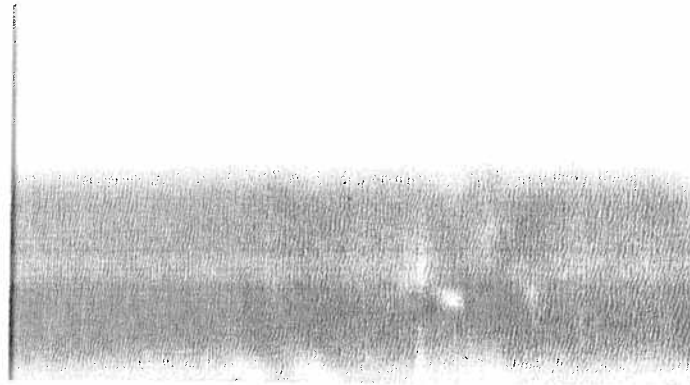




Netherlands Centre For Geo-ecological Research



Universiteit
van Amsterdam



Vrije Universiteit
Amsterdam



Universiteit Utrecht

**KALIBRATIE VAN DE
VALBUIS FYSISCH GEORGRAFIE UTRECHT**

Maarten G. Kleinhans
Augustus 1998

ICG 98 / 13

Voorwoord

In het voorliggende rapport wordt verslag gedaan van de kalibratie van de valbuis voor fijn sediment (< 1 mm) van Fysische Geografie van de Universiteit Utrecht. Begin april 1997 is de valbuis van fysische geografie (VFG) weer opgetuigd om monsters te kunnen analyseren van zwevend transport in de Waal. Deze monsters waren verzameld tijdens de hoogwatermeting van sedimenttransport in maart 1997 (Kleinhans 1997a,b). Deze studie is uitgevoerd in het kader van mijn promotie-onderzoek 'Sedimenttransport in zand-grind-rivieren'. Dit rapport dient ter verantwoording van het gebruik van de valbuis, maar ook als inleiding voor volgende gebruikers van de valbuis.

In 1996 is de valbuis door Bastian van Dijck (1996, intern rapport) kort gevalideerd met glaspereels en met zandmengsels uit de natuur. Hieruit volgde geen duidelijk antwoord over de vergelijking tussen werkelijke (zeef)diameters van sediment met de in de valbuis bepaalde diameters en valsnelheden. In dit verslag wordt hierover een duidelijker antwoord (met onzekerheidsmarges) gegeven aan de hand van nieuwe data.

In hoofdstuk 2 wordt aangehaald welke onzekerheden een rol spelen bij analyse van sediment met een valbuis, in hoofdstuk 3 t/m 5 wordt de kalibratie met glasbolletjes en natuurlijke sedimenten beschreven, in hoofdstuk 6 staat hoe de kalibratie is geïmplementeerd in het analyseprogramma, in appendix 1 staat het meetprotocol c.q. de handleiding voor het gebruiken van de valbuis, in appendix twee staat een tabel met alle datasets en resultaten, en in appendix 3 staat het Turbo-Pascal analyseprogramma waarmee de tijdreeksen van de valbuis kunnen worden omgerekend in al dan niet gekalibreerde zeefkrommes van het sediment.

Ik wil Ing B. van Dam, C. Klawer, Drs. M. Duiker, Dr. A. Kroon, Dr. G. Ruessink, Dr. J.H. van den Berg en Prof. Dr. Ir. L.C. van Rijn bedanken voor hun bereidwillige hulp en ondersteuning bij de kalibratie en het programmeren, en voor hun commentaar op eerdere versies van dit rapport.

1. Inleiding

Voor de bepaling van korrelgroottes van sediment zijn verschillende methoden beschikbaar, bijvoorbeeld zeven, laserdiffractie en analyse in een valbuis. Al deze methoden hebben hun eigen voor- en nadelen, en hun eigen toepassingsbereik. Zeven geldt als de standaard waarmee de overige methoden worden vergeleken, omdat zeven wereldwijd zijn gestandaardiseerd. De valbuis methode wordt daarom met de zeefmethode vergeleken in dit rapport.

De valbuis bestaat uit een verticaal opgehangen buis met een lengte van 2 m en een doorsnede van 5 cm, die gevuld is met water. Het sediment wordt onderaan de buis via een trechtervorm opgevangen in een accumulatiebuisje met een lengte van 20 cm. Hierop is een lengteschaal aangebracht. De procedure is nu als volgt. Het sediment wordt ingebracht in de buis. Een computer stuurt een klep aan. Op het moment dat de klep open gaat laat de computer een klok te lopen. Telkens als het accumulatie-niveau in het buisje onderaan de valbuis een gekozen lengte (bijvoorbeeld 1 cm) is opgehoogd, klikt de gebruiker op de muis en registreert de computer de verstreken tijd sinds het openen van de klep. Als het monster helemaal uitgezakt is, wordt een tijdreeks opgeslagen.

Deze tijdreeks geeft na deling door de lengte van de buis een reeks valsnelheden van het sediment, welke kan worden omgerekend in een zeefkromme. Met de valbuis van Fysische Geografie (Universiteit Utrecht) kan sediment tot een diameter van 1 mm worden geanalyseerd. Dit maximum wordt opgelegd door de lengte van de buis (scheidend vermogen in valtijd) en de doorsnede van het accumulatie-buisje onderaan de buis. De lengte van de buis is belangrijk omdat grof sediment zo snel valt dat de reactietijd van de gebruiker grote fouten geeft. De doorsnede van het accumulatie-buisje onderaan de valbuis is belangrijk omdat daar verstoppingen kunnen optreden bij te grof materiaal.

