk > 2 bar (d.w.z. diepte ≥ 20 m). Bij een druk van minder dan 2 bar is cavitatie de belangrijkste oorzaak van de werking. Bij zeer hoge drukken wordt de cavitatie minder waardoor de techniek mogelijk minder effectief wordt. Voor een put met een filter van 20-30 meter bedraagt de prijs 3000 euro inclusief 2 pomptesten van 4 uur voor en na regeneratie.	BBR 2000 heft 1 pag 32-36 2002 heft 11 pag 22-28

Regeneratietechnieken	Maximale afm. putonderdelen			Wijze van uitvoering					Opmerkingen	Literatuur	
	Diepte filter	Diam. filter	Dikte Omstort.	Conc. %	Hh. (l/m)	Wijze van verdringen	Druk (bar)	Aant.(n)			
	m	mm	mm								
9) Zuren (HCl) + verdringen	onbeperkt	onbeperkt	onbeperkt	30 % ?	0,5 - 1,5 x inhoud putfilter (excl. stijgb.)	gelijk verdelen over filter			F	Gebruik van citroenzuur en mierenzuur wordt afgeraden omdat de kans op bacteriologische nagroei groot is. Hoe lager de pH (bij voorkeur < 2) hoe groter het oplossend vermogen. Zuur dient verdrongen te worden tot net in de omstorting niet tot in pakket, omdat dan door de aanwezigheid van kalk gasvorming kan ontstaan. Beschadigingen afhankelijk van filtermateriaal (koper kan oplossen; PVC = inert).	KD putten pag 15-19
				7	0,5 - 1,5 x inhoud putfilter (excl. stijgb.)	van beneden naar boven	10-15	2 - 400	A C E	H ₂ O ₂ wordt vaak aangezuurd voor de stabiliteit. Hierdoor zullen kleine hoeveelheden ijzer-neerslag oplossen. Door de ontleding (gasvorming) heeft H ₂ O ₂ net zoals CBL een dispergerende werking en werkt daarom net zo goed als CBL. In het te lozen water bevinden zich licht verhoogde gehalten sulfaat. Het verbruik wordt gemonitord waardoor de dosering op het gebruik afgestemd wordt, hierdoor geen dosering in overmaat nodig.	BM I Pag 229, 231 KD putten pag 15-17,15-21 verslag Duitsl. excursie nov 2002 verslag mini-symp. 5-6 mrt 2003 rapport Houben titel ??
11) Oxidatoren CBL + Juteren	onbeperkt	onbeperkt	onbeperkt	35%	0,5 - 1,5 x inhoud putfilter (excl. stijgb.)	van beneden naar boven	10-15	2 - 400			BM I Pagina's 229, 231 KD putten pag. 15-17,15-21
				7	120 liter/min Zie opm.	n.v.t. (door injectie)	200 bar	Afh. van type spleet.Brugsleuf: 45°		Dosering afhankelijk van diameter boorgat. 500-800 mm: mengsel: 30 liter + 135 liter water + 1 liter zoutzuur 30%. Gelijktijdig: Onttrekking met ca 30 m3/h	H2O nr. 20 2000
12) H ₂ O ₂ + hogedrukreinigen	onbeperkt	onbeperkt	< 100	Conc. %	Hh. (l/m)	Wijze verdringen	Druk (bar)	Type spuitkop			
				7	120 liter/min Zie opm.	n.v.t. (door injectie)	200 bar	Afh. van type spleet.Brugsleuf: 45°			
13) H ₂ O ₂ + rondpompen	onbeperkt	onbeperkt	< 200	Conc. %	Hh (l/m)	Wijze verdringen	Debiet .. X nomin	Duur (u)			
				7	idem 11	n.v.t.	2-5	0,5/sec.			
Opmerkingen											
Rij 9-13	Het gebruik van complexvormers is bij de chemische technieken verder buiten beschouwing gelaten omdat deze techniek slechts een keer is toegepast en alleen een diprgerende werking heeft op kleideeltjes en niet zoals CBL en H ₂ O ₂ organische stof oxideert.										
G) Effectiviteit	De nulsituatie is het begin van de periode na het ontwikkelen van de put waarbij het specifiek debiet constant is. De effectiviteit is mede afhankelijk van de mate waarin de put is verstopt op het moment dat geregenereert wordt.										
H) Duurzaamheid	De duurzaamheid wordt bepaald door de snelheid waarmee de verstopping terugkomt in relatie tot de snelheid van verstopping voor de eerste regeneratie.										

Tabel 6A: Nieuwe boortechnieken

Nieuwe technieken Boortechnieken	A	B	C	D	E	F		G
	Geconsolideerd Ongeconsolideerd	Diepte (m)	Diameter (cm)	Initiële verstopping	Nauwkeurigheid boorbeschrijvingen	Kwaliteit Grondmonsters		Kosten €/ meter
						F1	F2	
						ongeroerd	geroerd	
1) Horizontaal gestuurde boringen	Ongecons + gecons	5-30 / 5-200	120-500 ?	0	--	n.v.t.	--	3500
2) Bevrozen (geen boorspoeling.)	Ongeconsolideerd	0-400	350-800	+	Afhankelijk van boormethode	Afhankelijk van de boormethode	Afhankelijk van de boormethode	> gebruikte boormethode
3) Roterend zuigboren met luchtlichten en pulsbooren	Ongeconsolideerd	Diepte zuigboren + 100 m	350-800	+	0 bovenste deel + pulsdeel	- bovenste deel 0 pulsdeel	0 bovenste - pulsdeel	> zuigboren

