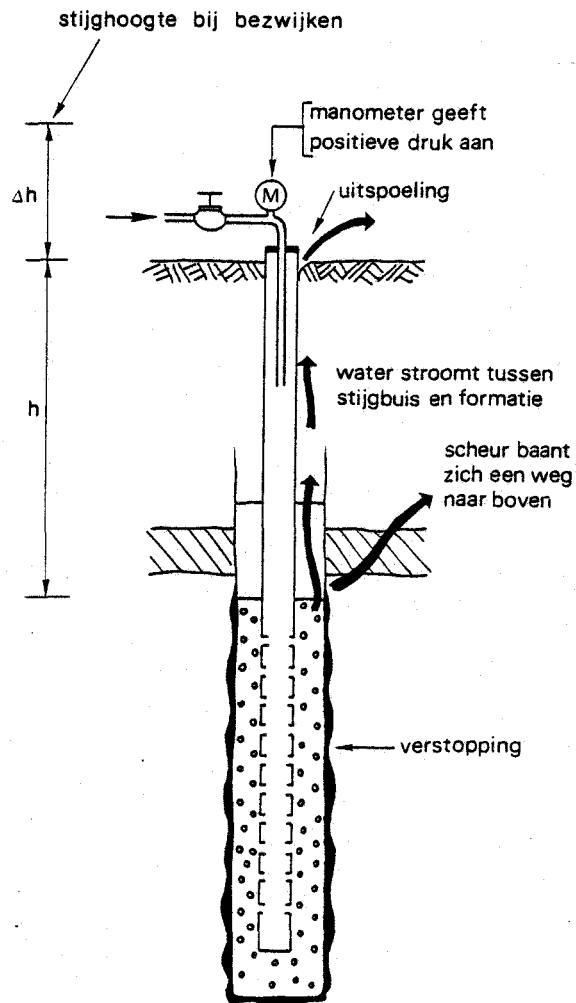


## BODEMSPLIJTING

De bodem rond een persput bezwijkt bij te hoge injectiedruk (Howard and Fast, 1970; Hubbert, 1972), waarna de put door uitspoeling van bodemmateriaal onbruikbaar kan worden (figuur 2). De injectiedruk moet dus onder een maximaal toelaatbare waarde blijven, die als volgt kan worden berekend.



**Figuur 2 - Onderloopsnelheid (achterloopsnelheid)  
van een infiltratieput**

De minimale korrelspanning  $\sigma_3$  ( $\text{N/m}^2$ ) in een punt in de grond kan niet kleiner zijn dan de maximale korrelspanning  $\sigma_1$  in dat punt, gedeeld door de passieve gronddrukcoëfficiënt  $\lambda$ . Voor gronden met verwaarloosbare cohesie, zoals zand, klei en veen, hangt  $\lambda$  uitsluitend af van de hoek van inwendige wrijving  $\phi$  van de grond ( $\phi$  is grondeigenschap, zie standaardliteratuur grondmechanica):

$$\frac{\sigma_3}{\sigma_1} > \frac{1}{\lambda} = \frac{1 - \sin(\phi)}{1 + \sin(\phi)} \quad (2.1)$$

In ongeconsolideerd sediment met verwaarloosbare tektoniek (zand, klei en veen), kan  $\sigma_1$  gelijk worden gesteld aan de verticale totaaldruk  $\sigma_g$  (grond-druk), verminderd met de waterspanning  $u$  ter plaatse.

Deze waterspanning loopt tijdens de infiltratie op met  $\Delta u$ . Aangezien bodemsplijting onmogelijk is, zolang de minimale korrelspanning  $\sigma_3 > 0$  (Verruijt, 1967), geldt:

$$\sigma_3 > (\sigma_g - u)/\lambda - \Delta u > 0 \quad (2.2)$$

$\Delta u$  is maximaal tegen de boorgatwand, terwijl  $\sigma_g - u$  daar minimaal is aan de bovenzijde van de omstorting. Dit is de kritische plaats en hierop dient bovenstaande eis te worden toegepast. Bevindt de bovenzijde van de omstorting zich op diepte  $h$  beneden maaiveld, dan volgt met  $\sigma_g = \gamma_g h$ ,  $u \approx \gamma_w h$ ,  $\Delta u = \gamma_w \Delta h$ , waarin  $\Delta h$  de drukhoogte in de put boven maaiveld en  $\gamma_g$  en  $\gamma_w$  het volume-gewicht van de natte

grond respectievelijk van water:

$$\Delta h < \frac{\gamma_g - \gamma_w}{\gamma_w} \frac{h}{\lambda} \quad (2.3)$$

Voor zandbodems geldt  $\gamma_g \approx 20000 \text{ N/m}^3$ , terwijl  $\gamma_w = 10000 \text{ N/m}^3$ . Daar normaliter  $\phi < 40^\circ$ , mag de waarde 5 als bovengrens voor  $\lambda$  worden aangehouden en geldt zodoende de vuistregel:

$$\Delta h < 0,2 \text{ h.} \quad (2.4)$$

$\Delta h$  is nu de maximaal toelaatbare drukhoogte in de put boven maaiveld en geldt als zodanig evenzeer voor arthesisch grondwater. Alleen wanneer een dik pakket met lagere dichtheid (veen, klei) aanwezig is, dient een aparte berekening volgens (2.3) te worden gemaakt.

De ondergrens van 0,2 h blijkt ook te gelden voor de veel diepere persputten van de olie-industrie waarop "hydraulic fracturing" is toegepast (zie experimentele gegevens Howard and Fast, 1970, na omrekening naar hier behandelde grootheden, volume-gewichten en dimensies (Olsthoorn, 1982)).