De valbuis heeft voordelen en nadelen in vergelijking met zeven. Met de valbuis kunnen veel kleinere monsters worden geanalyseerd dan met zeven, wat een voordeel is als niet meer sediment beschikbaar is. Als in plaats van diameters valsnelheden gewenst zijn, geeft een valbuis een veel directere benadering dan zeven, omdat bij zeven een empirische vergelijking moet worden gebruikt voor de omrekening van diameters naar valsnelheden, waarbij allerlei onzekerheden van dichtheid, vorm en ruwheid van het sediment worden geschat die in een valbuis werkelijk worden mee gemeten. Een nadeel is dat de omrekening van valsnelheden naar zeefdiameters per buis moet worden gekalibreerd vanwege de effecten van de vorm van de buis en de methode van inlaat van sediment. Als zeefkrommen van het sediment gewenst zijn, is zeven een directere benadering, maar dan moet er wel voldoende materiaal zijn.

deeltje) wordt aangenomen. Het Reynoldsgetal is op zijn beurt afhankelijk van de valsnelheid. Omdat deze valsnelheid nu net de gevraagde parameter is, wordt hier het Reynoldsgetal berekend met als invoer de gemeten valsnelheid in plaats van de nog niet berekende valsnelheid. (Dit Reynolds getal is relatief ongevoelig voor de valsnelheid, zodat het gebruiken van de gemeten in plaats van berekende valsnelheid geen significant verschil geeft.) Vergelijking 3.2.19 (in van Rijn 1993) luidt:

$$w_s = \sqrt{\frac{4(s-1)gd}{3C_D}}$$

Waarbij:

- d diameter (m)
 w_s valsnelheid (m/s)
 s specifieke dichtheid van sediment (dichtheid van sediment gedeeld door dichtheid van water)
 g gravitatieversnelling (9.81 m/s)
 C_D 'drag coefficient'

Met bovenstaande formule is de theoretische valsnelheid per fractie te berekenen, welke kan worden vergeleken met de gemeten valsnelheid. Hiermee wordt een antwoord gevonden op:

Vraag 1: Hoe verhouden zich voor glasbolletjes gemeten valsnelheden tot werkelijke valsnelheden (te bepalen met theoretische valsnelheid van bekende glasbolletjes diameters), als functie van diameter, onbekende wandeffecten en concentratie?

2.3 Vraagstellingen bij de bepaling van diameters

Voor de bepaling van diameters uit valsnelheden zijn drie sets formules beschikbaar (zie van Dijk 1996): Van Rijn, Slot en Gibbs.

De formule van van Rijn luidt:

$$\begin{aligned} 1 < d \leq 100 \mu\text{m}: & \quad w_s = \frac{(s-1)gd^2}{18\nu} \\ 100 < d \leq 1000 \mu\text{m}: & \quad w_s = \frac{10\nu}{d} \left(\sqrt{1 + \frac{0.01(s-1)gd^3}{\nu^2}} - 1 \right) \\ d \geq 1000 \mu\text{m}: & \quad w_s = 1.1\sqrt{(s-1)gd} \end{aligned}$$

Waarbij:

- ν kinematische viscositeit van water (m²/s)

De drie deelvergelijkingen sluiten niet goed op elkaar aan op de grenzen van de geldigheidsbereiken. Daarom worden in dit rapport kleine wijzigingen voorgesteld van de coëfficiënten van de eerste en derde deelvergelijking. Deze zijn zo aangepast dat de vergelijkingen op elkaar aansluiten om discontinuïteiten in de resultaten te voorkomen. De middelste vergelijking is intact gelaten, omdat binnen het diameterbereik daarvan de meeste monsters van de valbuis zullen liggen. Daarmee is de invloed van deze verandering op de analyses zo klein mogelijk gehouden. De aangepaste formule wordt in dit rapport bedoeld als wordt gerefereerd aan de formule van van Rijn en luidt:

Als vervolg op vraag 1 kunnen met bovenstaande formules diameters worden berekend van de glasbolletjes. De werkelijke diameter is al bekend, en de valsnelheid is gemeten met de valbuis en dient als invoerparameter voor de formules. Dus:

Vraag 2: Hoe verhouden zich voor glasbolletjes de (met empirische formules berekende) diameters tot de werkelijke diameters (te bepalen met zeven, voor bolletjes is dit de werkelijke diameter)?

Niet-bolvormige deeltjes leveren andere valsnelheden en zeefdiameters op. Met de informatie uit tests met glasbolletjes, en met een vergelijking van zeefdiameters en valsnelheden bepaald voor natuurlijke sedimentmonsters, kan wat gezegd worden over het effect van niet bolvormig zijn van deeltjes. Een waterdichte vergelijking is niet mogelijk, omdat dan de vorm van deeltjes in een monster moet worden meegenomen in de formules. Die formules zouden moeten worden gekalibreerd op valsnelheden met een standaard valbuis, welke niet bestaat. In dit rapport worden de valsnelheden van natuurlijke sedimenten daarom niet gekalibreerd.

Wel kunnen natuurlijke sedimenten eerst worden gezeefd, zodat de werkelijke diameters bekend zijn, en daarna met de valbuis worden geanalyseerd. Hieruit volgt:

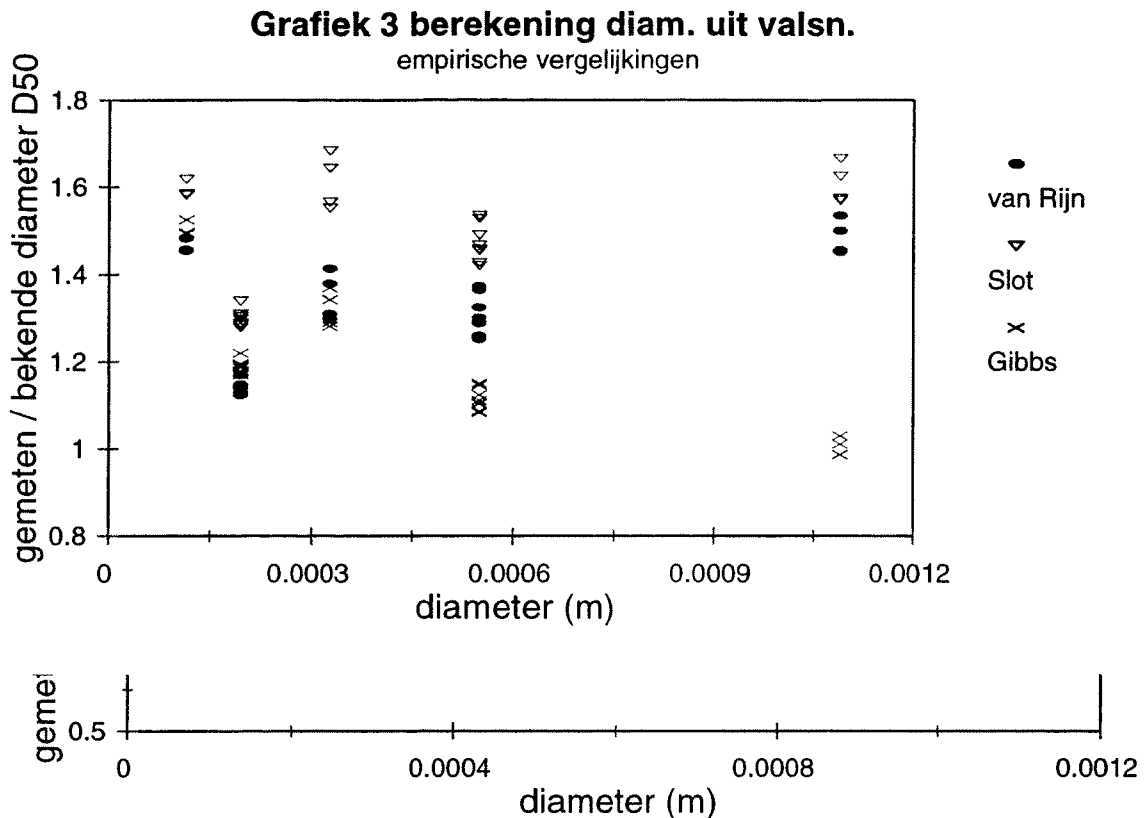
Vraag 3: Hoe verhouden zich voor natuurlijke sedimenten de bepaalde diameters tot de zeefdiameters?

3.3 Verwerking met het programma VALKCALI

De valbuis wordt aangestuurd door het computerprogramma VALKOL2 (van Dam 1995?). Dit programma slaat ook de tijdseries op van de muisklikken, waarop het sediment tot een bepaald niveau in de accumulatiebuis is gestegen. Er is in Turbo Pascal 6.0 een programma VALKCALI (dit rapport) geschreven dat deze tijdseries omrekenet naar zeefkrommen. In appendix 3 worden een toelichting en de listing gegeven.

Het programma VALKCALI zoekt zelf alle tijdseries op en leest deze in. Bij iedere accumulatiehoogte (c.q. tijdsregistratie met de muis) wordt de valsnelheid berekend door de lengte van de buis te delen door de valtijd. De nu verkregen valsnelhedenreeks wordt omgezet in een zeefkromme met de verschillende formules.

Het programma VALKCALI berekent twee weergaven van de korreldiameterverdeling. Allereerst worden fracties D10, D16, D25, D35, D50, D65, D75, D84 en D90 berekend, welke worden opgeslagen als een file met diameters. Ten tweede worden (virtuele) zeefkrommes berekend aan de hand van een opgegeven zeefdiameterreeks. Deze zeefkrommes worden opgeslagen als een file met percentages materiaal op de zeven van de opgegeven zeefdiameterreeks. De eerste methode wordt *fractiemethode* genoemd, de tweede *zeefmethode*. Uit de virtuele zeefkromme van de zeefmethode zijn vervolgens weer fracties afgelezen om de methode te kunnen vergelijken met de fractiemethode.



verschillende hoeveelheden materiaal, waarbij de snelheid relatief ten opzichte van de snelheid van monsters van 0.2 gram wordt genomen. Bij 0.2 gram is de gemiddelde afwijking dus 0.

Er zijn theoretische valsnelheden berekend van de verschillende grootteklassen glasparels. Als deze theoretische valsnelheden worden vergeleken met de gemeten valsnelheden, blijken de gemeten slechts gemiddeld 1.05 maal (5%) hoger te liggen dan de berekende, zij het met een spreiding van meer dan 30% rond de factor 1.05.

In grafiek 2 worden de theoretische en gemeten valsnelheden van glasbolletjes vergeleken. Op de y-as staat de verhouding van de gemeten en theoretische valsnelheid uitgezet tegen de diameter (x-as).

