



Faculteit Ingenieurswetenschappen

Vakgroep

Geologie en Bodemkunde

Voorzitter: Prof. Dr. P. Jacobs

Onderzoek naar de haalbaarheid van densiteitsmeting als methode voor het
bepalen van concentratie van fluviatiel gesuspendeerd sediment

door

Steven Geerinck

Promotor: Prof. Dr. P. Jacobs

Co-promotor: Prof. Dr. F. Mostaert

Scriptiebegeleidster: Lic. E. Vanlierde

Scriptie ingediend tot het behalen van de academische graad van burgerlijk bouwkundig ingenieur

Academiejaar 2005-2006

Voorwoord

Het schrijven van deze scriptie is een ervaring die een stevige plaats heeft verworven in wat binnen enkele jaren zal omschreven worden als een mooie herinnering. Het sluitstuk van mijn opleiding als ingenieur is immers een enorm intense periode gebleken die naast een massa kennis tevens een hoop levenswijsheid met zich meebracht.

Het voorbij jaar heb ik mij ondergedompeld in de wereld van de concentratiebepaling van gesuspendeerd sediment. Een wereld die erg uitgestrekt en divers is gebleken waarbij nog veel te ontdekken valt en waarbij ik slechts een tipje van de sluier heb kunnen oplichten.

Een dergelijke reis maak je niet alleen en bijgevolg ben ik het voorbije jaar met heel wat mensen in contact gekomen die elk op hun manier hun bijdrage hebben geleverd en die dan ook een woord van dank verdienen.

Mijn begeleidster Elin, die het voorbij jaar de sterke vrouw achter deze man was. Samen hebben we een mooie scriptie afgeleverd, de nodige watertjes doorzwommen en bijgevolg een stevige bijdrage geleverd aan mijn persoonlijke ontwikkeling.

Mijn promotor, professor Jacobs, de alom aanwezig helpende hand, die door zijn manier van werken als persoon een diepe indruk heeft nagelaten.

Mijn copromotor, Frank Mostaert, die mij met open armen heeft ontvangen in het Waterbouwkundig Laboratorium.

Jan De Schutter, die met zijn niet aflatende enthousiasme aan de basis ligt van dit onderzoek en tevens alles in het werk stelde om een degelijk onderzoek mogelijk te maken.

De firma's Mettler Toledo en Anton paar, die gratis de nodige apparatuur ter beschikking hebben gesteld. Hierbij wil ik in het bijzonder Steven De Groote van Anton Paar bedanken voor de enorme bereidwilligheid en inzet die hij het voorbije jaar heeft getoond.

Het team op het WL die mij hebben geholpen bij die kleine dingen die al snel vergeten worden maar zonder de welke het onderzoek niet mogelijk zou zijn geweest. In het bijzonder Ivo Milants, voor de geleverde technische bijstand en Ricardo Cours voor het ter beschikking stellen van zijn informatica kennis en infrastructuur.

Last, but certainly not least.. de stuurlied aan wal. Mijn ouders voor het geduldig wachten aan de finish. Mijn vrienden, in het bijzonder Jens, Eva en Karen, die de morele rotsen zijn waarop deze scriptie is gebouwd.

Bedankt allemaal voor dit prachtige jaar en dat nog vele dergelijke jaren mogen volgen...

Steven

De auteur geeft de toelating deze scriptie voor consultatie beschikbaar te stellen en delen van de scriptie te kopiëren voor persoonlijk gebruik.
Elk ander gebruik valt onder de beperkingen van het auteursrecht, in het bijzonder met betrekking tot de verplichting de bron uitdrukkelijk te vermelden bij het aanhalen van resultaten uit deze scriptie.

Onderzoek naar de haalbaarheid van densiteitsmeting als methode voor het bepalen van concentratie van fluviatiel gesuspendeerd sediment

door
Steven Geerinck

Scriptie ingediend tot het behalen van de academische graad van burgerlijk bouwkundig ingenieur

Academiejaar 2005-2006

Promotor: Prof. Dr. P. Jacobs

Co-promotor: Prof. Dr. F. Mostaert

Scriptiebegeleidster: Lic. E. Vanlierde

Faculteit Ingenieurswetenschappen

UGent

Vakgroep: Geologie en Bodemkunde

Voorzitter: Prof. Dr. P. Jacobs

Samenvatting

Rivieren zijn het transportmiddel bij uitstek voor detritisch, autigeen, biogeen gevormd en in rivieren geloosd sediment. Een aanzienlijk deel van dit transport gebeurt terwijl de deeltjes in suspensie zijn. De rivier is sterk gebaat bij een sedimentaanvoer die toereikend doch niet overdreven is.

De huidige technieken ter bepaling van de sedimentconcentratie hebben als belangrijkste nadelen dat ze ofwel vrij arbeids- en kalibratie-intensief zijn of niet de door de onderzoeker gewenste nauwkeurigheid halen.

Een mogelijke oplossing bestaat in het bepalen van de concentratie met behulp van de dichtheid van het water-sedimentmengsel, van het gecentrifugeerd rivierwater en de dichtheid van het sediment zelf. Bij densiteitsmeting op basis van het U-vormig buis principe wordt de dichtheid bepaald aan de hand van de resonantieperiode waarmee een met sediment beladen waterstaal in een U-vormige buis aan het trillen wordt gebracht.

De op dit principe gebaseerde laboratoriumdensiteitsmeter DE51 van Mettler Toledo en algemeen alle densiteitsmeters van dit type, bleken niet in staat om de concentratie nauwkeurig te bepalen. Enerzijds bezonk een deel van het sediment waardoor de meting negatief werd beïnvloed, anderzijds bleek de berekeningsmethode die gebruikt maak van zogenaamde stabiliteiten, de nauwkeurigheid niet ten

goede te komen. Daarnaast kon weinig uitspraak worden gedaan over de werkelijk doorgemeten concentratie gezien de doorgemeten submonster met behulp van een spuit werden genomen.

Concentratiebepaling met behulp van een in-line toestel zoals de DPRn 427 van Anton Paar gaf evenmin de vereiste nauwkeurigheid. De methode bevestigde zijn temperatuurgevoeligheid en het bepalen van de combinatie van de dichtheid van zowel het water-sediment mengsel als het zuivere water bleek de zwakke schakel. Immers de gemeten dichtheid van dit water lag immers consistent lager dan de gekende waarden uit de literatuur. Het toestel was bijgevolg waarschijnlijk niet toereikend gekalibreerd en /of zeer transportgevoelig waardoor een correcte meting niet meer mogelijk was of simpelweg niet in staat om met dergelijke nauwkeurigheid concentraties te bepalen.

Hoewel niet erg nauwkeurige concentraties werden verkregen vertoonde de methode betere resultaten wanneer grote concentraties en grotere korrels werden doorgemeten.

Statistische analyses gingen na of de methode in staat was om, niettegenstaande de foutieve bepaling van concentraties, deze concentraties toch van elkaar te onderscheiden. Deze analyses bleken geen afdoend resultaat te leveren. Sommige concentraties bleken niet significant van elkaar te kunnen worden onderscheiden zelfs niet wanneer de groepering gebeurd op basis van korrelgrootte en de foutieve pieken uit de metingen werden verwijderd.

Wanneer werd gekeken of bij die zelfde metingen een onderscheid maken naargelang de gebruikte korrelgrootte, bleek tegen de verwachtingen van een correct werkend toestel in, dat bepaalde korrelgroottes van elkaar te onderscheiden zijn. Ook dit onderscheid werd gehandhaafd wanneer de groepering gebeurde op basis van concentratie en de foutieve pieken uit de metingen werden verwijderd.

Het lineaire verloop van de gemeten dichtheid in functie van een lineair temperatuursverloop blijkt dus niet te resulteren in concentraties die op zijn minst te onderscheiden zijn. De zwakke schakel zal hier waarschijnlijk alweer te vinden zijn bij de densiteit van het water, die door zijn foutieve waarde de ganse meting in de war stuurt.

De analyse van de nauwkeurigheid van de concentratiebepaling van gesuspendeerd sediment is niet eenvoudig daar de resultaten zeer blijken te variëren naargelang de gebruikte korrelgrootte, concentratie maar vooral de temperatuurgevoeligheid van de methode is een moeilijk factor gezien de meting gebaseerd is op drie dichtheidsmetingen waarvan twee metingen extreem temperatuursgevoelig zijn.

Kernwoorden: SSC, densiteit, U-vormige buis

Investigating density measurements as a means of determining suspended sediment concentrations in aquatic environments.

Steven Geerinck

Supervisor(s): Patric Jacobs, Frank Mostaert

I. Introduction

Obtaining accurate suspended sediment concentration is a labour-intensive, time-consuming and expensive enterprise. It entails sampling and laboratory analysis or continuous monitoring of certain proxies (e.g. turbidity). This study investigates if a less expansive three-step method, based on in-situ density measurements is a valid alternative. In the first step, river water, containing sediment in suspension, is pumped into the density meter, thus determining the density of the water-sediment mixture. In the second step, the river water is previously centrifuged, causing a separation of sediment and water, before being pumped into the density meter. The third step in the determination of the density of the sediment. The combination of the density measurements of the mixture, the pure water and the sediment, results in a density of the sediment present in the water, which can be translated into suspended sediment concentrations.

II. Density meters

Two types of density meters are used in this study. Their measuring principle is based on harmonic oscillation. An U-tube with a known volume is forced to oscillate. The period of oscillation is directly related to the density of the content of the U-tube. The density measurements are conducted with an accuracy of 1.10^{-5} g/cm^3 .

The first instrument is the Mettler Toledo DE51 (see Figure 1), which is a laboratory density meter. The nature of this instrument makes it obligatory to insert the samples with a needle, thus introducing an uncertainty about the injected concentration. The advantage of this type of density meter is the fact that it measures at a certain chosen temperature, i.e. 20°C.



Figure 1: DE51

The second instrument is the Anton Paar DPRn427, which is an in-line density meter. The density is measured while the sample is circulated by a pump (set-up see Figure 2). The registration of the density is at the sample temperature. Therefore it is necessary to have the density of pure water in order to obtain the concentration.

This study examines the influences of variation in concentration and grain size of the sediment in suspension.

III. Results

The DE51 appeared to be inappropriate for measuring suspended sediment concentrations. Faulty measurements were obtained because of sinking sediment in the U-tube. Also the calculation of the density by the use of stability (specifically related to this kind of device) introduces major faults.

The DPRn427 appeared to give water density values which were consistently lower than those found in the literature. Nevertheless, there is a tendency that the accuracy of the measurement improves when higher concentrations and greater grain sizes are used.



Figure 2: Experimental set-up with DPRn427

IV. Statistical analysis

Statistical analysis took measure of the ability of the density meter to make a difference between the samples differing in the parameter “concentration” and those differing in the parameter “grain size”. The expectations of a properly working device is that samples with an equal concentration but different grain sizes, aren’t distinct. For samples with equal grain sizes but different concentrations, there should be a distinction. Nevertheless, the results proved that in certain cases there was a distinction of the concentration for samples with the

same concentration and different grain sizes and that there was no distinction of the concentration for samples with equal grain sizes but different concentrations.

V. Conclusion

The analysis of density measurement as a means of determining sediment concentrations is not uncomplicated. The results appear to vary significantly depending on the chosen grain size and concentration, whereas the temperature sensitivity of the density plays a very important role. Further research is therefore necessary before any conclusion on the usability of this method can be made.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author would like to thank P. Jacobs, F. Mostaert, J. De Schutter, E. Vanlierde and the many other people who contributed to the realisation of this research.

Inhoudstafel

1	Hoofdstuk 1: Doelstelling en overzicht.....	5
1.1	Doelstelling	5
1.2	Kort overzicht van de verschillende hoofdstukken	5
2	Sedimenttransport	7
2.1	Definities.....	7
2.2	Belang van sedimenttransport.....	7
2.3	Bronnen van sedimenttransport.....	8
2.4	Classificatie van sedimenttransport.....	9
2.5	Suspensietransport	10
2.5.1	Fysische achtergrond	10
2.5.2	Kwantificering van suspensietransport [7].....	11
3	Kwantificatie van sedimentlading – stand van zaken	14
3.1	Inleiding	14
3.2	Waterdebiet (Q).....	14
3.2.1	Debiet- en snelheidsmetingen	15
3.2.2	Waterpeilmetingen	16
3.3	Sedimentconcentratie (SSC)	16
3.3.1	Monsternamen versus proxy's	17
3.3.1.1	Staalnamen.....	17
3.3.1.1.1	Isokinetische / niet-isokinetische bemonstering.....	17
3.3.1.1.2	Puntstalen	18
3.3.1.1.2.1	Pompsampler	18
3.3.1.1.2.2	Sedimentval	19
3.3.1.1.2.3	Oppervlakte-staalnamen	20
3.3.1.1.3	Breedte- en dieptegeïntegreerde stalen.....	20
3.3.1.1.4	Bemonsteringsfrequentie.....	22
3.3.1.1.5	Voor- en nadelen van samplers	23
3.3.1.1.6	Laboverwerking [18].....	24
3.3.1.1.6.1	Evaporatie	24
3.3.1.1.6.2	Filtratie.....	24
3.3.1.1.6.3	Centrifugering.....	25
3.3.1.1.6.4	Voor- en nadelen van laboverwerkingsmethodes	26
3.3.1.2	Proxy's.....	27

3.3.1.2.1	Akoestische methode.....	27
3.3.1.2.1.1	Meetprincipe	27
3.3.1.2.2	Turbiditeit.....	28
3.3.1.2.2.1	Meetprincipe	28
3.3.1.2.2.2	IJkingscurve.....	29
3.3.1.2.3	Voor- en nadelen [24]	30
3.3.2	Turbiditeit gecombineerd met staalname	31
3.3.3	Sedimentmeetnet van het WL.....	31
3.4	Conclusie.....	33
4	Bepaling van sedimentconcentratie via densiteitsmeting.....	34
4.1	Inleiding	34
4.2	Methode	34
4.2.1	Voordelen van bepalen van sedimentconcentratie via densiteit.....	34
4.2.2	Formule	34
4.2.3	Parameters.....	36
4.2.3.1	Densiteit van het water-sedimentmengsel, ρ_f	36
4.2.3.2	Densiteit van het water zonder sediment, ρ_w	37
4.2.3.3	Densiteit van het sediment, ρ_s	37
4.2.3.4	Samenvatting	38
4.2.3.5	Gevoeligheid van de methode	39
4.2.4	Toepassing	40
5	Densiteitsmeters.....	42
5.1	Inleiding	42
5.2	Dichtheidsmeting	42
5.2.1	Pycnometer en aerometer	42
5.2.2	Oscillerende U-vormige buis	44
5.2.2.1	Fysische achtergrond: resonantie [19].....	44
5.2.2.2	Meetprincipe	45
5.2.2.3	Invloedsfactoren	47
5.2.2.3.1	Dichtheid	47
5.2.2.3.2	Temperatuur	48
5.2.2.3.3	Viscositeit.....	49
5.2.2.3.4	Andere invloeden	50
5.2.3	Dichtheidsmeter met oscillerende U-vormige buis.....	50
5.2.3.1	DE51 – Mettler Toledo.....	50
5.2.3.1.1	Specificaties en toepassingsgebied.....	50
5.2.3.1.2	Berekeningsmethode densiteit.....	51

5.2.3.1.3	Temperatuurscontrole.....	52
5.2.3.2	DPRn427	54
5.2.3.2.1	Specificaties en toepassingsgebied.....	54
5.2.3.2.2	Berekeningsmethode densiteit.....	54
5.2.3.2.3	Temperatuurscontrole.....	55
5.2.3.3	Toepassingsgebied.....	55
5.2.3.4	Conclusie	56
6	Parameters.....	57
6.1	Inleiding	57
6.2	Korrelgrootte.....	57
6.2.1	Belang van korrelgrootte.....	57
6.2.2	Korreldiameter	58
6.2.3	Classificatie volgens korreldiameter [5]	59
6.2.4	Korrelgroottevariatie in Vlaamse rivieren	59
6.3	Concentratie	60
6.3.1	Belang van concentratie	60
6.3.2	Concentratievariatie in Vlaamse rivieren.....	61
6.4	Dichtheid.....	62
6.4.1	Belang van dichtheid.....	62
6.4.2	Dichtheidsvariatie van water [36] [37]	63
6.4.3	Dichtheidsvariatie van sediment [38]	65
6.4.3.1	Kwarts.....	65
6.4.3.2	Kleimineralen	65
6.4.3.3	IJzeroxyden en -hydroxyden.....	65
6.5	Temperatuur	66
6.6	Flocculatie.....	66
6.6.1	Ontstaan en samenstelling [39] [40]	66
6.6.2	Vlokdensiteit [39] [40].....	67
6.6.3	Vlokgrootte [39] [40].....	68
7	Meetresultaten en analyse	69
7.1	Inleiding	69
7.2	Overzicht van de uitgevoerde experimenten	69
7.3	Standaarden	72
7.3.1	Preparatie standaarden	72
7.3.2	Middelbare fout standaarden versus gevoeligheid methode	75
7.4	Experimenteel onderzoek.....	76
7.4.1	DE 51	76

7.4.1.1	Proefopstelling.....	76
7.4.1.2	Resultaten	77
7.4.1.3	Conclusie	79
7.4.2	DPRn427.....	79
7.4.2.1	Proefopstelling.....	79
7.4.2.2	Waterdichtheid.....	81
7.4.2.3	Resultaten	84
7.4.2.3.1	Manuele logging.....	84
7.4.2.3.1.1	Concentratie.....	85
7.4.2.3.1.2	Conclusie	88
7.4.2.3.1.3	Korrelgrootte.....	88
7.4.2.3.1.4	Conclusie	92
7.4.2.3.2	Automatische logging	92
7.4.2.3.2.1	Concentratie en korrelgrootte	92
7.4.2.3.2.2	Conclusie	96
7.5	Statistische analyse.....	96
7.5.1	Variantie tussen de verschillende concentraties.....	97
7.5.2	Variantie tussen de verschillende korrelgroottes	99
7.5.3	Variantie tussen de verschillende concentraties per korrelgrootte.....	100
7.5.4	Onderscheid korrelgrootte per concentratie	103
7.5.5	Onderscheid concentratie met filter op korrelgrootte en filtratie pieken op 0,00005	107
7.5.6	Onderscheid korrelgrootte per concentratie met filter 0,00005	111
7.5.7	Onderscheid concentratie per korrelgrootte en filtratie pieken op 0,00003.....	114
7.5.8	Onderscheid korrelgrootte per concentratie en filtratie pieken op 0,00003.....	117
7.5.9	Conclusie.....	119
8	Algemeen besluit.....	121

1 Hoofdstuk 1: Doelstelling en overzicht

1.1 Doelstelling

Een nauwkeurige concentratiebepaling van fluviatiel gesuspendeerd sediment speelt een belangrijke rol in het hedendaags rivierbeleid. De vraag naar technieken die nauwkeurigheid en continuïteit in de tijd combineren, is bijgevolg erg groot. De op dit moment gekende en toegepaste methodes blijken echter duur, tijdrovend en bijzonder intensief te zijn. De verbetering van huidige en de ontwikkeling van nieuwe technieken blijft daarom brandend actueel.

In die optiek, wordt in dit werk een mogelijk alternatief verkend voor de kwantitatieve bepaling van sedimentconcentraties, namelijk één dat gebaseerd is op het doorpompen van water door een dichtheidsmeter om hieruit rechtstreeks de concentratie af te leiden. Deze scriptie gaat na of deze methode in staat is om aanvaardbaar nauwkeurige resultaten te genereren, welke parameters een invloed uitoefenen en welke eventuele beperkingen deze methode met zich meebrengt.

1.2 Kort overzicht van de verschillende hoofdstukken

Het hoofdstuk 'Sedimenttransport' situeert het suspensietransport binnen de sedimentproblematiek. De noodzaak om over een nauwkeurig beeld van het suspensietransport te beschikken wordt aangekaart en de praktische bepaling van dit transport wordt bekeken.

Aansluitend gaat het hoofdstuk 'Kwantificatie van sedimentlading – stand van zaken' dieper in op de bepaling van de concentratie aan gesuspendeerd sediment. De meest toegepaste technieken en hun meetprincipes worden uiteengezet alsook de voor- en nadelen en/of beperkingen die deze meetmethodes inhouden.

Na de uiteenzetting van deze gekende methodes, verschuift de aandacht in het hoofdstuk 'Bepaling van sedimentconcentratie via densiteitsmeting' naar concentratiebepaling op basis van opgemeten dichtheden. Hier komen het potentieel en de gevoeligheid van deze methode aan bod alsook een bespreking van de hiervoor vereiste parameters.

Het hoofdstuk 'Densiteitsmeting' bekijkt het principe van de oscillerende U-vormige buis, het werkingsprincipe van de gebruikte densiteitsmeters. Tevens worden deze twee apparaten en hun specificaties toegelicht.

Daarna geeft het hoofdstuk 'Parameters' een overzicht van de parameters die mogelijk de nauwkeurigheid van de methode beïnvloeden. Respectievelijk korrelgrootte, concentratie, temperatuur en flocculatie worden besproken.

In het hoofdstuk 'Meetresultaten en analyse' worden de gedane proeven uiteengezet en wordt uitvoerig ingegaan op de verkregen resultaten en de conclusies die hieruit te trekken zijn.

Het hoofdstuk 'Algemeen Besluit' tenslotte, vat de belangrijkste bevindingen en conclusies samen.

2 Sedimenttransport

2.1 Definities

Een grondig en onderbouwd inzicht in de sedimentproblematiek start met een stevige basis. Daarom worden drie fundamentele begrippen gedefinieerd, vertaald uit het Engels, zoals zij in de ‘Glossary of Geology’ [1] staan beschreven.

Sediment: Vast fragmentair materiaal dat ontstaat door verwerking van gesteenten en dat is getransporteerd of afgezet door lucht, water of ijs of dat accumuleert door andere natuurlijke agenten zoals chemische neerslag uit oplossing of afscheiding van organismen en dat zich vormt aan de oppervlakte van de Aarde bij gewone temperaturen in een losse ongeconsolideerde vorm. Voorbeelden zijn zand, grint en leem. Strikt genomen is dit een vast materiaal dat zich heeft afgezet uit suspensie in een vloeistof. In het enkelvoud wordt de term meestal gebruikt voor materiaal dat in water in suspensie wordt gehouden of dat recent werd afgezet uit suspensie. In het meervoud wordt de term aangewend om alle soorten van afzettingen aan te duiden en verwijst daarbij naar essentieel niet-geconsolideerde materialen.

Erosie: Het algemene proces of de groep processen waarbij materialen van de aardkorst worden los gemaakt, opgelost of uitgeschuurd en tegelijkertijd verplaatst van één plaats naar een ander door natuurlijke handelingen zoals verwerking, oplossing, corrosie en transport, meestal zonder materiaalverlies. Specifiek is dit de mechanische afbraak van land en het verwijderen van materiaal (zoals grond) door stromend water (ook regen), golven en stroming, bewegend ijs en wind.

Sedimenttransport: De beweging en afvoer van sediment door natuurlijke krachten, meer bepaald het vervoeren van een lading in de stroom door suspensie, saltatie, oplossing of tractie.

2.2 Belang van sedimenttransport

Erosie en het transport van geërodeerd materiaal zijn processen die wereldwijd meer en meer de aandacht trekken. Rivieren transporteren immers tonnen aan gesuspendeerd sediment. In 2000 werd in het Scheldebekken alleen al 775 000 ton sediment [2] vervoerd. Het evenwicht handhaven tussen een toereikende aan- en afvoer van sediment is echter niet vanzelfsprekend, doch van zeer groot belang.

Aangezien sediment bijdraagt tot het in stand houden van de structuur van een rivier, is deze niet gebaat bij een gebrekkige aanvoer. Zonder voldoende sedimentaanvoer worden de oevers onder

invloed van de stroming immers uitgehold en wordt het rivierprofiel ernstig aangetast. Ook de aan de rivier grenzende vruchtbare wetlands zouden verdwijnen aangezien zij deze vruchtbaarheid danken aan de aanvoer van sedimentrijk water bij overstroming. Stranden zouden eveneens schadelijke gevolgen ondervinden. Strandafslag door winderosie neemt immers enorme proporties aan wanneer deze niet gecompenseerd wordt door een toereikende sedimentafzetting.

Aan de andere kant is een overvloed aan sediment ook niet gewenst. De massa sediment die getransporteerd wordt, bezinkt immers niet altijd op de gewenste plaatsen. Bezinkend sediment verkleint de beschikbare doorsnede en kan bijgevolg problemen veroorzaken met de waterafvoer of de scheepvaart. Vanuit economisch standpunt is een degelijk baggerbeleid dan ook onmisbaar.

Het gigantische economische aspect is niet de enige factor die een exacte kennis over het sedimenttransport onmisbaar maakt. Op ecologisch vlak zijn er tevens niet te verwaarlozen gevolgen. De sedimentstroom voert namelijk een massa polluenten en nutriënten met zich mee. Derhalve blijft de invloed van een puntvervuilingsbron niet lokaal, maar strekt deze zich uit over grote gebieden.

Overmatige aanwezigheid van voedingstoffen heeft effecten op bepaalde plantensoorten die daardoor sterk in aantal toenemen ten koste van andere soorten. Een klassiek voorbeeld is de algenbloei bij overmatige fosfaat- en nitraataanvoer. De zuurstofhuishouding in de rivier wordt door deze algenbloei verstoord waardoor te weinig zuurstof beschikbaar blijft voor andere organismen (planten, vissen e.d.). Ook het biologisch evenwicht in de rivier is bijgevolg sterk afhankelijk van de aan- en afvoer van sediment.

Het is duidelijk dat een exact beeld van het sedimenttransport onontbeerlijk is. De werkelijke transporten worden dan ook zoveel mogelijk in kaart gebracht. Deze gegevens liggen aan de basis van een efficiënte modellering die inzicht verschaft in de dynamiek, oorzaken en bepalende factoren van het sedimenttransport en die een onmisbaar gegeven is voor een sedimentbeleid waar dweilen met de kraan open wordt vermeden.

2.3 Bronnen van sedimenttransport

Een degelijk beleid is echter niet mogelijk zonder een gedegen kennis met betrekking tot de aanvoer van het sediment. In natuurlijk waterlopen worden vier grote ‘bronnen’ onderscheiden, die het water met sediment beladen.

Een eerst bron is detritisch materiaal [1]. Dit is een verzamelterm voor alle losse stukken gesteente en mineralen die uitgeschuurd en verplaatst worden van hun oorspronkelijke locatie. Het betreft zowel deeltjes die onder invloed van afvloeiend regenwater en wind van de omliggende gronden worden uitgespoeld als deeltjes die door bodem- en oevererosie in de rivier terecht komen.

Een andere bron is biogeen sediment [1] dat voortkomt uit de fysiologische activiteiten van organismen (zowel plant als dier). Dit sediment is meestal opgebouwd uit silicaten of uit calciumcarbonaat zoals bijvoorbeeld kalksteen.

Daarnaast worden heel wat opgeloste stoffen meegevoerd met het grondwater dat opwelt in de rivier waardoor op autigene manier (in de waterloop zelf) sediment ontstaat. Een typerend voorbeeld is het Nete-bekken [3] waar een aanzienlijke ijzervlokvorming is waargenomen ten gevolge van grondwater dat aangerijkt is door de ijzerrijke Diestiaanzanden.

Tot slot kan sediment via lozingen in de waterloop terechtgekomen. Dit omvat al het zwevend materiaal afkomstig van RWZI's (RioolWaterZuiveringsInstallatie), industriële waterzuiveringsinstallaties, gezinnen die niet op het rioleringsnet zijn aangesloten en de riooloverstorten die bij zeer hevige regenval ongezuiverd water de rivier insturen.

2.4 Classificatie van sedimenttransport

Eens het sediment in de rivier aanwezig is, zal dit ofwel bezinken ofwel getransporteerd worden. Dit 'sedimenttransport' dekt echter vele ladingen. Afhankelijk van het transportmechanisme en de oorsprong van het sediment, wordt het transport in verschillende klassen ingedeeld (tabel 2.1).

	Classificatie	
	Gebaseerd op transportmechanisme	Gebaseerd op Oorsprong
Wash load	Suspensietransport	Wash load
Gesuspendeerd bedmateriaal	Suspensietransport	Bodemmateriaaltransport
Bodemtransport	Bodemtransport	Bodemmateriaaltransport

Tabel 2.1: Classificatie van sedimenttransport overgenomen van [4]

Wanneer een indeling op basis van transportmechanisme wordt gehandhaafd, worden twee types transport onderscheiden: bodemtransport en suspensietransport. Bodemtransport omvat alle materiaal uit de bedding dat zich al rollend, glijdend of door middel van saltatie over de bedding voortbeweegt, terwijl suspensietransport het transport van vast materiaal omvat dat zich in suspensie in het water bevindt. In paragraaf 2.5 wordt dit laatste type uitvoerig besproken.

Op basis van de oorsprong kan het sedimenttransport ingedeeld worden in bodemmateriaaltransport en wash load. Het eerste type transport omvat het bodemmateriaal dat ofwel over de bodem ofwel in suspensie wordt meegevoerd. Het tweede type omvat fijne deeltjes die continu in suspensie blijven en nooit de bodem zullen bereiken waardoor ze niet tot het bodemmateriaal gerekend kunnen worden. Volgens Van Rijn [4] zijn alle korrels kleiner dan 50 µm te classificeren bij 'wash load' en alle grotere

korrels als bodemmateriaaltransport. In deze scriptie slaat de term suspensietransport op de combinatie van 'wash load' en gesuspendeerd bodemmateriaal.

2.5 Suspensietransport

2.5.1 Fysische achtergrond

Alle deeltjes in suspensie met een dichtheid groter dan water bezinken als gevolg van gravitationele krachten. Voor homogene, ronde sedimentpartikels definieerde Stokes de bezinkingsnelheid w_s [5]:

$$w_s = \frac{\left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1\right) \cdot g \cdot d^2}{18 \cdot \nu} \quad (\text{Re} < 0,5) \quad (2.1)$$

met ρ_s = natte massadichtheid van het deeltje (g/cm³)

ρ_w = massadichtheid van water (g/cm³)

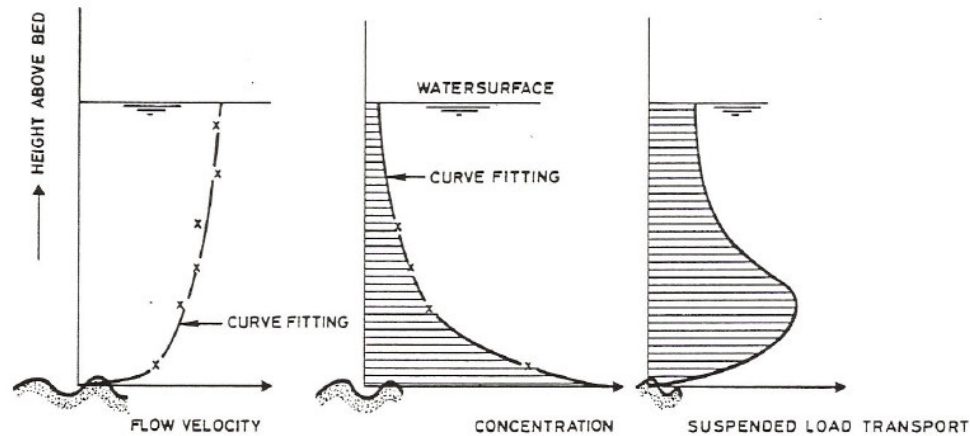
d = diameter van het partikel (m)

ν = kinematische viscositeit van water (Pa.s)

g = valversnelling (9,81 m/s²).

De diameter d van de korrels is bijgevolg de bepalende parameter. Grote deeltjes bezinken dus sneller dan kleine deeltjes. Aangezien de concentratie op een bepaalde diepte op een verticale doorsnede in een laminaire stroming constant is, moet het bezinken van die deeltjes op elk niveau worden tegengewerkt door een opwaartse flux van deeltjes. Deze flux is het gevolg van een op natuurlijk wijze ontstane concentratiegradiënt. De steilheid van deze gradiënt is van dien aard dat de concentratie aan deeltjes die door turbulentie opwaarts bewegen net groter is dan de concentratie aan deeltjes die door turbulentie neerwaarts bewegen. De netto opwaartse flux die hierdoor ontstaat, houdt de neerwaartse flux door bezinking in evenwicht [6].

