



⑩ A **Terinzagelegging** ⑪ **8100777**

Nederland

⑲ NL

- ⑤4 **Werkwijze voor selectieve verandering van richting in afgebogen boorputten waarbij gebruik wordt gemaakt van afsluitkogels.**
- ⑤1 Int.Cl.³: E21B 43/12, E21B 33/13.
- ⑦1 Aanvrager: Exxon Production Research Company te Houston, Texas, Ver. St. v. Am.
- ⑦4 Gem.: Ir. H.M. Urbanus c.s.
Vereenigde Octrooibureaux
Nieuwe Parklaan 107
2587 BP 's-Gravenhage.

- ②1 Aanvraag Nr. 8100777.
- ②2 Ingediend 17 februari 1981.
- ③2 Voorrang vanaf 20 mei 1980.
- ③3 Land van voorrang: Ver. St. v. Am. (US).
- ③1 Nummer van de voorrangsaanvraag: 151567.
- ⑥2 --

- ④3 Ter inzage gelegd 16 december 1981.

De aan dit blad gehechte stukken zijn een afdruk van de oorspronkelijk ingediende beschrijving met conclusie(s) en eventuele tekening(en).

Betr.: Werkwijze voor selectieve verandering van richting in afgebogen boorputten waarbij gebruik wordt gemaakt van afsluitkogels.

De uitvinding heeft betrekking op een werkwijze voor het selectief veranderen van richting in een afgebogen boorput en in het bijzonder op een werkwijze voor het afsluiten van een bepaalde groep perforaties in een afgebogen verbuizing, waarbij de overige perforaties in de putverbuizing open blijven en met de formatie communiceren.

Bij olie- en gasboringen komt het veelvuldig voor dat een boorput van de verticaal afwijkt. In het geval dat de put met opzet afwijkend van de verticaal wordt geboord, spreekt men van gericht boren. Gericht boren wordt onder diverse omstandigheden toegepast, zoals: voor het winnen van olie uit niet toegankelijke locaties, zoals bevolkte gebieden, vijandige omgeving, onder de rivieren e.d., ook bij het boren vanaf buitengaatsse platforms en bij het zijdelings aftakken van een verticale boorput nadat de oorspronkelijke put water heeft aangeboord of indien ondergronds optredende problemen het nodig maken dat het onderste deel van de oorspronkelijke boorput wordt verlaten.

Het is ook gebruikelijk bij het afwerken van olie- en gasputten, ook van afgebogen putten, een buizenserie, de z.g. verbuizing, in de put te installeren en cement om de buitenzijde van de verbuizing te pompen teneinde diverse formaties, waar de put zich doorheen uitstrekt, te isoleren. Voor het tot stand brengen van fluïdumcommunicatie tussen elke koolwaterstoffen bevattende formatie en de binnenruimte van de verbuizing worden de verbuizing en de cementmantel ter plaatse van elke formatie geperforeerd. De perforaties in elke formatie worden gewoonlijk aangebracht onder 0° , 90° , 120° of 180° verspringing.

Op diverse tijdstippen gedurende de levensduur van de boorput, kan het gewenst zijn tijdelijk of permanent een bepaalde groep perforaties in een deel van de verbuizing en in verbinding staande met een bepaalde zone van de formatie af te sluiten. B.v. bij waterinjectieputten kan het gewenst zijn de specifieke groep perforaties die in verbinding staan met de meest permeabele zone, permanent af te sluiten nadat het water in deze zone in de productieput is doorgedrongen. Verder kan het in bepaalde gevallen gewenst zijn de specifieke groep perforaties die in verbinding staan met een eerste zone, welke grenstaan een watergebied tijdelijk af te sluiten terwijl breekwerkzaamheden worden uitgevoerd in een tweede zone,

die zich op afstand bevindt van het watergebied. Er zijn andere omstandigheden, waarbij het gewenst is een bepaalde groep perforaties die met een bepaalde zone in verbinding staan, selectief te sluiten, terwijl de overblijvende perforaties in de verbuizing die met andere zones
5 communiceren, open worden gelaten.

Een oudere werkwijze voor selectieve afbuiging is beschreven in het Amerikaanse octrooischrift 4.194.561. Deze methode omvat het gebruik van positioneerinrichtingen voor drijvende afsluitkogels op een bepaalde locatie binnen de boorput. Deze inrichtingen zijn uitgerust met middelen
10 voor het verhinderen van opwaartse verplaatsing van de drijvende afsluitkogels voorbij de positioneerinrichting. De afsluitkogels worden op de perforaties gedrukt door het door de verbuizing omlaag en door de inrichting stromende fluïdum. Deze inrichtingen worden gewoonlijk gebruikt voor het selectief sluiten van de perforaties in de laagste
15 zone van de verbuizing.

Er is derhalve nog behoefte aan een mogelijkheid om op eenvoudige wijze een bepaalde groep perforaties, die zich op elke willekeurige plaats van de lengte van de verbuizing bevinden, selectief af te sluiten.

De werkwijze volgens de uitvinding maakt een dergelijke selectieve
20 afsluiting van een bepaalde groep perforaties op elke willekeurige plaats van de verbuizingslengte in een afgebogen boorput mogelijk. Deze specifieke groep van perforaties staat in verbinding met een bepaalde zone of een deel van een zone, welke men tijdelijk of permanent gedurende de gehele levensduur van de boorput wil afsluiten. De werkwijze
25 volgens de uitvinding omvat in hoofdzaak vijf stappen. De eerste stap omvat het perforeren met een aantal perforaties van dat speciale deel van de verbuizing, dat zich uitstrekt door de betreffende zone of het deel van de zone, die men wil afsluiten. Vrijwel al deze perforaties bevinden zich bij het bovendeel of bij het benedendeel van de ver-
30 buizing, waar deze een denkbeeldig vlak ontmoet dat in hoofdzaak verticaal is opgesteld en zich door de langsas van de verbuizing uitstrekt. De tweede stap omvat het perforeren van andere delen van de verbuizing met een aantal perforaties, teneinde verbinding tot stand te brengen met andere zones. Deze perforaties bevinden zich in omtreksrichting op
35 afstand van het denkbeeldige vlak en wel op een afstand die voldoende