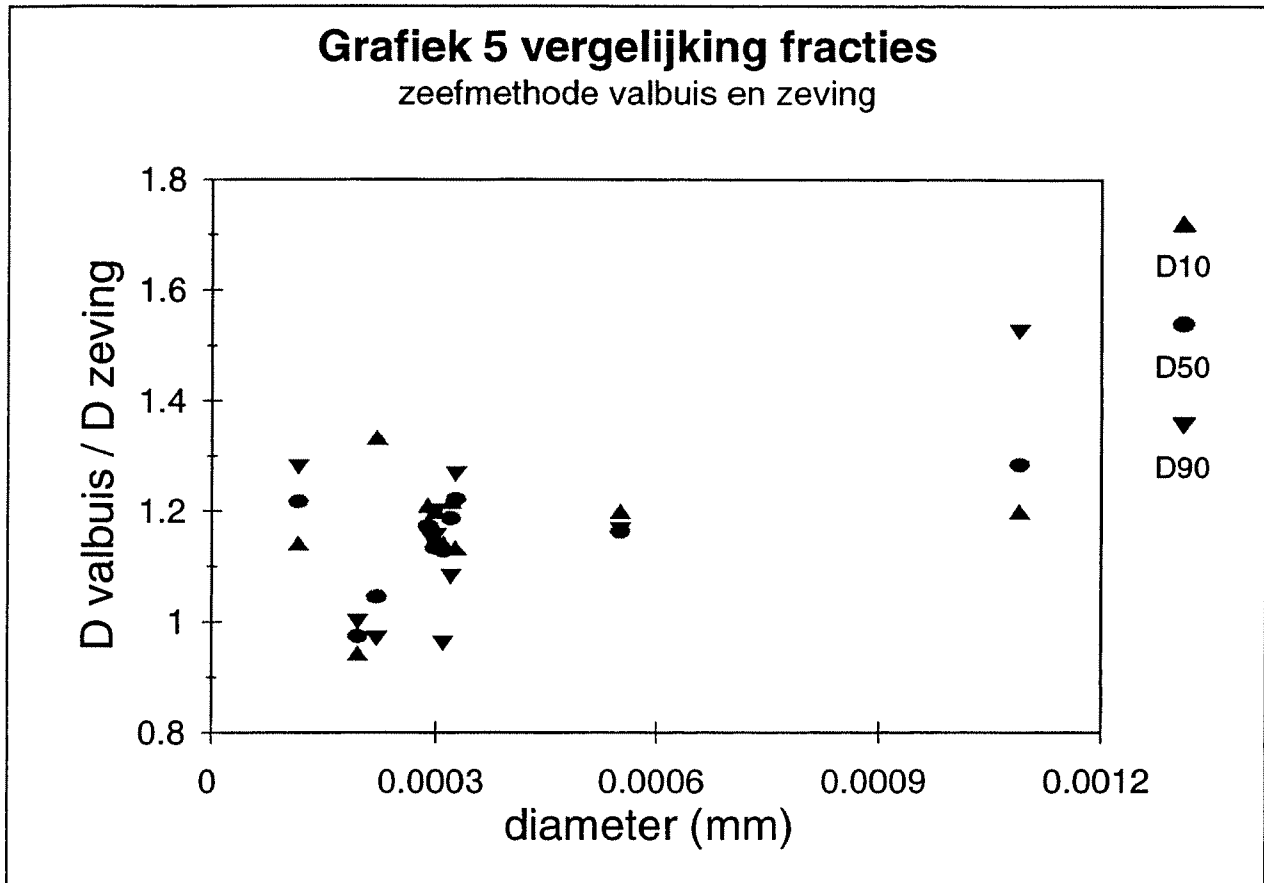
Nu kunnen met de empirische formules diameters worden berekend uit de gemeten valsnelheden. Deze diameters worden vergeleken met de werkelijke diameters van de monsters, welke zijn bepaald met de zeefanalyse. De berekende diameters blijken circa 30% te verschillen van de werkelijke diameters. De gemeten diameters zijn dus circa 30% hoger dan de verwachte waarden. Er is geen verband tussen dit verschil met concentratie of met diameter. Ter vergelijking zijn ook diameters uit gemeten valsnelheden berekend met de vergelijkingen van Slot en Gibbs (van Dijck 1996). Slot blijkt 48% en Gibbs 20% hogere waarden te geven dan de werkelijke.

In grafiek 3 zijn de resultaten weergegeven. Op de y-as staat de verhouding van de gemeten met werkelijke diameters, waarbij de werkelijke diameters bekend zijn uit zeefanalyse, en de gemeten diameters zijn bepaald met behulp van gemeten valsnelheid en een empirische vergelijking van van Rijn, Slot (in Van Dijck 1996) en Gibbs (in Van Dijck 1996).

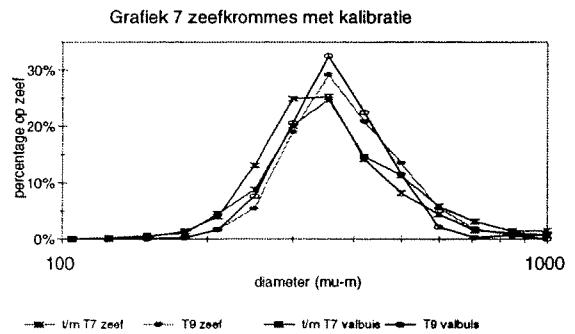
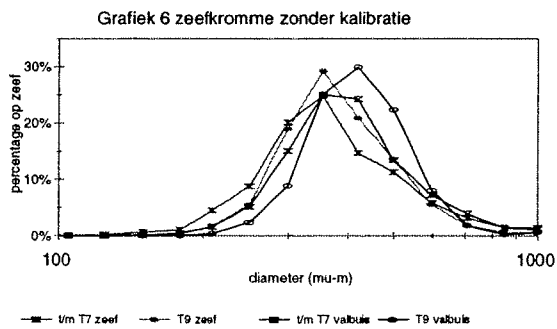
In bovenstaande paragraaf is de fractiemethode in het computerprogramma VALKCAL gebruikt. Als in plaats daarvan de zeefmethode wordt gebruikt, blijkt de verhouding van gemeten en werkelijke diameters 1.15 te zijn. De met de valbuis bepaalde diameters wijken dan ineens slechts circa 15% af van de werkelijke (met zeven bepaalde) diameters. Hiervoor is geen verklaring gevonden.

