

Berekeningen van de hoofdafmetingen van waterwinputten met bijbehorende eenvoudige zandcontrole

De diepte waarop in ons land in het algemeen waterwinputten in de watervoerende lagen worden geboord, varieert van ongeveer 20 tot 200 meter beneden maaiveld, waarbij de onderkant van de filters meestal wordt begrensd door voor water ondoordringbare lagen.

Filterlengte

De filterlengte is afhankelijk van de dikte van het watervoerend pakket, waarbij in geval dit pakket wordt onderbroken door een niet al te dikke leem- of kleilaag, zo nodig een blindstuk tussen het filter geplaatst kan worden. Om bacteriologische besmetting van bovenaf te voorkomen moet de bovenkant van het filter zich op zijn minst 20 meter beneden het maaiveld bevinden.

Wanneer blijkt dat dergelijk grondwater op deze diepte nog besmet is door bv. contact met het bovenwater — wat vooral in grovere lagen kon voorkomen — zal moeten worden getracht het water dieper weg te pompen, het liefst van onder een dekkende kleilaag. Met andere woorden: de lengte van het filter die men kan plaatsen, wordt door verschillende omstandigheden — zoals de watervoerende, chemische en bacteriologische — bepaald; het is duidelijk dat genoemde omstandigheden voor elke te boren put apart bekeken moeten worden.

Boordiameter

Voor de goede werking van een put is o.a. de diameter van het boorgat van beslissende invloed.

Bij een filter zonder omstorting moet het boorgat voldoende ruim zijn om filter met stijgbuis te kunnen inlaten. Wordt het filter wel omstort, dan wordt de diameter van het boorgat belangrijk groter en moet worden aangepast aan de dikte van de omstorting die men om het filter meent te moeten aanbrengen.

Met behulp van een hiervoor ontwikkelde formule is het mogelijk, met toepassing van een praktijkfactor, de werkzame korrelgrootte en de wateronttrekking die men denkt te kunnen toepassen, de boordiameter voor een put met omstorting — zie hierover ook *das Handbuch des Brunnenbaus* band 2, 1965, bladz. 311 door dr. ing. E. Bieske — vrij nauwkeurig te bepalen.

Deze formule aangepast aan de filterlengte luidt:

$$V_{\max} = \frac{s_{\omega}}{280} \quad (1)$$

Hierin en in onderstaand voorbeeld betekenen:

V_{\max} de toelaatbare instroomsnelheid van het water aan de grens van de omstorting in m/sec.

s_{ω} de werkzame korrelgrootte van de watervoerende formatie waarin het putfilter wordt gesteld, overeenkomende met de 10 % lijn op de zandkromme in mm.

280 een praktijkfactor.

D de diameter van het boorgat in meters.

H de filterlengte gesteld in meters; zie H in afb. 2.

Q de pompomvang van de put in m³/h die zal worden toegepast.

O_w het wandoppervlak van de filterbuis in m² die moet worden gesteld.

Betekenis van deze formule:

Is $Q = 100$ m³/h, $s_{\omega} = 0,21$ mm — deze gegevens zijn ont-

leend aan de in ons land voorkomende watervoerende bodemformaties waarin filters worden gesteld met de veelal gebruikelijke pompcapaciteit — dan is D bij een H van 10 tot 100 meter te berekenen. Ter verduidelijking onderstaand voorbeeld:

$$D = \frac{37}{\pi \cdot H} = \frac{12}{H} \text{ meter.}$$

Dit betekent, dat het wandoppervlak van het boorgat bij een aangenomen gelijke wateropbrengst en een zelfde werkzame korrelgrootte, bij verschillende lengte H steeds even groot moet zijn; zie hierover de grafische voorstelling afb. 1, waarop de verhouding tussen de diameter D van het boorgat en H is weergegeven.