2.5.2 Kwantificering van suspensietransport [7]



Figuur 2.1: Snelheids-, concentratieverloop en suspensietransport langs een verticale in een permanent regime [4]

De vraag is bijgevolg hoe het aantal deeltjes dat in suspensie getransporteerd wordt, kan berekend worden. Wanneer wordt gestart met een elementair oppervlak dA in de dwarsdoorsnede dan is het suspensietransport doorheen dit oppervlak gegeven door:

$$C_f \cdot U \cdot dA \quad (2.2)$$

met C_f = concentratie van sediment in suspensie in het elementaire plaatselijke volume
 U = snelheid van de sedimentdeeltjes doorheen het elementair plaatselijke oppervlak dA ;
 praktisch wordt deze snelheid gelijk aan de watersnelheid gesteld.

Figuur 2.1 geeft de relatie (2.2) weer waarbij het suspensietransport per oppervlakte-eenheid het product van de concentratie en de snelheid is. Het suspensietransport doorheen de gehele doorsnede A volgt dan logischerwijze uit de integratie van dit product (2.2) over A :

$$S = \int_A C_f \cdot U \cdot dA \quad (2.3)$$

Een nauwkeurige bepaling van de suspensieflux vereist bijgevolg de kennis van de concentratie in een voldoende aantal punten in combinatie met de snelheid in die punten. Een oplossing voor dit probleem is het nemen van een monster met behulp van een sampler die tegen een constante snelheid wordt neergelaten zodanig dat de hoeveelheid water die binnenstroomt in de sampler evenredig is met de snelheid op die hoogte, een zogenaamde diepte-integrerende sampler (zie 3.3.1.1.3). Stel dat een

monster wordt genomen met een dergelijke sampler in een sectie met een éénheidsbreedte, dan bedraagt de suspensielading in deze sectie:

$$S = \int_0^d C_f \cdot U \cdot dy \quad (2.4)$$

met d = diepte van de rivier in de beschouwde sectie.

De waarde van deze integraal (2.4) moet gelijk zijn aan het product van de gemiddelde flux per eenheid van oppervlakte vermenigvuldigd met de oppervlakte van deze sectie ofwel:

$$S = \overline{C \cdot U} \cdot d \quad (2.5)$$

Het staal dat met behulp van die diepte-integrerende sampler werd genomen, bevat een hoeveelheid water:

$$\int_0^t U \cdot A_s \cdot dt \quad (2.6)$$

met A_s = opening van de sampler

De hoeveelheid sediment die in de sampler zit, is:

$$\int_0^t C \cdot U \cdot A_s \cdot dt \quad (2.7)$$

zodat het quotiënt van (6) en (7) de gemiddelde concentratie in de sampler geeft:

$$\overline{C_s} = \frac{\int_0^t C \cdot U \cdot A_s \cdot dt}{\int_0^t U \cdot A_s \cdot dt} \quad (2.8)$$

Aangezien de snelheid waarmee de sampler wordt neergelaten constant is, geldt eveneens dat:

$$v = \frac{y}{t} \Rightarrow dt = \frac{dy}{v} \quad (2.9)$$

met v = snelheid waarmee de sampler wordt neergelaten.

Wanneer (2.9) in (2.8) wordt gesubstitueerd, geeft dit een gesuspendeerde sedimentconcentratie :

$$C_s = \frac{\int_0^d C \cdot U \cdot dt}{\int_0^d U \cdot dt} = \frac{\overline{C \cdot U}}{\overline{U}} \quad (2.10)$$

Ingevuld in (2.5) geeft deze uitdrukking:

$$S = C_s \cdot \overline{U} \cdot d \quad (2.11)$$

waarmee een handige uitdrukking wordt bekomen om het suspensietransport in een sectie met een éénheidsbreedte te bepalen uitgaande van de concentratie gemeten met de sampler, de gemiddelde snelheid in die sectie en de diepte.

3 Kwantificatie van sedimentlading – stand van zaken

3.1 Inleiding

Relatie (3.1) legt het verband tussen suspensietransport enerzijds en gesuspendeerde sedimentconcentratie en stroomsnelheid anderzijds in een sectie met éénheidsbreedte:

$$S = C_s \cdot \bar{U} \cdot d \quad (3.1)$$

In dit hoofdstuk worden de meest gangbare technieken bekeken om deze grootheden te bepalen en wordt nagegaan met welke nauwkeurigheid dit gepaard gaat. Eerst wordt debietsbepaling ($\bar{U} \cdot d$) aan de hand van snelheids- en peilmetingen besproken, waarna concentratiebepaling (C_s) op basis van staalname, turbiditeit en akoestische meting aan bod komt.

3.2 Waterdebiet (Q)

Debiet is het product van de stroomsnelheid U in een sectie en de oppervlakte A van deze doorsnede:

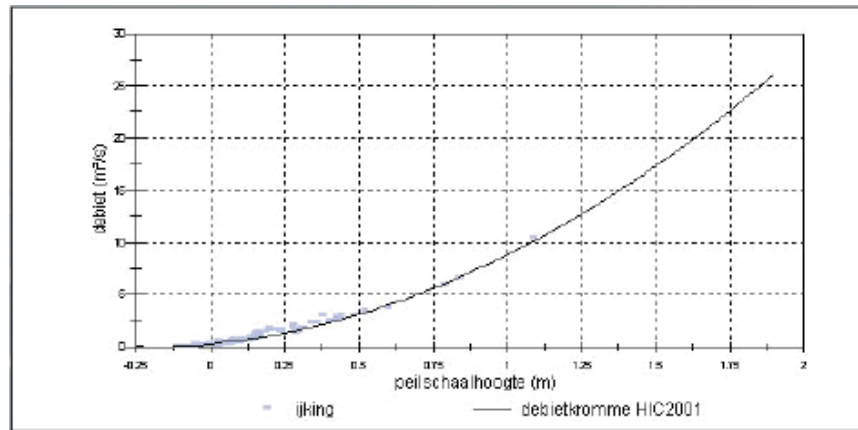
$$Q = U \cdot A \quad (3.2)$$

met Q = debiet (m^3/s)

A = oppervlakte van de sectie (m^2)

U = gemiddelde snelheid in de sectie (m/s)

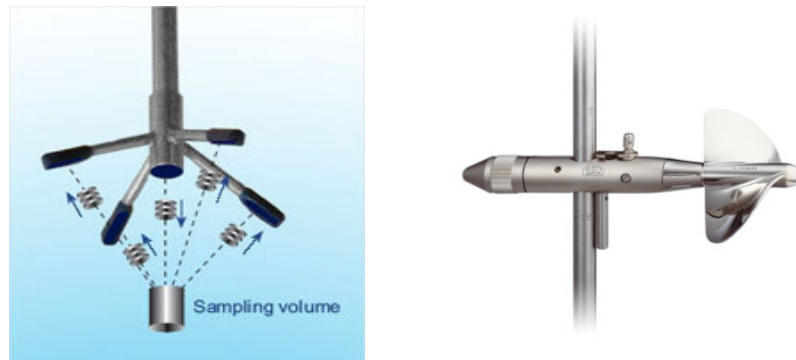
De debietsbepaling zal bijgevolg bestaan uit het bepalen van de watersnelheden op verschillende dieptes op vast gekozen verticalen in de dwarsdoorsnede, waardoor het debiet is gekend doorheen elk van de oppervlakken die deze meetpunten vertegenwoordigen. Dergelijke metingen worden een groot aantal keer uitgevoerd bij verschillende peilhoogtes (zowel hoog als laag). Voor secties waarvan de doorsnede geen grote veranderingen ondergaat, kan daaruit een debietkromme opgesteld worden. Een dergelijke kromme zet verschillende debietcondities (Q) uit in functie van de waterhoogte (H) zodat de bepaling van het debiet slechts 1 variabele meer vereist (figuur 3.1).



Figuur 3.1: Debietkromme van de Maarkebeek te Leupegem [8]

3.2.1 Debiet- en snelheidsmetingen

Het bepalen van stroomsnelheden kan op verschillende manieren gebeuren. Een eerste methode steunt op het gebruik van een mechanische snelheidsmeter (onder meer door WL gebruikt) die gericht wordt naar de stroming (zie figuur 3.2(a)). De snelheid waarmee de nauwkeurig gekalibreerde propeller roteert is in dit geval proportioneel aan de stroomsnelheid.



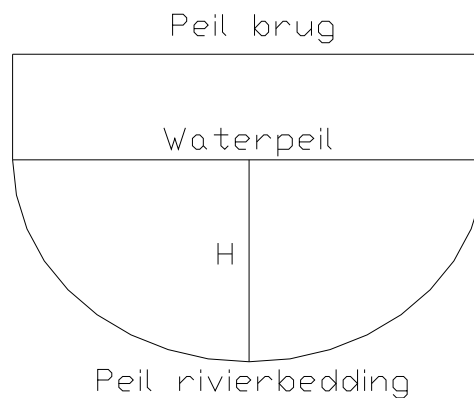
Figuur 3.2 (a en b): Akoestische (a) en mechanische (b) snelheidsmeter [9] [10]

Een tweede techniek baseert zich op het Dopplereffect. Wanneer zender en ontvanger namelijk relatief ten opzicht van elkaar bewegen, zal de ontvanger een andere frequentie waarnemen dan degene die werd uitgezonden. Figuur 2.2(b) toont een snelheidsmeter die op dit principe gebaseerd is. De zender bevindt zich in het midden en stuurt een signaal uit waarna de ontvangers de weerkaatsing van dit signaal door de waterdeeltjes opvangen.

Beide toestellen kunnen van op een brug neergelaten worden om zo de snelheden te bepalen op verschillende dieptes langsheen geselecteerde verticalen.

3.2.2 Waterpeilmetingen

Daarnaast moet ook de waterhoogte (H) bepaald worden. Die hoogte wordt gehaald uit het verschil van het waterpeil en de bodem van de rivier (figuur 3.3).



Figuur 3.3: Bepaling van de waterhoogte voor een geselecteerde verticale

In het meetnet van het WL wordt een dubbel systeem gebruikt om waterpeilen te meten. Ten eerste wordt een ultrasone peilmeter gebruikt. Dit toestel, meestal onderaan een brug bevestigd, zendt op vaste tijdstippen een akoestisch signaal uit dat door het water gereflecteerd wordt. Uit het tijdsverschil tussen het uitzenden van het signaal en het opvangen van zijn weerkaatsing kan de afgelegde afstand van het signaal berekend worden. Het waterpeil volgt dan uit het verschil van het gekende peil van de brug en deze afstand.

Daarnaast wordt eveneens een meetbaak geplaatst waarop het peil rechtstreeks kan worden afgelezen. Deze meetbaak is geijkt ten opzicht van een referentiepeil zodat het waterpeil ondubbelzinnig kan worden bepaald. De meetbaak dient voornamelijk ter validatie van de waarden verkregen door de ultrasone peilmeter.

3.3 Sedimentconcentratie (SSC)

Naast debiet dient ook de gesuspendeerde sedimentconcentratie (SSC) bepaald te worden om het suspensietransport te begroten. De gekozen techniek om SSC te bepalen moet in staat zijn om met een

toereikende nauwkeurigheid de werkelijk aanwezige concentratie weer te geven. Daarnaast is een representatief beeld ook sterk afhankelijk van het tijdstip van de meting. Het suspensietransport varieert immers niet alleen over de dwarsdoorsnede, maar vertoont ook in de tijd enorme schommelingen. Tijdens storm en hevige regenval treedt een veel grotere afvoer van sediment en debiet op. Deze events zijn meestal zeer kortstondige gebeurtenissen waarbij een belangrijk deel van het totale jaarlijkse suspensietransport wordt afgevoerd. In het Zwalmbekken bijvoorbeeld werd vastgesteld dat maar liefst 63% van het jaarlijks transport bij 1 à 2% van de debieten werd getransporteerd [11]. Een belangrijk deel van dat transport gaat bijgevolg verloren indien tijdens deze piekdebieten geen meting wordt uitgevoerd.

3.3.1 Monstername versus proxy's

Een mogelijk manier om SSC te begroten is het bemonsteren van een waterstaal, waarna de concentratie in het laboratorium door weging wordt begroot (3.3.1.1). Een andere methode is gebaseerd op het monitoren van proxy's (3.3.1.2) waarbij de concentratie volgt uit het opgestelde verband tussen deze proxy's en de gesuspendeerde sedimentconcentratie.

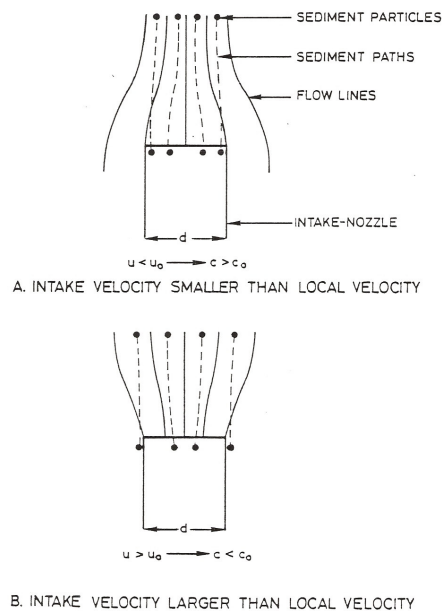
3.3.1.1 Staalname

Bij concentratiebepaling op basis van staalname worden de gebruikte methodes ingedeeld in puntmetingen en dieptegeïntegreerde metingen. Puntstalen geven slechts de concentratie in een specifiek punt en zeggen bijgevolg weinig over de concentratie van de gehele doorsnede. Daarom zal deze meting steeds met een coëfficiënt gecorrigeerd worden om de gemiddelde concentratie van de gehele dwarsdoorsnede te bepalen. Die coëfficiënt wordt gehaald uit een breedte- en dieptegeïntegreerde bemonstering waaruit de gemiddelde concentratie aan gesuspendeerd sediment van de doorsnede kan afgeleid worden.

3.3.1.1.1 Isokinetische / niet-isokinetische bemonstering

Een sampler moet in staat zijn om een monster te nemen waarvan de concentratie representatief is voor de werkelijk aanwezige concentratie, losstaand van het feit of het een punt- dan wel een breedte- en dieptegeïntegreerde meting betreft. Een noodzakelijke voorwaarde is daarom dat de bemonstering isokinetisch wordt uitgevoerd. Dit houdt in dat de instroomsnelheid van de sampler gelijk is aan de stroomsnelheid van de beschouwde rivier. Verschillen in snelheid leiden immers tot fouten. Wanneer

de instroomsnelheid lager is dan de stroomsnelheid van de rivier, wordt een hogere concentratie verkregen dan werkelijk aanwezig is. De stroomlijnen divergeren namelijk omheen de inlaat van het meetinstrument. De lichte korrels kunnen deze afbuiging van de stroming perfect volgen, maar de zwaardere deeltjes niet. Een hogere instroomsnelheid resulteert dan weer in een onderschatting van de concentratie. In dit geval is er immers convergentie van de stroomlijnen naar de inlaat toe. De zwaardere deeltjes zijn alweer niet in staat deze verandering te beantwoorden en behouden hun oorspronkelijk traject waardoor meer lichte dan zware deeltjes doorgemeten zullen worden zoals in figuur 3.4 grafisch weergegeven is.



Figuur 3.4: Niet-isokinetische bemonstering [4]

3.3.1.1.2 Puntstalen

3.3.1.1.2.1 Pompsampler

Een eerste methode voor het nemen van een puntstaal is met behulp van een automatische pompsampler. De pomp, die zich op de oever bevindt, is door middel van een aanzuigleiding verbonden met een inlaat die zich in het water bevindt. De pomp is daardoor in staat om een water-sediment monster uit een punt van de dwarssectie op te zuigen, wat vervolgens verzameld wordt in een recipiënt. Het pompritme kan geautomatiseerd worden waardoor een staal genomen kan worden op vaste tijdstippen of bij veranderingen in peilhoogte of debiet. Wanneer alle recipiënten gevuld zijn, worden deze opgehaald en geanalyseerd in het laboratorium.

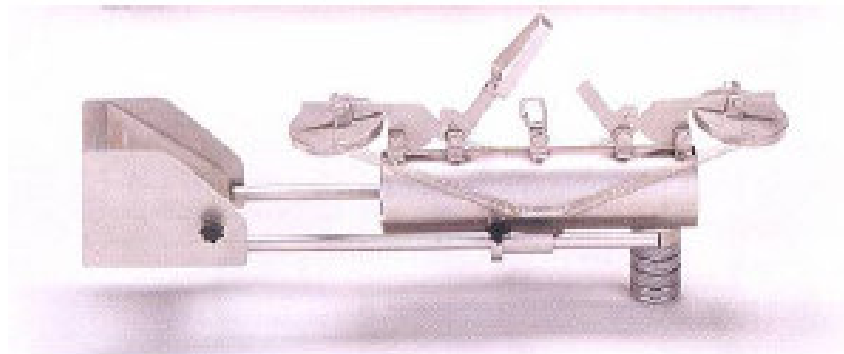
Figuur 3.5 toont de Sigma 900, de automatische pompsampler door het WL gebruikt. Deze sampler is geprogrammeerd om elke zeven uur een staal van ongeveer 900 ml op te pompen. Na het nemen van 24 stalen worden deze opgehaald en in het laboratorium geanalyseerd.



Figuur 3.5: Sampler, beschermkap en reservoir van de door het WL gebruikte pompsampler

3.3.1.1.2.2 Sedimentval

Een ander bemonsteringsapparaat om een puntmeting uit te voeren, is de sedimentval (figuur 3.6).



Figuur 3.6: Sedimentval[12]

Dit toestel bestaat uit een cilindervormige stalen buis die aan beide zijden voorzien is van twee kleppen. Achteraan is een stalen constructie aangebracht die de sedimentval aligneert met de stroming. Onderaan bevindt zich een gewicht dat afdrijven onder invloed van de wind en de stroming vermijdt. Dit toestel wordt met geopende kleppen tot op de gewenste diepte in het water neergelaten. Doordat

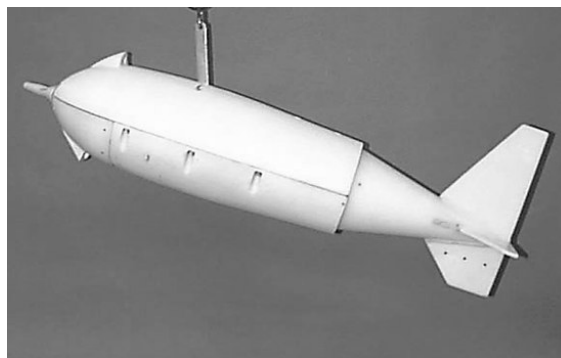
deze kleppen geopend zijn, is de stroomsnelheid in de sedimentval gelijk aan deze van de onverstoorde stroming en kan in tegenstelling met de automatisch pompsampler, isokinetisch bemonsterd worden. Wanneer de te bemonsteren diepte bereikt is, valt een gewicht langsheen de kabel naar beneden waardoor de kleppen snel en tegelijkertijd dichtvallen. Dit nagenoeg representatieve monster wordt dan uit het water gehaald en in een fles overgebracht.

3.3.1.1.2.3 Oppervlakte-staalname

De meest eenvoudige manier om een puntstaal te nemen is met behulp van een fles of eender welk ander recipiënt een hoeveelheid met sediment beladen water 'op te scheppen'. Deze te mijden techniek wordt volledigheidshalve meegegeven om de noodzaak van meer gesofisticeerde samplers te benadrukken. In vergelijking met deze gesofisticeerde samplers vertonen dergelijke schepstalen immers een concentratie die 25 % lager ligt [13].

3.3.1.1.3 Breedte- en dieptegeïntegreerde stalen

De puntstalen uit 3.3.1.1.2 zijn geen weerspiegeling van de concentratie van de gehele doorsnede. Om deze concentratie te bepalen, worden diepte-integrerende samplers ingeschakeld. Deze zijn in staat om een debietsgeïntegreerd staal te nemen langsheen een verticale (of een deel daarvan) in een rivierdoorsnede en dit op isokinetische wijze. Een voorbeeld van dit type sampler is de US D96 A1, zoals gebruikt door het WL (zie figuur 3.7).



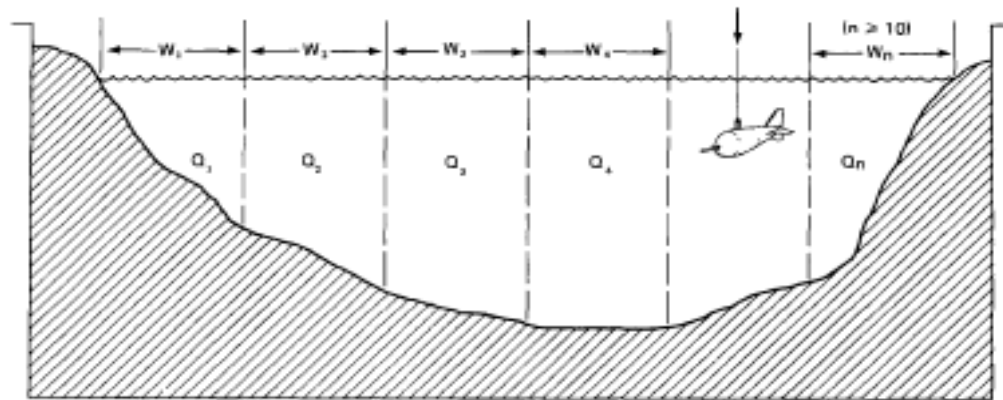
Figuur 3.7: US D96 A1, diepte-integrerende sampler [14]

Deze sampler is een stalen visvormig toestel dat dusdanig ontworpen is dat isokinetisch bemonsterd wordt. De vin aan het uiteinde zorgt voor een parallelle positionering ten opzichte van de

stroomrichting. De sampler wordt van op een brug met behulp van een stalen kabel in het water neergelaten waarbij het waterstaal wordt opgevangen in een plastieken zak in de buik van de vis. Nadat de bodem bereikt is, wordt de sampler tegen een constante snelheid naar boven gehaald.

Het is vrij arbeidsintensief en weinig economisch om met deze diepte-integrerende sampler de hele doorsnede te bemonsteren. Daarom wordt dit voor een aantal geselecteerde verticalen gedaan. Het WL hanteert hierbij één van de twee methodes gedefinieerd door de USGS (United States Geological Survey), namelijk de Equal-Width-Increment Method (EWI) (figuur 3.8), waarbij de Equal-Discharge-Increment Method (EDI) de tweede methode is.

De eerste methode (EWI) verdeelt de dwarsdoorsnede in gebieden aan de hand van gelijke horizontale afstanden. Het monstervolume is dan proportioneel met het debiet dat in elk van deze gebieden stroomt zoals afgebakend door de gekozen afstanden. Het aantal verticalen is afhankelijk van de verdeling van de concentratie en het debiet in de doorsnede, alsook van de vereiste nauwkeurigheid.



Figuur 3.8: Indeling van de doorsnede volgen de EWI-methode [15]

De tweede methode (EDI) deelt de dwarsdoorsnede op in gebieden waardoor een zelfde debiet vloeit. Derhalve is het noodzakelijk om de debietsverdeling over de doorsnede te kennen. Deze kennis is niet altijd voorhanden, wat ervoor zorgt dat deze methode het nodige werk vraagt om een debietsmeting over een lange periode of een debietsmeting net voor de bemonstering uit te voeren. Op het moment dat deze verdeling gekend is, wordt de doorsnede verdeelt in minimum 4 en maximum 9 gebieden. De bemonstering gebeurt dan langs een verticale in het centrum van deze zones.

Alle genomen diepte-geïntegreerde stalen worden daarna in een 'churn sample-splitter' (figuur 3.9) verzameld. Dit cilindervormige vat uit polyethyleen is voorzien van een mengarm waarmee een volledige vermenging van alle substalen mogelijk is, zonder hierbij de korrelgrootteverdeling te veranderen. Via een kraantje onderaan de emmer kunnen daarna stalen worden afgetapt (terwijl de mengarm op en neer wordt bewogen) die representatief zijn voor de bemonsterde doorsnede.

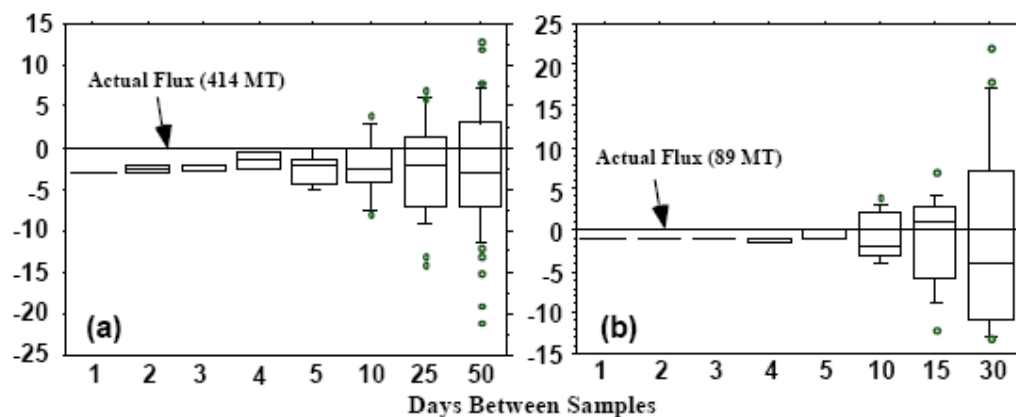


Figuur 3.9: Churn sample-splitter [16]

3.3.1.1.4 Bemonsteringsfrequentie

In voorgaande paragrafen werd ingegaan op de manier van staalname. Gezien het niet-continue karakter van deze techniek, rijst de vraag wat de invloed van de bemonsteringsfrequentie is op de nauwkeurigheid van het totale resultaat. Dit aspect werd door Horowitz [17] onderzocht voor het specifieke geval van de Mississippi in Thebes (Mississippi, USA). Dit station was voor een dergelijke studie uitgekozen wegens de lange dataset: gedurende 20 jaar werd dagelijks een sedimentbemonstering uitgevoerd.

Deze monsters werden gebruikt om het reële suspensietransport te begroten. Vervolgens werden deze gegevens gebruikt om curves die het suspensietransport op één (b) en vijf jaar (a) voorspelden te valideren en hun nauwkeurigheid in te schatten (figuur 3.10).



Figuur 3.10: Invloed van de bemonsteringsfrequentie op de fouten bij schatting van het suspensietransport gedurende een 5-jarige periode (a) en een 1-jarige periode (b) [17]

Voor wat de 5-jarige periode betreft, waren de krommes gebaseerd op bemonsteringen die om de 1, 2, 3, 4, 5, 10, 25 en 50 dag(en) waren uitgevoerd. Een eerste duidelijke en te verwachten trend is de vermindering van de nauwkeurigheid wanneer de bemonsteringsfrequentie afneemt. Het is wel opmerkelijk dat nagenoeg geen verschil optreedt tussen de bemonsteringsfrequenties gaande van 1 tot 5 dag(en). Een zeer lage bemonsteringsfrequentie (elke 50 dagen) geeft verrassend maar een nauwkeurigheidsverlies dat binnen een 20% fouteninterval valt.

Voor wat de 1-jarige periode betreft waren de krommen gebaseerd op bemonsteringen die om de 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15 en 30 dag(en) waren uitgevoerd. De conclusies zijn identiek aan degene die voor de 5-jarige periode werden gevonden. De foutenmarges voor deze kortere periode zijn wel iets groter wanneer een lagere bemonsteringsfrequentie wordt gekozen.

De gevonden onnauwkeurigheden zijn maximale fouten. Het onderzoek is namelijk kalender-gebaseerd wat altijd slechtere resultaten geeft dan wanneer deze frequentie gekozen wordt in functie van het debiet, meer bepaald wanneer 80 tot 85 percent van de debietsvariaties wordt bemonsterd.

3.3.1.1.5 Voor- en nadelen van samplers

De drie samplers vertonen dezelfde zwakte. Een vrij gelimiteerd aantal data is immers ter beschikking (dagelijks, wekelijks, maandelijks). Daardoor ontbreken soms data met betrekking tot transport tijdens stormperiodes en komen karakteristieke flushes niet tot uiting in het bemonsterde materiaal.

Het grote nadeel bij de automatische pompsampler is dat isokinetische bemonstering (in tegenstelling tot de andere 2 samplers) nooit gegarandeerd is aangezien de zuigkracht van de pomp een snelheidsverschil veroorzaakt ten opzichte van de stroomsnelheid en dit een effect heeft op de korrelgroottes die preferentieel bemonsterd worden (3.3.1.1.1). Doordat de bemonstering echter automatisch gebeurt, biedt deze methode het voordeel van weinig arbeidsintensief te zijn.

De sedimentval is daarentegen in staat om perfect isokinetisch te bemonsteren. Aan de andere kant is dit (zoals bij de automatische sampler) steeds een puntstaal waardoor het voor de begroting van het suspensietransport weinig waarde heeft. Een ander minpunt is de arbeidsintensiteit die deze methode met zich meebrengt.

Hoewel de US D96 A1 dit zelfde nadeel vertoont, is het grote voordeel dat deze sampler isokinetisch en diepte- en breedtegeïntegreerd bemonstert, wat representatief is voor de gehele dwarssectie. Een onbemonsterde zone van 10 tot 15 cm blijft echter steeds bestaan net boven de bodem door de bouw van deze sampler. Hoewel het toestel erg gestroomlijnd is, blijft de sampler zorgen voor een verstoring van het natuurlijke stroompatroon.

3.3.1.1.6 Laboverwerking [18]

Nadat de monsters op het veld zijn verzameld, volgt de afhandeling in het laboratorium waarbij het water en het sediment worden gescheiden en het verzamelde sediment wordt gewogen. Dit kan door middel van filtratie en evaporatie al dan niet met behulp van centrifugering.

3.3.1.1.6.1 Evaporatie

In de eerste fase van deze scheidingstechniek wordt het sediment in een koelkast bewaard waar het sediment de kans krijgt om onder invloed van de zwaartekracht te bezinken tot op de bodem van de recipiënt, daarbij de biologische activiteit afremmend. Na een bepaalde tijdspanne, afhankelijk van de bezinkingstijd, wordt het sedimentloze water vervolgens voorzichtig gedecanteerd waarbij het bezonken sediment zo weinig mogelijk verstoord wordt. Daarom zal steeds een deel van het sedimentloze water (20 tot 50 ml) bij het bezonken sediment in het recipiënt blijven. Daarna wordt met gedestilleerd water dit bezonken sediment en het overblijvende water uit het recipiënt gehaald en in een droogschaaftje verzameld. Dit droogschaaftje wordt tot net boven het kookpunt gebracht. Als alle zichtbare vocht verdwenen is, wordt de temperatuur verhoogd tot 110° voor minstens een uur. Daarna wordt met behulp van een analytische balans de massa van het sediment bepaald.

3.3.1.1.6.2 Filtratie

Net als bij evaporatie worden de stalen eerst in een koelkast bewaard om het sediment te laten bezinken. Daarna volgt de filtratie in een filterbank zoals in figuur 3.11.



Figuur 3.11: Millipore filteropstelling in het WL [12]

Hierin wordt dan het filterpapiertje geplaatst waarna het maatglas wordt gemonteerd. Ook hier wordt gedecanteerd zodat de kans op verstopping van de filterpapiertjes veel kleiner is. Tevens worden de laatste restjes sediment uit het recipiënt gespoeld met gedestilleerd water. Om het proces sneller te laten verlopen, wordt de filtratie onder vacuüm uitgevoerd. Na filtratie worden de filterpapiertjes in petrischaaltjes bewaard. De uiteindelijke massa sediment is dan het verschil tussen de dessicatore droge massa van het filterpapiertje voor en na filtratie.

3.3.1.1.6.3 Centrifugering

Centrifugering is een scheidingsproces waarbij de centrifugale kracht wordt gebruikt om de versnelde bezinking van onder andere deeltjes in suspensie te bevorderen. Wanneer deze partikels geroteerd worden, zullen deze een kracht ondervinden die dit deeltje van zijn cirkelvormige baan wil laten afwijken. De centrifugaalkracht wordt uitgedrukt door [19]:

$$F = m \cdot \omega^2 \cdot r \quad (3.3)$$

met F = centrifugaalkracht (N)

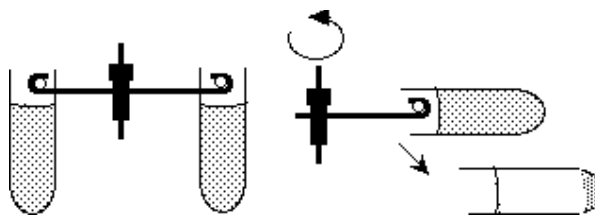
m = massa van het deeltje (kg)

ω = hoeksnelheid waartegen het deeltje roteert (rad/s)

r = afstand tussen het deeltje en de rotatie-as (m)

Volgens formule (3.3) zullen de deeltjes met de grootste massa de grootste kracht ondervinden. Een andere bepalende factor is de hoeksnelheid. Hoe sneller de rotatie, hoe groter de centrifugaalkracht. Deze kracht wordt uitgedrukt in verhouding tot de zwaartekrachtversnelling g (9.81 m/s^2).