groot is om in hoofdzaak te verhinderen dat ombuigmiddelen, zoals afsluitkogels of korrels, die in de verbuizing omlaag worden getransporteerd in een draagfluïdum volgens een traject grenzend aan de verbuizing aan het vlak, zich in deze perforaties vastzetten. Bij voorkeur zijn deze perforaties in omtreksrichting t.o.v. het vlak gespatieerd onder een hoek van tenminste ongeveer 30° . De derde stap omvat het injecteren van een draagfluïdum met afbuigmiddelen in de verbuizing, wanneer de perforaties in het betreffende deel van de verbuizing moeten worden afgesloten. Indien de verbuizing langs de bovenzijde is geperforeerd wordt een afbuigmiddel gekozen met een geringere dichtheid dan die van het draagfluïdum. Indien de verbuizing langs de onderzijde is geperforeerd, worden er afbuigmiddelen gekozen met een grotere dichtheid dan die van het draagfluïdum. De vierde stap omvat het omlaag transporteren van het afbuigmiddel in de verbuizing. Door het verschil in dichtheid tussen het afbuigmiddel en het draagfluïdum wordt het afbuigmiddel in de verbuizing omlaag getransporteerd volgens een traject dat zich bij de bovenzijde of bij de onderzijde van de verbuizing uitstrekt en nabij het denkbeeldige verticale vlak dat zich door de langsas van de verbuizing uitstrekt. Bij het omlaag brengen van het afbuigmiddel in de verbuizing zal dit de perforaties die in omtreksrichting t.o.v. het denkbeeldige vlak zijn gespatieerd, passeren door de aanwezigheid van een afstand tussen het traject van het afbuigmiddel en de op afstand aangebrachte perforaties. Het afbuigmiddel zal de gespatieerde perforaties passeren, ook in het geval dat het draagfluïdum wel door deze perforaties kan stromen. De vijfde stap omvat het pompen van het draagfluïdum dat het afbuigmiddel bevat door die tevoren gekozen perforaties die zich bij de bovenzijde of bij de benedenzijde van de verbuizing bevinden teneinde het afbuigmiddel in de betreffende perforaties vast te zetten en het betreffende deel van de verbuizing selectief af te sluiten. Wanneer het afbuigmiddel in de verbuizing omlaag wordt getransporteerd langs de bovenzijde of langs de onderzijde van de verbuizing, zal het de op afstand aangebrachte perforaties passeren en zich alleen vastzetten in die perforaties die langs de bovenzijde of langs de onderzijde van de verbuizing zijn aangebracht.

Ter verduidelijking van de uitvinding zullen, onder verwijzing naar de tekening, enige uitvoeringsvoorbeelden van de werkwijze voor het selectief van richting veranderen in een afgebogen poorput worden beschreven.

5 Fig. 1 is een doorsnedeaanzicht van een afgebogen boorput die overeenkomstig de werkwijze volgens de uitvinding is geperforeerd;

 fig. 2 is een dwarsdoorsnede van de boorput volgens de lijn II-II in fig. 1;

 fig. 3 is een doorsnede van de boorput volgens de lijn III-III
10 in fig. 1;

 fig. 4 is een dwarsdoorsnede van de boorput volgens de lijn IV-IV in fig. 1;

 fig. 5 is een langsdoorsnede van de afgebogen poorput volgens fig. 1, waarbij drijvende afsluitkogels volgens de uitvinding in de
15 verbuizing omlaag zijn getransporteerd, en

 fig. 6 is een langsdoorsnede van de afgebogen poorput volgens fig. 1, waarbij nietdrijvende afsluitkogels in de verbuizing volgens de uitvinding omlaag worden getransporteerd.

 Volgens de tekening, in het bijzonder fig. 1, rijkt een afgebogen
20 poorput 10 door een ondergrondse formatie 12. Een boorputverbuizing 14 strekt zich door de boorput uit en wordt op zijn plaats gehouden door een cementmantel 16. De verbuizing 14 heeft een langsas 22 die zich in langsrichting daardoorheen uitstrekt. Voor het tot stand brengen van fluïdumverbinding tussen de formatie en de binnenruimte van de ver-
25 buizing, worden de verbuizing en de cementmantel doorboord met een aantal perforaties 17 aan de zijkant van de verbuizing, perforaties 18 bij de bovenzijde van de verbuizing en perforaties 20 bij de onderzijde van de verbuizing. Gedurende de levensduur van de boorput kan het wenselijk worden geacht de perforaties 18 of 20 af te sluiten.

30 In fig. 2 is een dwarsdoorsnedeaanzicht weergegeven van de verbuizing 14 volgens de lijn II-II in fig. 1. Perforatie 17 bevindt zich opzij van de verbuizing 14 en in omtreksrichting gespatieerd van het denkbeeldige vlak 24 dat in hoofdzaak verticaal is en zich langs de langsas 22 van de verbuizing 14 uitstrekt. Perforaties 17 zijn bij
35 voorkeur in omtreksrichting van het vlak 24 gespatieerd over een hoek

van tenminste ongeveer 30° . Het verdient de voorkeur de perforaties 17 t.o.v. het vlak 24 te spatiëren over een hoek van ongeveer 60° tot ongeveer 90° .

Fig. 3 toont een dwarsdoorsnede-aanzicht van de verbuizing 14 volgens de lijn III-III in fig. 1. De perforatie 18 bevindt zich bij de bovenzijde van de verbuizing en in het denkbeeldige vlak 24. Fig. 4 toont een ander dwarsdoorsnede-aanzicht van de verbuizing 14, n.l. volgens de lijn IV-IV in fig. 1. Perforatie 20 bevindt zich bij de onderzijde van de verbuizing in het vlak 24. Het zou voor een deskundige duidelijk zijn dat in de praktijk de werkelijke hoekstand van de perforaties 18 en 20 iets t.o.v. de verticaal kan variëren, echter dat de verbuizing zodanig moet worden geperforeerd dat de perforaties 18 en 20 aan het in hoofdzaak verticale vlak grenzen. Het (niet afgebeelde) overige deel van de verbuizing kan op andere positie van zijn lengte zijn geperforeerd op plaatsen waar fluïdumverbinding met de formatie gewenst is. Deze perforaties moeten echter bij voorkeur in omtreks-richting op afstand van het vlak 24 zijn aangebracht onder een hoek van tenminste 30° .