Voorbeeld van een waterwinput voor het berekenen van D.

$$H = 18 \text{ meter.}$$

$$s_{\omega} = 0,21 \text{ mm.}$$

$$Q = 100 \text{ m}^3/\text{h} = 0,0278 \text{ m}^3/\text{sec.}$$

$$V_{\max} = \frac{0,21}{280} = 0,00075 \text{ m/sec.}$$

$$O_w = \frac{0,0278}{0,00075} = 37 \text{ m}^2.$$

$$D = \frac{37}{\pi \cdot 18} = 0,65 \text{ meter.}$$

Filterdiameter

Sedert enige tijd is bekend, dat verschillende soorten grondwater welke de neiging hebben om in het water opgeloste mineralen zoals ijzer, mangaan en kalk, bij te hoge intredesnelheden neer te slaan, ook de eigenschap bezitten het putfilter sterk aan te tasten en te verstoppelen.

Om dit te voorkomen meende men vroeger, dat de instroomsnelheid van het water aan de buitenkant van de omstorting gering moest zijn. Nu is men echter tot het inzicht gekomen dat ook de stroomsnelheid in de omstorting en aan de spleten van het filter van grote betekenis is en een bepaalde grenswaarde niet mag overschrijden.

In een watervoerend pakket is de stroming van het water laminair. Indien enigszins mogelijk zal als voorwaarde moeten gelden, dat ook het instromen van het water tot in het putfilter laminair plaats vindt en in geen geval turbulent wordt.

Om aan deze voorwaarden te kunnen voldoen heeft „Truelssen” een formule gevonden — zie *Handbuch des Brunnenbaus* band 2, bladz. 322 door dr. ing. E. Bieske — welke als volgt luidt:

$$R_{ek} = \frac{V_f \cdot s_{\omega K} \cdot 10^{-3}}{\nu} \quad (2)$$

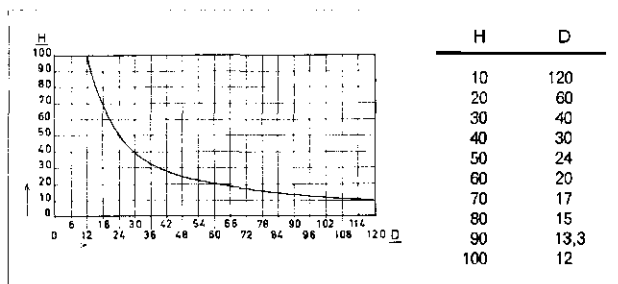
Hierin betekenen:

R_{ek} het Reynoldsgetal voor laminaire instroming van het water het putfilter in, met waarde van 6.

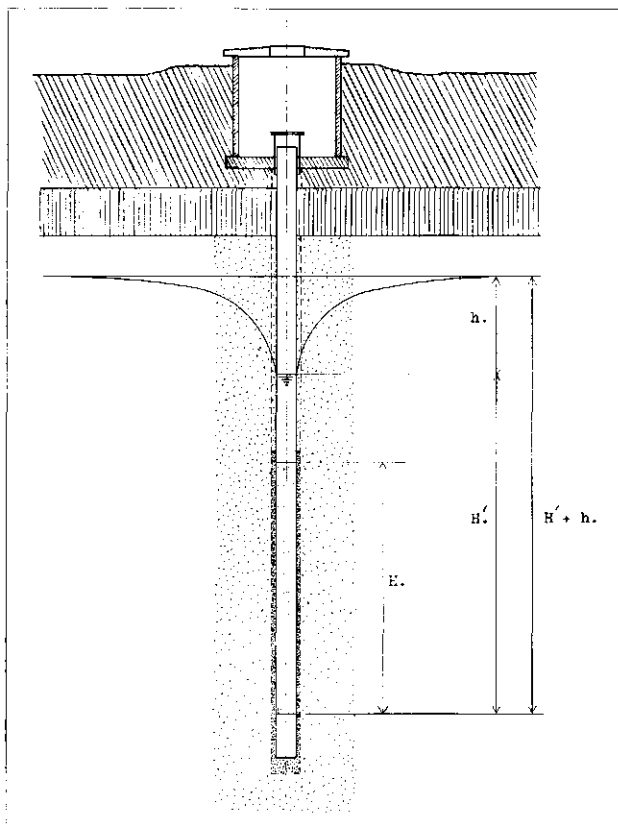
$s_{\omega K}$ de korrelgrootte van de omstorting gelegen direct tegen het filter in m.

