

waterloopkundig laboratorium  
delft hydraulics laboratory

---

Porositeit en luchtinsluiting bij granulair  
materiaal

AFGEHANDELD

Verslag modelonderzoek

---

H 195-07

Mei 1986

INHOUD

	blz.
1. <u>Inleiding</u> .....	1
2. <u>Uitvoering van proeven</u> .....	2
3. <u>Resultaten</u> .....	3
4. <u>Konklusie</u> .....	5

REFERENTIES

TABEL

1 Meetresultaten (massa's in kg)

FIGUUR

1 Zeefkromme van het gebruikte grind

## Porositeit en luchtinsluiting bij granulair materiaal

### 1. Inleiding

Naar aanleiding van resultaten van onderzoek naar de doorlatendheid van een steenzetting op een geotextiel op fijn grind is de vraag gerezen of de porositeit van het grind wel op de juiste wijze is bepaald. Het betreffende onderzoek is uitgevoerd in de Filterbak en is gerapporteerd in [1].

De porositeit van het grind is als volgt in situ gemeten, zonder de zetting of de daarop gelegen ballast te verwijderen:

- 1) Na de proeven het grind laten uitlekken.
- 2) Het waternivo in de Filterbak opvoeren totdat de onderste paar centimeter van het grind onder water stond.
- 3) Het waternivo steeds ongeveer 3 cm laten stijgen door water door een geijkte watermeter in de Filterbak (benedenstrooms) te laten lopen en het peil op een peilnaald (bovenstrooms) te meten.
- 4) Het water weg laten lopen en het grind uit laten lekken.
- 5) Zetting verwijderen.
- 6) Monster uit grind nemen en vochtgehalte bepalen.
- 7) Procedure herhalen zonder grind in het model.

Zoals beschreven is in [2] kan er in vochtig grind een aanzienlijke hoeveelheid lucht blijven zitten (tot 11% bij glaskorrels met  $D_{50} = 0,65$  mm).

Naar aanleiding hiervan zijn in het kader van het onderzoek naar taludbekledingen van gezette steen enkele proeven gedaan om de invloed van opgesloten lucht op het gemeten poriëngehalte te onderzoeken. Dit onderzoek is uitgevoerd onder leiding van ir. M. Klein Breteler, die tevens dit verslag heeft samengesteld.

## 2. Uitvoering van proeven

In het zeeflab van het Waterloopkundig Laboratorium "de Voorst" zijn twee proeven uitgevoerd, de ene met los gestort grind en de andere met goed verdicht grind.

Beide proeven zijn als volgt uitgevoerd:

- 1) In een maatglas is 2 l droog grind gewogen.
- 2) Door middel van een dun pijpje is van onder af het grind langzaam gevuld met water.
- 3) Het met water verzadigde grind is gewogen.
- 4) Het grind is uitgestort op een gaas zodat het kon uitlekken gedurende 15 à 30 minuten.
- 5) Het vochtige grind is gewogen in het maatglas.
- 6) Door middel van een dun pijpje is van onder af het maatglas met vochtig grind langzaam gevuld met water tot aan de 2 l indicatie van het maatglas en vervolgens gewogen.

Tevens is het soortelijke gewicht van 2 monsters van het grind bepaald.

De afmetingen van het maatglas en het vulpijpje zijn als volgt:

maatglas : diameter = 88 mm

          hoogte tot 2 l indicatie = 330 mm

vulpijpje: buitendiameter = 6 mm

          inwendige diameter = 3 mm

          inhoud = 9 ml.

Het monster grind, waarvan de zeefkromme is bepaald, is op twee manieren verkregen. Allereerst is op een willekeurige plaats uit een bak van 400 l grind een monster genomen en vervolgens is op de voorgeschreven wijze een monster samengesteld door scheiding in parten.

### 3. Resultaten

De twee zeefkrommen van het grind zijn weergegeven in figuur 1. Het blijkt dat de methode van monster steken het resultaat van de zeefanalyse bij dit grind niet erg beïnvloedt.

De bepaling van het soortelijk gewicht van de grindkorrels leverde het volgende resultaat op:

monster 1:  $\rho_s = 2593 \text{ kg/m}^3$

monster 2:  $\rho_s = 2579 \text{ kg/m}^3$

Gekonkludeerd wordt dat het soortelijk gewicht  $2586 \pm 7 \text{ kg/m}^3$  bedraagt.