De perforaties bij de bovenzijde of onderzijde van de verbuizing kunnen worden aangebracht met elk geschikt type schietperforator, bij voorkeur van het type met een straafeffect dat de meest ronde en braamvrije perforaties geeft welke geschikt zijn als een zitting voor een kogelafsluiter. Voor perforaties langs de onderzijde van de verbuizing kan een aantal mechanische of magnetische excentrische schietperforators worden toegepast. B.v. met buis- of pijpperforators worden geschikte perforaties verkregen. Ook geschikte mechanische schietperforators waarbij gebruik wordt gemaakt van bladveren voor het oriënteren van de perforator bij de onderzijde van de verbuizing komen in aanmerking. Bij magnetische schietperforators wordt gebruik gemaakt van magneten voor het oriënteren van de perforator bij de onderzijde van de verbuizing. Voor perforaties langs de bovenzijde van de verbuizing wordt bij voorkeur gebruik gemaakt van op overeenkomstige wijze excentrisch aangebrachte buisperforators. Deze grotere perforators hebben een minimale afstand tussen de perforator en de verbuizingswand en derhalve een optimale kwaliteit van de toegangsopening tot de perforatie. Een type buisper-

forator is beschreven in het Amerikaanse octrooischrift 4.153.188, echter het zal voor een deskundige duidelijk zijn dat andere types schietperforators die op geschikte wijze worden georiënteerd, voor het in de praktijk brengen van de werkwijze volgens de uitvinding in aanmerking
5 komen.

In fig. 5 en 6 zijn sluitkogels aangegeven die langs een afgebogen boorputverbuizing overeenkomstig de uitvinding omlaag worden getransporteerd. Uit fig. 5 blijkt dat de perforaties 18 zich langs de bovenzijde van de verbuizing 14 uitstrekken. Afsluitkogels 26 zijn in
10 de verbuizing 14 geïnjecteerd en worden daarin omlaag gebracht door een draagfluïdum 28. De afsluitkogels 26 zijn zodanig gekozen, dat hun soortelijk gewicht lager is dan dat van het draagfluïdum 28 dat voor het omlaag transporteren van de afsluitkogels in de verbuizing wordt gebruikt. Het draagfluïdum wordt in de verbuizing geïnjecteerd met een
15 debiet dat voldoende groot is om de drijvende afsluitkogels in de verbuizing omlaag te brengen. De afsluitkogels drijven in het draagfluïdum en worden in de verbuizing omlaag gebracht volgens een traject dat zich langs de bovenzijde van de verbuizing uitstrekt bij het vlak dat in hoofdzaak verticaal is en zich uitstrekt langs de langsas van de
20 verbuizing 14. De drijvende afsluitkogels 26 gaan voorbij de perforaties die zich aan de onderzijde van de verbuizing bevinden en ook aan de perforaties 17 die in omtreksrichting van de bovenzijde van de verbuizing 14 zijn gespatieerd. Derhalve worden de drijvende afsluitkogels in de verbuizing omlaag gebracht totdat deze die perforaties ontmoeten welke
25 bij de bovenzijde van de verbuizing zijn aangebracht. De fluïdumstroom door deze perforaties zorgt ervoor, dat de afsluitkogels zich op deze perforaties vastzetten. De afsluitkogels worden op deze perforaties vastgehouden door het drukverschil over de perforaties.

Uit fig. 6 blijkt dat de perforaties 20 zich bij de onderzijde van de verbuizing 14 bevinden. De afsluitkogels 30 hebben een groter
30 soortelijk gewicht dan het draagfluïdum 32. De niet drijvende afsluitkogels 30 zinken in het draagfluïdum 32 en bewegen zich in de verbuizing omlaag volgens een traject dat zich langs de onderzijde van de verbuizing uitstrekt vlak bij het vlak dat zich in de verticaal uitstrekt door de
35 langsas van de verbuizing 14. Deze afsluitkogels passeren de perforaties

17 die in omtreksrichting op afstand van de onderzijde van de verbuizing
14 zijn aangebracht en ook de perforaties 18 die zich bij de bovenzijde
van de verbuizing 14 bevinden. De afsluitkogels zetten zich alleen op
de perforaties 20 bij de onderzijde van de verbuizing vast.

5 In een alternatiefuitvoering van de werkwijze volgens de uitvinding
kan de verbuizing uitsluitend bij de bovenzijde en bij de onderzijde
zijn geperforeerd zodat zowel selectieve richtingverandering en positieve
selectieve afsluiting van de boorput mogelijk is. Selectieve richtingver-
andering geschiedt door het injecteren van hetzij drijvende, hetzij niet
10 drijvende afsluitkogels in de boorput voor het selectief afsluiten van
hetzijde de perforaties bij de bovenzijde van de verbuizing, hetzij de
perforaties bij de onderzijde van de verbuizing. De boorput kan worden
afgesloten door het injecteren van zowel drijvende als niet drijvende
afsluitkogels in de verbuizing. Indien het gewenst is om alleen een be-
15 paalde zone af te sluiten, kan de verbuizing worden geperforeerd met een
eerste groep perforaties, hetzij bij de bovenzijde, hetzij bij de onder-
zijde van de verbuizing, grenzend aan het vlak dat zich in hoofdzaak
door de verticaal uitstrekt. Andere delen van de verbuizing kunnen worden
geperforeerd met perforaties die in omtreksrichting op afstand van de
20 eerste groep perforaties zijn aangebracht onder een hoek van tenminste
ongeveer 30° . Indien b.v. de eerste groep perforaties zich bevindt bij
de onderzijde van de verbuizing, grenzend aan het eerdergenoemde vlak,
kan de verbuizing bij de bovenzijde daarvan worden geperforeerd in
omtreksrichting op afstand van het denkbeeldige vlak en wel onder een
25 hoek van kleiner dan 30° . Indien de verbuizing ook is geperforeerd aan
de zijkant daarvan, kan de boorput worden afgesloten door het injecteren
van afsluitkogels met een dichtheid die in hoofdzaak gelijk is aan de
dichtheid van het draagfluidum.