ν de kinematische viscositeits-coëfficiënt van het water bij 10° C = $1,31 \cdot 10^{-6}$ m²/sec.

V_f de gemiddelde toelaatbare instroomsnelheid van het water in m/sec. aan de grens van het putfilter.



Afb. 1



Afb. 2

Uit deze formule kan men de intredesnelheid V_f berekenen waarmee het water de grens van het filter mag bereiken om aan deze laminaire instroomsnelheid te kunnen voldoen. Bij een omstortings-aanbreng met korrelgrootte van gem. 4 mm is dit:

$$V_f = \frac{6 \cdot 1,31 \cdot 10^{-6}}{4 \cdot 10^{-3}} = \frac{6 \cdot 0,00000131}{0,004} = \text{rond } 2 \text{ mm/sec.}$$

Bij een omstorting met korrelgrootte van gem. 2 mm, wordt V_f rond 4 mm/sec.

Bij nadere beschouwing van laatstgenoemde formule, blijkt de mogelijkheid te bestaan dat in fijner wordende grondlagen, waarin het putfilter eventueel gesteld moet worden, de instroomsnelheid van het water te groot kan worden en het meevoeren van fijn zand in het filter mogelijk is.

Deze formule, hoe belangrijk ook, moet daarom bedachtzaam worden toegepast. Het is bekend, dat waterwinputten niet altijd voldoen aan de voorwaarden die men aan putten moet kunnen stellen. Soms is dit het gevolg van onvoldoende kennis van de waterwintechniek, maar meestal is de oorzaak te vinden in andere omstandigheden, zoals het kostenvraagstuk of de beschikbaarheid van het boormateriaal.

Het maken van zandanalyses moet door deskundig personeel

geschieden. Het is duidelijk dat bij putten die niet voor waterleidingbedrijven geboord worden, deze zandanalyses meestal achterwege blijven.

Waterwinputten die zonder degelijke voorbereiding worden geboord, veroorzaken vaak moeilijkheden door o.a. het geven van fijn zand. Dit is niet bevorderlijk voor de levensduur van het filter en het in de put aangebrachte pomp-aggregaat.

Wil men in deze gevallen toch een betrouwbare put boren, zonder gebruik te maken van de voorgaande formules en zonder volledige zandanalyses van het *gehele* zandpakket waarin het filter zal worden geplaatst, dan kan men gebruik maken van de omstandigheid, dat de hoeveelheid water Q welke in het filter stroomt, evenredig is met het wandoppervlak O_w van het filter en de gemiddelde snelheid V_f . In een formule uitgedrukt:

$$Q = V_f \cdot O_w \quad O_w = \frac{Q}{V_f} \quad (3)$$

Hierin betekenen:

Q de hoeveelheid water in $m^3/sec.$ waarmee de put zal worden bopmpt.

O_w het wandoppervlak van de filterbuis in m^2 die moet worden gesteld.

V_f de toelaatbare intredesnelheid van het water in $m/sec.$ waarmee de grens van het putfilter bereikt mag worden, zonder dat fijn zand zal worden meegepompt: dit volgens ervaringen met het boren van putten bij het Waterleidingbedrijf Midden-Nederland opgedaan, aan te houden op:

$$V_f = 4 \cdot d_{50}, \text{ waarin } d_{50} \text{ de korrelgrootte op de } 50 \% \text{ lijn van de zandkromme voorstelt.}$$

Deze verkregen instroomsnelheden gelden uiteraard globaal, daarna wordt volgens „Truelsen” de grens bepalend, om nog in het laminaire stroomgebied te blijven; zie hierover het onderstaande staatje, waarop de korrelgrootte van de omstorting met de bijbehorende V_f aan de grens van het putfilter is weergegeven.