-- slecht - matig 0 redelijk + goed ++ zeer goed

Tabel 6B : Literatuurverwijzingen en opmerkingen bij tabel 6A (nieuwe boortechnieken)

Boortechnieken	Opmerkingen	Literatuur
1) Horizontaal gestuurde boringen	<p>A Alleen toepasbaar in grove formaties omdat alleen natuurlijke ontwikkeling mogelijk is. Maximale filterlengte bedraagt 300 m. Nader onderzoek dient verricht te worden naar de optimale boorspoeling. Maximale diepte indien beide uiteinden van de boring aan maaiveld komen bedraagt 30 m (twinbron). Maximale diepte indien één uiteinde van de boring aan maaiveld komt bedraagt 200 m (single bron).</p> <p>B De ondergrens van de boordiameter wordt bepaald door de diameter van de onderwaterpomp. De bovengrens door het filter dat in het boorgat getrokken moet worden. De boortechniek op zich is niet beperkend.</p> <p>C Boorspoeling is zwaarder dan bij verticale bronnen waardoor spoeling moeilijker is te verwijderen. Echter omdat er geen omstorting is, bevinden restanten boorspoeling zich dicht bij het filter waardoor de boorspoeling weer makkelijker te verwijderen is. Per saldo zijn de restanten boorspoeling beter te verwijderen dan bij roterend zuigerboren (zie tevens tabel 3).</p> <p>D Totale kosten voor een put met een capaciteit van ongeveer 2 mlj m³/jr en filterdiameter van 200 mm bedragen ongeveer 1,2 mlj euro. Bij een filterlengte van ongeveer 350 meter en filterdiameter van 200 mm bedraagt de meter prijs ongeveer 3500 euro. In deze meterprijs is alles verwerkt dat wil zeggen de pompen, werktuigbouw putschacht electro etc.</p>	TRIZ-rapport pag 23 t/m 27 Grundwasser Heft 1/2000 pag 17 t/m 23 Verslag studiereis Duitsland 2002
2) Bevrozen (geen boorspoeling.)	B Afhankelijk van de gebruikte boormethode (zie tevens tabel 3).	TRIZ-rapport pag 23 t/m 27
3) Roterend zuigerboren en pulsbooren		TRIZ-rapport pag 23 t/m 27

Tabel 7A: Nieuwe regeneratietechnieken

Regeneratietechnieken	A putfilter Fe, Mg, Kalk	B omstorting Fijn zand	C Boorgatwand B.Sp., FZ, Leem, Org.	D Veiligheid	E Milieubelasting	F Beschadigingen	G Effectiviteit % sp. d. t.o.v. nuls.	H Duurzaamheid	I Kosten in €
1) Roto Cavitatie	0	0 / + ??		0	+	- / 0 ?			7.000,-
2) CO ₂				-	+	- ?	?	?	> 10.000,-
3) Explosieven: waterstof implosie/explosie	?	?	?	?	?	?	?	?	?
4) Reductoren (Aixtractor) + sectiegewijs rondpompen	++	+	--	0	+	0	+	0	15.000-20.000
5) Tweelingpompen *	?	?	?	?	?	?	?	?	?

* Tweeling pompen wil zeggen geregeld infiltreren met grote stroomsnelheden
 -- slecht - matig 0 redelijk + goed ++ zeer goed

Tabel 7B : Literatuurverwijzingen en opmerkingen bij tabel 7A (nieuwe regeneratietechnieken)

Regeneratietechnieken	Opmerkingen		Literatuur
1) Roto Cavitatie		Worden proeven uitgevoerd eind 2003 en begin 2004	BTO-evaluatie rotocavitatie van 14 nov 2002 Verslag Duitsland excursie nov 2002
2) CO ₂			Rapport Nuon Overzicht Hoekloos Onderzoek BTS
3) Explosieven: waterstof implosie/explosie			
4) Reductoren (Aixtractor) + sectiegewijs rondpompen	E E I	In het te lozen water bevinden zich licht verhoogde gehalten sulfaat. Het verbruik wordt gemonitord waardoor de dosering op het gebruik afgestemd wordt. Hierdoor geen dosering in overmaat nodig. Kosten gebaseerd op indicatie van het Duitse bedrijf Plängsken. Prijs inclusief alle benodigde werkzaamheden (inbouwen en uitbouwen pompen, chemische metingen tijdens regeneratie etc.).	Verslag Duitsland excursie nov. 2002 Verslag mini-symposium 5-6 mrt. 2003 Rapport Houben titel ??
1, 2, 3, 4)		? = onbekend nader onderzoek noodzakelijk.	
Kolom G)		De nulsituatie is het begin van de periode na het ontwikkelen van de put waarbij het specifiek debiet constant is. De effectiviteit is mede afhankelijk van de mate waarin de put is verstopt op het moment dat geregenereerd wordt.	
Kolom H)		De duurzaamheid wordt bepaald door de snelheid waarmee de verstopping terugkomt in relatie tot de snelheid van verstopping vóór de eerste regeneratie.	