Verschillende soorten afbuigmiddelen kunnen worden toegepast bij
30 het in de praktijk brengen van de uitvinding, n.l. afbuigmiddelen zoals
afsluitkogels en korrels. Zoals eerder opgemerkt is de dichtheid de
meest belangrijke factor bij de keuze van een geschikt afbuigmiddel
voor gebruik bij de werkwijze volgens de uitvinding. Een afbuigmiddel
met een juiste dichtheid moet worden gekozen rekening houdend met een
35 bepaald draagfluidum. Indien de perforaties zich bij de onderzijde van de

verbuizing bevinden moet de dichtheid van het afbuigmiddel groter zijn dan de dichtheid van het draagfluïdum dat is gekozen voor het in de ver-
buizing omlaag transporteren van het afbuigmiddel. Indien de perforaties
zich bij de bovenzijde van de verbuizing bevinden moet de dichtheid van
5 het afbuigmiddel kleiner zijn dan de dichtheid van het draagfluïdum dat
voor het omlaag in de verbuizing brengen van dit afbuigmiddel is gekozen.
In de praktijk van de uitvinding verdient het gebruik van afsluitkogels
als afbuigmiddel de voorkeur. Verder verdient het de voorkeur dat de
afsluitkogels zijn uitgerust met een uitwendige bedekking die voldoende
10 meegeeft om een perforatie, vervaardigd met behulp van een straalper-
forator of een schotperforator af te dichten en voorzien van een massieve
stijve kern die extrusie door de perforatie heen verhindert. Een geschikt
type afsluitkogel is beschreven in het Amerikaanse octrooischrift
4.102.401. Het zal echter voor een deskundige duidelijk zijn dat vele
15 andere soorten afsluitkogels kunnen worden gebruikt voor het in de prak-
tijk brengen van de werkwijze volgens de uitvinding.

Verder zal het voor een deskundige duidelijk zijn dat met diverse
factoren rekening moet worden gehouden bij het in de praktijk brengen
van de werkwijze volgens de uitvinding. Factoren die bij het ontwerp
20 van een dergelijk project in aanmerking moeten worden genomen zijn:
injectiedebiet van het draagfluïdum; dichtheidscontrast tussen het
afbuigmiddel en het draagfluïdum; de mate van afbuiging van de boorput;
de diameter van de boorput; de afmeting van het afbuigmiddel; de vis-
cositeit van het draagfluïdum (in het bijzonder voor korrelmateriaal);
25 het perforatiedebiet en het debiet langs de perforatie voor alle per-
foraties in de verbuizing.

Proef op laboratoriumschaal:

De volgende resultaten van laboratoriumproeven zijn illustratief
voor de praktijk van de uitvinding. De proeven werden uitgevoerd in een
30 boorput van acrylmateriaal, afgebogen onder diverse hoeken t.o.v. de
verticaal. De boorput had een binnendiameter van 15,24 cm en was uitgerust
met een aantal perforaties met een diameter van 1,27 cm.
Perforaties bij de bovenzijde van de verbuizing en boorput afgebogen onder
30°

35 In een eerste reeks proeven was de boorput afgebogen onder 30°

8100777

van de verticaal en uitgerust met vier perforaties. De perforaties bevonden zich bij de bovenzijde van de verbuizing in een vlak in hoofdzaak door de verticaal en langs de hartlijn van de boorput.

In de eerste reeks proeven werden drijvende kogels met een diameter van 1,91 cm en met een dichtheidscontrast (dichtheid van afsluitkogel minus de dichtheid van het draagfluidum) gelegen tussen ongeveer $\pm 0,084 \text{ g/cm}^3$ tot ongeveer $-0,0045/\text{cm}^3$ in de boorput omlaaggebracht tot aan de geperforeerde zone. Hoewel het totale debiet van de stroming omlaag in de verbuizing was ingesteld op het transport van de kogels tot aan de perforaties, werd het perforatiedebiet gehandhaafd op ongeveer 1.89 l/minuut. De kogels werden van de bovenzijde van de verbuizing afgetransporteerd en alle kogels met dit dichtheidscontrast zetten zich vast op de bovenperforaties, resulterend in een 100% vastzetrendement.

Bij een tweede reeks proeven werden niet drijvende kogels met een diameter van 1,91 cm in de boorput met dezelfde oriëntatie en hetzelfde perforatiepatroon ingebracht. De resultaten waren als volgt:

Dichtheidscontrast van niet drijvende afsluitkogels (g/cm^3)	Perforatie- debiet (l/min)	Vastzet- rendement (%)
0,002	18,9	0
	28,4	15,0
	37,9	55,0
	47,3	70,0
	56,8	95,0
0,018	28,4	0
	37,9	0
	47,3	0
	56,8	0

30 Perforaties nabij onderzijde van verbuizing bij boorputafbuiging 30°

Bij een andere reeks proeven bevonden zich vier perforaties aan beide zijden van de boorput in omtreksrichting op afstand van de onderzijde van de boorput onder een hoek van ongeveer 60° . Bij deze proeven kon de oriëntatie (of afbuiging) van het boorputmodel worden ingesteld van 0° tot 60° t.o.v. de verticaal.

In de eerste fase van deze proeven werden drijvende afsluitkogels in het boorgat gebracht dat onder een hoek van 30° t.o.v. de verticaal was afgebogen. Zoals bij de voorgaande proeven werden de kogels gedurende een bepaalde periode in het geperforeerde gebied gehouden door uitstroming bij de bodem van de boorput toe te laten.

Bij deze proefopstelling zetten zich een of meer afsluitkogels vast onder de volgende omstandigheden: (a) dichtheidcontrast -0.079 g/cm^3 , perforatiedebiet 22.7 l/min (interval 5 min); (b) dichtheidcontrast -0.016 g/cm^3 , perforatiedebiet 18.9 l/min (interval 3 min); (c) dichtheidcontrast -0.004 g/cm^3 , perforatiedebiet 20.8 l/min (interval 2 min). Wanneer de debieten aanzienlijk onder de hierboven aangegeven waarden werden verlaagd zetten zich geen afsluitkogels vast op de perforaties.