Figuur 3.12 geeft de praktische toepassing van dit principe weer. Het met sediment beladen waterstaal wordt in de recipiënt gebracht. Na rotatie hebben de zwaardere deeltjes op de bodem van de recipiënt een bezinksel gevormd. Uit dit bezinksel wordt vervolgens door middel van evaporatie of filtratie de massa aan sediment bepaald. Figuur 3.12 toont het ‘swinging bucket’-principe waarbij de recipiënt in een horizontale positie komt ten gevolge van de rotatie. Bij het ‘fixed angle’-principe blijft dit recipiënt verticaal bij de rotatie.



Figuur 3.12: Scheidingsprincipe centrifugatie [20]

3.3.1.1.6.4 Voor- en nadelen van laboverwerkingsmethodes

Het belangrijkste voordeel van evaporatie is de eenvoud van de methode. Doch deze eenvoud impliceert enkel grote nadelen. Het is niet vanzelfsprekend om moeilijk bezinkbare deeltjes, zoals kleien en colloïdale partikels, binnen een aanvaardbare tijdspanne te laten bezinken. Dit probleem kan verholpen worden met behulp van een Berkefeldfilter buis of met een flocculant. De Berkefeldfilter is een buis waarin een filter is aangebracht. Deze buis wordt dan onder vacuüm in de recipiënt geplaatst nadat het meeste sediment reeds bezonken is. Het sediment bevindt zich dan aan de buitenkant van de buis. Een flocculant daarentegen zorgt ervoor dat moeilijk bezinkbare deeltjes samenknippen tot zwaardere deeltjes die wel bezinken. De verkregen massa moet wel gecorrigeerd worden voor het toegevoegde flocculant. Tevens moet een correctie voor de massa opgeloste vaste stoffen toegepast worden aangezien deze methode zowel de gesuspendeerde als de opgeloste vaste deeltjes oplevert. Eveneens verandert de chemische samenstelling van bepaalde partikels door toevoeging van een flocculant. Dit kan ongewenst zijn voor verder onderzoek.

Filtratie is sneller dan evaporatie als het een monster met een lage concentratie betreft. Grote concentraties hebben immers de neiging om de filter te verstopen. Filtratie wordt aangeraden tot 10 g/l voor hoofdzakelijk zandig sediment en tot 200 mg/l voor hoofdzakelijk kleiig sediment [18]. Dit zijn echter richtlijnen, en deze schattingen kunnen soms sterk overdreven zijn wanneer geflocculeerde materialen aanwezig zijn.

Hogere concentraties worden geëvaporeerd. Opgeloste stoffen gaan door de filter en een correctie is dus onnodig. Soms gaan kleinere korrels echter ook door de filter. Herfiltratie, een absorberend agens of een flocculant zijn dan aangewezen om het verloren sediment te recupereren.

Centrifugering helpt beide processen sneller te laten verlopen.

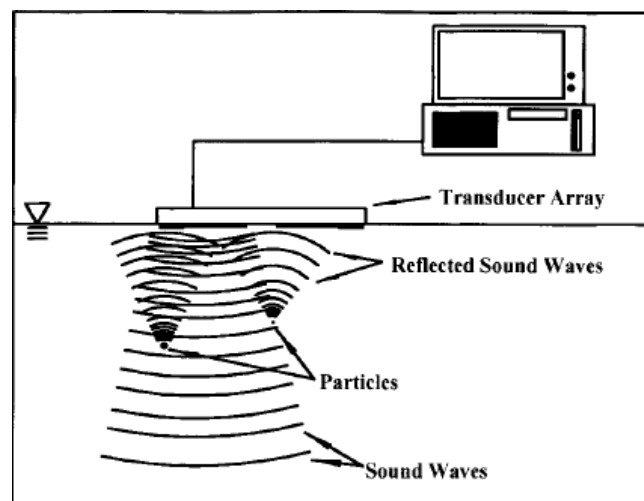
3.3.1.2 Proxy's

Een andere manier om de concentratie te bepalen is op basis van monitoring van proxy's. De concentratie wordt hier bepaald uitgaande van de reactie van het water op uitgezonden licht- en geluidsgolven.

3.3.1.2.1 Akoestische methode

3.3.1.2.1.1 Meetprincipe

Een hoogfrequente geluidsgolf (1-5 MHz) wordt met korte pulsen in het met sediment beladen water gezonden. De gesuspendeerde korrels weerkaatsen een deel van deze golven en dit signaal wordt opgevangen en geregistreerd. Aan de hand van de tijd die de teruggekaatste geluidsgolven nodig hebben om de detector te bereiken, wordt de positie van de korrels bepaald. De sterkte van het door deze korrels weerkaatste signaal is een maat voor de concentratie. Die sterkte is echter functie van zowel de korrelgrootte als de concentratie. Om dit euvel te omzeilen wordt met verschillende frequenties gewerkt. Door het gebruik van dergelijke hoge frequenties heeft deze techniek een bereik van 1 tot 2 meter. De weerkaatsing van de signalen die dieper gaan is immers veel te zwak door de damping die het water uitoefent. Rivieren die dieper zijn dan 2 meter zullen bijgevolg in fases doorgemeten worden, waarbij het apparaat wordt ondergedompeld.



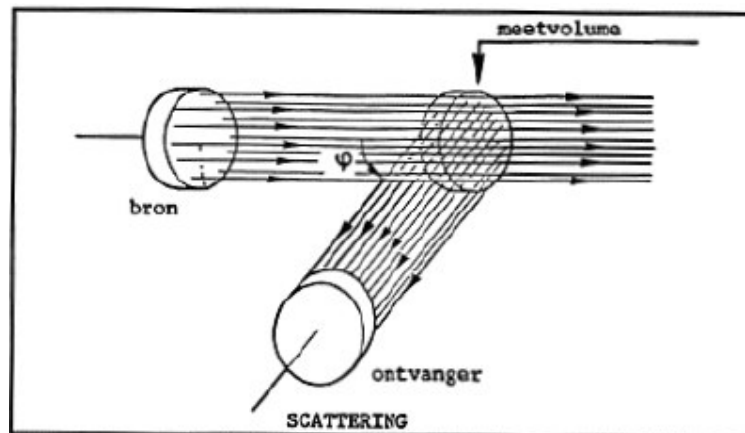
Figuur 3.13 : Werkingsprincipe akoestische methode [21]

3.3.1.2.2 Turbiditeit

3.3.1.2.2.1 Meetprincipe

Turbiditeits- of troebelheidsmeting baseert zich op de interactie van straling met een medium, in dit geval water. Meer specifiek: hoe reageren de in het water aanwezige deeltjes (zowel opgeloste als onopgeloste) op een uitgezonden straling in termen van refractie, absorptie en verstrooiing, een interactie die onder meer afhangt van het uitgezonden signaal, de grootte van en de hoeveelheid deeltjes en het materiaal waaruit de deeltjes zijn opgebouwd.

De twee meest bekende types turbiditeitsmeter zijn de ‘attenuation’ en ‘backscattering’ turbiditeitsmeter. Het eerste type stuurt een lichtstraal het water in waarbij de sensor die recht tegenover de bron staat, dit licht opvangt. De verminderde intensiteit die de ontvanger registreert is een gevolg van de absorptie en verstrooiing van dit licht door de sedimentdeeltjes en is een maat voor de concentratie. Het tweede type vangt de verstrooide straling (licht of infrarood) op die door de bron werd uitgezonden. Bron en ontvanger staan hier onder een hoek (meestal 90°) van elkaar (figuur 3.14).



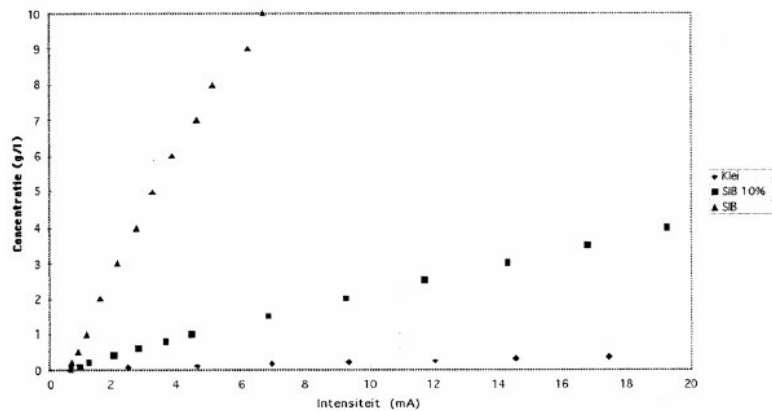
Figuur 3.14 : Werkingsprincipe backscattering turbiditeitsmeter [22]

De door deze meters bepaalde troebelheid wordt uitgedrukt in NTU (Nephelometric Turbidity Units) of FTU (Formazine Turbidity Units). Hoewel het werkingsprincipe verschillend is, zijn de waarden niet zo afwijkend. Voor beide types wordt na meting van de troebelheid een verband gezocht tussen de ontvangen signalen en de concentratie van de deeltjes. Dit verband zal echter steeds afhankelijk zijn van de verschillende randvoorwaarden zodat in elke nieuwe situatie de turbiditeitsmeter opnieuw geijkt moet worden en een ijkingscurve (3.3.1.2.2.2) moet worden opgesteld. De verkregen resultaten en die ijkingscurve zijn hierdoor specifiek voor de site waar de metingen gebeuren.

3.3.1.2.2.2 Ijkingscurve

Figuur 3.15 geeft de ijkingscurven van drie monsters met een variërende korrelgrootte die verkregen werden met een 'backscattering' turbiditeitsmeter. Bij de verdere bespreking zal alleen dit type aan bod komen aangezien de 'attenuation' turbiditeitsmeter proportioneel gezien een veel kleiner verschil in troebelheid geeft bij grote concentratievariaties dan een 'backscattering' turbiditeitsmeter en de ijkingscurve bij grote concentraties ook een veel minder lineair karakter heeft.

De curven tonen meteen de enorme invloed die de korrelgrootte uitoefent op een troebelheidsmeting. Zo zal de helling van de curve minder steil zijn bij een kleine korrelgrootte. Dit verklaart ook waarom twee monsters met een zelfde concentratie maar een verschillende korrelgrootte sterk verschillende waarden geven. Deze techniek is ook veel gevoeliger voor kleine korrels. Het opstellen van een ijkingscurve voor een werkelijke stroom, waarin een enorme variatie aan korrelgrootten kan optreden, is dan ook niet voor de hand liggend.



Figuur 3.15: Ijkingscurve van Kaolinietklei, Sibelcozand en Sibelcozand met 10% klei [23]

Een andere belangrijke factor is de verhouding van de korrelgrootte tot de gebruikte golflengte. Als de diameter van de korrels groter is dan de golflengte, zal immers een sterke voorwaartse verstrooiing plaats vinden. Dit kan een te lage intensiteit bij de backscattering turbiditeitsmeter veroorzaken.

Naast sediment, wordt ook een grote hoeveelheid organisch materiaal vervoerd. Dit materiaal wordt gekenmerkt door zijn opvallend lagere densiteit ten opzichte van materialen zoals zand of klei. Een aantal organische partikels zou bijgevolg een zelfde troebelheidswaarde geven als datzelfde aantal minerale korrels met een zelfde korrelgrootte, daar waar de concentratie sterk verschillend is.

Sediment verschijnt tevens in vele vormen en kleuren. De geometrie van de korrel bepaalt in sterke mate het verstrooiingspatroon. Een onregelmatig gevormde korrel zal een minder voorspelbaar resultaat genereren dan een perfect sferisch deeltje. Het verstrooiingspatroon zal afhankelijk zijn van de zijde waarop de straling invalt.

De kleur van de korrel bepaalt dan weer zijn absorptiepotentieel. Zo zullen donkere korrels meer straling absorberen dan lichtere varianten met een zelfde grootte en dichtheid.

Ook de toestand van het medium heeft invloed op de meting. De temperatuur van het water kan per uur met enkele graden variëren. De turbiditeitsmeter moet bijgevolg de kans krijgen om zich aan te passen aan het water. Een ander facet is de aanwezigheid van luchtbelletjes in het water. Breking is immers gebaseerd op het verschil in refractie-index van twee media. Een toename van het verschil in refractie-index tussen het water en de korrel vergroot de verstrooiing. Het verschil tussen de refractie-index van water en lucht zorgt bijgevolg voor een invloed van luchtbelletjes op de resultaten.

3.3.1.2.3 Voor- en nadelen [24]

Bij gebruik van de akoestische methode wordt de sedimentconcentratie bepaald tot twee meter diepte zonder dat hiervoor een verstoring van het stromingspatroon veroorzaakt dient te worden. Dit voordeel is uniek. Aangezien geen direct contact met de rivier optreedt, is het tevens uitgesloten dat bevuiling de werking van het apparaat verstoort. Een meting op lange termijn is bijgevolg mogelijk zonder een intensieve onderhoudsprocedure. Daarnaast gebruikt deze techniek een zeer kleine tijdstap (0.1 s) en is de ruimtelijke resolutie (1 cm) zeer hoog. Dit biedt de mogelijkheid om het mechanisme van turbulent sedimenttransport te bestuderen en informatie over kortstondige periodes te verkrijgen.

Deze techniek heeft echter belangrijke minpunten. De aangehaalde omzetting van de gegevens over de teruggekaatste straling naar sedimentconcentraties is geen sinecure. Dit verband wordt bepaald op basis van een kalibratie in het laboratorium in functie van de terreinspecifieke karakteristieken. Het is echter niet eenvoudig om een uniforme concentratieverdeling aan te houden om het toestel te kalibreren. De techniek ondervindt tevens problemen bij hoge sedimentconcentraties. Door de aanwezigheid van de vele partikels wordt het weerkaatste signaal sterk gedempt en moet vanaf bepaalde concentraties een dempingsfactor in rekening gebracht worden bij de omzetting. Gezien concentratie de gezochte parameter is, vormt dit een probleem. Een aanname (concentratie 0 aan het wateroppervlak) of een onafhankelijke meting is in dat geval noodzakelijk. Aannames geven echter steeds een vrij grote fout, die bovendien toeneemt met de diepte.

Bij turbiditeitsmetingen is de 'backscattering' methode, door het nagenoeg lineaire verband tussen de weerkaatste signalen en de aanwezige concentratie, een erg bruikbare techniek. Door de mogelijkheid om continue metingen uit te voeren is deze techniek tevens uitermate geschikt om op lange termijn nauwkeurige resultaten te genereren.

Niettegenstaande de nauwkeurigheid en de goede werking van deze methode, zijn enkele belangrijke nadelen aan deze techniek verbonden. Paragraaf 3.3.1.2.2.2 beschreef hoe het opstellen van de ijkingscurve onderhevig is aan vele invloeden en hoe een universeel bruikbaar verband tussen troebelheid en concentratie ontbreekt.

Daarnaast vraagt het gebruik van de turbiditeitsmeter een zeer intensief onderhouds- en kalibratieprogramma. Partikels (biologisch, chemisch, ...) die zich vastzetten op de sensor en voorbijdrijvend afval zorgen immers voor een afwijking bij de meting. Dit vervuilend effect of fouling start op het moment dat de sensor in het water wordt geplaatst. Fouling treedt des te sneller op naarmate het water meer met nutriënten is aangerijkt en de temperatuur hoger is. Ook peilrijzingen beïnvloeden dit effect sterk.

Een ander effect is de afwijking of verschuiving van een sensoraflezing ten opzichte van de waarde van een gekalibreerde sensor. Deze zogenaamde drift zorgt ervoor dat een regelmatige kalibratie van de sensor noodzakelijk is. Een bijkomende moeilijkheid is het onderscheid maken tussen de afwijking ten gevolge van fouling en drifting. Door ervaring kunnen deze effecten echter uit de resultaten onderscheiden worden. Soms is het handiger om de resultaten geverifieerd te zien aan de hand van samples zoals bij Turbidity Threshold Sampling (zie paragraaf 3.3.2).

3.3.2 Turbiditeit gecombineerd met staalname

Turbidity Threshold Sampling (TTS) combineert de voordelen van staalname en turbiditeit. Door zijn continue karakter kan de turbiditeitsmeter sedimentpulsen detecteren die onafhankelijk zijn van de stroming. Dit kan aangewend worden om op geautomatiseerde manier real-time samples te nemen. Dit systeem wordt vrij veel toegepast in Californië [25].

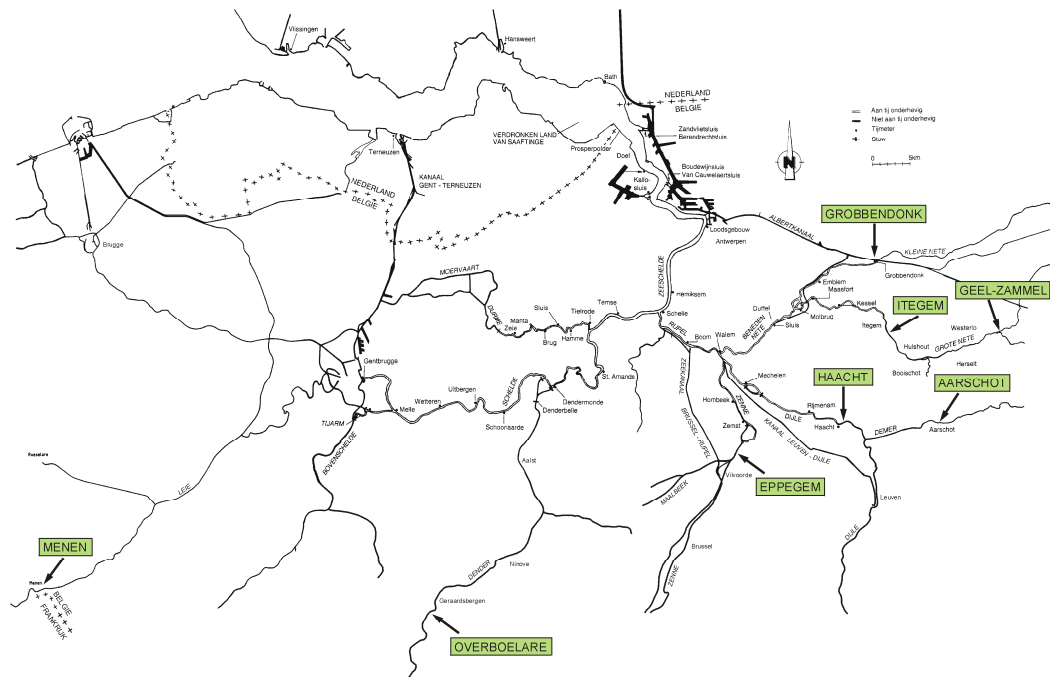
Het systeem biedt als voordeel dat nauwkeurige resultaten tegen een redelijke prijs worden verkregen en dit op continue wijze waarbij de fouten verbonden met turbiditeit kunnen uitgefilterd worden door de controle die samples leveren.

Buitensporige hoeveelheden van gesampled materiaal moeten vermeden worden. De keuze van de drempels is daarom heel belangrijk. Meestal worden de drempels zo gekozen dat hun aantal afneemt naarmate de turbiditeit toeneemt. Een drempel moet tweemaal overschreden worden alvorens een staal wordt genomen om te vermijden dat een voorbijdrijvend stuk afval fouten zou induceren. Meer drempels zijn voorzien bij een terugval van de turbiditeit omdat dan meer sediment wordt getransporteerd.

3.3.3 Sedimentmeetnet van het WL

Het Waterbouwkundig Laboratorium (WL), het vroegere Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek, behoort tot het departement Mobiliteit en Openbare Werken van de Vlaamse Gemeenschap. Deze afdeling kreeg in 1998 de opdracht om een sedimentmeetnet uit te bouwen op de overgangen van de onbevaarbare naar de bevaarbare waterlopen. Sinds 1 januari 2001 behoort de exploitatie van dit sedimentmeetnet bij het Hydrologisch Informatiecentrum (HIC) van deze afdeling. Het is de bedoeling om met behulp van dit meetnet een beeld te krijgen van de hoeveelheid fluviaal gesuspendeerd sediment dat jaarlijks naar de Schelde wordt gevoerd.

Het meetnet bestaat op dit ogenblik uit 8 meetstations: Kleine Nete (Grobbendonk), Zenne (Epepegem), Dijle (Haacht), Leie (Menen), Grote Nete (Itegem, Geel-Zammel), Dender (Overboelare), Demer (Aarschot). Uitgezonderd het meetstation te Geel-Zammel, is figuur 3.16 een weergave van het sedimentmeetnet.



Figuur 3.16: Situering van de 8 meetstations van het sedimentmeetnet [26]

De meetstations kunnen beschikken over een automatische pompsampler (Grobbendonk, Itegem, Aarschot), een turbiditeitsmeter (Grobbendonk, Haacht, Itegem, Geel-Zammel), een datalogger en computer om deze gegevens te registreren en uit te lezen. Verder zijn ook steeds twee geleidingsrails voorzien waarlangs de sonde van de turbiditeitsmeter en het opzuigstuk van de sampler in het water worden gelaten.

3.4 Conclusie

De voor- en nadelen van de drie besproken technieken worden hieronder in tabelvorm samengevat (zie tabel 3.1):

Techniek	Voordeel	Nadeel
Akoestische methode	Niet intrusief Onderhoudregime: laag Ruimtelijke resolutie: groot Tijdstap: klein	Signaalomzetting: ingewikkeld Kalibratie: moeilijk Demping
Pomp	Weinig arbeidsintensief	Niet isokinetisch Puntmeting
Sedimentval	Isokinetisch	Arbeidsintensief Puntmeting
US D96 A1	Diepte-geïntegreerd	Arbeidsintensief Intrusief
Evaporatie	Eenvoudig	Bezinkbaarheid kleideeltjes Opgeloste stoffen
Filtratie	Lage concentratie: snel	Hoge concentratie: verstoppem Kleine korrels door filter
Turbiditeit Backscattering	Continu Lineair verband Op afstand te sturen	Puntmeting IJKingscurve Fouling / drifting Kalibratie

Tabel 3.1: Overzicht huidige technieken, en hun voor- en nadelen

4 Bepaling van sedimentconcentratie via densiteitsmeting

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt een methode uiteengezet om sedimentconcentraties te begroten, gebaseerd op densiteitsmetingen. De noodzaak voor een nieuwe methode is gelinkt aan de beperkingen van de meer gangbare methodes zoals besproken in het vorige hoofdstuk. Eerst wordt het potentieel van de nieuwe manier toegelicht, waarna de formule waarop deze methode steunt, wordt aangereikt. Vervolgens wordt bekeken hoe de voor de toepassing van deze formule vereiste parameters worden bepaald. Tot slot wordt de gevoeligheid van de methode aangeraakt, alsook een toepassing waarbij deze van groot nut kan zijn.

4.2 Methode

4.2.1 Voordelen van bepalen van sedimentconcentratie via densiteit

In het licht van de groeiende aandacht voor de dynamiek en de begroting van het suspensietransport (zie 2.2), ontstond het idee voor deze op densiteitsmeting geïnspireerde concentratiebepaling. In vergelijking met de gangbare technieken (zie Hoofdstuk 3), kunnen met deze techniek, zoals met turbiditeitsmetingen, op continue basis sedimentconcentraties gemeten worden en is deze techniek weinig arbeidsintensief in vergelijking met staalname en turbiditeitsmetingen die respectievelijk veel laboratoriumwerk en kalibraties vereisen. Een ander voordeel van dichtheidsmetingen ter bepaling van sedimentconcentraties is de eenduidige relatie die bestaat tussen dichtheid van een water-sedimentmengsel en de overeenkomstige concentratie.

4.2.2 Formule

De gesuspendeerde sedimentconcentratie (C_f) wordt begroot met behulp van volgende formule:

$$C_f = \frac{\rho_f \cdot \rho_s - \rho_w \cdot \rho_s}{\rho_s - \rho_w} \quad (4.1)$$

met C_f = sedimentconcentratie (g/l)

ρ_f = dichtheid van water-sedimentmengsel (g/cm³)

ρ_w = dichtheid van rivierwater (g/cm³)

ρ_s = dichtheid van sediment (g/cm³)

Deze formule is gebaseerd op de wet van behoud van massa, die in dit geval zegt dat:

$$m_f = m_s + m_w \quad (4.2)$$

met m_f = massa van water-sedimentmengsel (kg)

m_s = massa van sediment (kg)

m_w = massa van rivierwater (kg)

Aangezien water onsamendrukbaar is, geldt tevens dat:

$$V_f = V_s + V_w \text{ of } 1 = \frac{V_s + V_w}{V_f} \quad (4.3)$$

met V_f = volume van water-sedimentmengsel (m³)

V_w = volume van rivierwater (m³)

V_s = volume van sediment (m³)

Wanneer uitdrukking (4.3) in (4.2) gesubstitueerd wordt, geeft dit:

$$m_w = m_f \cdot 1 - m_s = m_f \cdot \left(\frac{V_s + V_w}{V_f} \right) - m_s \quad (4)$$

Vervolgens wordt het linker- en rechterlid gedeeld door V_w :

$$\frac{m_w}{V_w} = \frac{m_f}{V_w} \cdot \left(\frac{V_s + V_w}{V_f} \right) - \frac{m_s}{V_w} \quad (4.5)$$

De definitie voor dichtheid en concentratie houdt tevens in dat:

$$\rho_f = \frac{m_f}{V_f} \text{ en } \rho_w = \frac{m_w}{V_w} \text{ en } \rho_s = \frac{m_s}{V_s} \text{ en } C_f = \frac{m_s}{V_w} \quad (4.6)$$

Wanneer de uitdrukkingen (4.6) in (4.5) ingevuld worden, geeft dit:

$$\rho_w = \rho_f \cdot \left(1 + \frac{C_f}{\rho_s}\right) - C_f \quad (4.7)$$

Waarna deze formule omgevormd kan worden tot de uitdrukking (4.1) voor C_f .

4.2.3 Parameters

Vergelijking (1) stelt dat de gesuspendeerde sedimentconcentratie een functie van is drie parameters, met name de dichtheid van het water (ρ_w), de densiteit van het sediment (ρ_s) en de densiteit van het water-sedimentmengsel (ρ_f).

Hieronder worden deze drie parameters afzonderlijk belicht.

4.2.3.1 Densiteit van het water-sedimentmengsel, ρ_f

De bepaling van de dichtheid van het water-sedimentmengsel kan in situ uitgevoerd worden. Het water wordt in dit geval opgepompt en door een in-line densiteitsmeter (zie 5.3.2) gestuurd die de temperatuur en de dichtheid meet en deze gegevens via een datalogger registreert. Door de aanwezigheid van de datalogger, is het mogelijk de gegevens via telemetrie op te halen, waardoor de site alleen moet bezocht worden voor eventueel nazicht en onderhoud van het toestel. De metingen worden continu uitgevoerd zodat een erg nauwkeurig beeld wordt verkregen van densiteits- en temperatuurschommelingen van het beladen rivierwater.

De methode houdt echter reeds aangehaalde nadelen in. Gezien het water opgepompt wordt, wordt het water aangezogen met een stroomsnelheid die kan verschillen van de snelheid in de rivier. Dit niet-isokinetisch bemonsteren (zie 3.3.1.1.1) leidt tot het preferentieel aanzuigen van bepaalde korrelfracties.

Een ander nadeel is dat het water op een bepaald punt in de rivier opgepompt wordt. De staalname, hoewel in-line, is nog steeds een puntmeting. Om de link te kunnen leggen tussen deze puntmeting en de gemiddelde concentratie van de doorsnede blijft het noodzakelijk een diepte- en breedte geïntegreerde bemonstering van de doorsnede uit te voeren (zie 3.3.1.1.3).

De mogelijkheid bestaat echter waterstalen op isokinetische manier te bemonsteren en de densiteit hiervan achteraf in het laboratorium te bepalen. Dit minimaliseert echter de voordelen van de

densiteitsmethode, aangezien niet langer op continue manier gemeten kan worden en de methode eveneens arbeidsintensiever wordt.

4.2.3.2 Densiteit van het water zonder sediment, ρ_w

De dichtheid van het sedimentloze water wordt preferentieel in situ bepaald, al is dit eveneens in het labo mogelijk. Wanneer de bepaling in situ gebeurt, zal het water doorheen een centrifuge (zie 3.3.1.1.5.3) worden gepompt, waardoor het water van het sediment gescheiden wordt. Het sedimentvrije water wordt vervolgens door het in-line toestel geleid, waardoor de dichtheid van het zuivere rivierwater bepaald kan worden.

Wanneer de dichtheid eventueel in het labo wordt bepaald, dient eerst in situ een waterstaal bemonsterd te worden. Vervolgens wordt dit staal in het labo gecentrifugeerd en het sedimentvrije water wordt gedecanteerd en in de densiteitsmeter gebracht.

De densiteit van het zuivere rivierwater kan natuurlijk ook bepaald worden met de meer klassieke toestellen zoals de pycnometer en de aerometer (zie 5.2.1).

De eerst aangehaalde werkwijze geniet echter de voorkeur gezien deze veel minder arbeidsintensief is. Vermits de densiteit van zuiver water niet aan zeer grote variaties onderhevig is, is het niet nodig om deze meting op continue basis uit te voeren. De bemonsteringsfrequentie van zuiver rivierwater met het oog op het bepalen van de dichtheid kan variëren van locatie tot locatie, naargelang de noodzaak.

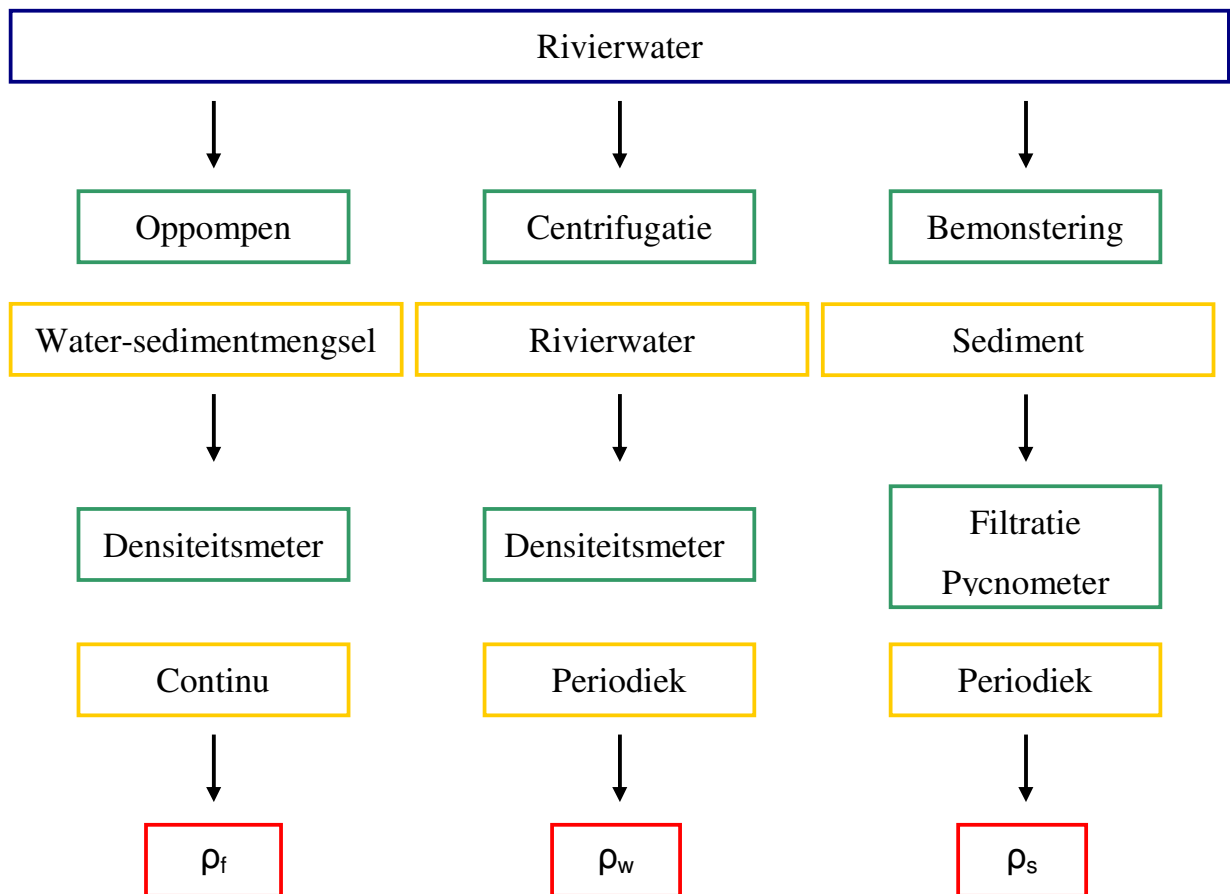
4.2.3.3 Densiteit van het sediment, ρ_s

De laatste parameter die bepaald dient te worden, is de dichtheid van het sediment. Om deze te begroten zal in situ een monster worden genomen, waarna met behulp van evaporatie of filtratie (zie 3.3.1.1.5) de exacte concentratie van dat staal bepaald wordt. Bijgevolg kan met behulp van formule (4.1) de dichtheid van het sediment worden verkregen wanneer de dichtheid van het water-sedimentmengsel enerzijds en het ‘zuiver’ water anderzijds met behulp van de pycnometer worden bepaald. Net als bij de bepaling van de densiteit van het zuiver water, wordt dit periodisch bepaald.