4.2 Natuurlijke sedimenten

Op dezelfde wijze als bij glasbolletjes zijn van natuurlijke sedimenten korreldiameterverdelingen



Ter illustratie zijn in figuur 6 en 7 niet-cumulatieve zeefkrommen uitgezet uit de TMR dataset. Afgebeeld zijn zeefkrommen bepaald met zeven en bepaald met de valbuis. Na kalibratie komen de twee veel beter overeen.



grootste hoeveelheden glasbolletjes. Hiermee wordt aannemelijk gemaakt dat de concentratie-effecten zoals die met glasbolletjes gemeten zijn, niet kleiner zijn dan die van natuurlijk sediment. Er wordt aangenomen dat de gevonden kalibratiefactor voor concentratie-effecten op valsnelheid van glasbolletjes gebruikt kan worden voor alle sedimenten. Daarvoor geldt dat dichtheidsverschillen tussen de verschillende fracties niet groter dan (grove schatting) 5% tot 10% mogen zijn, wat voor de meeste sedimenten geldt.

5.3 Discussie van alle resultaten

Valsnelheden van sedimentmonsters kunnen vrij nauwkeurig en zonder kalibratie met de Valbuis Fysische Geografie worden bepaald. Bij de omrekening van valsnelheid naar diameter is wel een kalibratiefactor nodig. In feite is dat vreemd, omdat uit correcte valsnelheden ook correcte diameters zouden moeten komen. De enige mogelijkheid is dan dat de empirische formules niet correct zijn. De kalibratiefactor die in dit rapport wordt gevonden zou ook kunnen worden beschouwd als een kalibratiefactor van de formules in plaats van de buis.

Uit een eenvoudige gevoeligheidsanalyse van de vergelijking van van Rijn voor berekening van valsnelheden uit diameters blijkt dat een factor x verschil in valsnelheid ongeveer dezelfde factor x verschil in diameter oplevert, zeker in het geval van sediment groter dan $100\ \mu\text{m}$. Het verschil tussen de gemeten en werkelijke diameters is echter 15 tot 30%, afhankelijk van de gebruikte omrekenmethode van valbuisresultaten. De concentratie-effecten verklaren de verschillen tussen werkelijke waarden en gemeten waarden ook niet, omdat deze in vergelijking met de overige spreiding zeer onbelangrijk zijn. De overige effecten die in hoofdstuk 2 genoemd zijn, moeten daarom verantwoordelijk zijn voor de afwijking van de werkelijke waarden.

Er is een verschil in uitkomst gevonden tussen twee rekenmethoden. Als met formule van van Rijn diameters worden berekend uit de gemeten valsnelheden, waarbij niet de fracties (D10, ...) (*fractiemethode*) maar de (virtuele) zeefkrommen (*zeefmethode*) uit het computerprogramma VALKCAL worden gebruikt, is het verschil tussen berekende en werkelijke diameters 15%. Hier is geen goede verklaring voor gevonden. Het verschil zou deels kunnen liggen aan het feit dat een zeefkromme een betere beschrijving van een mengsel geeft, waardoor zowel interpolaties als extreme waarden beter worden uitgerekend. Dit blijkt ook uit de bovengenoemde waarneming dat D10 en D90 minder spreiding vertonen bij gebruik van zeefkrommes in plaats van directe berekening van de fracties.

In van Dijck (1996) wordt gevonden dat de verhouding gemeten/werkelijke D90 een grote spreiding vertoont. Dit stemt overeen met de resultaten in dit onderzoek. Hierbij moet worden opgemerkt dat bij zeef- en fractiemethode in dit rapport niet alle beschikbare datasets zijn gebruikt (zie appendix 2), omdat niet alle informatie en ruwe datafiles beschikbaar waren. De Van Dijck (1996) data is alleen meegenomen in de fractiemethode, en de kribvakken-data is alleen meegenomen in de zeefmethode. De grootste uitbijters in grafieken 4 en 5 zijn echter wel afkomstig van dezelfde data die in beide grafieken is gebruikt. De gevonden verschillen tussen de zeef- en fractiemethode zijn dus niet het gevolg van het gebruiken van twee verschillende datasets. Als de incomplete resultaten worden weggelaten zijn de kalibratiefactoren hetzelfde.

Uit dit onderzoek blijkt dat berekening met de *zeefmethode* een veel kleinere spreiding van de D10 en D90 geeft dan met de *fractiemethode*. Bovendien is veel eenvoudiger een vergelijking en aansluiting mogelijk met zeefkrommes van controle-sets of grovere delen van het sediment. Omdat de *zeefmethode* èn minder spreiding van D10 en D90 geeft, èn gemakkelijker aansluiting geeft bij zeefkrommes, wordt gebruik van de *zeefmethode* aangeraden in plaats van de *fractiemethode*. De kalibratiefactor van de *zeefmethode* is constant en bedraagt 1.16.

7. Implementatie

- **Alleen de factor verschil (1.16) tussen gemeten en werkelijke diameters met de zeefmethode worden gekalibreerd. De weergave in zeefkrommes (zeefmethode) is belangrijker dan de weergave in fracties (fractiemethode). Deze kalibratie is in het programma geïmplementeerd, met de keuze om er geen gebruik van te maken.**
- Concentratie-effecten zijn in vergelijking met het verschil tussen gemeten en werkelijke diameters verwaarloosbaar. Deze zijn niet geïmplementeerd in het programma.
- De valsnelheden worden niet gekalibreerd op de theoretisch berekende. Alle afwijkingen van de theoretische waarden worden beschouwd als niet significant of als natuurlijke. Als wel gecorrigeerd zou worden was correctie voor zeefdiameters iets anders geweest. Dit wordt toch niet gedaan, omdat in het geval van weergave van resultaten in zeefkrommen, het doel van de analyse was om diameters te bepalen. In het geval van valsnelheden gaat het echter echt om de valsnelheden zelf, die van meerdere factoren (bijvoorbeeld korrelvorm) afhangen dan alleen diameter. Met deze doelstelling van analyse in het achterhoofd worden dus wel de zeefdiameters, maar niet de valsnelheden gecorrigeerd.