Korrelgrootte omstorting mm	Toelaatbare intredesnelheid V_f mm/sec.
3	4,4
4	3,3
6	2,2
8	1,6
12	1,1
16	0,83

Voorbeeld

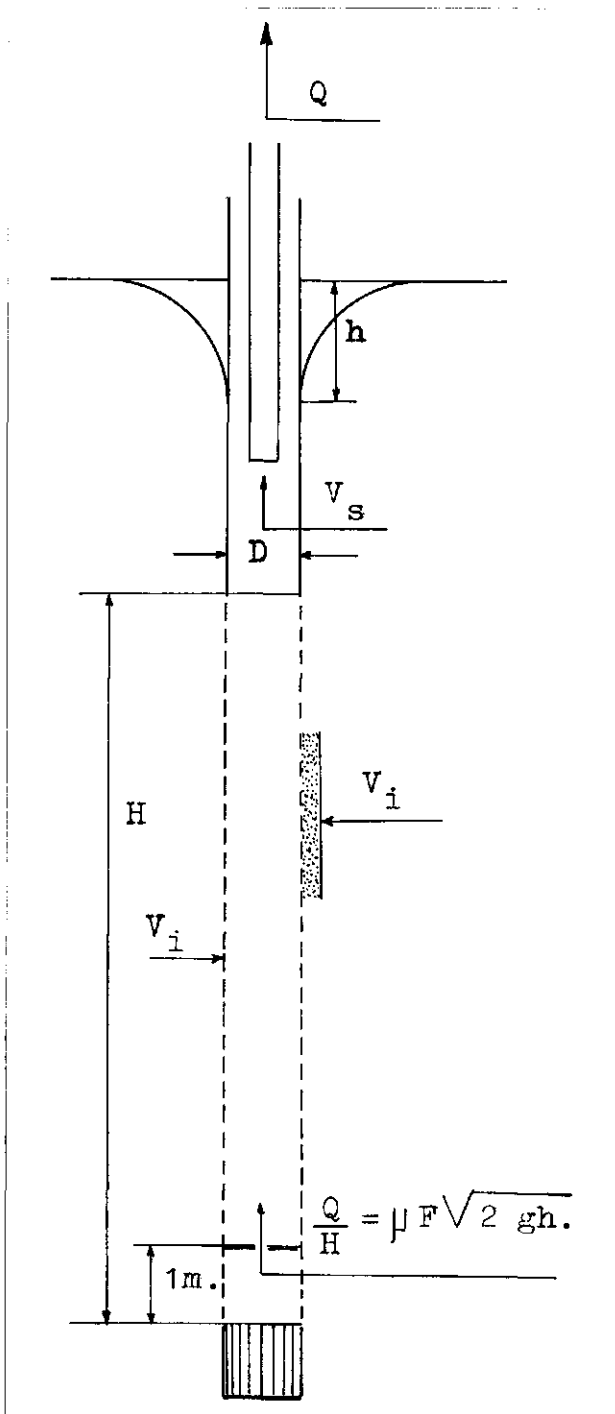
Het betreft hier het ontwerp ten behoeve van een onder-waterpompput voor drinkwaterwinning met een capaciteit van $120 m^3/h.$

Door een voorafgaande puls boring kwam de aanwezigheid vast te staan van een goed watervoerend pakket van 50 tot 62 meter beneden maaiveld, met als *fijnste* zand 20 % grover dan 1,4 mm; 50 % van het zand was kleiner dan 0,75 mm, met uitstekende chemische en bacteriologische hoedanigheden van het water.