4.2.3.4 Samenvatting

De berekening van de gesuspendeerde sedimentconcentratie met behulp van vergelijking (4.1) vereist de bepaling van drie parameters.

- De dichtheid van het water-sedimentmengsel (ρ_f) wordt op continue wijze bepaald door het oppompen doorheen een in-line densiteitsmeter.
- De dichtheid van het sedimentloze rivierwater wordt periodisch bepaald met de densiteitsmeter na voorafgaande centrifugatie om het sediment te verwijderen.
- De dichtheid van het sediment (ρ_s) wordt periodisch bepaald m.b.v. een pycnometer, na centrifugatie van een staal.



Figuur 4.1: Bepaling van de parameters ter bepaling van de gesuspendeerde sedimentconcentratie.

4.2.3.5 Gevoeligheid van de methode

De vraag rijst wat de gevoeligheid van de hierboven uiteengezette methode is. Actueel is concentratiebepaling mogelijk met een nauwkeurigheid van 1 mg/l door middel van filtratie. Indien deze gevoeligheid met de methode op basis van densiteitsmeting wil gehaald worden, zal de densiteitsmeting met een zekere gevoeligheid moeten gebeuren. Het gezochte densiteitsverschil van het water-sedimentmengsel is te bepalen met:

$$\Delta\rho_f = \Delta C_f \cdot \frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_s} \quad (4.8)$$

Figuur 4.4 is het resultaat van de toepassing van (4.8) bij 20 °C ($\rho_w=0.99821 \text{ g/cm}^3$ [27]) voor een aantal waarden van ρ_s .

$\rho_w \text{ (g/cm}^3\text{)}$	$\rho_s \text{ (g/cm}^3\text{)}$	$\Delta\rho_f \text{ (g/cm}^3\text{)}$
0,99821	3,50	7,1E-07
0,99821	3,00	6,7E-07
0,99821	2,65	6,2E-07
0,99821	2,00	5,0E-07
0,99821	1,50	3,3E-07

Tabel4.1: Bepaling van de vereiste nauwkeurigheid van de densiteitsmeting voor een concentratieverschil van 1mg/l voor verschillende ρ_s bij 20°C [27]

De meest nauwkeurige densiteitsmeters (zie 5.3) zijn echter niet in staat om met deze gevoeligheid te meten. De maximum haalbare nauwkeurigheid is 10^{-5} g/cm^3 .

Deze nauwkeurigheid in acht nemend, wordt door middel van formule (1) berekend wat de haalbare gevoeligheid is bij 20°C ($\rho_w=0.99821 \text{ g/cm}^3$) voor enkele realistische dichtheden van sediment (tabel 4.2)

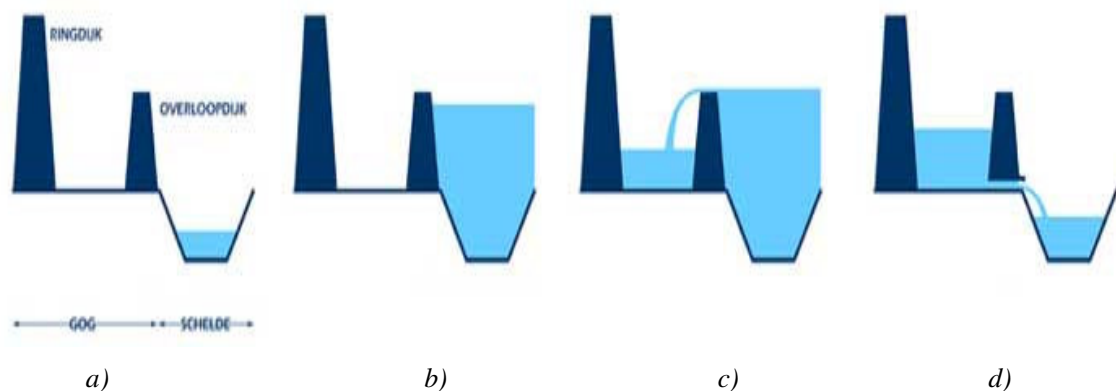
$\rho_s \text{ (g/cm}^3\text{)}$	$\Delta\rho_f \text{ (g/cm}^3\text{)}$	$\Delta C_f \text{ (mg/l)}$
3,50	1,E-05	14
3,00	1,E-05	15
2,65	1,E-05	16
2,00	1,E-05	20
1,50	1,E-05	30

Tabel4.2: Detectiegrens van concentratieverschillen voor verschillende ρ_s bij 20°C

Als een dichtheid van $2,65 \text{ g/cm}^3$ wordt beschouwd - de densiteit van kwarts, een veelvoorkomend mineraal in Vlaamse rivieren, alsook het gebruikte standaardmateriaal bij de experimenten uitgevoerd in dit eindwerk (zie hoofdstuk 7) - is een concentratieverschil van 16 mg/l te detecteren. In vergelijking met de nauwkeurigheid van staalname en afhandeling door filtratie of evaporatie is dit ontgoocheland aangezien met andere methodes concentraties tot op 1 mg/l nauwkeurig bepaald kunnen worden. Echter in vergelijking met een andere continu meetprincipe, turbiditeit, zal dit binnen dezelfde marges liggen met dat verschil dat hier geen intensieve kalibratie aan verbonden is, noch het opstellen van een ijkingscurve vereist specifiek aan de bemonsterde site.

4.2.4 Toepassing

Tot slot wordt een zeer specifieke toepassing aangehaald waarbij deze methode erg nuttig zou zijn. Rivieren worden namelijk gekenmerkt door een grote variatie aan debieten waardoor sommige van deze rivieren gevoelig zijn voor overstromingen. Om rampzalige effecten van dergelijke overstromingen te beperken, worden in risicozones overstromingsgebieden voorzien die gecontroleerd overstroomd kunnen worden. De twee types die in het kader van het vernieuwde Sigmaplan zijn uitgewerkt zijn gecontroleerde overstromingsgebieden of GOG's, en gecontroleerde getijdengebieden of GGG's.



Figuur 4.2: Principe van een gecontroleerd overstromingsgebied (GOG) [28]

In geval van een GOG wordt dit gebied bij hoogwater overstroomd (zie Figuur 4.2c), waardoor piekdebieten opgevangen worden die anders woongebieden zouden bedreigen. Bij laagwater stroomt het in de GOG verzamelde water terug in de rivier (Figuur 4.2d). In het geval van GGG's wordt het gebied twee maal per dag bij hoog water overstroomd en geledigd bij laag water. Bij beide types staat het water een hele tijd stil in het overstromingsgebied, namelijk de tijd tussen het eindigen van het

overstromen bij hoogwater en het ledigen bij laagwater. Tijdens deze periode kan aanzienlijk wat sedimentatie optreden die op lange termijn de waterbergingscapaciteit van het overstromingsgebied drastisch kan doen dalen, wat de werking van deze gebieden ondermijnt. De beschouwde techniek kan bij deze toepassing niet alleen een belangrijke rol spelen bij het bepalen van het in- en uitgaande suspensietransport, maar kan ook van pas komen bij de studie van de dynamiek van sedimentatie. Een densiteitsmeting levert immers een parameter die nuttig kan zijn bij de modellering van de sedimentaccumulatie. Tot op heden beperkt het aantal parameters in deze studie zich meestal tot de sedimentconcentratie, de temperatuur en het debiet. De densiteit maakt het mogelijk dat ook enkele vloeistofparameters bepaald kunnen worden, zoals de kinematische viscositeitscoëfficiënt van het water-sedimentmengsel, waardoor een nauwkeuriger beeld van de sedimentdynamiek wordt verkregen.

5 Densiteitmeters

5.1 Inleiding

In deze scriptie wordt dichtheid gebruikt om concentratie te begroten. In dit hoofdstuk worden twee toestellen waarmee de dichtheid van vloeistoffen kan gemeten worden besproken, evenals hun toepassingsgebied, de berekeningsmethode en de manier waarop de temperatuur gecontroleerd wordt. Tevens wordt het ‘trillend U-buis principe’ beschreven. Dit is de methode waarop de dichtheidsmeting van deze toestellen gebaseerd is. Deze beschrijving richt zich zowel op de fysische achtergrond als op het meetprincipe en de factoren die dit principe beïnvloeden.

5.2 Dichtheidsmeting

De dichtheid van een materiaal (ρ) wordt gedefinieerd als de verhouding van massa per volume-eenheid ofwel:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (5.1)$$

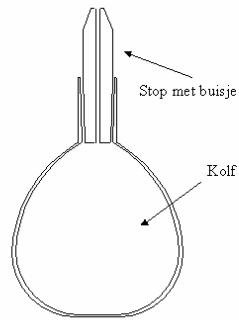
met m = massa van het materiaal (kg)

V = volume ingenomen door dit materiaal (m³)

Dichtheid kan op meerdere manieren bepaald worden. Hieronder worden verschillende toestellen besproken die dichtheid kunnen bepalen.

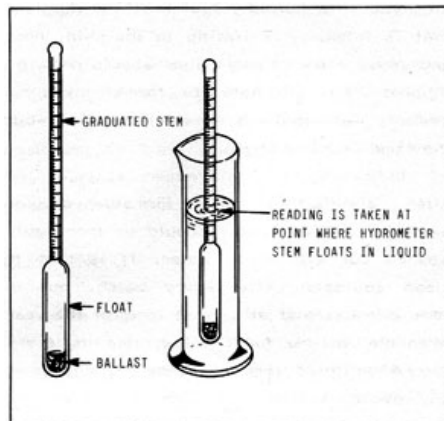
5.2.1 Pycnometer en aerometer

De densiteit van een materiaal is volgens vergelijking (5.1) nauwkeurig te bepalen wanneer massa en volume gekend zijn. De pycnometer (figuur 5.1) baseert zich op dit eenvoudige principe. De pycnometer is een glazen instrument waarvan het inwendig volume nauwkeurig gekend is. Bijgevolg zal aan de hand van het verschil in massa tussen de lege en de met de vloeistof gevulde pycnometer de dichtheid kunnen bepaald worden.



Figuur 5.1: Pycnometer [29]

Een ander instrument om de dichtheid van een vloeistof te bepalen is de aerometer of hydrometer (figuur 5.2).



Figuur 5.2: Aerometer [30]

Dit toestel is een glazen dobber die onderaan gevuld is met loodkorrels of kwik en die voorzien is van een schaalverdeling. Het werkingsprincipe steunt op de wet van Archimedes. Deze wet stelt dat een lichaam in een vloeistof een opwaartse kracht F ondervindt die gelijk is aan het gewicht van het verplaatste volume vloeistof [19]:

$$F = \rho \cdot V \cdot g \quad (5.2)$$

met F = Archimedeskracht (N)

ρ = dichtheid van de vloeistof (kg/m^3)

V = door de hydrometer verplaatste volume vloeistof (m^3)

g = zwaartekrachtversnelling (9.81 m/s^2)

Aangezien deze opwaartse kracht gecompenseerd wordt door het gewicht van de aerometer en de massa hiervan exact gekend is, wordt met behulp van het verplaatste volume water de dichtheid bepaald. Afhankelijk van de inzinkdiepte wordt de dichtheid op de hydrometer afgelezen.

Niettegenstaande de nauwkeurigheid van deze twee toestellen, zijn zij niet toepasbaar om op grote schaal continue monitoring van dichtheid te verwezenlijken. Daarom wordt de aandacht gericht op technieken die dit wel kunnen. Een techniek die daarnaast ook een vrij hoge nauwkeurigheid belooft, namelijk het ‘oscillerende U-vormige buisprincipe’, wordt hieronder uiteengezet.

5.2.2 Oscillerende U-vormige buis

5.2.2.1 Fysische achtergrond: resonantie [19]

Wanneer een periodieke kracht op een elastisch gebonden deeltje wordt uitgeoefend, zal dit deeltje een gedwongen periodieke trilling ondergaan. De uitwijking x zal, uitgezonderd een kort overgangsverschijnsel, de volgende vorm aannemen:

$$x = A \cdot \sin(\omega \cdot t + \delta) \quad (5.3)$$

met A = amplitude ofwel de maximale uitwijking (m)

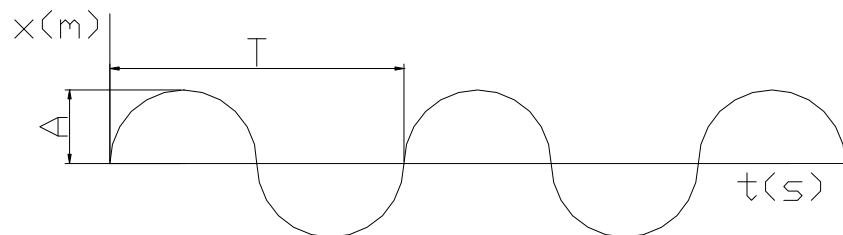
t = tijd (s)

δ = faseverschuiving (/)

T = periode of duur van 1 cyclus (s)

f = frequentie (s^{-1})

$$\omega = \text{pulsatie (radialen/s)} = \frac{2 \cdot \pi}{T} = 2 \cdot \pi \cdot f$$



Figuur 5.3: Periodieke trilling met amplitude A en periode T

Veronderstel dat het elastisch gebonden deeltje onderworpen is aan de uitwendige kracht $F_0 \sin(\omega_u t)$, de elastische kracht (ten gevolge van de elastische binding) $k \cdot x$ en de wrijving met de lucht b.v, dan is de bewegingsvergelijking:

$$m \cdot a = -k \cdot x - b \cdot v - F_0 \cdot \sin(\omega_u \cdot t) \quad \text{of} \quad \frac{d^2 x}{dt^2} = \omega_0^2 \cdot x - 2 \cdot \gamma \cdot \frac{dx}{dt} - \frac{F_0}{m} \cdot \sin(\omega_u \cdot t) \quad (5.4)$$

met m = massa van het deeltje (kg)
 b = dempingsconstante (kg/s)
 a = versnelling van het deeltje (m/s²)
 F_0 = amplitude van de uitwendige kracht (N)
 v = snelheid van het deeltje (m/s)
 ω_u = pulsatie van de uitwendige kracht
 k = veerconstante (N/m)

$$\omega_0^2 = \frac{k}{m}$$

$$\gamma = \frac{b}{2 \cdot m}$$

Een oplossing van deze vergelijking heeft dan een amplitude A die gelijk is aan:

$$A = \frac{F_0/m}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega_u^2)^2 + 4 \cdot \gamma^2 \cdot \omega_u^2}} \quad (5.5)$$

Deze amplitude is dus functie van de pulsatie van de uitwendige kracht. De amplitude is maximaal voor een pulsatie ω_m waarvoor de afgeleiden naar de noemer van vergelijking (5.5) 0 is. Dit geldt voor:

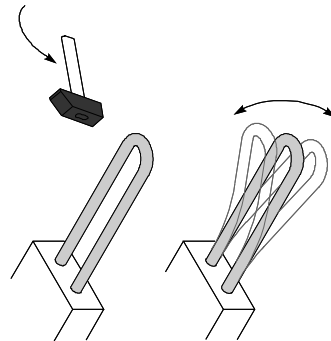
$$\omega_m = \sqrt{\omega_0^2 - 2 \cdot \gamma^2} \quad (5.6)$$

Als ω_u aan (13) gelijk is, zal het deeltje het sterkst meetrillen. Dit verschijnsel wordt amplituderesonantie genoemd.

5.2.2.2 Meetprincipe

Het meetprincipe van de oscillerende U-vormige buis is op amplituderesonantie gebaseerd. In een toestel dat volgens dit principe meet, bevindt zich een éénzijdig ingeklemde U-vormige buis die aan

het trillen wordt gebracht door een piezo-element of door een magneet die aan de buis is bevestigd en door afwisselend stromen in een daarrond aangebrachte spoel (figuur 5.4) [31].

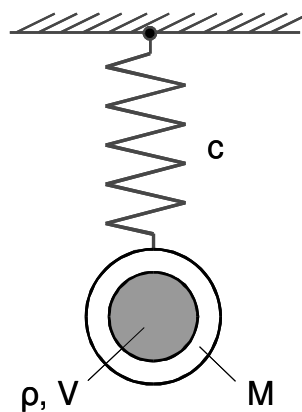


Figuur 5.4: Werkingsprincipe van de oscillerende U-vormige buis [32]

De oscillatieperiode wordt beïnvloed door de inhoud van de U-vormige buis enerzijds en de mechanische eigenschappen van de trillende buis anderzijds, zoals de binnendiameter en de wanddikte. Derhalve is de natuurlijke frequentie een functie van de massa (en dichtheid) van de buisinhoud in dit oscillerende systeem. De opgelegde oscillatie trilt met de natuurlijke frequentie van deze buisinhoud. Een verhoging van de massa geeft een lagere natuurlijke frequentie (en een grotere periode) en vice versa.

De doelstelling van dit onderzoek, het ontwikkelen van een nieuwe methode om sedimentconcentraties te meten, gaat uit van het principe dat hogere concentraties aan sediment de massa van de buisinhoud gaan laten toenemen, wat een verschuiving van de natuurlijke frequentie tot gevolg heeft.

De berekening van de resonantieperiode T is gebaseerd op een massa-veermodel (figuur 5.5) waarbij de veerconstante k bepaald is door de materiaaleigenschappen van de buis.



Figuur 5.5: Veer-massamodel van de U-vormige buis [32]

Dit geeft een oscillatieperiode T [31]:

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{\rho \cdot V + M}{k}} \quad (5.7)$$

met T = oscillatieperiode (s)

ρ = dichtheid van de inhoud van de U-vormige buis (kg/m³)

V = inwendig volume van de U-vormige buis (m³)

M = massa van de lege U-vormige buis (kg)

k = veerconstante (N/m)

De dichtheid ρ volgt uit:

$$\rho = \frac{c}{4 \cdot \pi^2 \cdot V} \cdot T^2 - \frac{m}{V} = A \cdot T^2 + B \quad (5.8)$$

5.2.2.3 Invloedsfactoren

De bepaling van de dichtheid van het water-sedimentmengsel, zoals gemeten in de U-vormige buis door middel van het resonantieprincipe, is afhankelijk van meerdere parameters, die ofwel een rechtstreekse invloed hebben op de dichtheid van het mengsel ofwel op de nauwkeurigheid van de bepaling ervan. Hieronder worden deze parameters besproken.

5.2.2.3.1 Dichtheid

Uit studies [31] is gebleken dat het lineaire verband (5.8) tussen de opgemeten periode in het kwadraat en de dichtheid geldig is voor dichtheden gelegen tussen 0.690 en 1.575 g/cm³. De dichtheden die in dit onderzoek worden opgemeten zijn deze van het water-sedimentmengsel. Met behulp van formule (4.1) kan berekend worden wat de gemeten dichtheid is voor een bepaalde concentratie bij een bepaalde temperatuur voor een zeker ρ_s . De resultaten van tabel 5.1 geven voor verschillende

sedimentdichtheden de gemeten dichtheid van het water-sedimentmengsel bij verschillende temperaturen.

ρ_s (g/cm ³)	$\rho_{f,4^\circ\text{C}}$ (g/cm ³)	$\rho_{f,20^\circ\text{C}}$ (g/cm ³)	$\rho_{f,30^\circ\text{C}}$ (g/cm ³)
2,65	0,99998	0,99821	0,99566
2,65	1,00097	0,99920	0,99665
0,5	0,99996	0,99819	0,99563
0,5	0,99837	0,99661	0,99406
4	0,99998	0,99822	0,99566
4	1,00117	0,99940	0,99685

Tabel 5.1: Dichtheid van het water-sedimentmengsel bij verschillende temperaturen en sedimentdichtheden

De ondergrens is in deze studie niet van belang. Alle gemeten densiteiten zijn immers groter dan water ($\rho = 0,99820$ g/cm³ bij 20 °C [27]). Ook de bovengrens (1,575 g/cm³) ligt ver boven de gemeten dichtheden.

5.2.2.3.2 Temperatuur

Het volume van een materiaal is afhankelijk van de temperatuur en bijgevolg varieert ook de densiteit naargelang de temperatuur. Het is dus erg belangrijk om een densiteitsmeting steeds aan een temperatuurmeting te koppelen. Het bewijs van deze gevoeligheid wordt geïllustreerd aan de hand van zuiver water. Tabel 5.2 geeft de densiteit van zuiver water bij een verschil van 0,05 en 1°C volgens formule (7.3) overgenomen uit het CRC Handbook of Chemistry and Physics (zie paragraaf 7.4.2.2).

t (°C)	ρ_w (g/cm ³)
20,00	0,99821
20,05	0,99820
21,00	0,99799

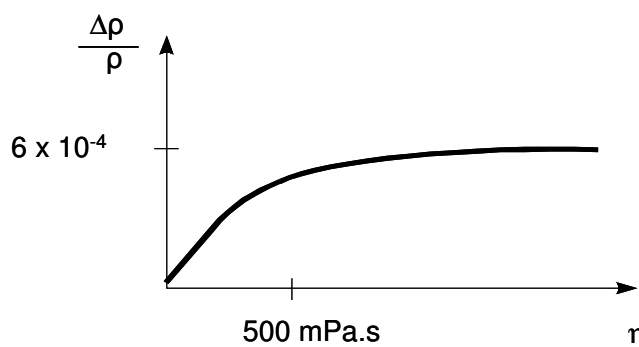
Tabel 5.2: Densiteit van gedestilleerd water [27]

De grote nauwkeurigheid van de gebruikte densiteitsmeters (0,00001 g/cm³) zorgt ervoor dat een temperatuurstijging van 0,05 °C reeds een verhoging van de densiteit met 0,00001 g/cm³ induceert. Een temperatuursregistratie met een nauwkeurigheid van 0,01 °C is daarom essentieel. Niet alleen de densiteit van de vloeistoffen in de U-vormige buis is gevoelig voor de temperatuur, ook de buis zelf ondervindt de temperatuurseffecten. In paragraaf 5.3 wordt toegelicht hoe dit bij de berekening in rekening wordt gebracht.

5.2.2.3.3 Viscositeit

Een andere factor die de dichtheidsmeting beïnvloedt, is de viscositeit van het doorgemeten mengsel. De meting van zeer viskeuze mengsels zal immers een te hoge waarde geven. De reden daarvoor is de extra demping van de trilling die optreedt ten gevolge van de schuifkrachten die aanwezig zijn in zeer viskeuze mengsels. De trillingsfrequentie is hierdoor te laag en zal in een te hoge dichtheidsmeting resulteren.

Mettler Toledo (zie paragraaf 5.3.1) raadt een viscositeitscorrectie aan vanaf een waarde die groter is dan 7 mPa.s. Dit is een relatief lage waarde als een vergelijking wordt gemaakt met weinig viskeuze vloeistoffen zoals zuiver water (1 mPa.s) en bloed (10 mPa.s) en het sterk viskeuze glycerine (1500 mPa.s). Zonder viscositeitscorrectie wordt bij doormeten van glycerol een waarde bekomen die 0,00070 te hoog ligt. Dit betekent een grote fout als men weet dat elke 0,00001 g/cm³ een concentratieverschil van 16 mg/l voorstelt. In figuur 5.7 is de invloed van de viscositeit op de dichtheidsmeting met de toestellen van Anton Paar (zie paragraaf 5.3.2) weergegeven.



Figuur 5.6: Effect van de viscositeit op de dichtheidsmeting met de DPRn 427 [31]

Wanneer aangenomen wordt dat het verloop tot 500 mPa.s een rechte door de oorsprong is, zal een viscositeit van 5 mPa.s een relatieve fout veroorzaken van 0,00006 voor de dichtheidsmeting. Voor water op 20°C is dit een verschil van bijna 0,00006 g/cm³. Correctie is bijgevolg noodzakelijk.

Deze correctie gebeurt door het uitvoeren van drie metingen onder licht verschillende condities (variatie in de trillingsfrequentie). De resultaten worden geanalyseerd en daaruit wordt een dempingsconstante berekend aan de hand waarvan de resultaten gecorrigeerd kunnen worden. De viscositeitscorrectie zorgt wel voor een toename in meettijd.

5.2.2.3.4 Andere invloeden

Niet alleen dichtheid, temperatuur en viscositeit beïnvloeden de meetresultaten in sterke mate. Daarnaast kan de aanwezigheid van luchtbelletjes in de door te meten vloeistof een serieuze invloed hebben. De dichtheid van lucht ($0,00120 \text{ g/cm}^3$ bij 20°C [33]) is veelal te verwaarlozen in vergelijking met deze van een vloeistof. Gezien de dimensies van de U-vormige buis echter niet groot zijn, kan de aanwezigheid van enkele kleine luchtbelletjes al voor een merkbare afwijking in het resultaat zorgen. De meeste laboratoriumversies zijn dan ook uitgerust met een venstertje waarlangs het mogelijk is visueel gasbelletjes te detecteren. Bij een industriële versie is deze controle minder voor de hand liggend.

Een tweede effect dat de nauwkeurigheid van de meetresultaten sterk kan doen dalen, is het bezinken van deeltjes in de dichtheidsmeter. Het verkregen resultaat is dan immers niet meer een gemiddelde van de dichtheid van de buisinhoud. De meter beschikt namelijk niet over een gevoeligheid die constant is doorheen de gehele buis.

Een mogelijke oplossing voor het vermijden van bezinkend sediment is het rondpompen van het met sediment beladen waterstaal, wat echter alleen bij in-line dichtheidsmeters mogelijk is. Het vermijden van luchtbelletjes zal nooit volledig zijn al zal een constant pompregime dit effect wel minimaliseren.

5.2.3 Dichtheidsmeter met oscillerende U-vormige buis

Twee types dichtheidsmeter worden in het kader van dit onderzoek gebruikt. Het eerste toestel, de DE51 van Mettler Toledo, is een laboratoriumversie van een dichtheidsmeter. De tweede dichtheidsmeter, de DPRn 427 van Anton Paar, is een in-line dichtheidsmeter.

5.2.3.1 DE51 – Mettler Toledo

5.2.3.1.1 Specificaties en toepassingsgebied

Figuur 5.7 geeft de DE51 van Mettler Toledo weer. Deze dichtheidsmeter is gebaseerd op het meetprincipe van de oscillerende U-vormige buis zoals vermeld in paragraaf 5.2.1. De meeteenheid vraagt een minimum monstervolume van 1,2 ml en is vervaardigd uit boorsilicaatglas. Met dit toestel kunnen dichtheden van 0 tot 3 g/cm^3 met een nauwkeurigheid van $0,00001 \text{ g/cm}^3$ doorgemeten worden. Het in stand houden van de temperatuur gebeurt door middel van een Peltier-element waardoor temperaturen tussen 4 en 70°C kunnen opgelegd worden. Hierbij kan de meting plaatsvinden. Het toestel is tevens uitgerust met een viscositeitscorrectie.



Figuur 5.7: DE51 [34]

5.2.3.1.2 Berekeningsmethode dichtheid

Formule (5.8) (zie 5.2.2.2) stelt dat een lineair verband aanwezig is tussen de dichtheid en het kwadraat van de periode van de oscillering. Deze formule bevatte twee constanten, namelijk A en B die door kalibratie bepaald dienen te worden. Het is zeer belangrijk dat deze kalibratie van het toestel wordt uitgevoerd bij dezelfde temperatuur als de latere meettemperatuur. Deze kalibratie gebeurt aan de hand van twee fluida met een gekende dichtheid. In de meeste gevallen wordt hiervoor water en lucht gebruikt. Op die manier wordt een factor F bekomen, waarbij F gelijk is aan:

$$F = \frac{K}{4 \cdot \pi^2 \cdot V} = \frac{\rho_a - \rho_w}{T_a^2 - T_w^2} \quad (5.9)$$

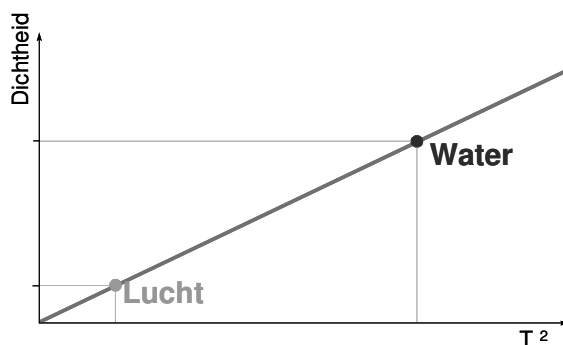
met ρ_a = dichtheid lucht

ρ_w = dichtheid water

T_a = temperatuur lucht

T_w = temperatuur water

Figuur 5.8 geeft het lineaire verband (15) weer waarbij de constanten A en B door meting van lucht en water zijn bepaald.



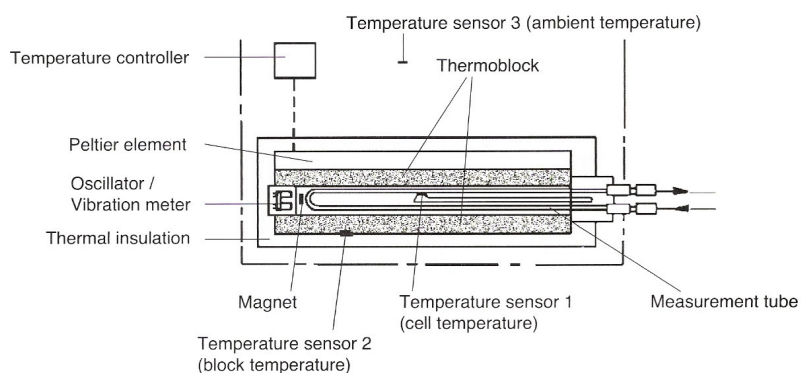
Figuur 5.8: Lineair verband tussen periode² en dichtheid voor bepaalde temperatuur [33]

De densiteit van een monster met temperatuur T wordt dan bepaald aan de hand van:

$$\rho = \rho_a - F \cdot (T_a^2 - T^2) \quad (5.10)$$

5.2.3.1.3 Temperatuurscontrole

Aangezien temperatuur een grote invloed uitoefent op densiteit (zie 5.2.2.3.2), is een goede temperatuursbeheersing van zeer groot belang, vooral bij deze laboversie. De temperatuur in het monster zelf bepalen is echter niet mogelijk, aangezien dit de trilling zou verstoren. Daarom wordt geopteerd om de meting bij een vaste temperatuur uit te voeren. Hiervoor beschikt de DE51 over drie temperatuursensoren met een nauwkeurigheid van 0,01 °C.



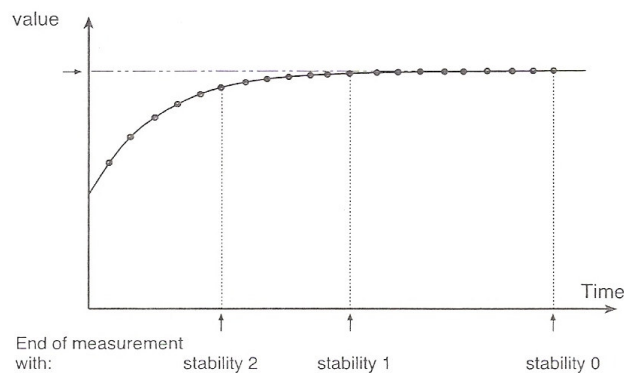
Figuur 5.9: Configuratie van de temperatuursensoren bij DE51 [33]

Een eerste sensor wordt geplaatst aan het oppervlak van de U-vormige buis. Dit is tevens de temperatuur die op de display afgelezen wordt, namelijk de celtemperatuur. Een tweede sensor wordt op het thermoblok geplaatst dat dienst doet als isolerend element. Tot slot wordt een derde sensor

geplaatst tegen de behuizing. Deze drie sensoren sturen de thermo-electrische module aan die de opwarming of afkoeling van het monster regelt.