In de laatste fase van deze proef (boorputafbuiging 30° van de verticaal), werden niet drijvende kogels in de boorput gebracht en werden de volgende resultaten verkregen:

	Dichtheidcontrast niet drijvende afsluitkogels (g/cm^3)	Perforatiedebiet (l/min)	Vastzet- rendement (%)
20	0,002	4,7	0
		18,9	35
		37,9	90
		56,8	90
25	0,005	18,9	0
		28,4	15
		37,9	39
		47,3	80

Perforaties bij onderzijde verbuiging met boorgatafbuiging 60°

Bij de laatste reeks proeven bevonden zich vier perforaties aan beide zijden van de boorput in omtreksrichting op afstand van de onderzijde van de boorput onder een hoek van ongeveer 60° . Het boorputmodel was afgebogen onder 60° t.o.v. de verticaal.

In de eerste fase van deze proef werden drijvende afsluitkogels in de boorput gebracht en gedurende een bepaalde periode vastgehouden in de geperforeerde zone door uitstroming via de bodem van de boorput toe te laten. Een of meer afsluitkogels zetten zich vast onder de

volgende omstandigheden: (a) dichtheidcontrast -0.018 g/cm^3 , perforatiedebiet 56.8 l/min (interval 2 min); (b) dichtheidcontrast -0.012 g/cm^3 , perforatiedebiet 37.9 l/min (interval 2 min); (c) dichtheidcontrast -0.004 g/cm^3 , perforatiedebiet 18.9 l/min (interval 3 min).

- 5 Het vastzetten van afsluitkogels op de perforaties trad echter niet op wanneer het dichtheidscontrast werd verhoogd tot -0.026 g/cm^3 zelfs bij verhoogd perforatiedebiet tot 56.8 l/min per perforatie.

In de laatste proeffase werden niet drijvende kogels geïnjecteerd in de onder 60° afgebogen boorput met de volgende resultaten:

10	Dichtheidcontrast niet drijvende afsluitkogels (g/cm^3)	Perforatie- debiet (l/min)	Vastzet- rendement (%)
	0.002	4,7	5
15		18,9	65
		37,9	85
		56,8	95
	0.018	9,5	0
20		18,9	0
		28,4	10
		37,9	15
		47,3	15
		56,3	25

- 25 Het is duidelijk dat de werkwijze volgens de uitvinding alleen toepasbaar is bij boorputten die van de verticaal zijn afgebogen. Hoe groter de afbuiging van de boorput hoe groter de kans op succes bij het uitvoeren van de werkwijze. In gevallen waarbij bekend is dat men selectief van richting wil veranderen, is het gewenst de put gericht te boren zodat de afbuighoek t.o.v. de verticaal bij voorkeur ongeveer 25° of meer bedraagt.
- 30

Het is duidelijk dat de uitvinding niet is beperkt tot de beschreven uitvoeringsvoorbeelden maar dat diverse wijzigingen binnen het raam van de uitvinding mogelijk zijn.

CONCLUSIES:

1. Werkwijze voor het selectief uitsluiten van perforaties in een afgebogen boorputverbuizing, waarbij:

een eerste deel van de verbuizing wordt geperforeerd met een eerste aantal perforaties, waarbij vrijwel al deze perforaties zich
5 bevinden in de nabijheid van een vlak dat zich in hoofdzaak in de verticaal en langs de langsas van de verbuizing uitstrekt;

een tweede deel van de verbuizing wordt geperforeerd met een tweede aantal perforaties, die alle in omtreksrichting op afstand zijn aangebracht van het genoemde vlak en wel over een afstand, voldoende
10 om vrijwel te verhinderen dat afbuigorganen die in de verbuizing omlaag worden gevoerd, in een draagfluïdum en volgens een traject dat zich nabij de verbuizing en nabij het genoemde vlak uitstrekt, zich in de perforaties vastzetten;

het in de verbuizing injecteren van een draagfluïdum dat afbuig-
15 organen bevat, gekozen uit de groep, bestaande uit afbuigorganen met een dichtheid groter dan die van het draagfluïdum en afbuigorganen met een dichtheid kleiner dan die van het draagfluïdum;

het in het draagfluïdum omlaag in de verbuizing transporteren van de genoemde afbuigorganen in een eerste deel van de verbuizing en
20 het doen stromen van het draagfluïdum in het genoemde eerste aantal perforaties zodat de afbuigorganen zich selectief in dit eerste aantal perforaties vastzetten.

2. Werkwijze volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat voor afbuigorganen afsluitkogels worden gekozen.

25 3. Werkwijze volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat voor de afbuigorganen korrelvormig materiaal wordt gekozen.

4. Werkwijze voor het selectief afsluiten van perforaties in een afgebogen boorputverbuizing, welke werkwijze de volgende stappen omvat:

het perforeren van een eerste deel van de verbuizing met een
30 eerste aantal perforaties waarbij vrijwel al deze perforaties zich bevinden nabij een vlak, dat zich in hoofdzaak in de verticaal en langs de hartlijn van de verbuizing uitstrekt;

het perforeren van een tweede deel van de verbuizing met een tweede aantal perforaties, waarbij in hoofdzaak al deze perforaties

in omtreksrichting op afstand zijn aangebracht van het genoemde vlak en wel over een afstand die voldoende groot is om vrijwel te verhinderen dat afsluitkogels die in de verbuizing omlaag worden getransporteerd in een draagfluïdum volgens een traject grenzend aan de verbuizing en
5 aan het vlak, zich op deze perforaties vastzetten;

het in de verbuizing injecteren van een draagfluïdum dat afsluitkogels bevat, gekozen uit de groep bestaande uit afsluitkogels met een dichtheid groter dan die van het draagfluïdum en afsluitkogels met een dichtheid die kleiner is dan die van het draagfluïdum;

10 het transporteren van de afsluitkogels in het draagfluïdum omlaag in de verbuizing naar een eerste deel van de verbuizing volgens een traject grenzend aan de verbuizing en aan het vlak en

het laten stromen van het draagfluïdum in het genoemde eerste aantal perforaties teneinde de afsluitkogels zich selectief op dit
15 eerste aantal perforaties te laten vastzetten.