Volgens deze gegevens, nl. het kunnen stellen van 12 meter filter en een toelaatbare intredesnelheid van het water aan de grens van het putfilter van $4 \cdot d_{50} = 3 \text{ mm/sec.}$, kon een diameter D van het filter worden berekend van:

$$Q = V_f \cdot O_w \quad 0,033 \text{ m/sec.} = 0,003 \cdot O_w$$

$$O_w = \frac{0,033}{0,003} = 11 \text{ m}^2. \quad D = \frac{11}{\pi \cdot 12} = 300 \text{ mm.}$$



Afb. 3

Dat het aanhouden van $V_f = 4 \cdot d_{50}$ verantwoord is, blijkt uit de hierna volgende gegevens, voldoende duidelijk. Het betreft hier „onvolkomen” waterwinputten opgesteld met het filter in een nat. formatie met als fijnste zand hierin voorkomend, met een korrelgrootte van:

- Op de 10 % lijn van de zandkromme gem. 0,18 mm.
- Op de 50 % lijn van de zandkromme gem. 0,32 mm.
- Op de 80 % lijn van de zandkromme gem. 0,42 mm.

Uitvoering van de filters:

Nolds roestvrijstalen brugspleetfilter met spleetwijdte van 1 mm, een gemiddelde lengte van 14 meter, een diameter van 400 mm en een werkzaam oppervlak van 15 %. Alle putten zijn voorzien van een zandvang. Een meter

hierboven is een verdeler ingebouwd, met als doorstroomopening een gat van 30 mm Ø. De boordiameter is enigszins ruim aangehouden en bedraagt 800 mm. De bedrijfsbepoeping, 100 tot 110 m³/h, vertoont een hierbij gemeten afpompings h van gem. 1,75 meter.

Verdere bijzonderheden (zie het schema):

V_s waarmede het water het putfilter verlaat, gemiddeld 250 mm/sec.

V_i aan de grens van de omstorting gem. 0,85 mm/sec.

V_i aan de grens van het putfilter gem. 1,7 mm/sec.

Immers, zou $V_i = 4 \cdot d_{50}$ voor deze filters opgesteld in een dergelijke bodemsamenstelling met als *fijnste* zand hierin voorkomend met korrelgrootte van gem. 0,32 mm aan de grens van het filter, maar rond 1,3 mm/sec. mogen zijn. De putten geven volkomen zandvrij water.

Bekend is, dat het hydraulisch effect van een waterwinput en de zo goed mogelijk verdeelde instroming van het water in het filter worden bevorderd, wanneer de volgende verhouding kan worden aangehouden:

$$C \cdot \frac{L}{D} = \text{gem. } 6.$$

Hierin betekenen:

C het werkzame oppervlak van het filter met als gem. waarde aan te houden 0,15.

L de filterlengte in meters.

D de diameter van het filter in meters.

Zie hierover ook das Handbuch des Brunnenbaus Band 2, bladz. 127 door dr. ing. E. Bieske.

Ook hiermede is voorzover als mogelijk bij het ontwerpen van genoemde putten, rekening gehouden.

Dat vooral de verdeler in dergelijke putten niet mag ontbreken is duidelijk. Hierdoor wordt immers de overmatige instroming van het water dat aan de onderzijde van het filter binnenkomt, in belangrijke mate gereduceerd en verzanding van de put met het eventueel doorgeven van fijn zand via de pomp voorkomen.

Zie hierover de bijzonderheden vermeld in H₂O van 7 maart 1968 echter met dit verschil, dat men in de aldaar genoemde formule $Q = \mu F \sqrt{2 gh}$, de h voor de gehele te verwachte afpompings h van een put vrijwel lineair is met de opbrengst. De verdeler betekent geen bezwaar voor het inlaten van het filter met de stijgbuis in het boorgat. Mogelijk is hierop een sok te bevestigen met wat bredere inwendige diameter dan de doorstroomopening van de verdeler, welke uiteraard van linkse draad voorzien moet zijn. Hierin kan dan tijdelijk de trekstang worden bevestigd, voor het inlaten van het filter met de stijgbuis; zie afb. 4 aangevende o.a. de eerste meter van het filter met ingebouwde verdeler.