Appendix 1: meetprotocol

De meting bestaat uit het in de tijd vastleggen van accumulatie van sediment onderaan de buis. De tijd wordt bijgehouden door de computer. Reactietijd (drukken op muisknop) wordt naar alle redelijkheid verondersteld verwaarloosbaar te zijn. Hieronder staan alle handelingen die moeten worden verricht.

Klaarzetten apparatuur

1. gebouwbeheer (dhr. Helmer) melden dat er wordt gemeten in de 'Sterrentoren'
2. pompcompressor aansluiten op lichtnet en kraantje opendraaien (voor de klep)
3. computer op lichtnet, op muis (COM1) en op valbuis (COM2) aansluiten (aansturing en tijdregistratie)
4. valbuis op voeding aansluiten (voor de klep)
5. computer aandoen en datum en tijd van de computer goed zetten
6. programma VALKOL2 opstarten: C:\>valkolom\valkol2.exe
7. watertemperatuur meten bovenin de buis
8. accumulatie-hoogten behorende bij linker- en rechter-muisknop definiëren

Meting

Eerst een testmonster van het sediment analyseren: daarmee wordt tegelijk geoefend en een evenwicht op de trechter gecreëerd. Hierna kunnen eventueel de accumulatie-hoogten behorende bij linker- en rechter-muisknop worden aangepast.

9. instructies van het programma opvolgen
10. bijvullen van de buis met water tot boven de klep
11. op <enter> drukken (sluiten van klep), daarna circa 2 gram (afgestreken theelepels) sediment bovenin de buis gooien en de wand van de buis afspoelen zodat al het sediment op de klep valt
12. na 30 seconden mag de meting worden gestart (niet eerder, dan ligt fijnste materiaal nog niet op de klep) met een <enter>
13. zacht tegen de metalen vassing van het accumulatie-buisje tikken zodat het sediment goed naar beneden zakt en het busje niet verstopt
14. ondertussen tijdsregistratie door op de linker- of rechter-muisknop te drukken bij vaste afstanden op de liniaal naast het accumulatie-buisje
15. einde meting door <esc>, daarna sediment opvangen voor latere zeefanalyse, klepje mag geen klap maken!!

Afsluiten

16. programma beëindigen
17. sedimentmonsters verzamelen voor zeefanalyse
18. watertemperatuur bovenin de buis meten
19. reservekopieën maken op diskette van alle datafiles uit de datadirectory
20. computer uitzetten en loskoppelen van valbuis en lichtnet
21. valbuis loskoppelen van lichtnet
22. pompcompressor loskoppelen van lichtnet en kraantje dichtdraaien
23. licht uit en deur op slot!

Appendix 3: Opzet Turbo-Pascal analyseprogramma VALKCALI.PAS

Na deze appendix volgt de listing van het programma. De stappen zijn als volgt:

Eerst wordt de lengte van de tijdreeks van een monster bepaald, zoals die uit het programma VALKOL2 is gekomen. Met behulp van de lengte van de buis en de tijdregistratie worden voor alle meetpunten valsnelheden berekend. Deze worden in een file ('eruit1') worden opgeslagen. Tevens wordt de tijdreeks omgezet in een accumulatie-hoogtereeks met behulp van de gebruikte hoogte-intervallen waarop een klik met een muisknop wordt gegeven. Er kan een keuze gemaakt worden of de uiteindelijk resulterende zeefkromme gekalibreerd moet worden of niet met een factor 1.16.

Nu volgen er twee bewerkingen, waarbij de eerste een uitvoerfile ('eruit2') oplevert met resultaten in percentielen / fracties (10%, 16%, 35%, 50%, 65%, 84% en 90%). De tweede bewerking levert een uitvoerfile ('eruit3') op met resultaten omgezet in zeefcurven (diameters van de zeven op te geven in een aparte invoerfile).

De eerste bewerking bepaalt de accumulatie-hoogten die horen bij de verschillende percentielen aan de hand van de totale accumulatie. Daarna worden de twee dichtstbijzijnde gemeten omringende accumulatie-hoogten opgezocht in de hoogtereeks. Tenslotte wordt met behulp van lineaire interpolatie de verhouding bepaald van accumulatie-hoogte behorende bij een fractie met de gemeten omringende accumulatie-hoogten. Deze verhouding wordt gebruikt om de valsnelheid te interpoleren tussen de valsnelheden van de omringende twee meetpunten. Dit wordt voor alle fracties gedaan. Tenslotte wordt voor alle fracties de diameter berekend met de vergelijkingen van van Rijn, Slot en Gibbs (in van Dijk 1996). Hierbij moet worden opgemerkt dat de vergelijking van van Rijn een kleine aanpassing heeft ondergaan (zie hoofdstuk 2). De vergelijking bestaat uit drie delen, die niet op elkaar aansluiten. Om discontinuïteiten te voorkomen, zijn de coëfficiënten van het hoogste en laagste bereik zo aangepast, dat ze bij benadering op elkaar aansluiten. Het middelste bereik is niet aangepast. De genoemde aanpassingen hebben geen significante invloed op de uitkomsten binnen het bereik waarvoor de valbuis geschikt is, d.w.z. tot een korreldiameter van maximaal 1.3 millimeter. De coëfficiënten staan in de 'source code' weergegeven.

De tweede bewerking werkt de andere kant uit. Eerst worden de zeefdiameters ingelezen uit de losse tekstfile. Deze bestaat uit het aantal zeven op de eerste regel en op de volgende regels de zeefdiameterreeks van groot naar klein. Vervolgens worden gemiddelde diameters berekend van het gemiddelde materiaal dat zich tussen de fictieve zeven bevindt. Voor de grootste zeef wordt een 10% grotere diameter genomen dan de zeefdiameter. Het is dus zaak de zevenreeks zo uitgebreid te kiezen dat de bovenste zeef altijd leeg is. Vervolgens worden valsnelheden berekend van alle zeeffracties (gemiddeld materiaal, dus niet zeefdiameters zelf). Dan worden de twee dichtstbijzijnde gemeten omringende valsnelheden opgezocht uit de valsnelhedenreeks. Middels hetzelfde type interpolatie als bij de eerste bewerking wordt de fictieve accumulatie-hoogte van het materiaal op de zeef berekend, waarna met behulp van de totale accumulatie de relatieve hoeveelheid materiaal op de bewuste zeef wordt berekend. Uit deze berekening volgt dus een relatieve cumulatieve zeefkromme.