Het Peltierelement zal het monster opwarmen of afkoelen om de ingestelde meettemperatuur te bereiken. Deze veranderende temperatuur zorgt tevens voor een aanpassing van de trilfrequentie. De celtemperatuur heeft bijgevolg de ingestelde meettemperatuur bereikt wanneer de trilfrequentie niet meer varieert aangezien het Peltierelement dan niet meer opwarmt of afkoelt.

Dit proces vergt echter veel tijd. Daarom heeft Mettler Toledo een systeem van stabiliteiten ingevoerd om dit proces te verkorten.



Figuur 5.10: Stabiliteitsverloop bij DE51 [33]

Stabiliteit 0: De exacte frequentie is bereikt wanneer gedurende 77 seconden de T-waarde niet meer dan 4 eenheden verandert. De nauwkeurigheid is dan 0.00001 g/cm³. De T-waarde is hierbij een maat voor de gemeten periode.

Stabiliteit 1: De uiteindelijke T-waarde wordt verkregen door extrapolatie met behulp van een gepatenteerd algoritme. De meettijd wordt hierdoor met de helft gereduceerd. In de meeste gevallen is het resultaat niet verschillend van het resultaat bij stabiliteit 0.

Stabiliteit 2: In een nog vroeger stadium wordt de geëxtrapoleerde T-waarde bepaald. De meettijd wordt alweer met de helft gehalveerd, maar dit keer niet zonder een verlies aan nauwkeurigheid van 1 of 2 cijfers ten opzichte van stabiliteit 0.

5.2.3.2 DPRn427

5.2.3.2.1 Specificaties en toepassingsgebied

Figuur 5.11 toont de DPRn427 van Anton Paar. Deze densiteitsmeter is eveneens gebaseerd op het meetprincipe van de oscillerend U-vormige buis. De meeteenheid beschikt over een buis met een inwendige diameter van 6,6 mm en is vervaardigd uit een nikkellegering. Ook met dit toestel kunnen dichtheden van 0 tot 3 g/cm³ met een nauwkeurigheid van 0,00001 g/cm³ doorgemeten worden en dit voor monsters die een temperatuur hebben gaande van -25 tot 125°C. Het toestel is eveneens uitgerust met een viscositeitscorrectie.



Figuur 5.11: DPRn 427 [35]

5.2.3.2.2 Berekeningsmethode densiteit

Formule (5.8) (zie 5.2.2.2) bevat twee constanten, namelijk A en B die door kalibratie bepaald dienen te worden. In tegenstelling tot de DPRn427 meet deze in-line densiteitsmeter echter niet bij een vaste temperatuur. Een kalibratie zou dan ook moeten gebeuren bij alle temperaturen waarbij gemeten wordt. In de praktijk wordt meestal bij enkele temperaturen gekalibreerd. De waarden voor de andere temperaturen volgt dan uit een bepaling aan de hand van een functie.

De dichtheid van een monster met een ongekende dichtheid wordt bepaald aan de hand van onderstaande vergelijking [31]:

$$\rho = C_1 \cdot T^2 \cdot (1 + D_1 \cdot t + D_2 \cdot t^2) - C_2 \cdot (1 + D_3 \cdot t) \quad (5.11)$$

met ρ = dichtheid (g/cm^3)

t = temperatuur ($^{\circ}\text{C}$)

T = Oscillatieperiode (s)

C_1, C_2 = constantes die de mechanische eigenschappen van de U-vormige buis in rekening brengen

D_1, D_2, D_3 = constantes die de temperatuursinvloed in rekening brengen.

Hoewel de temperatuurverandering geen probleem vormt, treedt er toch een beperking op. De transducers die de signalen voor de dichtheid opmeten, kunnen een zekere hoeveelheid warmte opslaan. Plotse grote temperatuursveranderingen kunnen een overgangsverschijnsel veroorzaken en dus een fout in de meetwaarde introduceren. Daarom raadt Anton Paar aan om geen temperatuursstijgingen groter dan $1^{\circ}\text{C}/\text{minuut}$ toe te laten.

5.2.3.2.3 Temperatuurscontrole

De DPRn427 beschikt niet over een temperatuurscontrolesysteem. In tegenstelling is geopteerd om een erg nauwkeurige temperatuursensor aan te brengen op de U-vormige buis en de signalen naar de evaluatie-eenheid te sturen waarna ze op de display af te lezen zijn.

Om een correcte densiteitswaarde te verkrijgen dient achteraf een densiteits-temperatuurcorrectie uitgevoerd te worden.

5.2.3.3 Toepassingsgebied

Densiteitsmetingen hebben reeds vele toepassingen. Een eerste toepassing bevindt zich op het vlak van concentratiebepalingen van alcoholen en waterige oplossingen zoals suikers en zuren, aan de hand van de beschikbare relatie tussen de dichtheid en de concentratie.

De frisdank- en biermarkt zijn hiervan bijvoorbeeld grote afnemers. Bierbrouwers zijn voornamelijk geïnteresseerd in de concentratie moutpap in het productieproces van hun brouwsel. Frisdankproducenten bepalen dan weer de hoeveelheid brix (de hoeveelheid opgeloste suiker in een vloeistof).

Een tweede toepassing ligt in de determinering van pure substanties op basis van dichtheid. Olieraffinage is bijvoorbeeld erg afhankelijk van de densiteitsbepaling. De verschillende eindproducten (kerosine, benzine, diesel, ...) onderscheiden zich door hun dichtheid.

Andere sectoren (verfindustrie, zuivelproducenten, ...) waar een nauwkeurige dichtheidsmeting van belang is, benutten deze methode sterk.

5.2.3.4 Conclusie

De hoge nauwkeurigheid bij de bepaling van dichtheid is met geen enkele ander meetprincipe te behalen. De DPRn 427 is op dit ogenblik de meest nauwkeurige in-line densiteitsmeter. De nauwkeurigheid is daarnaast ook over een vrij groot gebied constant en reproduceerbaar. Een ander voordeel is het snelle reactievermogen van de techniek. Veranderingen in concentratie en temperatuur kunnen real-time geregistreerd worden. De eenvoud en uitvoering van de techniek maken tot slot een langdurige meetcampagne mogelijk met weinig onderhoud en kalibratie.

De belangrijkste nadelen die een in-line densiteitsmeter heeft, zijn de correcties die noodzakelijk zijn voor de temperatuur en de luchtballen die de meting aanzienlijk kunnen verstoren.

6 Parameters

6.1 Inleiding

Net als de technieken uit hoofdstuk 3, zal concentratiebepaling op basis van densiteitsmetingen beperkingen hebben in de praktijk. In dit hoofdstuk wordt getracht een (niet limitatief) overzicht te geven van de parameters die de nauwkeurigheid van deze methode mogelijk beïnvloeden en wordt een estimatie gegeven van de mate van deze beïnvloeding. Daartoe worden de aan het sediment verbonden karakteristieken toegelicht, met name de korrelgrootte, de concentratie en de dichtheid van het sedimentair materiaal. Vervolgens wordt sediment vanuit een minder traditioneel oogpunt bekeken onder de vorm van vlokken.

6.2 Korrelgrootte

6.2.1 Belang van korrelgrootte

De variatie in de grootte van sedimentair materiaal is erg groot. De vraag rijst dan ook of en in hoeverre deze karakteristiek de meting beïnvloedt. Hierbij worden antwoorden gezocht op vragen zoals: welke korrelgroottes stellen problemen bij het doormeten van densiteiten? En welke korrelgroottes geven een nauwkeurig resultaat.

Tabel 6.1 toont hoeveel deeltjes minimaal in 1 liter water aanwezig moeten zijn om gedetecteerd te worden door de DE51 en DPRn427, wetende dat hun respectievelijke detectiegrens 10 en 50 mg/l bedraagt (zie 5.3). De gebruikte diameters zijn de grenzen van de sedimentclassificatie zoals ze verder in tabel 6.2 vermeld staan.

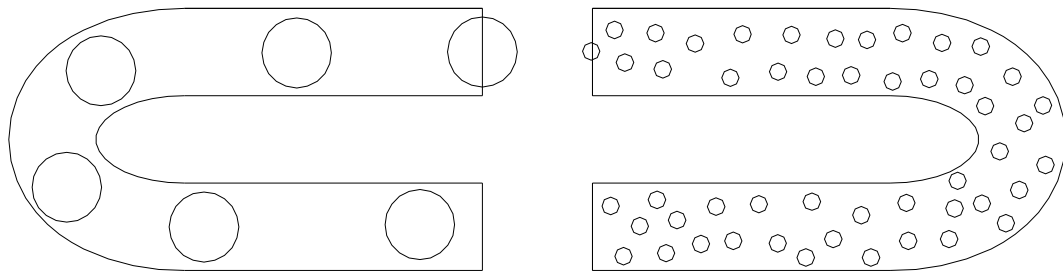
Diameter (µm)	2000	62	4	0,24
aantal korrels in 10 mg/l (detectielimiet DE51)	9,01E-01	3,03E+04	1,13E+08	5,22E+11
aantal korrels in 50 mg/l (detectielimiet DPRn427)	4,51E+00	1,51E+05	5,63E+08	2,61E+12

Tabel 6.1: Aantal korrels aanwezig in detectielimiet van DE51 en DPRn427, respectievelijk 10 en 50 mg/l en dit voor verschillende korreldiameters

Het aantal korrels van de kleifracie dat nodig is om gedetecteerd te worden, is beduidend groter dan bijvoorbeeld bij korrels van de zandfracie. Kleinere korrels moeten bijgevolg in veel grotere hoeveelheden aanwezig zijn om een zelfde effect te bereiken als grote deeltjes. Naast een onderlimiet qua korrelgrootte, kan ook bekeken worden hoe grote deeltjes het resultaat beïnvloeden en of hier een

maximum korrelgrootte te vinden is. Indien partikels met grote afmetingen zich in suspensie bevinden, moeten deze niet in grote hoeveelheden aanwezig zijn om gedetecteerd te worden, maar gezien hun grootte is de kans groter dat ze bezinken in de U-buis, wat kan leiden tot foutieve resultaten.

Een ander effect wordt visueel weergegeven in figuur 6.1. Deze figuur toont de U-vormige buis die gevuld is met een zelfde concentratie maar dit met gesuspendeerde partikels met sterk verschillende korrelgroottes.



Figuur 6.1: U-vormige buis gevuld met verschillende korrelgroottes

Een extra korrel met dezelfde afmeting in de linkse buis zal bijgevolg een veel groter effect hebben dan een extra korrel in de rechtse buis. Hierbij in acht nemend dat bij de DPRn427 het waterstaal wordt doorgepompt, wordt dit effect nog versterkt gezien pompen niet-isokinetisch gebeurt en dit vooral een effect heeft op de grotere korrels (zie 3.1.1.1.1). Hoewel doorpompen bij de DE51 niet van toepassing is, is het gebruik van de spuit om het mengsel in het toestel te brengen ook verbonden met een niet-isokinetische staalname. Bijgevolg wordt verwacht dat kleine korrelgroottes nauwkeuriger resultaten leveren.

6.2.2 Korrel diameter

Het bepalen van de grootte en de diameter van sedimentpartikels is in de praktijk niet vanzelfsprekend. De theoretisch aangenomen voorstelling van een sedimentkorrel als een perfect sferisch deeltje is immers niet realistisch. Daarom is het noodzakelijk om de korreldiameter op een kunstmatige manier te definiëren. Dit kan op verschillende manieren:

- Zeefdiameter: Afmeting van de zeef waar het deeltje nog net doorvalt of waarop ze blijft liggen. Dit is afhankelijk van de kleinste afmeting van het deeltje.
- Nominale diameter: Diameter van een sferisch deeltje met hetzelfde volume als de werkelijke korrel. Deze diameter wordt gebruikt bij laser-diffractie waar een 2-dimensionale

perfect sferische visualisatie van het 3-dimensionale deeltje wordt gemaakt om de diameter te bepalen.

- Standaardbezinkingsdiameter: Diameter van een deeltje met een densiteit van $2,65 \text{ g/cm}^3$ dat in gedestilleerd water van 24°C dezelfde bezinkingsnelheid heeft als het echte deeltje.
- Gemiddelde diameter: Vierkantswortel van het product van de maximale en minimale afmeting van de korrel.

6.2.3 Classificatie volgens korreldiameter [5]

Aan de hand van de korrelgrootte kan sediment ingedeeld worden in verschillende klassen (Tabel 6.2). Naargelang de instantie kunnen de diametergrenzen van die klassen lichtjes verschillen. In dit werk wordt de indeling van de American Geophysical Union gevolgd.

64000 - 2000 μm	2000 - 62 μm	62 - 4 μm	4 - 0,24 μm	< 0,24 μm
grind	Zand	leem	klei	colloïden

Tabel 6.2: Indeling op basis van korrelgrootte [5]

Hierbij worden partikels kleiner dan 64 mm en groter dan 2 mm als grind gedefinieerd. Korrels die kleiner zijn dan 2 mm maar groter dan 0,062 mm worden als zand gedefinieerd. De leemfractie betreft korrels die een afmeting hebben gelegen tussen 62 en 4 μm , terwijl korrels kleiner dan 4 μm maar groter dan 0,24 μm tot de kleifractie gerekend worden. Alles wat kleiner is dan de kleifracties, wordt als colloïdaal materiaal gedefinieerd.

6.2.4 Korrelgroottevariatie in Vlaamse rivieren

Tabel 6.3 toont de opgemeten diameter D_{50} (50% van de diameters is groter dan deze waarde) in de meetstations Epepegem, Aarschot, Grobbendonk, Haacht, Itegem, Menen en Overboelare in het meetnet van het WL.

	D ₅₀ (µm)	D ₅₀ (µm)	D ₅₀ (µm)	D ₅₀ (µm)	D ₅₀ (µm)	D ₅₀ (µm)	D ₅₀ (µm)
Januari	29,46	26,11	26,45	25,30	23,80	18,22	19,76
Februari	42,37	23,63	27,94	29,58	22,31	13,05	19,75
Maart	29,54	29,64	24,72	24,63	25,90	20,01	16,95
April	24,22	29,64	24,72	24,63	21,84	17,10	16,95
Mei	50,00	29,72	24,60	34,23	22,15	14,75	21,75
Juni	23,14		38,52	30,18	26,41	14,85	19,10
Juli	34,22	17,88	16,43	20,61	22,52	25,13	12,03
Augustus	33,81	16,81	16,43	18,68	18,54	16,90	16,69
September	28,03	24,36	22,72	22,25	36,45	18,51	12,44
Oktober	29,35	23,68	22,72	22,25	28,75	12,00	12,44
November	41,43	25,79	25,05	33,68	26,50	14,17	9,53
December	28,66	25,94	30,47	16,93	26,72	13,86	14,73
	Epp	Aar	Gro	Haa	Ite	Men	Ove

Tabel 6.3: D₅₀ opgemeten in 7 van de 8 meetstations van het WL in 1999, 2000 en 2001 [26]

De diameters verschillen nagenoeg niet wanneer de vergelijking tussen de stations wordt gemaakt. De variatie in korrelgrootte doorheen het jaar is eveneens minimaal. Volgens de classificatie van paragraaf 6.2.3 is de gemiddelde diameter te benoemen als deze van leem.

6.3 Concentratie

6.3.1 Belang van concentratie

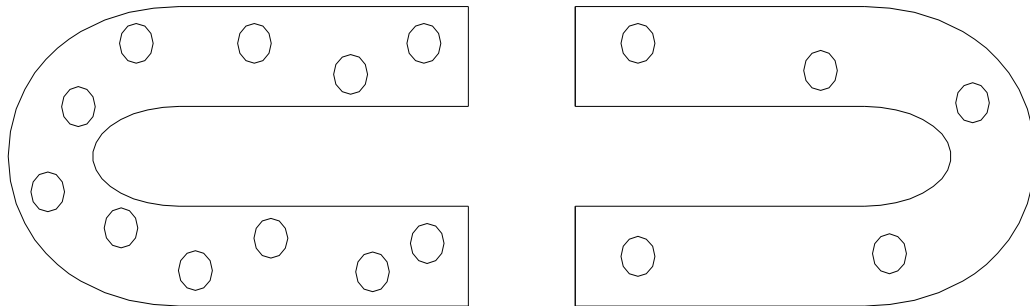
Bij een methode ter bepaling van de concentratie is het vanzelfsprekend dat deze grootheid een rol speelt. Net als bij korrelgrootte wordt gezocht naar een interval waarbinnen nauwkeurige resultaten worden verkregen. Wanneer concentraties verkregen worden die niet binnen de nauwkeurigheidsgrenzen van de gebruikte techniek vallen, wordt gezocht naar de oorzaken van dit falen.

Een eerste vereiste is het kennen van de ondergrens van nauwkeurige metingen. Mettler-Toledo en Anton Paar geven als minimum detectiegrens voor de DE51 en DPRn 427 respectievelijk 10 en 50 mg/l aan. Het is de vraag of dit ook voor suspensies geldig zal zijn aangezien deze theoretische waarden gebaseerd zijn op experimenten met hoofdzakelijk binaire vloeistoffen. Zal een suspensie impliceren dat de grens van detecteren wordt verhoogd of zal er net sneller een bepaalde concentratie aan korrels kunnen worden waargenomen?

De bovengrens van een nauwkeurige meting moet eveneens bepaald worden. Immers hoe meer sediment in het water gesuspenseerd is, hoe groter de kans wordt dat het zal bezinken tijdens de meting, wat een fout kan induceren in het resultaat zoals reeds werd aangehaald in paragraaf 5.2.2.3.4.

In paragraaf 4.2.4 bleek dat concentratieverschillen van 16 mg/l detecteerbaar zijn wanneer wordt uitgegaan van een sediment dat bestaat uit kwarts ($\rho_s = 2,65 \text{ g/cm}^3$). De resultaten zullen bijgevolg altijd deel uitmaken van een rekenkundige reeks met sprongen van 16 voor kwartskorrels met name 16, 32, 48, enz. Dit geldt in ieder geval voor meetreeksen van de DE51. De DPRn427 meet op continue basis en deze resultaten worden uitgemiddeld. Hierdoor zullen concentratiestappen van 16 mg verkleind worden.

Figuur 6.2 visualiseert deze problematiek aan de hand van twee U-vormige buizen met daarin een verschillende concentratie van korrels met een zelfde grootte. Hierbij moet een antwoord gezocht worden op de vraag bij welke concentratie te weinig/te veel korrels in de buis aanwezig zijn om een nauwkeurige meting te garanderen.



Figuur 6.2: U-vormige buis met twee verschillende concentraties

6.3.2 Concentratievariatie in Vlaamse rivieren

Tabel 6.4 toont gesuspendeerde sedimentconcentraties opgemeten in 2004 in de meetstations Eppegem, Aarschot, Grobbendonk, Haacht, Itegem, Menen, Geel-Zammel en Overboelare in het meetnet van het WL. De concentraties zijn gemiddelden van metingen gedurende een maand.

	C _f (mg/l)	C _f (mg/l)	C _f (mg/l)	C _f (mg/l)	C _f (mg/l)	C _f (mg/l)	C _f (mg/l)	C _f (mg/l)
Januari	39	358	521	159	84	121	121	209
Februari	27	251	46	138	73	35	158	163
Maart	25	311	5	29	73	52	17	38
April	24	318	3	47	60	43	35	74
Mei	4	525	165	116	40	37	323	43
Juni	18	282	368	55	100	5	99	36
Juli	41	490	680	50	123	15	51	62
Augustus	55	468	202	63	174	20	79	125
September	12	473	44	56	132	14	191	91
Oktober	1	416	224	41	74	18	83	62
November	15	638	229	44	147	41	101	26
December	31	761	276	60	129	74	340	12
	Gro	Epp	Haa	Men	Ite	Ove	Aar	Gee

Tabel 6.4: Gesuspenderde sedimentconcentraties opgemeten in de 8 meetstations van het WL [26]

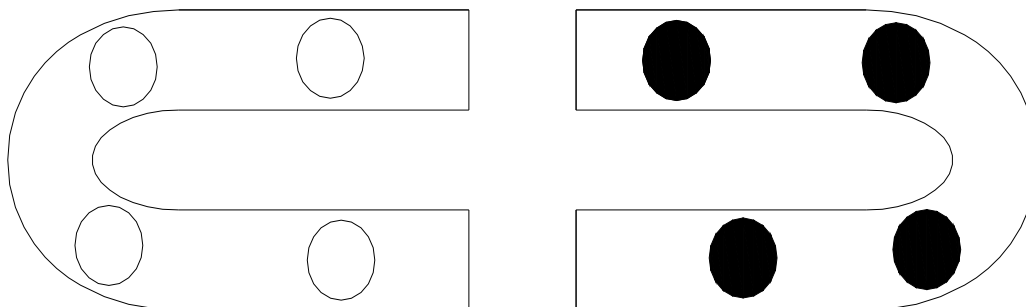
Wanneer per station wordt gekeken, is het duidelijk dat heel wat variatie kan optreden in een bepaald punt van een zelfde rivier.

Wanneer de vergelijking tussen de verschillende stations wordt gemaakt, zijn grote verschillen vast te stellen qua concentratie. In Epegem en Haacht komen sedimentconcentraties van enkele honderden mg/l voor, waar dat in Grobbendonk beperkt blijft tot enkele tientallen mg/l.

6.4 Dichtheid

6.4.1 Belang van dichtheid

Figuur 6.3 geeft de U-vormige buis weer van een densiteitsmeter waarbij de deeltjes identiek zijn in vorm en grootte maar waarbij de dichtheid verschilt.



Figuur 6.3: U-vormige buis gevuld met deeltjes met dezelfde korrelgrootte en een verschillende dichtheid

De vraag stelt zich of de meting in staat is om het verschil in concentratie nauwkeurig te detecteren ten gevolge van een variatie in de densiteit.

Heeft het apparaat moeite met het detecteren van de aanwezigheid van zeer lichte, maar toch zeer volumineuze deeltjes zoals flocculair materiaal? Maar ook hout bijvoorbeeld, dat een dichtheid heeft van gemiddeld 0,8 g/cm³, wat maar een derde is van de dichtheid van kwarts (zie 6.6). Niet alleen lage dichtheden kunnen de nauwkeurigheid van de methode terugdringen, hoge dichtheden stellen hetzelfde probleem.

6.4.2 Dichtheidsvariatie van water [36] [37]

Water bevat aanzienlijk wat opgeloste stoffen waarbij zouten een belangrijke plaats innemen. De aanwezigheid van deze zouten zorgt voor een aanzienlijk hogere dichtheid dan deze van zoet water.

De definiëring van het zoutgehalte van een waterstaal heeft een lange weg afgelegd. Oorspronkelijk werd zoutgehalte gerelateerd aan de hoeveelheid chloor in het water, gezien het bewezen verband tussen de aanwezigheid van chloor en het zoutgehalte en gezien het bestaan van een nauwkeurige methode om dit gehalte te bepalen. Het chloorgehalte werd hierbij gedefinieerd als de hoeveelheid zilver nodig om het gehalte halogenen in 0,3285234 kg te precipiteren [35].

Intens onderzoek naar de relatie tussen zoutgehalte en geleidbaarheid van het water heeft geleid tot de practical Salinity Scale in 1978. Deze bepaalt het zoutgehalte S als volgt [35]:

$$S = 0,0080 - 0,1692 \cdot R_{15}^{\frac{1}{2}} + 25,3851 \cdot R_T + 14,0941 \cdot R_T^{\frac{3}{2}} - 7,0261 \cdot R_T^2 + 2,7081 \cdot R_T^{\frac{5}{2}} + \Delta S \quad (6.1)$$

(2 < S < 42)

met S = zoutgehalte (‰)

Formule (6.1) bevat twee niet nader gedefinieerde grootheden R_f en ΔS , bepaald door:

$$R_T = \frac{C(S, T, 0)}{C(KCl, T, 0)} \quad (6.2)$$

$$\Delta S = \frac{T - 15}{1 + 0,0162 \cdot (T - 15)} + 0,005 - 0,0056 \cdot R_T^{\frac{1}{2}} - 0,0066 \cdot R_T - 0,0375 \cdot R_T^{\frac{3}{2}} + 0,636 \cdot R_T^2 - 0,0144 \cdot R_T^{\frac{5}{2}} \quad (6.3)$$

met $C(S, T, 0)$ = conductiviteit van het waterstaal bij temperatuur T onder atmosferedruk

$C(KCl, T, 0)$ = conductiviteit van standaard kaliumchloride-oplossing bij temperatuur T onder

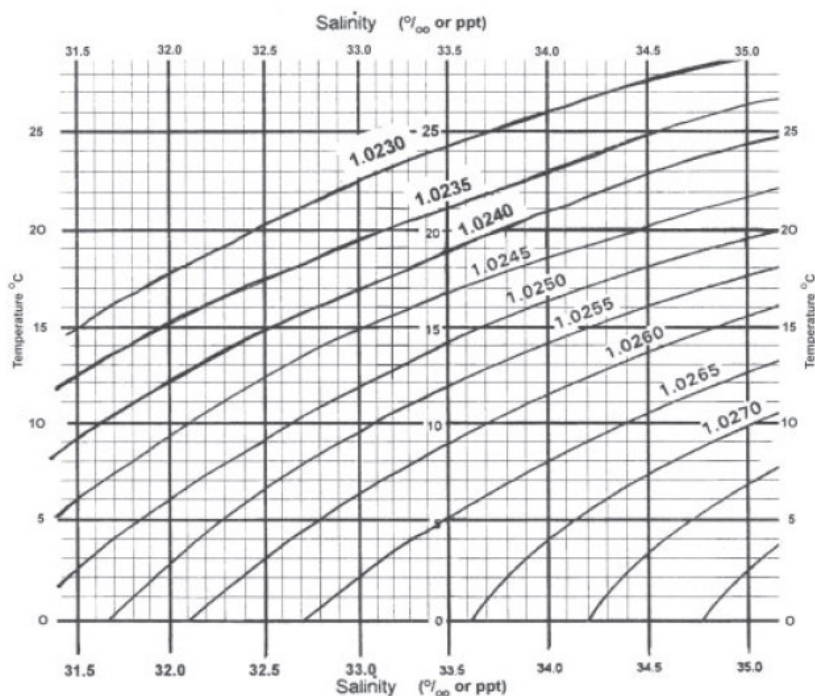
atmosfeerdruk waarbij de standaard kaliumchloride-oplossing 32,4356 g KCl in 1 kg oplossing is [35].

Tot op heden wordt conductiviteit als basis genomen voor het zoutgehalte. Twee waterstalen met een zelfde geleidbaarheid, hebben immers een zelfde zoutgehalte. Tabel 6.5 geeft een beeld van de zoutgehaltes in enkele zeeën. De variatie in een zelfde waterstaal bedraagt gemiddeld 20 ppm, waardoor de conductiviteitsmeting bijgevolg met een hoge nauwkeurigheid moet gebeuren.

	‰
Rode Zee	40
Middellandse Zee	38
Zwarte Zee	18
Gemiddeld Zeewater	34,7

Tabel 6.5: Zoutgehaltes van zeewater [37]

Tot slot geeft figuur 6.4 een beeld van de dichtheid van zeewater. Wanneer deze wordt vergeleken met gedestilleerd water bij 20 °C ($\rho_w = 0,99820 \text{ g/cm}^3$), wordt vastgesteld dat een waterstaal bij dezelfde temperatuur met een zoutgehalte van 33 promille een dichtheid heeft van 1,0235 g/cm³. Zoutgehalte heeft bijgevolg een grote invloed op de dichtheid van het staal, zeker wanneer een nauwkeurigheid van 10^{-5} wordt nagestreefd.



Figuur 6.4: Dichtheid in functie van temperatuur en zoutgehalte [37]

6.4.3 Dichtheidsvariatie van sediment [38]

Niet alleen de dichtheid van het water varieert, ook de dichtheid van sedimentair materiaal vertoont grote verschillen. Deze paragraaf beschrijft de meest voorkomende sedimentair fluviatiele materialen.

6.4.3.1 Kwarts

Kwarts is het meest voorkomende mineraal in de aardkorst en is de bouwsteen van onder andere zand en zandstenen. De reden voor zijn grote aanwezigheid is de aard van het mineraal. Kwarts is namelijk zeer goed bestand tegen fysische en chemische verwerking en bijgevolg uiterst stabiel en inert. Zuiver kwarts is kleurloos of wit, al is het soms gekleurd door de aanwezigheid van onzuiverheden. De chemische samenstelling van kwarts is SiO_2 en de dichtheid bedraagt $2,65 \text{ g/cm}^3$.

6.4.3.2 Kleimineralen

Naast kwarts zijn kleimineralen belangrijke erosieproducten. Deze fyllosilicaten kunnen beschouwd worden als een regelmatige opeenvolging van silicaatlagen en hydroxylagen. De volgorde van de lagen in de stapeling en de eventuele elektrische lading van deze lagen bepaalt de mineraalsoort. Ze worden gekenmerkt door hun vermogen om anionen en kationen te absorberen. Daarnaast zijn deze mineralen zeer plastisch, hebben ze een zeer groot specifiek oppervlak en beschikken ze over een aanzienlijk zwelvermogen. Bekende voorbeelden zijn kaolinit ($\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$) en montmorilloniet. De dichtheden kunnen variëren van 2 g/cm^3 (smectieten) tot $3,4 \text{ g/cm}^3$ (biotiet)

6.4.3.3 IJzeroxyden en -hydroxyden

IJzer is samen met aluminium en silicium één van de belangrijkste metallische elementen in de aardkorst. Het komt dan ook in talrijke mineralen voor. Oxyden vormen veelal harde mineralen die dikwijls primair van oorsprong zijn zoals hematiet (Fe_2O_3), daar waar hydroxyden doorgaans zachter zijn en gevormd worden doordat bij verwerking van ijzerhoudende mineralen het ijzer uit het kristalrooster vrijgesteld worden, waarna het beschikbaar is voor het vormen van nieuwe secundaire mineralen zoals goethiet (FeOOH). Hematiet komt veel voor in ijzerzandsteen en heeft een kersenrode of roodbruine kleur. De dichtheid bedraagt $5,26 \text{ g/cm}^3$. Goethiet is het meest verspreide verweringsproduct van ijzerhoudende mineralen dat onder meer in de ijzerrijke Diestiaan- en Brusseliaanzanden voorkomt en heeft een gele, rode of bruinzwarte kleur. Het heeft een dichtheid die

varieert van 3,3 tot 4,3 g/cm³. Limoniet is de verzamelterm die de gehydrateerde micro- of kryptokristallijne variëteiten van goethiet aanduidt.

6.5 Temperatuur

Dichtheid van stoffen is afhankelijk van de temperatuur waarop ze bepaald wordt. Een dichtheidsmeting kan bijgevolg niet correct geïnterpreteerd worden, zonder de nodige aandacht aan de temperatuur te besteden.

Een eerste mogelijkheid is het constant houden van de temperatuur of ten minste het meten bij een vooraf vastgelegde temperatuur. Bij de DE51, een laboratoriumtoestel, wordt hiervoor geopteerd, maar bij een in-line toestel is dit praktisch veel moeilijker haalbaar.

Daarom wordt de temperatuursweergave van dit toestel benut. De relatie tussen densiteit en temperatuur kan verwerkt worden in de formule (4.1) voor de bepaling van concentratie. Voor elke gemeten dichtheid van het water-sedimentmengsel wordt de concentratie berekend met behulp van de dichtheid van gedestilleerd water bij de temperatuur waarop de dichtheidsmeting is gebeurd. Vervolgens wordt van al deze berekende concentraties een gemiddelde genomen.

6.6 Flocculatie

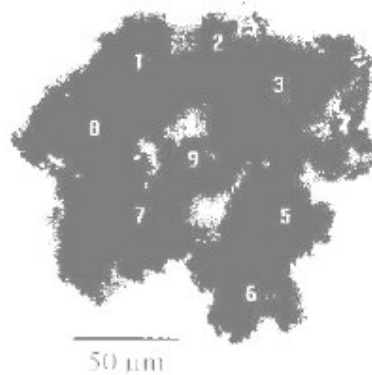
6.6.1 Ontstaan en samenstelling [39] [40]

Op dit moment wordt de meting en de monitoring van gesuspenderde sedimentconcentraties vooral gebaseerd op de klassieke perceptie van sediment. Klassiek wordt sediment namelijk gekarakteriseerd aan de hand van de minerale fractie die in het water aanwezig is. Het sediment is in deze optiek steeds een verzameling individuele entiteiten die geërodeerd en getransporteerd worden om al dan niet tijdelijk te bezinken.