5. Werkwijze volgens conclusie 4, met het kenmerk, dat het genoemde tweede aantal perforaties t.o.v. het genoemde verticale vlak in omtreksrichting gespatieerd over een hoek van tenminste ongeveer 30° wordt aangebracht.

20 6. Werkwijze volgens conclusie 4, met het kenmerk, dat het genoemde tweede aantal perforaties in omtreksrichting over een hoek van tenminste ongeveer 60° op afstand van het verticale vlak wordt aangebracht.

7. Werkwijze voor het selectief afsluiten van perforaties in een afgebogen boorputverbuizing, welke werkwijze de volgende stappen omvat:
25 het perforeren van een eerste deel van de verbuizing met een eerste aantal perforaties, waarbij vrijwel al deze perforaties zich bevinden bij de bovenzijde van de verbuizing grenzend aan een vlak, dat zich in hoofdzaak uitstrekt in de verticaal en langs de hartlijn van de verbuizing;

30 het perforeren van een tweede deel van deze verbuizing met een tweede aantal perforaties, waarbij vrijwel al deze perforaties zich bevinden bij de onderzijde van de verbuizing grenzend aan een vlak, dat zich in hoofdzaak door de verticaal en langs de hartlijn van de verbuizing uitstrekt;

35 het in de verbuizing injecteren van een draagfluïdum dat afsluit-

kogels bevat met een dichtheid kleiner dan die van het draagfluïdum;

het transporteren van deze afsluitkogels omlaag in de verbuizing volgens een traject grenzend aan de bovenzijde van de verbuizing en

het doen stromen van het draagfluïdum in het genoemde eerste aantal
5 perforaties teneinde de afsluitkogels selectief vast te zetten op het eerste aantal perforaties.

8. Werkwijze voor het selectief afsluiten van perforaties in een afgebogen boorputverbuizing, welke werkwijze de hiernavolgende stappen omvat:

10 het perforeren van een eerste deel van de verbuizing met een eerste aantal perforaties, waarbij vrijwel al deze perforaties zich bevinden bij de bovenzijde van de verbuizing grenzend aan een vlak dat zich in hoofdzaak in de verticaal en langs de hartlijn van de verbuizing uitstrekt;

15 het perforeren van een tweede deel van de verbuizing met een tweede aantal perforaties, waarbij vrijwel al deze perforaties zich bevinden bij de onderzijde van de verbuizing grenzend aan een vlak dat zich in hoofdzaak in de verticaal en langs de hartlijn van de verbuizing uitstrekt;

20 het in de verbuizing injecteren van een draagfluïdum dat afsluitkogels bevat met een dichtheid groter dan die van het draagfluïdum;
het in de verbuizing omlaag transporteren van deze afsluitkogels langs een traject dat zich bij de onderzijde van de verbuizing bevindt en
het doen stromen van het draagfluïdum in het genoemde tweede
25 aantal perforaties teneinde de afsluitkogels zich selectief te laten vasthouden op het genoemde tweede aantal perforaties.

9. Werkwijze voor het selectief afsluiten van perforaties in een afgebogen boorputverbuizing, welke werkwijze de hiernavolgende stappen omvat:

30 het perforeren van een eerste deel van de verbuizing met een eerste aantal perforaties, die zich vrijwel alle bevinden in het verticale vlak dat zich langs de hartlijn van de verbuizing uitstrekt;

het perforeren van een tweede deel van de verbuizing met een tweede aantal perforaties, die zich vrijwel alle in omtreksrichting
35 op afstand over een hoek van tenminste ongeveer 30° van het genoemde

8100777

verticale vlak bevinden;

het in de verbuizing injecteren van een draagfluïdum dat afsluitkogels bevat, gekozen uit de groep bestaande uit afsluitkogels met een dichtheid groter dan die van het draagfluïdum en afsluitkogels met een
5 dichtheid kleiner dan die van het draagfluïdum;

het transporteren van de afsluitkogels in het draagfluïdum omlaag in de verbuizing naar het genoemde eerste deel van de verbuizing en

het doen stromen van het draagfluïdum door het genoemde eerste aantal perforaties teneinde de afsluitkogels zich op dit eerste aantal
10 perforaties te laten vastzetten.

10. Werkwijze voor het selectief afsluiten van perforaties in een afgebogen boorputverbuizing, welke werkwijze de volgende stappen omvat:

het perforeren van een eerste deel van de verbuizing met een eerste aantal perforaties die zich vrijwel alle bevinden bij de boven-
15 zijde van de verbuizing bij een vlak dat zich in hoofdzaak in de verticaal langs de hartlijn van de verbuizing uitstrekt;

het perforeren van een tweede deel van de verbuizing met een tweede aantal perforaties die vrijwel alle in omtreksrichting over een hoek van tenminste ongeveer 30° zijn gespatieerd van het genoemde vlak
20 bij de bovenzijde van de verbuizing;

het in de verbuizing injecteren van een draagfluïdum dat afbuigmiddelen bevat met een dichtheid kleiner dan die van het draagfluïdum;

het in de verbuizing omlaag transporteren van de afbuigmiddelen
25 volgens een traject grenzend aan de bovenzijde van de verbuizing en

het doen stromen van het draagfluïdum in het genoemde eerste aantal perforaties teneinde de afbuigmiddelen selectief op het genoemde eerste aantal perforaties te positioneren.