De vuistregel $Q = V_f \cdot O_w$ — om op eenvoudige wijze de gewenste afmetingen voor een aan de bodemformatie aangepaste put te bepalen — kan, behalve voor wat betreft de chemische en bacteriologische controle, door de boormeester zelf worden toegepast. Deze is immers degene, die het beste de samenstelling van de bodem die tijdens het boren boven wordt gebracht, kan beoordelen.

Al zijn de geo-hydrologische bodemverhoudingen van het terrein met omgeving dat voor de in exploitatie te brengen waterwinning ter beschikking staat, uitermate gunstig en de chemische en bacteriologische hoedanigheden van het water betrouwbaar, toch blijft het noodzakelijk met behulp van een puls boring van de kleinst mogelijke diameter ter plaatse, waar niet in de onmiddellijke omgeving een proefboring heeft plaatsgevonden, de bodemsamenstelling en de hoedanigheden van het water voorafgaande aan het boren van de put, te onderzoeken.

Dit zal immers voor putten met vooral grote capaciteit en diameter, steeds een spoelboring worden, omdat deze methode van boren gemakkelijker, sneller en met groter diameter tot op groter diepte is uit te voeren, dan de pulsborings.

Het bezwaar hiervan is echter, dat het nog moeilijker wordt om aan de juiste gegevens te komen voor het boren van een goede put. Bovendien zijn de zandmonsters die tijdens de boring naar boven worden gebracht om te worden vastgelegd, niet altijd in overeenstemming met het werkelijke bodemprofiel en is ook chemisch moeilijk een betrouwbaar beeld te verkrijgen.

Is het beslist niet mogelijk, om welke reden dan ook, voortgaande aan de spoelboring een pulsborings voor water- en bodemonderzoek uit te voeren, dan kan men trachten in ieder geval door nauwkeurig werken tijdens de boring het *fijnste* zand van de bovengebrachte samenstelling waarin het filter dient te worden gesteld, vast te leggen, zodat dit voldoende betrouwbaar is om de diverse grootheden als instroomsnelheid, filterdiameter, omstorting enz. te kunnen bepalen.

Een boormeester zal daarvoor, om het werk snel en goed te kunnen uitvoeren, de beschikking moeten hebben over zeeffjes, voorkomend tussen 0,1 en ruim 1 mm, om de zandmonsters met de hand te kunnen uitzeven en over een nauwkeurig werkend weegschaaltje, voorzien van een fijne schaalverdeling tot bv. 200 gram, om het te analyseren zandmonster te kunnen wegen.

Dit werk vraagt niet veel tijd en men wordt er spoedig bedreven in.

Belangrijk is hierbij, dat het zandmonster verkregen uit genoemde *fijnste* bodemsamenstelling — mits het geen gedifferentieerde omstorting wordt waaraan men in het algemeen geen voorkeur geeft en meestal plaatselijke turbulentie zal veroorzaken in de omstorting — voorafgaande aan de beoordeling, goed wordt vermengd en gedroogd (dit laatste

gaat uitstekend boven een gasvlammetje) en de grove steentjes zo die er aanwezig zijn, worden verwijderd. Vervolgens wordt 100 gram van dit zand afgewogen en wordt de korrelgrootte hiervan bepaald. Blijft er nu bv. 20 gewichtsprocenten van het zand op een bepaalde zeeffmaat achter — hetgeen gelijk is aan de 80 % lijn van een eventueel geheel opgestelde zandkromme — dan vindt men hieruit de aanwijzing, welke omstorting moet worden aangebracht en welke spleetwijdte van het filter moet worden aangehouden.