Dit blijkt echter een oversimplifiëring van het sedimenttransport te zijn. Een aanzienlijk deel van het sedimenttransport gebeurt onder de vorm van vlokken. Deze blijken een essentieel deel te vormen van het hedendaags transport van cohesief sediment.

Vlokvorming is het gevolg van een aggregatieproces waarbij grote partikels worden gevormd uitgaande van kleinere deeltjes in natuurlijk of kunstmatig water. Dit proces gaat meestal gepaard met een chemische destabilisatie en daaropvolgend een botsing tussen partikels. Hieruit resulteert dan een vlok. Deze vlok is meestal zeer heterogeen en samengesteld uit opgeloste en colloïdale deeltjes en partikels van verschillende grootte en variërende samenstelling. Ruwweg kunnen vier grote bestanddelen onderscheiden worden: anorganische bestanddelen (silicaten, colloïden,...), organische

componenten (bacteriën, kleine organismen, 'extracellular polymeric substance' of EPS,...), een zeer fijne poriënstructuur en het hierin gevangen water. Dit EPS speelt een belangrijke rol in de structuur van de vlok. Het extracellulair materiaal wordt gevormd door de micro-organismen en bacteriën die aanwezig zijn in de vlok. Dit materiaal stabiliseert de vlok en zorgt voor een driedimensionaal netwerk dat water in zijn poriën vangt, de vlok bijeenhoudt en de vlokoppervlakte vergroot.



Figuur 6.4: Vlok samengesteld uit 8 subvlokken [39]

6.6.2 Vlokdensiteit [39] [40]

In tegenstelling tot het klassieke sediment, neemt de dichtheid van een vlok doorgaans af naarmate het volume toeneemt. Een grote vlok kan dus een merkkelijk lagere dichtheid hebben dan een kleiner exemplaar.

Deze lage dichtheid is te wijten aan de extreem fijne poriënstructuur die ideaal is om grote hoeveelheden water te vangen en bijgevolg een lage dichtheid te handhaven. De fijne structuur is het gevolg van het aangehaalde EPS. Deze fibrillen hebben tevens een erg grote aantrekking op water. De dichtheid van vlokken benadert bijgevolg in vele gevallen deze van het water waarin de vlok getransporteerd wordt.

Het bepalen van deze dichtheid is echter niet eenvoudig. Vlokken passen immers helemaal niet binnen het klassieke beeld waarbinnen de dichtheid gekoppeld wordt aan de valsnelheid volgens de wet van Stokes. De dichtheid wordt daarom bepaald aan de hand van empirisch opgestelde modellen en aanpassingen van de wet van Stokes, die in sterke mate bepaald zijn door de specifieke condities (hydrodynamische conditie, soorten organismen,...) waarin de vlok zich bevindt.

6.6.3 Vlokgrootte [39] [40]

Gezien de manier waarop vlokken ontstaan, komen deze vlokken in vele vormen en groottes voor. De afmetingen kunnen gaan van enkele micrometer tot enkele mm. De precieze grootte is sterk afhankelijk van het rivierregime waarin de vlokken zich bevinden. Vlokken kunnen immers erg gemakkelijk breken wanneer ze in een snel stromende rivier getransporteerd worden, maar in een minder snel stromende rivier zullen ze dan weer snel samen kitten tot een groter geheel.

7 Meetresultaten en analyse

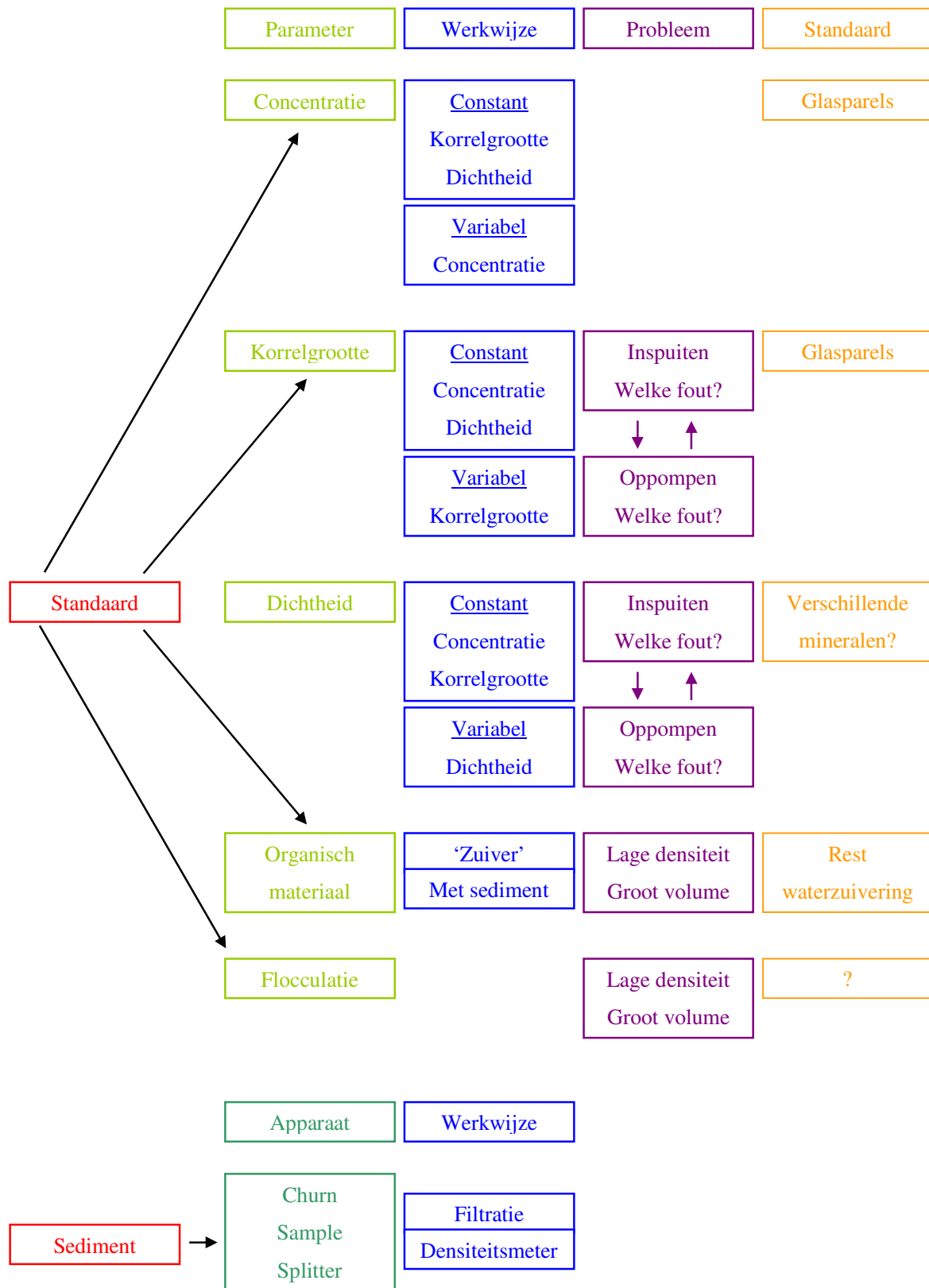
7.1 Inleiding

De invloed van enkele van de in hoofdstuk 6 aangehaalde parameters werd aan een verkennende studie onderworpen. Dit hoofdstuk behandelt de daartoe uitgevoerde testen alsook de gevonden resultaten. Eerst wordt de preparatie van de standaarden besproken en wordt de nauwkeurigheid van de standaarden vergeleken met de gevoeligheid van de methode. Vervolgens worden de verschillende resultaten toegelicht en geanalyseerd. Tot slot wordt een deel van de resultaten aan een statistische analyse onderworpen.

7.2 Overzicht van de uitgevoerde experimenten

Om de invloed van de parameters besproken in hoofdstuk 6 na te gaan op de nauwkeurigheid van de berekening van gesuspendeerde sedimentconcentraties via densiteitsmeting, dienen twee luiken onderzocht te worden.

Het eerste luik omvat experimenten met gestandaardiseerd materiaal terwijl het tweede luik experimenten met natuurlijk sediment omvat. Figuur 7.1 geeft beide luiken schematisch weer.



Figuur 7.1: Samenvatting van het te verrichten onderzoek om de invloed van de parameters op concentratiebepaling via densiteitsmeting na te gaan

In het eerste luik dient de invloed van elke parameter afzonderlijk bekeken worden. Hiervoor dienen standaarden gemaakt te worden waarbij de enige variabele de onderzochte parameter is.

De invloed van de parameter concentratie kan bepaald worden aan de hand van een serie standaarden met verschillende nauwkeurige concentraties aan gestandaardiseerd materiaal. Als standaard wordt geopteerd voor kwartskorrels met gecertificeerde korreldiameter. Hierdoor wordt voorkomen dat de parameters korrelgrootte en densiteit variëren binnen de verschillende standaarden.

De invloed van de parameter korrelgrootte kan op equivalente manier bepaald worden. Hierbij wordt een serie standaarden gemaakt met een vaste concentratie aan kwartskorrels, waarbij de korrelgrootte varieert. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van kwartskorrels met gecertificeerde korrelgrootte. Dit verzekert tevens dat de parameters densiteit en concentratie gelijk blijft.

De invloed van de parameter dichtheid kan bepaald worden aan de hand van een reeks standaarden die een vaste concentratie aan partikels bevat met een vaste korrelgrootte en een variërende densiteit. Als gestandaardiseerd materiaal kan geopteerd worden voor een reeks van mineralen met een verschillende dichtheid waarbij deze vermalen worden tot een bepaalde korrelgrootte.

De invloed van de parameter gehalte aan organisch materiaal kan bepaald worden aan de hand van twee reeksen standaarden. Een eerste reeks bevat ‘zuiver’ organisch materiaal dat wordt gehaald uit stalen afkomstig van waterzuivering. Een tweede reeks bevat een mengsel van organisch materiaal en natuurlijk sediment.

De invloed van de parameter flocculatie dient ook nagegaan te worden. Hoe hiervoor standaarden gemaakt dienen te worden is nog niet meteen duidelijk. Bijgevolg is het noodzakelijk om natuurlijke vlokken te bemonsteren. Gezien de fragiele natuur van deze vlokken is bemonstering niet mogelijk zonder deze gedeeltelijk te breken of door botsing aan elkaar te laten kitten.

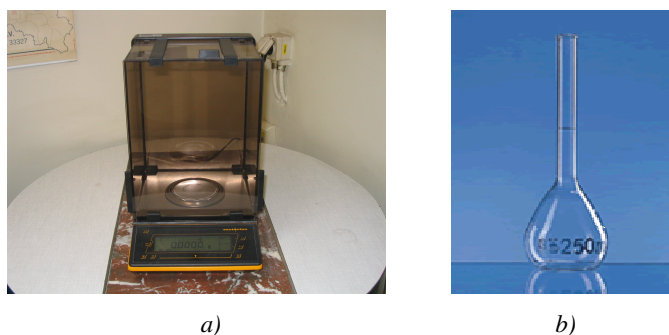
In het tweede luik wordt nagegaan hoe de methode reageert op de combinatie van al deze parameters. Hiertoe dienen een aantal rivierstalen bemonsterd te worden. De concentratie van deze stalen dient dan zowel met behulp van filtratie als met densiteitsmeting bepaald te worden, waarna de resultaten vergeleken kunnen worden.

In het kader van het onderzoek van dit eindwerk werd enkel een gedeelte van het eerste luik uitgevoerd, meer bepaald werd de invloed van twee parameters onderzocht: concentratie en korrelgrootte.

7.3 Standaarden

7.3.1 Preparatie standaarden

In dit verkennend onderzoek werden de factoren sedimentconcentratie en korrelgrootte onderzocht. Bijgevolg werd een reeks standaarden aangemaakt waarbij een zekere massa kwartskorrels aan een gekend volume gedestilleerd water werd toegevoegd. De korrels worden afgewogen met behulp van een analytische balans (zie figuur 7.2a) met een nauwkeurigheid van 0,0001g, terwijl het volume met behulp van een maatkolf (zie figuur 7.2b) met een nauwkeurigheid van 0,1 ml wordt bepaald.



Figuur 7.2: Analytische balans Sartorius A120S (a) en maatkolf (b)



Figuur 7.3: Dessicator (a) en droogstoof Heraeus Function Line (a)

In het kader van dit werk werden zes reeksen standaarden aangemaakt. De reeksen verschillen in de gebruikte korrelgrootte en concentratie, de gebruikte weegschaal en het al dan niet drogen van de korrels in een droogstoof voor het afwegen.

Reeks 1 bevat acht standaarden met een verschillende concentratie aan kwartskorrels met een diameter van 150 μm . De kwartskorrels werden afgewogen met een analytische balans van de UGent waarbij de korrels luchtdroog afgewogen werden. Tabel 7.1 geeft een overzicht.

N°	Conc (g/l)	Diam (µm)	Weegschaal	Droogwijze
Reeks 1				
1.1	0,0052	150	UGent	Lucht
1.2	0,0106	150	UGent	Lucht
1.3	0,0390	150	UGent	Lucht
1.4	0,1000	150	UGent	Lucht
1.5	0,2012	150	UGent	Lucht
1.6	0,9992	150	UGent	Lucht
1.7	2,0024	150	UGent	Lucht
1.8	10,0000	150	UGent	Lucht

Tabel 7.1: Overzicht standaarden reeks 1

Reeks 2 en 3 bevatten respectievelijk vier en drie standaarden met een verschillende concentratie aan kwartskorrels met een diameter van 150 µm waarbij getracht werd concentraties van ongeveer 50, 100, 200 en 400 mg/l te benaderen. Deze kwartskorrels werden afgewogen met een analytische balans van het Waterbouwkundig Laboratorium waarbij de korrels in de droogstoof (Heraeus Function Line, figuur 7.3a) werden gedroogd en daarna in de dessicator afkoelden, dit om de invloed van eventuele absorptie van luchtvochtigheid door de kwartskorrels uit te sluiten.

Het verschil tussen reeks 2 en 3 zit in de gebruikte procedure bij het drogen. Reeks 2 en 3 verbleven respectievelijk één en vier uur in de droogstoof en 15 minuten en acht uur in de dessicator. Tabel 7.2 geeft een overzicht.

N°	Conc (g/l)	Diam (µm)	Weegschaal	Droogwijze
Reeks 2				
2.1	0,0550	150	WL	Droogstoof + dessicator
2.2	0,1284	150	WL	Droogstoof + dessicator
2.3	0,1934	150	WL	Droogstoof + dessicator
2.4	0,3996	150	WL	Droogstoof + dessicator
Reeks 3				
3.1	0,0664	150	WL	Droogstoof + dessicator
3.2	0,1256	150	WL	Droogstoof + dessicator
3.3	0,3938	150	WL	Droogstoof + dessicator

Tabel 7.2: Overzicht standaarden reeks 2 en 3

Reeks 4 en 5 bevatten beiden zeven standaarden met een concentratie tussen 120 en 140 mg/l. De variabele parameter is hier de korrelgrootte die zeven verschillende waarden (75-300-425-600-825-1180-1400 µm) aanneemt. Deze kwartskorrel werden zoals reeks 2 en 3 afgewogen met de analytische balans van het Waterbouwkundig Laboratorium waarbij reeks 4 niet en reeks 5 wel in de oven werd gedroogd zoals reeks 3 namelijk vier uur in de droogstoof en acht uur in de dessicator. Tabel 7.3 geeft een overzicht.

N°	Conc (g/l)	Diam (µm)	Weegschaal	Droogwijze
Reeks 4				
4.1	0,1352	75	WL	Lucht
4.2	0,1282	300	WL	Lucht
4.3	0,1280	425	WL	Lucht
4.4	0,1338	600	WL	Lucht
4.5	0,1438	850	WL	Lucht
4.6	0,1320	1180	WL	Lucht
4.7	0,1316	1400	WL	Lucht
Reeks 5				
5.1	0,1364	75	WL	Droogstoof + dessicator
5.2	0,1338	300	WL	Droogstoof + dessicator
5.3	0,1340	425	WL	Droogstoof + dessicator
5.4	0,1338	600	WL	Droogstoof + dessicator
5.5	0,1360	850	WL	Droogstoof + dessicator
5.6	0,1410	1180	WL	Droogstoof + dessicator
5.7	0,1400	1400	WL	Droogstoof + dessicator

Tabel 7.3: Overzicht standaarden reeks 4 en 5

Reeks 6 bevat 49 standaarden waarbij zowel de concentratie als de korrelgrootte variëren. De concentratie varieert tussen 100 en 1000 mg/l met sprongen van 150 mg/l. De korrelgrootte varieert op dezelfde manier als bij reeks vier en vijf. De korrels zijn afgewogen met de analytische balans van het Waterbouwkundig Laboratorium waarbij ze vier uur in de oven werden gedroogd en acht uur in de dessicator doorbrachten. Tabel 7.4 geeft een overzicht.

N°	Conc (g/l)	Diam (µm)	Weegschaal	Droogwijze
Reeks 6				
6.1	0,0989	75	WL	Droogstoof + dessicator
6.2	0,2495	75	WL	Droogstoof + dessicator
6.3	0,4031	75	WL	Droogstoof + dessicator
6.4	0,5510	75	WL	Droogstoof + dessicator
6.5	0,6495	75	WL	Droogstoof + dessicator
6.6	0,8493	75	WL	Droogstoof + dessicator
6.7	0,9998	75	WL	Droogstoof + dessicator
6.8	0,1016	300	WL	Droogstoof + dessicator
6.9	0,2590	300	WL	Droogstoof + dessicator
6.10	0,4002	300	WL	Droogstoof + dessicator
6.11	0,5488	300	WL	Droogstoof + dessicator
6.12	0,7007	300	WL	Droogstoof + dessicator
6.13	0,8579	300	WL	Droogstoof + dessicator
6.14	1,0046	300	WL	Droogstoof + dessicator
6.15	0,1002	425	WL	Droogstoof + dessicator
6.16	0,2505	425	WL	Droogstoof + dessicator
6.17	0,3992	425	WL	Droogstoof + dessicator
6.18	0,5488	425	WL	Droogstoof + dessicator
6.19	0,7020	425	WL	Droogstoof + dessicator
6.20	0,8499	425	WL	Droogstoof + dessicator
6.21	1,0007	425	WL	Droogstoof + dessicator
6.22	0,0990	600	WL	Droogstoof + dessicator
6.23	0,2489	600	WL	Droogstoof + dessicator
6.24	0,3994	600	WL	Droogstoof + dessicator

6.25	0,5535	600	WL	Droogstoof + dessicator
6.26	0,7005	600	WL	Droogstoof + dessicator
6.27	0,8505	600	WL	Droogstoof + dessicator
6.28	1,0052	600	WL	Droogstoof + dessicator
6.29	0,0993	850	WL	Droogstoof + dessicator
6.30	0,2507	850	WL	Droogstoof + dessicator
6.31	0,4023	850	WL	Droogstoof + dessicator
6.32	0,5496	850	WL	Droogstoof + dessicator
6.33	0,6998	850	WL	Droogstoof + dessicator
6.34	0,8528	850	WL	Droogstoof + dessicator
6.35	0,9996	850	WL	Droogstoof + dessicator
6.36	0,1104	1180	WL	Droogstoof + dessicator
6.37	0,2548	1180	WL	Droogstoof + dessicator
6.38	0,4023	1180	WL	Droogstoof + dessicator
6.39	0,5494	1180	WL	Droogstoof + dessicator
6.40	0,7057	1180	WL	Droogstoof + dessicator
6.41	0,8514	1180	WL	Droogstoof + dessicator
6.42	1,0021	1180	WL	Droogstoof + dessicator
6.43	0,0954	1400	WL	Droogstoof + dessicator
6.44	0,2530	1400	WL	Droogstoof + dessicator
6.45	0,3995	1400	WL	Droogstoof + dessicator
6.46	0,5448	1400	WL	Droogstoof + dessicator
6.47	0,6975	1400	WL	Droogstoof + dessicator
6.48	0,8541	1400	WL	Droogstoof + dessicator
6.49	0,9964	1400	WL	Droogstoof + dessicator

Tabel 7.4: Overzicht standaarden reeks 6

7.3.2 Middelbare fout standaarden versus gevoeligheid methode

Wanneer fysische grootheden, in dit geval massa en volume, worden opgemeten, is het weinig waarschijnlijk dat deze exact overeenstemmen met de werkelijke waarde. De middelbare fout (MF) is de beste schatting voor de onnauwkeurigheid en komt voor een normaal verdeelde meting overeen met de standaardafwijking. Het is derhalve nodig om na te gaan in welke mate deze middelbare fout zich verhoudt tot de nauwkeurigheid die met de methode is te behalen, namelijk 16 mg/l.

Bij het gebruik van de analytische balans en de maatkolf is de middelbare fout gelijk aan de precisiefout van het toestel, dat wil zeggen de gevoeligheid of nauwkeurigheid van het toestel. Deze precisiefout is respectievelijk 0,0001 g en 0,1 ml. De relatieve fout (RF) van een meting is de verhouding van de MF tot de gemeten waarden of in het geval van concentratie:

$$RF(\text{concentratie}) = \frac{MF(\text{concentratie})}{\text{concentratie}} \quad (7.1)$$

Volgens de foutenrekening [41] is voor een concentratie, het quotiënt van een massa m en een volume V, de relatieve fout gelijk aan:

$$RF(\text{concentratie}) = \sqrt{RF(m)^2 + RF(V)^2} \quad (7.2)$$

Met m = massa (kg)

V = volume (m³)

Bij de reeksen 1 tot en met 5 werd gebruik gemaakt van een 500 ml maatkolf. Dit geeft een gemiddelde meetfout van 0,2 mg/l, daar waar dat bij de maatkolf van 1000 ml (reeks 6) gemiddeld 0,1 mg/l is. Beide waarden zijn gevoelig lager dan de nauwkeurigheid van de methode. De onzekerheid die gepaard gaat met het maken van de standaarden vermindert de significantie van de resultaten bijgevolg niet.

7.4 Experimenteel onderzoek

7.4.1 DE 51

7.4.1.1 Proefopstelling

In een eerste opstelling werd een laboratoriumtoestel, de DE51 van Mettler Toledo, uitgetest met behulp van de standaarden van reeks 1 en 2.

Aangezien de DE51 een labodensiteitsmeter is, kan het doormeten van de standaarden niet op continue wijze (in-line) worden uitgevoerd. Bijgevolg wordt met behulp van een 10 ml spuitje een submonster genomen van de standaard, waarna dit substaal in de meetcel wordt ingespoten. Een representatief staal opzuigen vraagt een homogene standaard en het homogeen opzuigen van deze standaard. De homogenisatie wordt zo goed mogelijk benaderd door de standaard te roeren met een mechanische roerder (Heidolph RZR 2021, rpm = 707).

Bij het inspuiten in de meetcel is het van belang dat geen luchtbelllen binnendringen. Het al dan niet aanwezig zijn van de (met het oog waarneembare) luchtbelllen kan gecontroleerd worden via een venster in het toestel.

Het voordeel bij dit type toestel is de constante meettemperatuur die in dit geval werd ingesteld op 20 °C. Dit impliceert wel een zekere wachttijd die het toestel nodig heeft om van de monstertemperatuur naar 20° te convergeren.

Kwartskorrels van een vorig substaal die zouden achterblijven, worden verwijderd door de meetcel na elke meting te reinigen door drie keer krachtig met kraantjeswater en éénmaal met gedestilleerd water de meetcel leeg te spuiten.

7.4.1.2 Resultaten

Tabel 7.5 toont de resultaten bij het doormeten met de DE51 van reeks 1. Deze tabel bevat:

- N° = monsternummer zoals in paragraaf 7.3.1
- Conc = concentratie van de standaard (g/cm^3)
- ρ_w = dichtheid van water door DE51 gemeten (g/cm^3)
- ρ_w = dichtheid van water-sedimentmengsel door DE51 gemeten (g/cm^3)
- C_f = concentratie berekend met formule (4.1) (g/l)
- % = verhouding van C_f tot Conc

Standaard		Water	Dichtheid mengsel (g/cm^3)			Berekende concentratie (g/l)			%		
N°	Conc (g/cm^3)	ρ_w (g/cm^3)	ρ_f			C_f					
			Gem.	Min.	Max.	Gem.	Min.	Max.	Gem.	Min.	Max.
1.2	0,0106	0,99811	0,99814	0,99813	0,99815	0,0450	0,0321	0,0642	429	303	605
1.3	0,0390	0,99811	0,99814	0,99813	0,99814	0,0450	0,0321	0,0481	115	82	123
1.5	0,2012	0,99811	0,99815	0,99813	0,99816	0,0610	0,0321	0,0802	30	16	40
1.6	0,9992	0,99811	0,99816	0,99814	0,99818	0,0800	0,0481	0,1123	8	5	11
1.2	0,0106	0,99812	0,99814	0,99813	0,99815	0,0290	0,0160	0,0481	277	151	454
1.3	0,0390	0,99812	0,99814	0,99813	0,99814	0,0290	0,0160	0,0321	74	41	82
1.5	0,2012	0,99812	0,99815	0,99813	0,99816	0,0450	0,0160	0,0642	22	8	32
1.6	0,9992	0,99812	0,99816	0,99814	0,99818	0,0640	0,0321	0,0963	6	3	10

Tabel 7.5: Resultaten concentratiebepaling met DE51 (reeks 1)

De gemeten waterdichtheid springt meteen in het oog. De literatuur [] geeft een dichtheid van $0,99820 \text{ g/cm}^3$ voor 20°C . De afwijking is dus vrij groot met een waarde van $0,00008$ à $0,00009$. Deze afwijking is verrassend gezien een labotoestel doorgaans de meest accurate meting geeft. Mogelijke oorzaken kunnen zijn:

- de aanwezigheid van luchtbelletjes. Aangezien het meetcelvolume $1,2 \text{ ml}$ bedraagt, is de impact van enkele kleine belletjes niet te verwaarlozen bij deze hoge nauwkeurigheid. Toch lijkt dit weinig waarschijnlijk daar nauwgezet in het oog werd gehouden dat de meetcel luchtbelvrij is.

- een ontoereikende kalibratie. De kalibratie van het toestel is waarschijnlijk zeer transportgevoelig. De fabrikant garandeerde echter bij levering een gekalibreerd toestel.

Wegens de korte beschikbaarheid van de apparatuur was het niet mogelijk om na te gaan of deze fout zich ook bij andere temperaturen voordeed.

Alvorens de meetwaarden van het water-sediment te bespreken, wordt opgemerkt deze met enig voorbehoud te bekijken. Maanden na de preparatie is namelijk gebleken dat de analytische balans niet in staat was tot exacte metingen en dat deze geruime tijd niet meer gekalibreerd was. Bijgevolg kan niet gegarandeerd worden dat de standaarden de concentratie bevat die werd opgemeten.

Wanneer de variatie van de meetwaarden per standaard wordt bekeken, blijkt een variatie van 0,00002 en 0,00004 g/cm³ voor de standaard van respectievelijk 0,0106 en 0,9992 g/l. Zeker voor de laagste concentratie is dit opmerkelijk vermits de bijhorende variatie een verschil van 32 mg/l betekent en deze maar 10 mg/l bevat. Deze variatie zou kunnen wijzen op het feit dat niet steeds dezelfde concentratie wordt ingespoten. Deze hypothese is niet ondenkbaar aangezien het opzuigen met een spuit niet kan garanderen dat er steeds dezelfde concentratie wordt bemonsterd. Daarnaast kan de vraag rijzen of de stalen genomen met de spuit überhaupt wel een representatieve voorstelling zijn van de concentratie die in de standaard zit.

Tenslotte is er de berekende concentratie zelf. Hoewel er een stijgende trend is te merken bij de berekende concentraties, gelijklopend met de werkelijke, geeft het bekomen resultaat weinig voldoening. De berekende waarde voor 0,039 mg/l komt nog enigszins in de buurt, maar gezien de andere resultaten is dit misschien meer een toevalstreffer, dan een bevestiging van de werking van de methode. Verdere conclusie worden hier niet getrokken gezien de reeds aangehaald onregelmatigheden bij de werking van de analytische balans van de UGent.

Op het ogenblik dat reeks 1 werd doorgemeten waren deze onregelmatigheden echter niet gekend. Een mogelijke oorzaak van de onnauwkeurig resultaten werd toegeschreven aan de luchtdroge kwartskorrels. Een volgende meting gebeurde bijgevolg met de dessicator droge korrels van reeks 2.

Tabel 7.6 toont de resultaten bij het doormeten met de DE51 van reeks 2.

Standaard		Water	Dichtheid mensel (g/cm ³)			Berekende concentratie (g/l)			%		
N°	Conc (g/cm ³)	ρ_w (g/cm ³)	ρ_f			C_f					
			Gem.	Min.	Max.	Gem.	Min.	Max.	Gem.	Min.	Max.
2.1	0,0550	0,99814	0,99810	0,99810	0,99811	-0,0580	-0,0642	-0,0481	-105	-117	-88
2.2	0,1284	0,99814	0,99813	0,99810	0,99816	-0,0210	-0,0642	0,0321	-16	-50	25
2.3	0,1934	0,99814	0,99813	0,99810	0,99817	-0,0210	-0,0642	0,0481	-11	-33	25
2.4	0,3996	0,99814	0,99816	0,99809	0,99825	0,0390	-0,0802	0,1765	10	-20	44
2.1	0,0550	0,99815	0,99810	0,99810	0,99811	-0,0740	-0,0802	-0,0642	-135	-146	-117
2.2	0,1284	0,99815	0,99813	0,99810	0,99816	-0,0370	-0,0802	0,0160	-29	-62	12
2.3	0,1934	0,99815	0,99813	0,99810	0,99817	-0,0370	-0,0802	0,0321	-19	-41	17
2.4	0,3996	0,99815	0,99816	0,99809	0,99825	0,0220	-0,0963	0,1604	6	-24	40
2.1	0,0550	0,99816	0,99810	0,99810	0,99811	-0,0900	-0,0963	-0,0802	-164	-175	-146
2.2	0,1284	0,99816	0,99813	0,99810	0,99816	-0,0530	-0,0963	0,0000	-41	-75	0
2.3	0,1934	0,99816	0,99813	0,99810	0,99817	-0,0530	-0,0963	0,0160	-27	-50	8
2.4	0,3996	0,99816	0,99816	0,99809	0,99825	0,0060	-0,1123	0,1444	2	-28	36

Tabel 7.6: Resultaten concentratiebepaling met DE51 (reeks 2)

De waterdichtheid vertoont opnieuw afwijkingen. Hoewel de waarden in vergelijking met de meting bij reeks 1 de exacte waarde al beter benaderen, blijft het verrassend dat drie verschillende waterdichtheden worden opgemeten met een labotoestel met deze nauwkeurigheid. Aangezien de

dichtheid bepaald wordt met behulp van stabiliteiten, stabiliteit 1 in dit geval, is het mogelijk dat deze afwijking hierdoor veroorzaakt is.

De reeds vermelde variatie van de metingen van een zelfde standaard, is ook hier aanwezig. Voor 0,3996 mg/l loopt deze zelfs op tot 0,00014 g/cm³.

De resultaten lijken de ongeschiktheid van dit toestel voor suspensies te bevestigen. In paragraaf 5.3.1 werd immers aangehaald hoe bezinkende deeltjes in de meetbuis de meting ernstig kunnen verstoren. Gezien de aanzienlijke convergentietijd van het toestel, is de kans op bezinking uiterst reëel. Derhalve lijkt een laboratoriumdensiteitsmeter niet in staat om nauwkeurige resultaten te genereren voor de concentratiebepaling van gesuspendeerde kwartskorrels. Daarnaast lijkt de meting met stabiliteit 1 fouten te induceren gezien deze reeds aanwezig waren bij zuiver water.