In tabel 1 zijn de resultaten van de proeven vermeld. Uit de gegevens is als volgt de porositeit te berekenen:

$$n_{\rho} = 1 - \frac{M_d}{V \cdot \rho_s} \quad (1)$$

$$n_d = \frac{M_{dv} - M_d}{\rho V} \quad (2)$$

$$n_e = \frac{M_{vv} - M_d}{\rho V} \quad (3)$$

met:  $n_{\rho}$  = porositeit berekend op basis van soortelijk gewicht van grindkorrels

$n_d$  = porositeit bepaald met een proef op basis van droog grind

$n_e$  = effectieve porositeit, bepaald met een proef op basis van vochtig grind

$M_d$  = massa van droog grind (kg)

$M_{dv}$  = massa van verzadigd grind, uitgaande van droog grind (kg)

$M_{vv}$  = massa van verzadigd grind, uitgaande van vochtig grind (kg)

$V$  = volume van grind en poriën ( $\text{m}^3$ )

$\rho$  = soortelijke massa van water ( $\text{kg/m}^3$ )

$\rho_s$  = soortelijke massa van grindkorrels ( $\text{kg/m}^3$ ).

De effectieve porositeit houdt verband met de open ruimte tussen de korrels die gevuld is met water en derhalve bijdraagt aan de doorlatendheid van het grind.

Het vochtgehalte na het uitlekken is als volgt te berekenen:

$$h = \frac{M_v - M_d}{\rho V} \quad (4)$$

met h = vochtgehalte

$M_v$  = massa van vochtig grind (kg).

Bovenstaande formules en de gegevens uit tabel 1 zijn gebruikt om de volgende waarden te berekenen:

	onverdicht	verdicht
$n_\rho$	0,436	0,373
$n_d$	0,439	0,374
$n_e$	0,414	0,321
h	0,169	0,165

Het verschil tussen  $n_\rho$  en  $n_d$  is zo klein dat het toegeschreven moet worden aan de onnauwkeurigheden in de metingen. De grootte van  $n_e$  is echter duidelijk lager. Dit wordt veroorzaakt door ingesloten lucht. Het feit dat in het verdichte grind veel meer lucht opgesloten blijft is waarschijnlijk een gevolg van de veel kleinere poriën tussen de korrels dan bij onverdicht grind. Hierdoor kan het aanhangende water veel makkelijker poriën afsluiten en lucht vasthouden. Dit verklaart tevens waarom de glaskorrels uit [2] met  $D_{50} = 0,65$  mm (en dus nog kleinere poriën) zelfs 11% lucht kunnen vasthouden.

#### 4. Konklusie

Het is gebleken dat het volume water dat nodig is om volkomen droog grind te verzadigen een uitstekende maat is voor de porositeit van grind. Gaat men echter uit van vochtig grind (in dit geval met 17% vocht), dan levert het verzadigen met water slechts de effectieve porositeit op.

De effectieve porositeit houdt verband met de open ruimte tussen de korrels die gevuld is met water en derhalve bijdraagt aan de doorlatendheid van het grind. Het is voor het onderzochte grind  $2\frac{1}{2}\%$  (onverdicht) tot 5% (verdicht) lager dan de werkelijke porositeit.

Bij de uitvoering van metingen waarbij de porositeit, of daarvan afhankelijke grootheden (zoals doorlatendheid), een belangrijke parameter is, is het zeker raadzaam met het in dit verslag beschreven effect rekening te houden.

	stap nummer*	proef 1 onverdicht grind	proef 2 verdicht grind
M <sub>d</sub>	1	2,9026	3,2302
M <sub>dv</sub>	3	3,7771	3,9747
M <sub>v</sub>	5	3,2384	3,5593
M <sub>vv</sub>	6	3,7264	3,8695

\* het stapnummer correspondeert met de proefbeschrijving op pagina 2.