Nog een klein probleem:

- Soms slaat VALKOL2 andere labels op voor muisknoppen (4 i.p.v. 2). Het analyse-programma gaat daar uiteraard de mist mee in. Dit kan worden opgelost door alle 4's in de ruwe data te vervangen voor 2's, maar het is eenvoudiger om het label van de muisknop te vervangen in de procedure 'verwerken' van het analyse-programma.

```

(*****)
Function vrijn (ws:real):real; (* methode Van Rijn 1993 *)

(* Hierbij zijn de coëfficiënten van de vergelijkingen <100mu-m en >1000mu-m *)
(* aangepast naar 20.55 en 2.076 met macht 0.7 om de curven op elkaar *)
(* aangesloten te krijgen. *)

Var zelfde,tussen          :real;

BEGIN
  (* write('vrijn ws_in: ',ws:7:5,' '); *)
  zelfde := (ws*ws*ws)/(visco*verschil*9.81);
  if (ws < (8.99e-9/visco)) then
    tussen := sqrt((20.55*visco*ws)/(verschil*9.81))
  else
    if (ws >= 0.1399) then
      tussen := (exp(ln(ws)*(1/0.7)))/(2.8391*verschil*9.81)
    else
      tussen := 0.5*(visco/ws)*(zelfde + sqrt((zelfde*zelfde)+80*zelfde));
  (* write('ds_uit: ',tussen:7:5,' '); *)
  vrijn := tussen;
END;

(*****)
Function slot (ws:real):real; (* methode Slot 1983 *)

Var q, zelfde              :real;

const knul = 0.039; (* Shape factor = 0.7 *)
      keen = 0.4579;
      ktwee = 4.512e-5;

BEGIN
  q := exp(ln(6*sqr(visco)/(pi*verschil*9.81))*0.333);
  (* bolvormig: slot := (9*knul/(verschil*9.81))*ws*(1+sqrt(1+(2*verschil*
      9.81/(9*sqr(knul)*sqr(ws)))*(visco/ws+keen+q))); *)
  zelfde := (verschil*9.81/9)-(2*ktwee*sqr(ws)/q);
  slot := (knul*sqr(ws)/zelfde)*(1+sqrt(1+2*(zelfde/(sqr(knul)*sqr(ws)))*
      (visco/ws+keen*q)));
END;

(*****)
Function gibbs (ws:real):real; (* methode Gibbs 1971, empirisch, cgs units!!! *)

var wscgs, dynviscogs      :real;

BEGIN
  dynviscogs := visco*rhow*1000*1000/100; (* eenheid kg/ms naar cgs *)
  wscgs := 100*ws;
  gibbs := 2*0.01*(1/(981*verschil))* (*correctiefactor 100:cgs 2:straal*)
    ( 0.055804*sqr(wscgs) + sqrt( 0.003114*sqr(wscgs)*sqr(wscgs)+
      981*verschil*( 4.5*dynviscogs*wscgs+0.008705*sqr(wscgs) ) ) );
END;

(*****)
Procedure bestandlengte;

BEGIN
  nummer := 0; soort := 0;
  for nummer := 1 to 99 do
    for soort := 1 to 4 do
      reeks[nummer,soort] := 0;
  fsoort := 0; fractienr := 0;
  for fsoort := 1 to 6 do
    for fractienr := 1 to 7 do
      fractie[fractienr,fsoort] := 0;
  zeefnr := 0; stap := 0;
  for zeefnr := 1 to 23 do
    for stap := 1 to 4 do
      zeef[zeefnr,stap] := 0;
  aantal := 0;
  readln(erin, commentaar);
  readln(erin, lokatie);
  readln(erin, datum);
  readln(erin, tijdstip);
  readln(erin, assen);
  readln(erin, nul);
  while not eof(erin) do
    begin