Als grootste korreldiameter van de omstorting is aan te houden 4 maal de korrelgrootte van de 20 % op de zeef achtergebleven zandmonsters en als spleetwijdte van het filter bij enkelvoudige omstorting, de kleinste korreldiameter van de omstorting, gedeeld door minimaal 2. Dit laatste is nodig om het werkzame filteroppervlak door indringend omstortingsmateriaal in de spleten, niet te veel te reduceren.

Is bij een zeer fijne bodemsamenstelling een dubbele omstorting van filtergrind nodig voor de gewenste spleetwijdte, dan wordt het buitenste filtergrind dat tegen de natuurlijke formatie aanligt, 4 maal groter dan de korrelgrootte van de 20 % op de zeef achtergebleven zandmonster en de binnenste omstorting weer 4 maal groter dan de kleinste korrelgrootte van het buitenste filtergrind.

Door deze wijze van werken is men er zeker van, dat er geen gevaar bestaat dat het fijne zand uit de natuurlijke formatie door de buitenste omstorting zal dringen en deze laatste weer niet door de binnenste omstorting, mits de dikte van de aangebrachte omstorting voldoende is en aan een goed centraal opstellen van het filter is voldaan.

Blijft 50 % van het zandmonster op de zeeffmaat achter, dan is hiermede de toelaatbare intredesnelheid van het grondwater aan de grens van het putfilter bekend; zie hierover $V_f = 4 \cdot d_{50}$ op bladzijde 6.

Hierna wordt het mogelijk, met de bedrijfsbepomping die men denkt te kunnen toepassen, het wandoppervlak O_w van het filter te berekenen om vervolgens hieruit de lengte en de diameter van het filter in de gewenste verhouding te kunnen bepalen; zie hiervoor de formule $C \cdot \frac{L}{D} = \text{gem.6.}$

Mocht het voorkomen, dat zelfs het *fijnste* bodemgedeelte, ter plaatse waar het filter dient te worden gesteld, nog van een zeer grove samenstelling is, dan geeft het staatje afb. 3a aan, hoe groot V_f in mm/sec. mag zijn.

Van de ongelijkvormigheidsgraad in deze voorbeelden is geen gebruik gemaakt. Aangenomen werd de aanwezigheid van een bodemformatie met enige verscheidenheid van opbouw en de daarbij behorende gunstiger voorwaarden om zandvrij water te kunnen oppompen. Men doet er verstandig aan om bij fijn zand van grote gelijkvormigheid als grootste omstortingskorrel een diameter te nemen van 4 maal de korrelgrootte van 30 % op de zeef achtergebleven zand en overeenkomend met de 70 % lijn op een geheel opgestelde zandkromme.

Maak vooral in een dergelijk fijn bodempakket de diameter van het boorgat voldoende wijd om een omstorting met een dikte van ongeveer 10 tot 15 cm te kunnen aanbrengen.

Hierdoor wordt de intredesnelheid van het binnenkomend water aan de omtrek van de omstorting minder en wordt nog meer voorkomen dat men fijn zand met het water mee pompt in het filterlichaam; het fijne zand loopt immers aan de omtrek van de omstorting vast en kan in dit grote oppervlak met bijbehorende geringe instroomsnelheid van het water ter plaatse, nog het minst kwaad.

Tenslotte: ontzand de put goed voorafgaande aan de inbedrijfsstelling; indien mogelijk met een overcapaciteit van minstens 2 maal de later toe te passen bedrijfsbepomping. Ook hierin speelt de verdeler een belangrijke factor en vindt de intensiviteit van het schoonpompen beter verdeeld over de gehele filterlengte plaats.

Het fijne uitgewassen bodemmateriaal dat eventueel onder de verdeler aanwezig is, kan door de doorstroomopening van de verdeler tijdens het schoonpompen van de put worden afgevoerd of wel bezinkt in de zandvang.

Afb. 4