11. Werkwijze voor het selectief afsluiten van perforaties in een afgebogen boorputverbuizing, welke werkwijze de hiernavolgende stappen omvat:

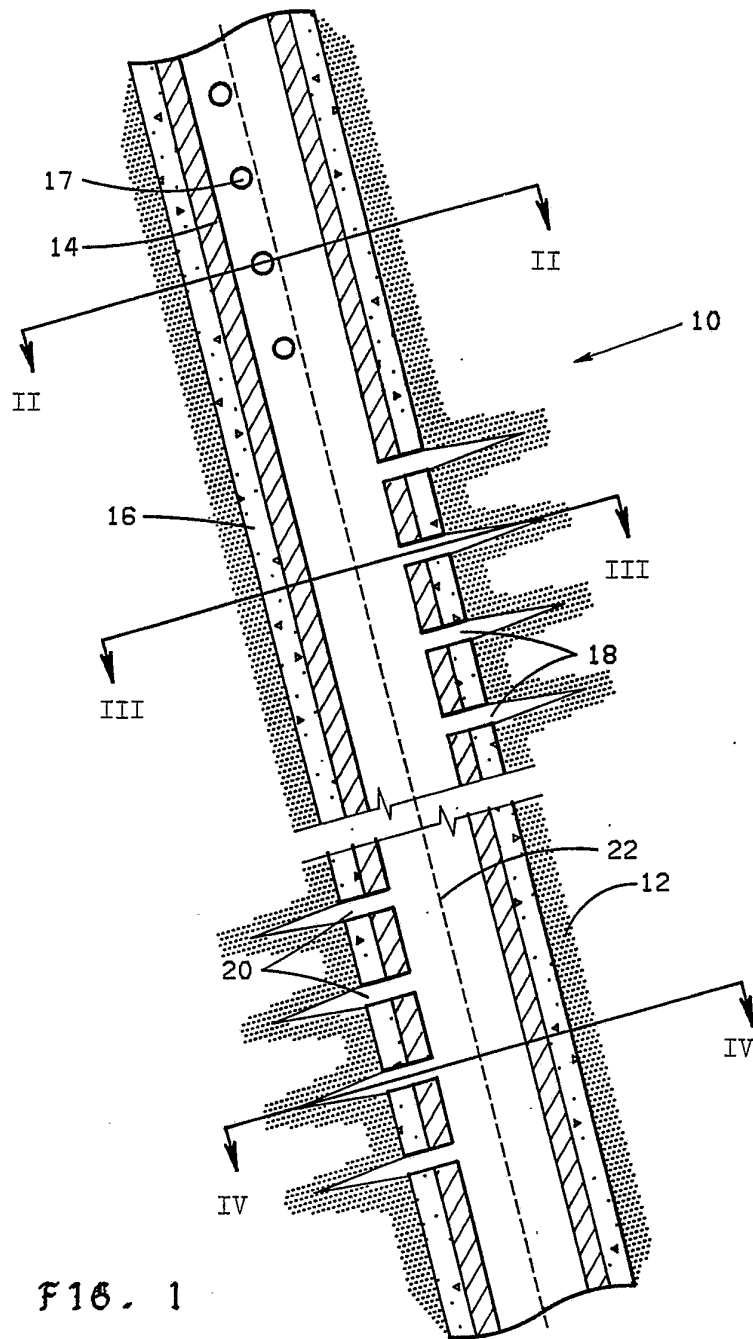
het perforeren van een eerste deel van de verbuizing met een eerste aantal perforaties, die zich vrijwel alle bij de onderzijde van de verbuizing bevinden nabij een vlak, dat zich in hoofdzaak in de
35 verticaal en langs de hartlijn van de verbuizing uitstrekt;

het perforeren van een tweede deel van de verbuizing met een tweede aantal perforaties die vrijwel alle in omtreksrichting over een hoek van tenminste ongeveer 30° zijn gespatieerd t.o.v. het genoemde vlak bij de bodem van de verbuizing;

5 het in de verbuizing injecteren van een draagfluïdum dat afbuigmiddelen bevat met een dichtheid groter dan die van het draagfluïdum;

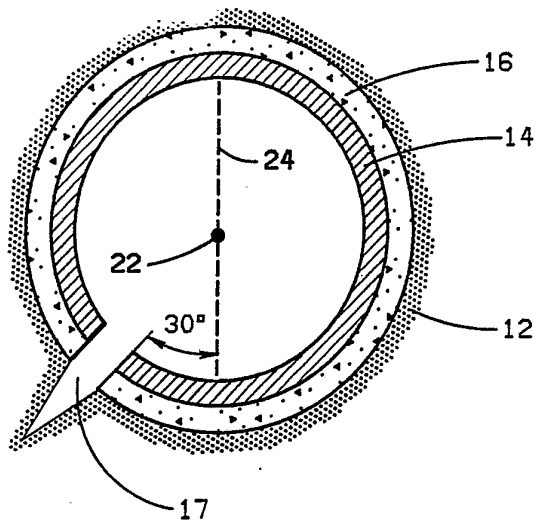
 het in de verbuizing omlaag transporteren van de afbuigmiddelen volgens een traject grenzend aan de onderzijde van de verbuizing en

10 het doen stromen van het draagfluïdum in het genoemde eerste aantal perforaties teneinde de afbuigmiddelen selectief op het genoemde eerste aantal perforaties te positioneren.



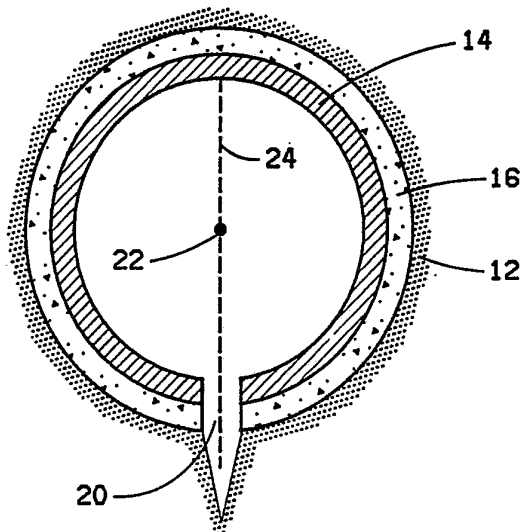
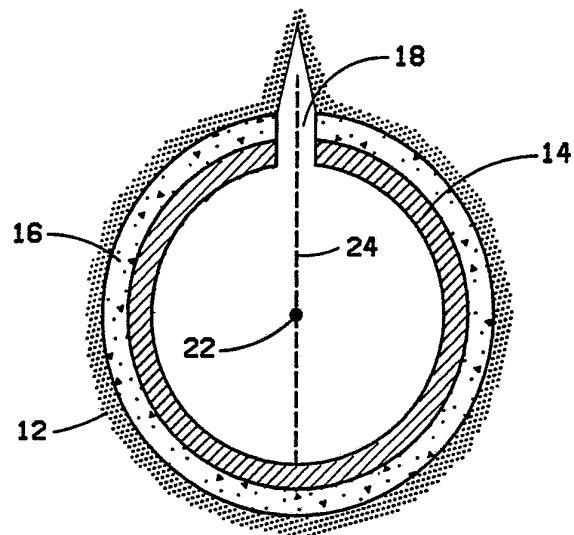
F16. 1