```

```

        fractie[fractienr,5] := slot(fractie[fractienr,3]);
        fractie[fractienr,6] := gibbs(fractie[fractienr,3]);
(*      write('ws_matrix: ',fractie[fractienr,3]:7:5, ' ');
        writeln('ds_matrix: ',fractie[fractienr,4]:7:5);      *)
    end;
END;

(*****)
Procedure rekenen2; (* berekenen van percentages op standaard zeefdiameters *)

BEGIN
    (* zeefdiameters inlezen uit bestand *)
    readln(erin2, nzeef);
    for zeefnr := 1 to nzeef do
        begin
            readln(erin2, zeefdiam);
            zeef[zeefnr,1] := zeefdiam;
        end;
        reset(erin2);
    (* berekening gemiddelde diameter die op zeef ligt, bovenste zeef 20% hoger *)
    (* tevens kalibratiefactor *)
    zeef[1,2] := 1.2*zeef[1,1]*KALIBRAT;
    for zeefnr := 2 to nzeef do
        zeef[zeefnr,2] := KALIBRAT*((zeef[zeefnr,1] + zeef[(zeefnr-1),1])/2);
    (* toepassing formule van van Rijn, is gecontroleerd en goed *)
    for zeefnr := 1 to nzeef do
        zeef[zeefnr,3] := dvrijn(zeef[zeefnr,2]);
    (* percentage bij valsnelheid zoeken *)
    for zeefnr := 1 to nzeef do
        begin
            (* testen of valsnelheid zeef binnen meetbereik ligt *)
            teller := 0;
            IF zeef[zeefnr,3] > reeks[1,5]
                THEN zeef[zeefnr,4] := 1
            ELSE
                begin
                    IF zeef[zeefnr,3] < reeks[aantal,5]
                        THEN zeef[zeefnr,4] := 0
                    ELSE
                        (* dichtstbijzijnde waarden opzoeken en interpoleren *)
                        begin
                            repeat
                                teller := teller +1;
                            until zeef[zeefnr,3] >= reeks[teller,5];
                            IF zeef[zeefnr,2] = reeks[teller,5]
                                THEN
                                    zeef[zeefnr,4] := (lmax-reeks[teller,3]) / lmax
                                ELSE
                                    begin
                                        lhoog := reeks[teller,3];
                                        llaag := reeks[(teller-1),3];
                                        wslaag := reeks[teller,5];
                                        wshoog := reeks[(teller-1),5];
                                    end
                                (* interpolatie *)
                                zeef[zeefnr,4] := 1-( ( 1- ((zeef[zeefnr,3]-wslaag)/(wshoog-wslaag)) )*(lhoog-llaag)
                                    +llaag) /lmax;
                                end;
                            end; (* of dichtstbijzijnde waarde en interpoleren *)
                        end;
                    end;
                end;
        end;
    END;

(*****)
Procedure wegschrijven;

BEGIN
    write(eruit1,lokatie,',',aantal:2);      (* reeksfile *)
    for teller := 1 to aantal do
        write(eruit1,',',reeks[teller,5]:7:5);
    writeln(eruit1);
    write(eruit2,',',innaam,',',lokatie,',',rhos:4:2);  (* fractiefile *)
    for fractienr := 1 to 7 do
        write(eruit2,',',fractie[fractienr,3]:7:5);
    for fsoort := 4 to 6 do
        for fractienr := 1 to 7 do
            write(eruit2,',',fractie[fractienr,fsoort]:10:8);
        write(eruit2,',', commentaar2);
    writeln(eruit2);
    write(eruit3,',',innaam,',',lokatie,',',lmax:4:2,',');  (* zeeffile *)

```

```
writeln; writeln('Verwerken van ',pad+innaam);
bestandlengte;
verwerken;
rekenen1;
rekenen2;
wegschrijven;
close (erin);
FindNext(DirInfo);
end;
close (eruit1); close (eruit2); close (eruit3); close (erin2);
readln;
END.
```


- 96/3 Van der Wateren-de Hoog, B., Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *Adaptation of a daily weather generator to represent long term precipitation persistence.*
- 96/4 Fehse, J. Universiteit van Amsterdam, Sectie Palynologie en Paleo/Actuo-ecologie: *The Chocó biogeographic region - high levels of biodiversity and endemism threatened in Colombia's Pacific lowland.*
- 96/5 Asselman, N.E.M., Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *Grainsize characteristics used to identify sediment transport pathways on fine grained aggrading floodplains.*
- 96/6 Boer, A. de, Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *(Semi)automatische meetsystemen voor het sedimenttransport in rivieren - literatuurstudie.*
- 96/7 Kleinhans, M.G., Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *Sediment transport in de Nederlandse rijntakken -verwerking metingen 1988-1995 en toetsing transportvergelijkingen.*
- 96/8 Hesselink, A.W., Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *Eilanden en zandbanken in de Rijntakken rond 1850*
- 96/9 Kleinhans, M.G., Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *Sediment transport in the dutch Rhine branches - annual transport and interim sediment budget.*
- 97/1 Asselman, N., van Deursen, W., Kwadijk, J., Middelkoop, H. en C. Wesseling (Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie) van Dijk, P. en F. Kwaad. Universiteit van Amsterdam, Vakgroep Fysische Geografie en Bodemkunde: *Environmental change and the river Rhine, implications for discharge, sediment supply and water management - progress report 1*
- 97/2 Kabout, J.A.H., Hesselink, A.W. en H.J.A. Berendsen, Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *Inventarisatie van de sedimentatie van zand op de oeverwallen van de Waal tijdens het hoog water van februari en maart 1997.*
- 97/3 Kleinhans, M.G., Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *Sedimenttransport in de Waal: betrouwbaarheidsanalyse en meetstrategie.*
- 97/4 Bruinsma, M. en J.C.J. Kwadijk, Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *Uitbreiding Rhine Flow Model 1902 - 1980*
- 97/5 Storms, J. en J.C.J. Kwadijk, Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *Verandering van de kans op extreme afvoeren 1990 - 2100 voor het UKHI klimaat scenario.*
- 97/6 Hoek, W.Z., Vrije Universiteit, Sectie Kwartairgeologie en Laaglandgenese: *Reference list of Late glacial and Early Holocene pollen diagrams from The Netherlands and adjacent parts of Belgium and Germany.*
- 97/7 Kleinhans, M.G., Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *Sedimenttransport in de Waal: hoogwater Maart 1997.*
- 97/8 Wilbers, A., Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *Duinkarakteristieken en dune tracking tijdens een hoogwater in de Rijntakken.*
- 97/9 Ancker, J.A.M. van den en Jungerius, P.D., Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek, Universiteit van Amsterdam, Vakgroep Fysische Geografie en Bodemkunde: *Eolische processen langs de Waal, zomer 1997.*
- 98/1 Wateren, B. van der, Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *Een afvoer model gebaseerd op het probability distributed principe.*
- 98/2 Asselman, N.E.M., Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *The impact of climatic change on suspended sediment transport in the river Rhine*
- 98/3 Buma, J., Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *Finding the most suitable slope stability model for the assessment of the impact of climate change on a landslide in South East France*
- 98/4 Buma, J., Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *The impact of climate change on a landslide in South East France, simulated using different GCM-scenarios and downscaling methods for local precipitation.*