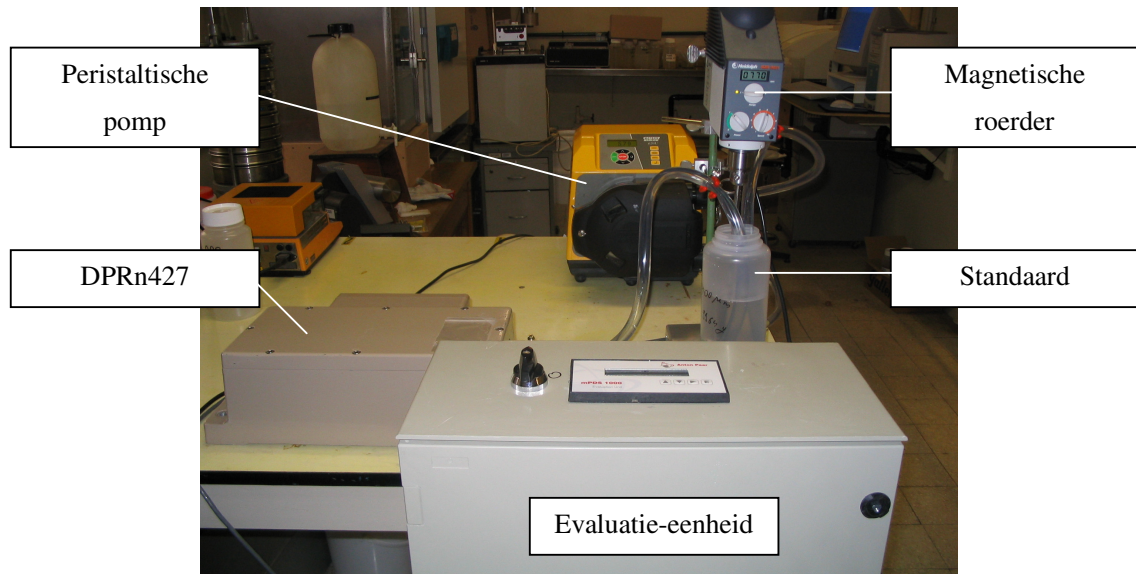
7.4.1.3 Conclusie

Een nauwkeurige concentratiebepaling van gesuspendeerd sediment met dit type toestel is niet haalbaar. Enerzijds kan door het nemen van substalen met een spuit geen uitspraak gedaan worden over de bemonsterde concentratie, anderzijds is de meting onbetrouwbaar door de bezinkende deeltjes. Daarnaast werd het duidelijk welke invloed het gebruik van stabiliteit 1 op de meting heeft.

7.4.2 DPRn427

7.4.2.1 Proefopstelling

In 7.4.1 bleek dat door het statische meetprincipe van de DE51, dit type meettoestellen uitgesloten is voor het bepalen van de concentratie aan gesuspendeerd sediment. Het is dus noodzakelijk de meting op een continue manier uit te voeren. Daarom werd overgeschakeld naar een in-line densiteitsmeter, de DPRn427 (zie 5.3.2). Figuur 7.4 toont de proefopstelling met de DPRn427.



Figuur 7.4: Proefopstelling met DPRn427

Met behulp van een peristaltische pomp wordt het door de roerder gehomogeniseerd mengsel via een teflon leiding naar de densiteitsmeter gevoerd, doorgemeten en tenslotte terug in het recipiënt geloosd. De signalen komend van de DPRn427 worden daarna in de evaluatie-eenheid omgezet in een dichtheid volgens het U-buis principe.

De pomp in figuur 7.4 is een Watson-Marlow 620 U (579 ml/min) die gebruikt werd bij reeks 6. De andere reeksen werden rondgepompt met een iets ouder model, de Watson Marlow 313 (waarbij geen debietaflezing mogelijk was).

De gevolgde werkwijze is echter voor alle reeksen identiek:

- Starten van de pomp en de roerder, gevolgd door een meting. Een meting start niet meteen na het in werking stellen van deze apparaten. Enerzijds heeft de pomp enige tijd nodig om in een permanent regime te raken, anderzijds moet ook de densiteitsmeter zich stabiliseren. De registratie van de resultaten begon pas nadat grote fluctuaties bij de weergegeven dichtheden waren verdwenen.

- Registratie van meetwaarden: De meetwaarden van reeks 1-5 werden manueel geregistreerd. Hierbij werden gedurende één tot twee minu(u)t(en) de weergegeven densiteiten op de evaluatie-eenheid genoteerd. De temperatuur daarentegen werd enkel aan het begin en het einde van de registratieperiode opgeschreven. De meting bij de laatste reeks werd daarentegen uitgevoerd met automatisch logging. Dit impliceerde een registratie van de waarden (zowel temperatuur als dichtheid) elke tien seconden en dit gedurende tien minuten. Achteraf werden deze gegevens ingegeven in MS Excel om mathematische verwerking mogelijk te maken.

- Reinigen van het toestel: Om achtergebleven korrels van een voorgaande standaard te verwijderen, werd het toestel gereinigd door tweemaal een recipiënt met kraantjeswater en eenmaal één met gedestilleerd water door de densiteitsmeter te pompen.

7.4.2.2 Waterdichtheid

In tegenstelling tot een laboratoriumversie, meet een in-line densiteitsmeter dichtheden bij de temperatuur van de standaard. Deze temperatuur is erg variabel gezien de opstelling in een ruimte staat die gevoelig is voor temperatuurschommelingen. Met het oog op het berekenen van de concentratie is het van belang om te beschikken over een kromme die de dichtheid van het water aangeeft in functie van de temperatuur.

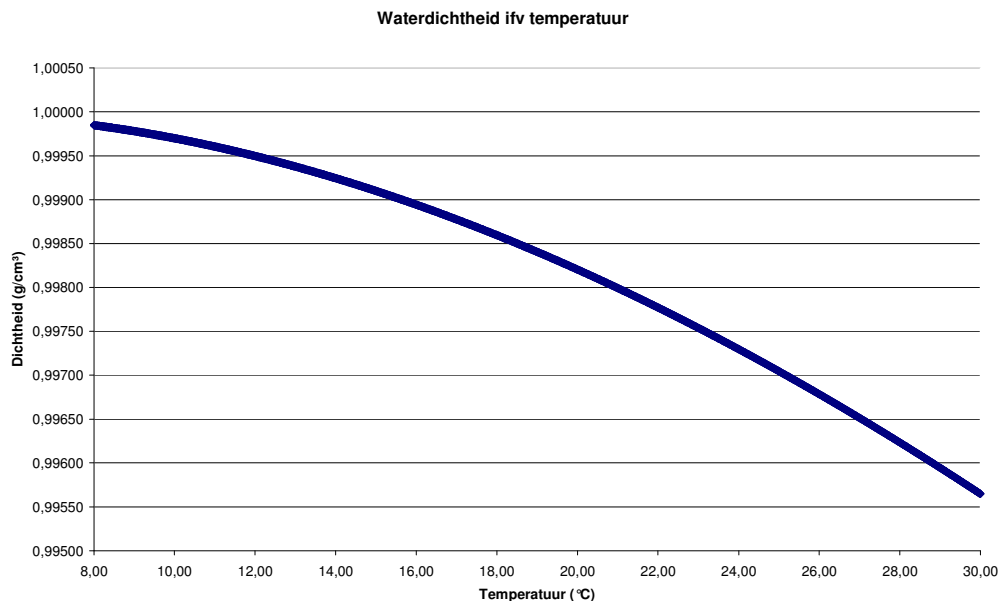
De gebruikte standaarden zijn samengesteld uit gedestilleerd water en kwartskorrels. De literatuurwaarde voor gedestilleerd water wordt overgenomen uit CRC Handbook of Chemistry and Physics [27]:

$$\rho_w = \frac{999,83952 + 16,945176 \cdot t - 7,9870401 \cdot 10^{-3} \cdot t^2 - 46,170461 \cdot 10^{-6} \cdot t^3 + 105,56302 \cdot 10^{-9} \cdot t^4 - 280,54253 \cdot 10^{-12} \cdot t^5}{1 + 16,879850 \cdot 10^{-3} \cdot t} \quad (7.3)$$

met ρ_w = dichtheid van water (kg/cm³)

t = temperatuur (°C)

Figuur 7.5 geeft het verloop van de waterdichtheid in functie van de temperatuur volgens formule (7.3) weer.



Figuur 7.5: Waterdichtheid in functie van temperatuur volgens de literatuur [27]

In het kader van dit onderzoek was het bijgevolg niet noodzakelijk om een waterkromme op te stellen aan de hand van metingen van gedestilleerd water gezien de dichtheid hiervan gekend is. Bij toepassing van deze literatuurwaarde werd echter vastgesteld dat zeer onwaarschijnlijke, zelfs negatieve waarden werden verkregen als concentratie. Daarom werd toch een experimentele kromme opgesteld.

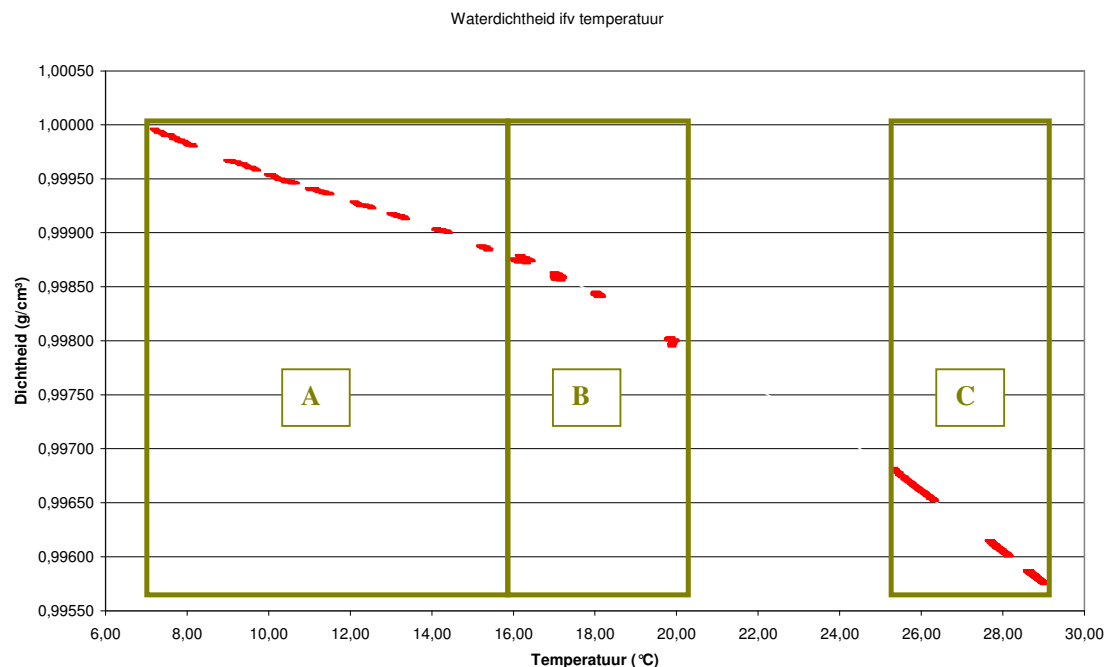
Een interpolatiekromme over een ruim temperatuursinterval (7 - 29°C) is echter niet voor de hand liggend gezien de variatie waaraan de labotemperatuur onderhevig is. Deze kromme is dan ook gebaseerd op een reeks van drie metingen.

-Temperatuursinterval 7-16 °C (A): De meting bij deze lage temperaturen werd uitgevoerd met behulp van een thermostatisch bad. Het afkoelen van het monster nam veel tijd in beslagen eens de lage temperaturen bereikt, bleef een fluctuatie in temperatuur en dichtheid waarneembaar of was de temperatuur van het bad niet overeenkomstig met deze van de meter (de meter gaf 11°C aan terwijl het water in de temperatuurscel reeds bevroren was). De registratie gebeurde manueel.

-Temperatuursinterval 16-20 °C (B): Deze meting is manueel geregistreerd.

-Temperatuursinterval 25-29 °C (C): Deze metingen werden uitgevoerd tijdens de zomerperiode, wanneer de omgevingstemperatuur in het labo hoog was. Deze meting werd uitgevoerd met behulp van automatische logging.

Het resultaat van deze meting is in figuur 7.6 terug te vinden



Figuur 7.6: Experimentele waterdichtheid in functie van temperatuur (meetwaarden)

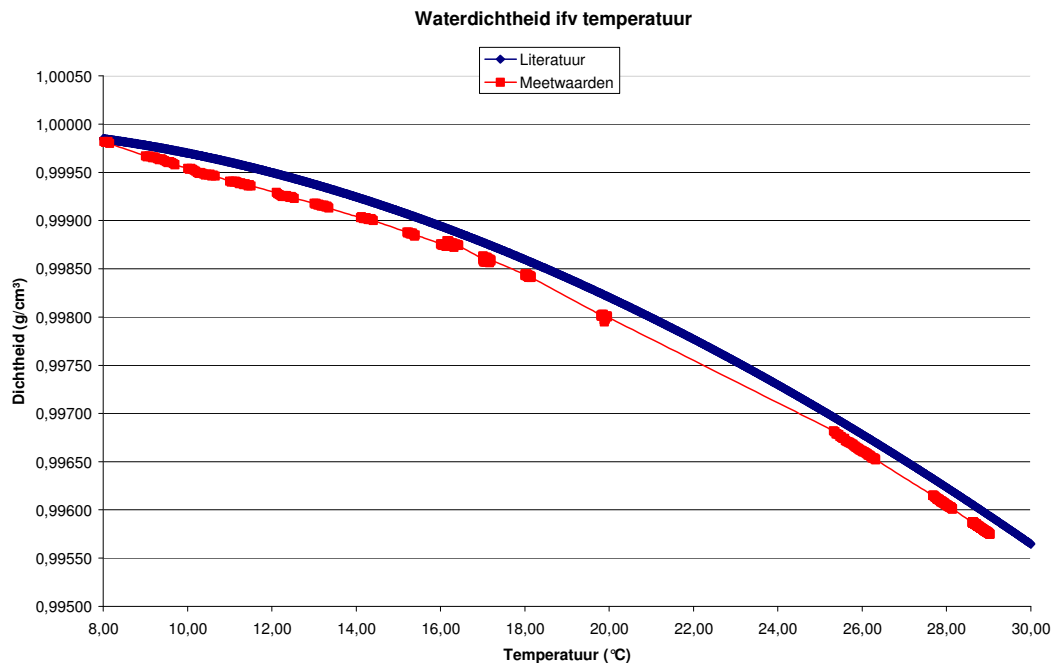
Een vlot gebruik van deze waarden bij de verschillende temperaturen vraagt om een interpolatie. In tegenstelling tot de verwachtingen, zorgt een geïnterpoleerde kromme met een hogere graad voor een

grotere afwijking. De beste benadering bleek een kromme van de tweede graad te zijn. Bij de verdere berekening zal er derhalve gerekend worden met deze interpolatiekromme, gegeven door volgende functie:

$$\rho_w = 1,0002 - 0,00001 \cdot t - 0,00000 \cdot t^2 \quad (7.4)$$

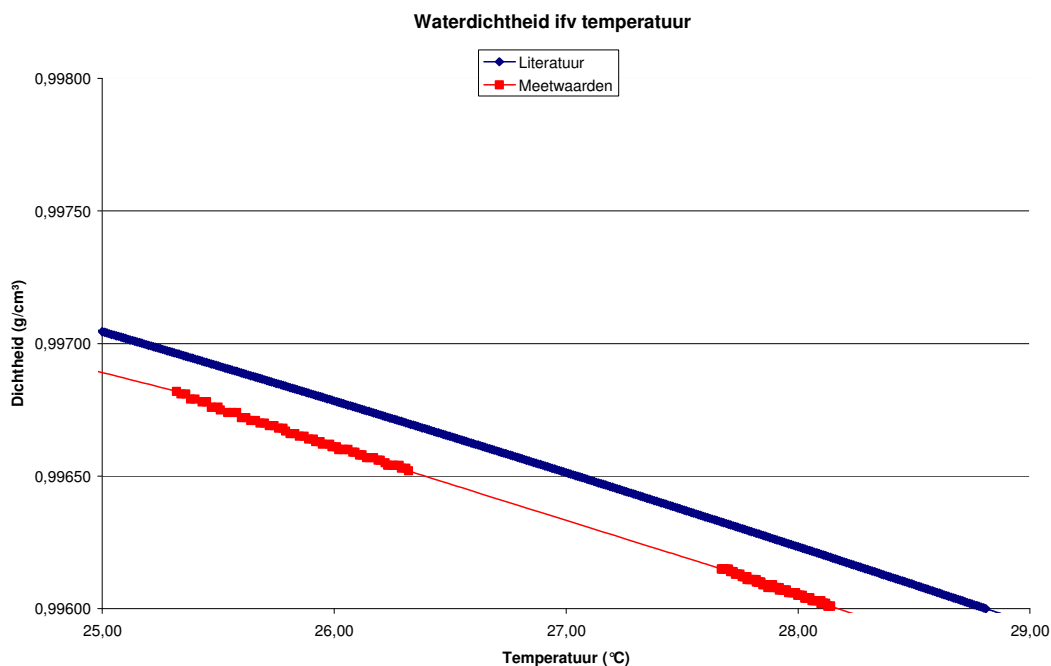
De afwijking ten opzichte van de gemeten waarde is vrij variabel met een gemiddelde van 0,00005 g/cm³. Het is echter belangrijk hierbij in gedachte te houden dat 0,00001 g/cm³ overeenkomt met 16 mg/l en deze afwijking bijgevolg een niet te verwaarlozen concentratieverschil van 80 mg/l voorstelt. Wanneer de experimentele interpolatiekromme vergeleken wordt met de vergelijking gevonden in de literatuur (7.3), zijn duidelijke tendensen waar te nemen. Vooreerst verloopt de experimentele interpolatiekromme minder gelijkmatig dan de kromme uit de literatuur. Dit is een logisch gevolg van de continue meting. Een volledige uitsluiting van luchtbelletjes bij de meting is immers niet te bereiken, te meer omdat bij een gedeelte van de meting de Watson-Marlow 313 niet steeds zijn continue pompritme aanhield.

Daarnaast is het opmerkelijk dat de meetwaarden significant onder de literatuurwaarden liggen en dit op een zeer consistente wijze, zoals te zien is in figuur 7.7.



Figuur 7.7: Waterdichtheid in functie van temperatuur (literatuur versus experimentele waarden)

Deze offset is vrij constant met een gemiddelde waarde van 0,00016 g/cm³. Dit constante karakter wordt geïllustreerd aan de hand van figuur 7.8.



Figuur 7.8: Waterdichtheid ifv. temperatuur (literatuur vs meetwaarden)

Mogelijke oorzaken hiervan zijn:

- Het gebruik van de peristaltische pomp. De pulserende werking zal afwisselend overdrukken en onderdrukken creëren. Dit effect wordt inderdaad waargenomen bij de automatisch gelogde meetwaarden voor het water, maar deze variatie bedraagt slechts $0,00002 \text{ g/cm}^3$.
- De kalibratie van het toestel. Bij de installatie van het toestel werd door de fabrikant verzekerd dat dit toestel gekalibreerd was. Alles wijst echter in de richting van een kalibratiefout. Dit probleem is tweeledig. Het kan zijn dat de densiteitsmeter zeer transportgevoelig is en dat dit een effect heeft gehad op het apparaat. Anderzijds is het mogelijk dat gezien het intensieve gebruik het apparaat nood had aan regelmatige kalibratie. Nochtans prijst de fabrikant dit type toestellen aan als weinig intensief op het vlak van kalibratie. Het is dan ook niet voor de hand liggen dat deze toepassing dit ineens wel zou vereisen.

7.4.2.3 Resultaten

7.4.2.3.1 Manuele logging

Reeks 1 tot 5 werden manueel geregistreerd. Hierbij werden gedurende 1 tot 2 minu(u)t(en) alle dichtheden genoteerd die weergegeven werden op de display. De temperatuur werd aan het begin en

het eind van deze registratie periode genoteerd. De temperatuur voor de tussenliggende waarden werd verondersteld lineair te verlopen, wat bevestigd wordt door de metingen met automatische logging die later werden uitgevoerd (zie paragraaf 7.4.2.3.2).

7.4.2.3.1.1 Concentratie

Tabel 7.7 toont de resultaten bij het doormeten met de DE51 van reeks 1. Deze tabel bevat:

- N° = Monsternummer zoals in paragraaf 7.3.1
- Conc = Concentratie van de standaard (g/cm³)
- Temp = Gemiddelde temperatuur van de standaard (°C)
- ρ_f = dichtheid van het water-sedimentmengsel (g/cm³)
- C_f = Concentratie berekend met formule 4.1 (g/l)
- % = Verhouding van C_f tot Conc (/)

Daarnaast bevat deze tabel ook een label 'watervergelijking N°'. Dit label werd ingevoerd door de vaststelling in de vorige paragraaf dat de gemeten waterkromme consistent onder de kromme volgens de literatuur ligt. De gebruikte vergelijkingen staan voor:

- Vergelijking 1: waterdichtheid volgens de literatuur.
- Vergelijking 2: waterdichtheid volgens de interpolatiekromme (7.4) van de opgemeten waarde.
- Vergelijking 3: waterdichtheid volgens de literatuur verminderd met de berekende offset, nl. 0,00016 g/cm³

Standaard		Water-vergelijking N°	Temp °C	Dichtheid mengsel (g/cm ³)			Berekende concentratie (g/l)			%		
N°	Conc (g/cm ³)			Gem.	Min.	Max.	Gem.	Min.	Max.	Gem.	Min.	Max.
1.1	0,0052	1	18,73	0,99820	0,99817	0,99822	-0,4135	-0,4497	-0,3814	-7951	-8648	-7334
		2					-0,0940	-0,1300	-0,0619	-1808	-2499	-1191
		3					-0,1567	-0,1929	-0,1246	-3014	-3710	-2397
1.2	0,0106	1	17,62	0,99825	0,99815	0,99829	-0,6656	-0,8554	-0,6040	-6279	-8070	-5698
		2					-0,3549	-0,5456	-0,2934	-3348	-5148	-2768
		3					-0,4088	-0,5986	-0,3472	-3856	-5647	-3275
1.3	0,0390	1	18,12	0,99831	0,99824	0,99834	-0,4167	-0,5483	-0,3594	-1068	-1406	-922
		2					-0,1018	-0,2338	-0,0442	-261	-600	-113
		3					-0,1599	-0,2915	-0,1027	-410	-747	-263
1.4	0,1000	1	18,00	0,99837	0,99831	0,99847	-0,3654	-0,4499	-0,2041	-365	-450	-204
		2					-0,0516	-0,1358	0,1097	-52	-136	110
		3					-0,1087	-0,1932	0,0527	-109	-193	53
1.5	0,2000	1	17,31	0,99856	0,99853	0,99859	-0,2632	-0,3026	-0,2044	-132	-151	-102
		2					0,0446	0,0053	0,1035	22	3	52
		3					-0,0064	-0,0458	0,0523	-3	-23	26

1.6	0,9992	1	16,17	0,99926 0,99922 0,99929	0,5475	0,5107	0,5813	55	51	58
		2			0,8432	0,8067	0,8776	84	81	88
		3			0,8043	0,7675	0,8381	80	77	84
	0,9992	1	17,08	0,99910 0,99908 0,99914	0,5654	0,5262	0,6174	57	53	62
		2			0,8496	0,8102	0,9012	85	81	90
		3			0,8221	0,7829	0,8741	82	78	87
	0,9992	1	18,12	0,99891 0,99888 0,99895	0,5423	0,4947	0,6046	54	50	61
		2			0,8570	0,8095	0,9193	86	81	92
		3			0,7990	0,7514	0,8613	80	75	86
1.7	2,0024	1	17,44	0,99947 0,99939 0,99953	1,2355	1,1349	1,3462	62	57	67
		2			1,5444	1,4445	1,6553	77	72	83
		3			1,4922	1,3915	1,6028	75	69	80
	2,0024	1	18,11	0,99933 0,99926 0,99939	1,2070	1,0870	1,3064	60	54	65
		2			1,5215	1,4012	1,6214	76	70	81
		3			1,4636	1,3436	1,5630	73	67	78
	2,0024	1	19,36	0,99913 0,99898 0,99990	1,2831	0,9703	2,4622	64	48	123
		2			1,6065	1,2915	2,7845	80	64	139
		3			1,5396	1,2269	2,7186	77	61	136
1.8	10,0000	1	18,13	1,00167 1,00145 1,00186	4,9685	4,6200	5,2742	50	46	53
		2			5,2827	4,9344	5,5883	53	49	56
		3			5,2247	4,8763	5,5304	52	49	55

Tabel 7.7: Resultaten concentratiebepaling met DPRn427 (reeks 1)

Een opvallend trend is dat de lage concentraties negatieve resultaten worden verkregen en voor hogere concentraties een positief resultaat. Dit ligt volledig in de lijn van de vaststelling aangaande de gebruikte UGent weegschaal. De fouten die hierdoor verkregen werden zullen de grootste invloed hebben op kleine concentraties.

Opvallend zijn ook de variaties in de opgemeten dichtheden van het water-sedimentmengsel ($>0,00010 \text{ g/cm}^3$) die worden opgemerkt bij lage concentraties. In de wetenschap dat dit een concentratieverschil van 160 mg/l voorstelt, is dit vrij dramatisch voor de lage concentraties.

Tabel 7.8 en 7.9 toont de resultaten van reeks 2 en 3. Het verschil tussen deze reeksen zit in de droogprocedure (zie paragraaf 7.3.1).

Standaard		Water-vergelijking N°	Temp °C	Dichtheid mengsel (g/cm^3)			Berekende concentratie (g/l)			%		
N°	Conc (g/cm^3)			Gem.	Min.	Max.	Gem.	Min.	Max.	Gem.	Min.	Max.
2.1	0,0550	1	17,37	0,99749 0,99718 0,99777			-1,9544	-2,4412	-1,5207	-3553	-4438	-2765
		2					-1,6458	-2,1321	-1,2125	-2992	-3877	-2205
		3					-1,6974	-2,1842	-1,2638	-3086	-3971	-2298
2.2	0,1284	1	18,69	0,99808 0,99787 0,99820			-0,6125	-0,9432	-0,4162	-477	-735	-324
		2					-0,2933	-0,6237	-0,0968	-228	-486	-75
		3					-0,3557	-0,6864	-0,1594	-277	-535	-124
2.3	0,1934	1	17,80	0,99850 0,99847 0,99852			-0,2082	-0,2485	-0,1883	-108	-128	-97
		2					0,1040	0,0640	0,1241	54	33	64
		3					0,0486	0,0082	0,0684	25	4	35
	0,1934	1	18,16	0,99845 0,99844 0,99846			-0,1913	-0,2074	-0,1761	-99	-107	-91
		2					0,1239	0,1076	0,1393	64	56	72

		3			0,0655	0,0493	0,0806	34	26	42
	0,1934	1	18,78	0,99833 0,99832 0,99834	-0,1881	-0,2117	-0,1664	-97	-109	-86
		2			0,1316	0,1080	0,1535	68	56	79
		3			0,0686	0,0451	0,0903	35	23	47
	0,1934	1	19,02	0,99829 0,99828 0,99829	-0,1866	-0,2003	-0,1730	-97	-104	-89
		2			0,1348	0,1210	0,1485	70	63	77
		3			0,0701	0,0564	0,0837	36	29	43
	0,1934	1	19,65	0,99816 0,99815 0,99817	-0,1825	-0,2006	-0,1601	-94	-104	-83
		2			0,1430	0,1246	0,1655	74	64	86
		3			0,0742	0,0561	0,0966	38	29	50
2.4	0,3996	1	16,13	0,99887 0,99884 0,99889	-0,0813	-0,1209	-0,0551	-20	-30	-14
		2			0,2140	0,1749	0,0000	54	40	0
		3			0,1755	0,1359	0,2017	44	34	50
	0,3996	1	17,05	0,99872 0,99871 0,99874	-0,0682	-0,0871	-0,0491	-17	-22	-12
		2			0,2370	0,2177	0,2565	59	54	64
		3			0,1885	0,1697	0,2077	47	42	52
	0,3996	1	18,17	0,99853 0,99850 0,99855	-0,0610	-0,1001	-0,0271	-15	-25	-7
		2			0,2542	0,2152	0,2880	64	54	72
		3			0,1958	0,1566	0,2296	49	39	57

Tabel 7.8: Resultaten van concentratiebepaling met DPRn427 (reeks 2)

De beste benadering wordt verkregen met de meetwaarden. De slechte resultaten voor de laagste concentraties zijn volledig toe te schrijven aan de grote variatie in de geregistreerd densiteiten. Een tendens die zich niet doorzet bij reeks 3 (tabel 7.9).

N°	Standaard	Water-vergelijking N°	Temp °C	Dichtheid mengsel (g/cm³)			Berekende concentratie (g/l)			%		
	Conc (g/cm³)			Gem.	Min.	Max.	Gem.	Min.	Max.	Gem.	Min.	Max.
3.1	0,0664	1	17,38	0,99852 0,99850 0,99854			-0,2974	-0,3553	-0,2749	-448	-535	-414
		2					0,0110	-0,0475	0,0334	17	72	50
		3					-0,0406	-0,0985	-0,0181	-61	-148	-27
	0,0664	1	18,10	0,99841 0,99839 0,99842			-0,2761	-0,2909	-0,2612	-416	-438	-393
		2					0,0386	0,0240	0,0532	58	36	80
		3					-0,0193	-0,0341	-0,0045	-29	-51	-7
	0,0664	1	18,80	0,99827 0,99826 0,99828			-0,2743	-0,2950	-0,2490	-413	-444	-375
		2					0,0456	0,0246	0,0712	69	37	107
		3					-0,0176	-0,0383	0,0077	-26	-58	12
3.2	0,1256	1	17,55	0,99853 0,99851 0,99856			-0,2335	-0,2508	-0,2132	-186	-200	-170
		2					0,0765	0,0593	0,0960	61	47	76
		3					0,0233	0,0060	0,0436	19	5	35
	0,1256	1	18,26	0,99840 0,99839 0,99842			-0,2291	-0,2476	-0,2122	-182	-197	-169
		2					0,0868	0,0680	0,1035	69	54	82
		3					0,0276	0,0091	0,0445	22	7	35
	0,1256	1	19,06	0,99825 0,99824 0,99827			-0,2245	-0,2567	-0,1994	-179	-204	-159
		2					0,0972	0,0647	0,1226	77	52	98
		3					0,0323	0,0000	0,0573	26	0	46
3.3	0,3938	1	17,39	0,99870 0,99869 0,99871			-0,0074	-0,0433	0,0216	-2	-11	5
		2					0,3011	0,2647	0,3306	76	67	84
		3					0,2493	0,2135	0,2783	63	54	71
	0,3938	1	18,14	0,99861 0,99858 0,99869			0,0556	0,0215	0,1813	14	5	46

		2			0,3705	0,3362	0,4959	94	85	126
		3			0,3123	0,2783	0,4380	79	71	111
	0,3938	1	18,90	0,99847 0,99845 0,99849	0,0792	0,0271	0,1168	20	7	30
		2			0,3998	0,3475	0,4377	102	88	111
		3			0,3359	0,2838	0,3735	85	72	95

Tabel 7.9: Resultaten concentratiebepaling met DPRn427 (reeks 3)

De variatie in de resultaten per standaard in reeks 3 is beperkt (ongeveer 20%) waardoor de concentraties beter voorspeld kunnen worden. Daar waar 55 mg/l (reeks 2) aanleunt tegen de detectiegrens en dit een reden zou kunnen zijn voor de grote variatie, is de oorzaak voor 128,4 mg/l niet meteen duidelijk.

Beide reeksen benaderen de werkelijke concentratie des te beter naarmate de temperatuur stijgt. Dit legt nog maar eens de vinger op de temperatuursafhankelijkheid waarmee deze methode te maken heeft. In reeks 3 springt de eerste meting van 3.1 eruit. Deze meting had te kampen met een aanzienlijke luchtbelvorming en dit uit zich direct in het resultaat.

7.4.2.3.1.2 Conclusie

Voor de hoge concentraties worden matige resultaten bekomen die niettemin zeer sterk afhankelijk zijn van de gebruikte waterkromme. De temperatuursgevoeligheid van de methode wordt hierdoor aangetoond.

7.4.2.3.1.3 Korrelgrootte

In tabel 7.10 zijn de waarden weergegeven van de concentratiebepaling voor reeks 4.