8100777



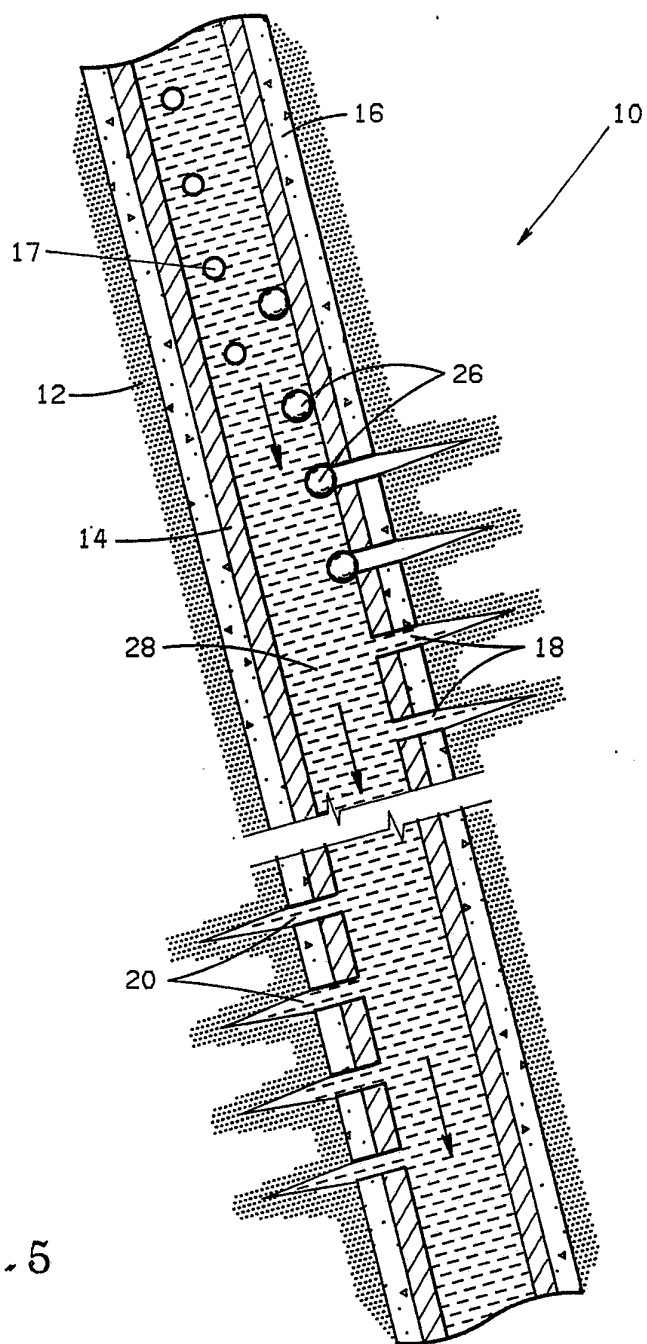
F16.2

F16.3



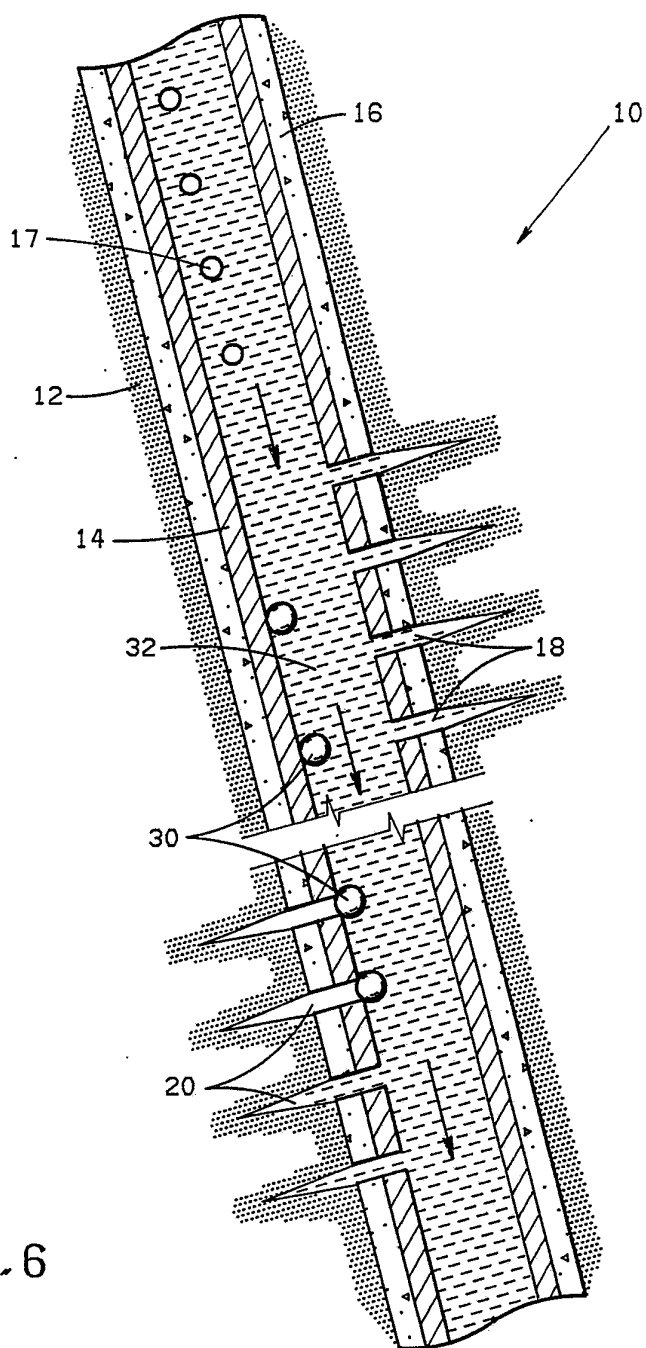
F16.4

8100777



F16.5

8100777



F16.6

8100777