Tabel 1 Meetresultaten (massa's in kg)



## REFERENTIES

1. Klein Breteler, M.

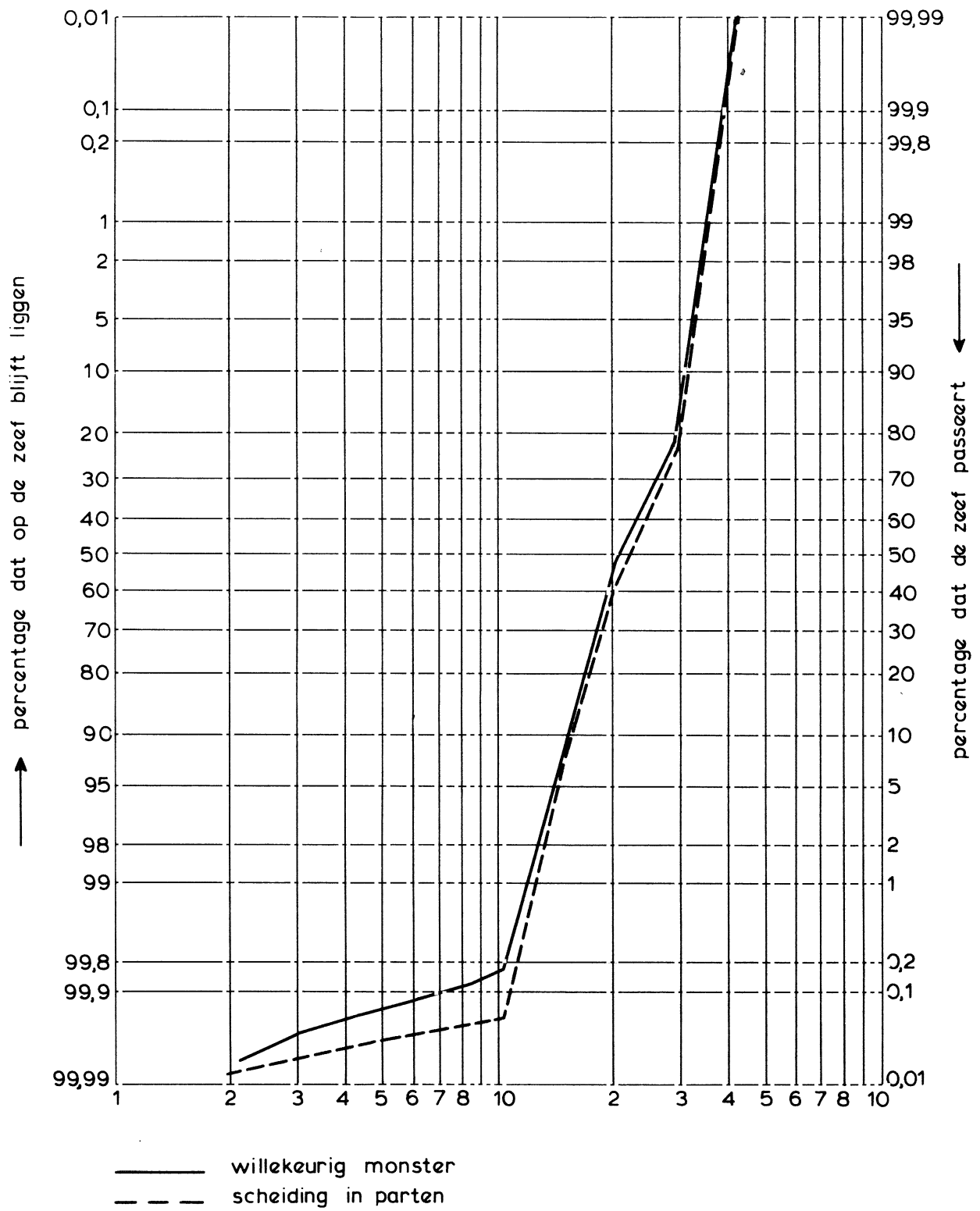
Talubbekledingen van gezette steen; toplaagdoorlatendheid.

Waterloopkundig Laboratorium; concept verslag M1881/H195.07; febr.'86

2. Koning, H.L.,

Het zichtbare verschil in vloeistofberging in een kolom glaskorrels bij enkel- en meervoudig opzetten van het niveau

Laboratorium voor Grondmechanica, rapport C011020II, maart 1960.



ZEEFKROMME VAN HET GEBRUIKTE GRIND

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H 195

FIG. 1