N°	Standaard Conc (g/cm ³)	Water- vergelijking N°	Temp °C	Dichtheid mengsel (g/cm ³)			Berekende concentratie (g/l)			%		
				Gem.	Min.	Max.	Gem.	Min.	Max.	Gem.	Min.	Max.
4.1	0,1352	1	20,63	0,99782	0,99766	0,99789	-0,4110	-0,6567	-0,2988	-304	-486	-221
		2					-0,0800	-0,3256	0,0320	-59	-241	24
		3					-0,1543	-0,4000	-0,0421	-114	-296	-31
	0,1352	1	20,83	0,99781	0,99775	0,99788	-0,3580	-0,4362	-0,2305	-265	-323	-170
		2					-0,0260	-0,1041	0,1016	-19	-77	75
		3					-0,1013	-0,1795	0,0262	-75	-133	19
	0,1352	1	21,05	0,99779	0,99771	0,99784	-0,3120	-0,4487	-0,2196	-231	-332	-162
		2					0,0211	-0,1158	0,1136	16	-86	84
		3					-0,0553	-0,1920	0,0370	-41	-142	27
4.2	0,1282	1	20,71	0,99777	0,99759	0,99783	-0,4575	-0,7438	-0,3614	-357	-580	-282
		2					-0,1261	-0,4123	-0,0298	-98	-322	-23

4.3	0,1282	3			-0,2008	-0,4871	-0,1048	-157	-380	-82
		1	21,06	0,99775 0,99772 0,99777	-0,3682	-0,4192	-0,3312	-287	-327	-258
		2			-0,0350	-0,0863	0,0020	-27	-67	2
	0,1282	3			-0,1115	-0,1625	-0,0746	-87	-127	-58
		1	21,60	0,99750 0,99743 0,99757	-0,5720	-0,6832	-0,4813	-446	-533	-375
		2			-0,2362	-0,3472	-0,1457	-184	-271	-114
		3			-0,3154	-0,4265	-0,2246	-246	-333	-175
	0,1280	1	20,81	0,99783 0,99781 0,99785	-0,3264	-0,3760	-0,2977	-255	-294	-233
		2			0,0054	-0,0444	0,0344	4	-35	27
		3			-0,0698	-0,1193	-0,0410	-55	-93	-32
	0,1280	1	21,21	0,99775 0,99761 0,99778	-0,3095	-0,5202	-0,2812	-242	-406	-220
		2			0,0244	-0,1860	0,0528	19	-145	41
		3			-0,0528	-0,2635	-0,0245	-41	-206	-19
4.4	0,1280	1	21,55	0,99767 0,99764 0,99770	-0,3242	-0,3571	-0,2932	-253	-279	-229
		2			0,0113	-0,0213	0,0421	9	-17	33
		3			-0,0676	-0,1004	-0,0366	-53	-78	-29
	0,1338	1	20,95	0,99777 0,99762 0,99782	-0,3712	-0,6314	-0,3002	-277	-472	-224
		2			-0,0386	-0,2990	0,0323	-29	-224	24
		3			-0,1145	-0,3747	-0,0435	-86	-280	-33
	0,1338	1	21,49	0,99775 0,99769 0,99784	-0,2140	-0,3193	-0,0757	-160	-239	-57
		2			0,1212	0,0158	0,2595	91	12	194
		3			0,0426	-0,0627	0,1810	32	-47	135
	0,1338	1	22,31	0,99759 0,99752 0,99764	-0,1809	-0,2790	-0,1140	-135	-209	-85
		2			0,1582	0,0603	0,2253	118	45	168
		3			0,0757	-0,0224	0,1426	57	-17	107
4.5	0,1438	1	21,23	0,99758 0,99746 0,99770	-0,5837	-0,7955	-0,3943	-406	-553	-274
		2			-0,2497	-0,4618	-0,0603	-174	-321	-42
		3			-0,3270	-0,5388	-0,1376	-227	-375	-96
	0,1438	1	21,65	0,99753 0,99746 0,99764	-0,5066	-0,6355	-0,3372	-352	-442	-234
		2			-0,1705	-0,2996	-0,0011	-119	-208	-1
		3			-0,2499	-0,3788	-0,0805	-174	-263	-56
	0,1438	1	22,24	0,99730 0,99720 0,99736	-0,6747	-0,8328	-0,5729	-469	-579	-398
		2			-0,3358	-0,4940	-0,2340	-234	-344	-163
		3			-0,4180	-0,5761	-0,3162	-291	-401	-220
4.6	0,1320	1	21,25	0,99768 0,99761 0,99775	-0,4066	-0,5029	-0,3166	-308	-381	-240
		2			-0,0725	-0,1685	0,0173	-55	-128	13
		3			-0,1500	-0,2462	-0,0599	-114	-187	-45
	0,1320	1	22,00	0,99742 0,99735 0,99747	-0,5705	-0,6670	-0,4965	-432	-505	-376
		2			-0,2328	-0,3292	-0,1590	-176	-249	-120
		3			-0,3139	-0,4104	-0,2399	-238	-311	-182
	0,1320	1	22,71	0,99734 0,99727 0,99741	-0,4346	-0,5172	-0,3534	-329	-392	-268
		2			-0,0936	-0,1767	-0,0128	-71	-134	-10
		3			-0,1780	-0,2606	-0,0968	-135	-197	-73
4.7	0,1316	1	21,46	0,99767 0,99761 0,99778	-0,3516	-0,4618	-0,1526	-267	-351	-116
		2			-0,0165	-0,1268	0,1828	-13	-96	139
		3			-0,0949	-0,2051	0,1040	-72	-156	79
	0,1316	1	22,07	0,99748 0,99728 0,99831	-0,4465	-0,7845	0,8687	-339	-596	660
		2			-0,1085	-0,4467	1,2063	-82	-339	917
		3			-0,1898	-0,5278	1,1252	-144	-401	855
	0,1316	1	22,59	0,99735 0,99722 0,99747	-0,4513	-0,6795	-0,2487	-343	-516	-189
		2			-0,1108	-0,3392	0,0919	-84	-258	70
		3			-0,1947	-0,4228	0,0079	-148	-321	6

Tabel 7.10: Resultaten concentratiebepaling met DPRn427 (reeks 4)

De resultaten van deze zeven standaarden, met verschillende korrelgroottes doorgemeten op drie verschillende temperaturen lijken niet meteen een opvallende tendens te vertonen. De enige aanvaardbare resultaten worden geleverd door de standaard met 425 en 600 μm korrels (4.3 en 4.4). Met een variatie van $\pm 20 \text{ mg/l}$ ten opzichte van de werkelijke waarde bij twee van de drie metingen levert 600 μm het beste resultaat. Deze positieve trend is niet terug te vinden bij de andere korrelgroottes. Zo hebben de korrelgroottes 825 en 1180 μm (4.5 en 4.6) verschillen in berekende concentraties van 100 tot 200 mg/l afhankelijk van de temperatuur waarop ze werden gemeten. Eveneens opvallend is de kleine variatie in de gemeten dichtheden bij 300 μm (4.2) van 0,00005 g/cm^3 daar waar dat bij andere metingen gemiddeld 0,0001 g/cm^3 of meer bedraagt.

Samenvattend, kan gesteld worden dat geen opvallende tendensen op te merken zijn. Dit kan te wijten zijn aan de gebruikte pomp en het gebrek om een constant pompregime aan te houden of de densiteitsmeter die niet in staat is betere resultaten te leveren. Minder waarschijnlijk is het dat het luchtdroog zijn van de korrels fouten bij het wegen induceren die de variaties kunnen verklaren.

In figuur 7.11 zijn de waarden weergegeven van de concentratiebepaling voor standaardreeks 5.

De trend in deze reeks is veel duidelijker dan in de vorige reeksen. De kleine korrelgroottes (75 en 300 μm) geven de minst goeie resultaten. De andere korrelgroottes geven matige tot aanvaardbare resultaten voor de korrelgroottes van 600 en 1400 μm (5.4 en 5.7). De korrelgroottes 1400 en 1180 μm (5.6 en 5.7) hebben de kleinste ($< 10 \text{ mg/l}$) verschillen in berekende concentraties van afhankelijk van de temperatuur waarop ze werden gemeten. In het algemeen kan de meting zelfs vrij consistent genoemd worden. De kleinste variaties in de gemeten dichtheden ($< 0,00010 \text{ g/cm}^3$) worden dan weer terug gevonden bij 425 en 1180 μm (5.3 en 5.6). Standaarden met grotere partikels geven bijgevolg betere resultaten dan standaarden met de kleinste partikels.

N°	Standaard Conc (g/cm^3)	Water- vergelijking N°	Temp °C	Dichtheid mengsel (g/cm^3) ρ_r			Berekende concentratie (g/l) C_r			% 		
				Gem.	Min.	Max.	Gem.	Min.	Max.	Gem.	Min.	Max.
5.1	0,1364	1	20,93	0,99771	0,99762	0,99783	-0,4869	-0,5708	-0,3471	-357	-418	-254
		2					-0,1544	-0,2375	-0,0155	-113	-174	-11
		3					-0,2302	-0,3141	-0,0904	-169	-230	-66
	0,1364	1	21,73	0,99756	0,99750	0,99764	-0,4425	-0,5322	-0,3307	-324	-390	-242
		2					-0,1061	-0,1958	0,0054	-78	-144	4
		3					-0,1859	-0,2755	-0,0741	-136	-202	-54
	0,1364	1	22,39	0,99736	0,99729	0,99742	-0,5076	-0,5941	-0,4361	-372	-436	-320
		2					-0,1680	-0,2541	-0,0968	-123	-186	-71
		3					-0,2510	-0,3374	-0,1795	-184	-247	-132
5.2	0,1338	1	20,75	0,99793	0,99786	0,99811	-0,1862	-0,3172	0,1247	-139	-237	93
		2					0,1453	0,0138	0,4565	109	10	341
		3					0,0704	-0,0606	0,3813	53	-45	285
	0,1338	1	21,32	0,99764	0,99740	0,99782	-0,4615	-0,8390	-0,1415	-345	-627	-106
		2					-0,1271	-0,5045	0,1932	-95	-377	144
		3					-0,2048	-0,5823	0,1151	-153	-435	86

5.3	0,1338	1	21,78	0,99743 0,99733 0,99752	-0,6213 -0,8112 -0,4616	-464 -606 -345
		2			-0,2847 -0,4748 -0,1247	-213 -355 -93
		3			-0,3647 -0,5545 -0,2049	-273 -414 -153
	0,1340	1	20,98	0,99784 0,99780 0,99787	-0,2593 -0,2982 -0,2076	-194 -223 -155
		2			0,0734 0,0340 0,1251	55 25 93
		3			-0,0027 -0,0416 0,0491	-2 -31 37
	0,1340	1	21,73	0,99763 0,99760 0,99768	-0,3172 -0,3596 -0,2650	-237 -268 -198
		2			0,0192 -0,0230 0,0711	14 -17 53
		3			-0,0605 -0,1029 -0,0083	-45 -77 -6
	0,1340	1	22,41	0,99749 0,99746 0,99751	-0,3022 -0,3387 -0,2783	-226 -253 -208
		2			0,0374 0,0009 0,0614	28 1 46
		3			-0,0456 -0,0820 -0,0217	-34 -61 -16
5.4	0,1338	1	20,87	0,99789 0,99784 0,99796	-0,2081 -0,2848 -0,1263	-156 -213 -94
		2			0,1241 0,0469 0,2057	93 35 154
		3			0,0485 -0,0282 0,1304	36 -21 97
	0,1338	1	21,67	0,99769 0,99766 0,99772	-0,2499 -0,3028 -0,1944	-187 -226 -145
		2			0,0862 0,0332 0,1418	64 25 106
		3			0,0067 -0,0462 0,0622	5 -35 47
	0,1338	1	22,05	0,99761 0,99754 0,99765	-0,2340 -0,3350 -0,1568	-175 -250 -117
		2			0,1039 0,0031 0,1813	78 2 135
		3			0,0226 -0,0784 0,0998	17 -59 75
5.5	0,1360	1	20,93	0,99781 0,99776 0,99785	-0,3147 -0,3729 -0,2560	-231 -274 -188
		2			0,0178 -0,0401 0,0764	13 -29 56
		3			-0,0580 -0,1163 0,0007	-43 -85 0
	0,1360	1	21,55	0,99768 0,99767 0,99772	-0,3024 -0,3323 -0,2561	-222 -244 -188
		2			0,0331 0,0031 0,0793	24 2 58
		3			-0,0458 -0,0757 0,0005	-34 -56 0
	0,1360	1	21,90	0,99758 0,99751 0,99762	-0,3465 -0,4546 -0,2925	-255 -334 -215
		2			-0,0093 -0,1174 0,0449	-7 -86 33
		3			-0,0898 -0,1980 -0,0359	-66 -146 -26
5.6	0,1410	1	20,94	0,99781 0,99778 0,99783	-0,3200 -0,3382 -0,2992	-227 -240 -212
		2			0,0126 -0,0060 0,0333	9 -4 24
		3			-0,0633 -0,0815 -0,0425	-45 -58 -30
	0,1410	1	21,60	0,99766 0,99764 0,99769	-0,3208 -0,3557 -0,2882	-227 -252 -204
		2			0,0150 -0,0202 0,0478	11 -14 34
		3			-0,0641 -0,0991 -0,0316	-45 -70 -22
	0,1410	1	22,13	0,99755 0,99754 0,99756	-0,3044 -0,3182 -0,2888	-216 -226 -205
		2			0,0339 0,0202 0,0495	24 14 35
		3			-0,0477 -0,0615 -0,0322	-34 -44 -23
5.7	0,1400	1	21,11	0,99782 0,99776 0,99795	-0,2404 -0,3211 -0,0600	-172 -229 -43
		2			0,0930 0,0123 0,2729	66 9 195
		3			0,0162 -0,0644 0,1966	12 -46 140
	0,1400	1	21,76	0,99768 0,99761 0,99777	-0,2344 -0,3464 -0,0806	-167 -247 -58
		2			0,1021 -0,0101 0,2560	73 -7 183
		3			0,0222 -0,0898 0,1760	16 -64 126
	0,1400	1	22,15	0,99759 0,99752 0,99770	-0,2323 -0,3328 -0,0710	-166 -238 -51
		2			0,1061 0,0058 0,2672	76 4 191
		3			0,0243 -0,0761 0,1856	17 -54 133

Tabel 7.11: Resultaten concentratiebepaling met DPRn427 (reeks 5)

7.4.2.3.1.4 Conclusie

De resultaten met luchtdroge standaarden waren vrij onvoorspelbaar en bijgevolg lijkt een dessicator droge standaard aangewezen bij verder proeven. Voor de lage concentratie die in deze reeks werd getest, lijkt de methode het meest efficiënt te werken met iets grotere korrels.

7.4.2.3.2 Automatische logging

In tegenstelling tot de vorige vijf reeksen werd reeks 6 automatisch gelogd. Elke tien seconden werden zowel de dichtheid als de temperatuur geregistreerd en dit gedurende ongeveer tien minuten. Deze software werd door de fabrikant geleverd is tot op heden zeer moeilijk in België te verkrijgen.

7.4.2.3.2.1 Concentratie en korrelgrootte

In figuur 7.11 zijn de waarden weergegeven van de concentratiebepaling voor reeks 6.

Standaard N°	Conc (g/cm ³)	Water- vergelijking N°	Temp °C	Dichtheid mengsel (g/cm ³)			Berekende concentratie (g/l)			%		
				ρ_f			C_f					
				Gem.	Min.	Max.	Gem.	Min.	Max.	Gem.	Min.	Max.
6.1	0,0989	1	20,75	0,99786	0,99778	0,99794	-0,2948	-0,3882	-0,2633	-298	-393	-266
		2					0,0367	-0,0573	0,0690	37	-58	70
		3					-0,0382	-0,1316	-0,0066	-39	-133	-7
6.2	0,2495	1	20,25	0,99780	0,99735	0,99881	-0,5664	-1,2936	1,0586	-227	-518	424
		2					-0,2375	-0,9647	1,3874	-95	-387	556
		3					-0,3097	-1,0369	1,3152	-124	-416	527
6.3	0,4031	1	18,26	0,99845	0,99821	0,99862	-0,1560	-0,2822	-0,1356	-39	-70	-34
		2					0,1596	0,0307	0,1847	40	8	46
		3					0,1007	-0,0254	0,1212	25	-6	30
6.4	0,5510	1	22,94	0,99747	0,99714	0,99773	-0,1386	-0,4827	-0,0794	-25	-88	-14
		2					0,2034	-0,1412	0,2633	37	-26	48
		3					0,1179	-0,2261	0,1772	21	-41	32
6.5	0,6945	1	23,42	0,99720	0,99690	0,99753	-0,3705	-0,7036	-0,2537	-53	-101	-37
		2					-0,0261	-0,3587	0,0857	-4	-52	12
		3					-0,1140	-0,4469	0,0029	-16	-64	0
6.6	0,8493	1	23,63	0,99733	0,99698	0,99762	-0,0907	-0,5177	-0,0081	-11	-61	-1
		2					0,2547	-0,1746	0,3339	30	-21	39
		3					0,1658	-0,2611	0,2484	20	-31	29
6.7	0,9998	1	23,58	0,99736	0,99703	0,99763	-0,0683	-0,5787	0,0786	-7	-58	8
		2					0,2768	-0,2363	0,4201	28	-24	42
		3					0,1883	-0,3221	0,3351	19	-32	34
6.8	0,1016	1	22,64	0,99704	0,99584	0,99756	-0,9386	-3,2158	-0,2384	-924	-3165	-235
		2					-0,5978	-2,8793	0,1032	-588	-2834	102
		3					-0,6819	-2,9589	0,0182	-671	-2912	18

6.9	0,2590	1	22,37	0,99746 0,99697 0,99775	-0,3638	-0,9193	-0,2627	-140	-355	-101
		2			-0,0243	-0,5769	0,0719	-9	-223	28
		3			-0,1072	-0,6626	-0,0060	-41	-256	-2
6.10	0,4002	1	22,23	0,99748 0,99709 0,99775	-0,3861	-0,9537	-0,2662	-96	-238	-67
		2			-0,0473	-0,6197	0,0683	-12	-155	17
		3			-0,1295	-0,6970	-0,0096	-32	-174	-2
6.11	0,5488	1	22,09	0,99758 0,99738 0,99781	-0,2717	-0,4259	-0,2341	-50	-78	-43
		2			0,0663	-0,0922	0,1004	12	-17	18
		3			-0,0151	-0,1692	0,0225	-3	-31	4
6.12	0,7007	1	22,22	0,99756 0,99732 0,99778	-0,2506	-0,3161	-0,2140	-36	-45	-31
		2			0,0881	0,0267	0,1260	13	4	18
		3			0,0060	-0,0595	0,0426	1	-8	6
6.13	0,8579	1	23,44	0,99669 0,99593 0,99711	-1,1946	-2,5490	-0,2912	-139	-297	-34
		2			-0,8499	-2,2060	0,0561	-99	-257	7
		3			-0,9379	-2,2922	-0,0346	-109	-267	-4
6.14	1,0046	1	22,61	0,99742 0,99711 0,99766	-0,3284	-0,6514	-0,2348	-33	-65	-23
		2			0,0122	-0,3105	0,1025	1	-31	10
		3			-0,0718	-0,3948	0,0218	-7	-39	2
6.15	0,1002	1	22,65	0,99744 0,99727 0,99766	-0,2851	-0,3023	-0,2633	-285	-302	-263
		2			0,0556	0,0411	0,0741	55	41	74
		3			-0,0285	-0,0457	-0,0067	-28	-46	-7
6.16	0,2505	1	22,92	0,99738 0,99710 0,99769	-0,2821	-0,3704	-0,2449	-113	-148	-98
		2			0,0599	-0,0239	0,0913	24	-10	36
		3			-0,0255	-0,1139	0,0117	-10	-45	5
6.17	0,3992	1	22,64	0,99745 0,99728 0,99764	-0,2786	-0,3223	-0,2539	-70	-81	-64
		2			0,0621	0,0160	0,0839	16	4	21
		3			-0,9379	-2,2922	-0,0346	-235	-574	-9
6.18	0,5488	1	22,69	0,99744 0,99730 0,99763	-0,2694	-0,3251	-0,2466	-49	-59	-45
		2			0,0715	0,0170	0,0921	13	3	17
		3			-0,0128	-0,0685	0,0101	-2	-12	2
6.19	0,7020	1	22,67	0,99745 0,99730 0,99767	-0,2622	-0,3903	-0,1903	-37	-56	-27
		2			0,0787	-0,0488	0,1470	11	-7	21
		3			-0,0056	-0,1337	0,0663	-1	-19	9
6.20	0,8499	1	22,60	0,99748 0,99732 0,99767	-0,2502	-0,3313	-0,2043	-29	-39	-24
		2			0,0903	0,0077	0,1333	11	1	16
		3			0,0064	-0,0747	0,0524	1	-9	6
6.21	1,0007	1	22,61	0,99747 0,99728 0,99766	-0,2517	-0,3652	-0,2163	-25	-36	-22
		2			0,0888	-0,0281	0,1242	9	-3	12
		3			0,0049	-0,1086	0,0403	0	-11	4
6.22	0,0990	1	22,38	0,99752 0,99731 0,99775	-0,2633	-0,3436	-0,1988	-266	-347	-201
		2			0,0761	-0,0009	0,1367	77	-1	138
		3			-0,0067	-0,0870	0,0579	-7	-88	58
6.23	0,2489	1	22,22	0,99754 0,99731 0,99774	-0,2798	-0,4082	-0,2482	-112	-164	-100
		2			0,0589	-0,0663	0,0883	24	-27	35
		3			-0,0231	-0,1516	0,0084	-9	-61	3
6.24	0,3994	1	22,20	0,99754 0,99736 0,99773	-0,2918	-0,4967	-0,2595	-73	-124	-65
		2			0,0468	-0,1569	0,0808	12	-39	20
		3			-0,0352	-0,2400	-0,0029	-9	-60	-1
6.25	0,5535	1	22,28	0,99753 0,99736 0,99774	-0,2778	-0,3493	-0,2451	-50	-63	-44
		2			0,0612	-0,0111	0,0902	11	-2	16
		3			-0,0212	-0,0927	0,0116	-4	-17	2
6.26	0,7005	1	22,41	0,99751 0,99733 0,99770	-0,2718	-0,3511	-0,2430	-39	-50	-35
		2			0,0679	-0,0115	0,0934	10	-2	13
		3			-0,0152	-0,0945	0,0137	-2	-13	2

6.27	0,8505	1	22,50	0,99749 0,99748 0,99770	-0,2642	-0,3836	-0,2283	-31	-45	-27
		2			0,0758	-0,0457	0,1097	9	-5	13
		3			-0,0076	-0,1270	0,0283	-1	-15	3
6.28	1,0052	1	22,54	0,99747 0,99730 0,99768	-0,2759	-0,4729	-0,2265	-27	-47	-23
		2			0,0643	-0,1324	0,1130	6	-13	11
		3			-0,0193	-0,2162	0,0301	-2	-22	3
6.29	0,0993	1	22,38	0,99751 0,99733 0,99771	-0,2812	-0,3727	-0,2522	-283	-375	-254
		2			0,0583	-0,0346	0,0834	59	-35	84
		3			-0,0246	-0,1160	0,0044	-25	-117	4
6.30	0,2507	1	22,37	0,99751 0,99734 0,99771	-0,2812	-0,4302	-0,2592	-112	-172	-103
		2			0,0581	-0,0939	0,0767	23	-37	31
		3			-0,0246	-0,1735	-0,0026	-10	-69	-1
6.31	0,4023	1	22,63	0,99745 0,99717 0,99765	-0,2837	-0,4877	-0,2618	-71	-121	-65
		2			0,0569	-0,1440	0,0765	14	-36	19
		3			-0,0271	-0,2311	-0,0052	-7	-57	-1
6.32	0,5496	1	22,65	0,99744 0,99723 0,99765	-0,2872	-0,4375	-0,2550	-52	-80	-46
		2			0,0536	-0,0944	0,0819	10	-17	15
		3			-0,0306	-0,1809	0,0016	-6	-33	0
6.33	0,6998	1	22,66	0,99744 0,99723 0,99765	-0,2895	-0,4413	-0,2622	-41	-63	-37
		2			0,0513	-0,0983	0,0752	7	-14	11
		3			-0,0329	-0,1847	-0,0056	-5	-26	-1
6.34	0,8528	1	22,79	0,99741 0,99724 0,99762	-0,2820	-0,4423	-0,2531	-33	-52	-30
		2			0,0594	-0,1022	0,0858	7	-12	10
		3			-0,0254	-0,1857	0,0035	-3	-22	0
6.35	0,9996	1	22,42	0,99751 0,99745 0,99759	-0,2662	-0,3276	-0,2117	-27	-33	-21
		2			0,0735	0,0114	0,1274	7	1	13
		3			-0,0096	-0,0710	0,0449	-1	-7	4
6.36	0,1104	1	22,11	0,99755 0,99698 0,99765	-0,3208	-1,1321	-0,2732	-291	-1025	-247
		2			0,0174	-0,7925	0,0655	16	-718	59
		3			-0,0641	-0,8754	-0,0166	-58	-793	-15
6.37	0,2548	1	22,01	0,99759 0,99749 0,99772	-0,2855	-0,3444	-0,2504	-112	-135	-98
		2			0,0523	-0,0079	0,0850	21	-3	33
		3			-0,0289	-0,0878	0,0062	-11	-34	2
6.38	0,4023	1	21,90	0,99761 0,99745 0,99778	-0,2964	-0,4928	-0,2252	-74	-122	-56
		2			0,0408	-0,1576	0,1093	10	-39	27
		3			-0,0398	-0,2361	0,0315	-10	-59	8
6.39	0,5494	1	22,05	0,99758 0,99746 0,99772	-0,2818	-0,3347	-0,2201	-51	-61	-40
		2			0,0561	0,0037	0,1185	10	1	22
		3			-0,0252	-0,0780	0,0365	-5	-14	7
6.40	0,7057	1	22,06	0,99757 0,99745 0,99772	-0,2955	-0,4262	-0,2472	-42	-60	-35
		2			0,0425	-0,0895	0,0902	6	-13	13
		3			-0,0389	-0,1696	0,0094	-6	-24	1
6.41	0,8514	1	22,15	0,99755 0,99743 0,99770	-0,2899	-0,3937	-0,2731	-34	-46	-32
		2			0,0486	-0,0565	0,0639	6	-7	8
		3			-0,0333	-0,1371	-0,0164	-4	-16	-2
6.42	1,0021	1	22,13	0,99757 0,99743 0,99773	-0,2792	-0,3785	-0,2326	-28	-38	-23
		2			0,0591	-0,0407	0,1062	6	-4	11
		3			-0,0226	-0,1219	0,0240	-2	-12	2
6.43	0,0954	1	21,85	0,99762 0,99743 0,99781	-0,2899	-0,4202	-0,2379	-304	-440	-249
		2			0,0470	-0,0811	0,0979	49	-85	103
		3			-0,0333	-0,1635	0,0187	-35	-171	20
6.44	0,2530	1	21,85	0,99762 0,99748 0,99780	-0,2880	-0,3448	-0,2436	-114	-136	-96
		2			0,0490	-0,0099	0,0938	19	-4	37
		3			-0,0314	-0,0881	0,0130	-12	-35	5

6.45	0,3995	1	21,90	0,99761 0,99745 0,99778	-0,2947	-0,3785	-0,2675	-74	-95	-67
		2			0,0425	-0,0439	0,0664	11	-11	17
		3			-0,0381	-0,1219	0,0664	-10	-31	17
6.46	0,5448	1	22,19	0,99755 0,99741 0,99772	-0,2872	-0,3965	-0,1993	-53	-73	-37
		2			0,0514	-0,0579	0,1397	9	-11	26
		3			-0,0305	-0,1399	0,0573	-6	-26	11
6.47	0,6975	1	22,25	0,99753 0,99736 0,99771	-0,2857	-0,3582	-0,2327	-41	-51	-33
		2			0,0532	-0,0167	0,1049	8	-2	15
		3			-0,0291	-0,1016	0,0239	-4	-15	3
6.48	0,8541	1	22,17	0,99755 0,99741 0,99773	-0,2873	-0,3693	-0,2415	-34	-43	-28
		2			0,0512	-0,0326	0,0962	6	-4	11
		3			-0,0306	-0,1127	0,0152	-4	-13	2
6.49	0,9964	1	22,22	0,99754 0,99740 0,99765	-0,2904	-0,6069	-0,2647	-29	-61	-27
		2			0,0483	-0,2714	0,0710	5	-27	7
		3			-0,0338	-0,3502	-0,0080	-3	-35	-1

Tabel 7.12: Resultaten concentratiebepaling met DPRn427 (reeks 6)

De resultaten die betrekking hebben op de korrelgrootte van 75 μm , springen in het oog wanneer de waarden volgens vergelijking 2 worden bekeken. In tegenstelling tot de andere korrelgroottes volgen de berekende waarden een stijgende trend zoals de werkelijke concentratie. Deze kleinere, lichtere korrels worden blijkbaar doeltreffender en op een meer homogene wijze rond gepompt dan de zwaardere varianten. Toch leidt dit niet tot de exacte concentratie. Uitgezonderd de kleinste concentratie, slaagt geen enkele concentratie erin om relatief gezien een verhouding groter dan 0,4 te realiseren.

Een andere vaststelling is dat de negatieve resultaten alleen voorkomen bij de twee kleinste korrelgroottes. De reden hiervoor is een vrij grote variatie in de opgemeten densiteiten in vergelijking met de andere resultaten. Het is echter moeilijk aan te geven in hoeverre enkel de korrelgrootte de oorzaak is of dat er andere factoren meespelen.

Daarnaast is het vrij opvallend dat met de korrelgroottes die groter zijn dan 300 μm , een concentratie wordt bekomen die schommelt in het interval van 40 tot 80 mg/l onafhankelijk van de werkelijke concentratie. Dit lijkt erop te wijzen dat er een voorkeur is om een zekere concentratie rond te pompen. Een andere optie is dat er aan de aanzuigmond door een niet toereikende homogenisering van de suspensie steeds deze concentratie aanwezig is. Gezien deze tendens geldt voor zes verschillende korrelgroottes lijkt dit minder waarschijnlijk en is de eerste optie realistischer. De reden hiervoor kan te vinden zijn bij de diameter van de teflon leiding. Bij deze laatste opstelling was deze doorsnede beduidend groter dan bij de eerdere opstelling met de Watson Marlow 313. Het is dan ook mogelijk dat de gekozen pompsnelheid niet toereikend was om een grotere concentratie korrels aan te zuigen. Het is echter moeilijk vergelijken met de vorige opstelling gezien deze geen aanduiding van de snelheid gaf. De keuze van de pompsnelheid werd dermate gekozen dat enerzijds een volledige gevulde aanzuigleiding werd bekomen, maar anderzijds de snelheid niet te groot werd en er een te grote turbulentie en (luchtbelvorming) werd gecreëerd aan de afvoerleiding.

7.4.2.3.2.2 Conclusie

De metingen vertoonden opvallende resultaten. Enerzijds werd vastgesteld dat de korrelgrootte 75 μm de enige korrelgrootte was die een stijgende tendens aangaf naarmate de werkelijke concentratie steeg. Anderzijds was het ook 75 en 300 μm waarbij de grootste spreiding in de gemeten dichtheden terug te vinden was. Tot slot is het erg opmerkelijk dat de berekende concentraties binnen een erg klein concentratie-interval vallen.

7.5 Statistische analyse

Hoewel de resultaten kwantitatief gezien weinig voldoening geven, blijven enkele vragen onbeantwoord. Gezien de foutieve concentratiebepaling waarschijnlijk in sterke mate te wijten is aan een kalibratiefout van het toestel, is de mogelijkheid niet uitgesloten dat de densiteitsmeter, eens voldoende nauwkeurig geijkt, wel in staat is om verschillen in concentraties te detecteren. Met andere woorden een densiteitsmeting kan wellicht het onderscheid maken tussen twee standaarden met een verschillende concentratie. Om deze mogelijkheid na te gaan worden de metingen van reeks 6 aan een uitgebreide statistische analyse onderworpen.

Deze analyse werd uitgevoerd met behulp van het statistisch verwerkingsprogramma SPSS [42] waarbij een one-way ANOVA test op de resultaten werd toegepast gevolgd door een Bonferroni post hoc analyse. De one-way ANOVA test gaat na of de gemiddelden van de verschillende groepen significant van elkaar verschillen aan de hand van een variantie analyse. Dit houdt in dat in een ANOVA test nagegaan wordt of de variantie binnen een groep verschillend is van de variantie tussen de groepen. In deze zin is de one-way ANOVA een uitbreiding naar meerdere groepen van de t-test. De nulhypothese(H_0) van deze test zegt dat de variantie binnen de groepen even groot is als de variantie tussen de groepen. Om deze nulhypothese te verwerpen moet de significantie ervan kleiner zijn dan 0,05. Indien de nulhypothese verworpen kan worden, dient aan de hand van een post hoc analyse onderzocht te worden, welke groepen precies significant van elkaar verschillen.

De indeling van de groepen gebeurt op basis van twee zelf gekozen labels:

- ‘nummer concentratie’: identieke concentraties krijgen een zelfde nummer gaande van één tot zeven.
- ‘nummer diameter’: Identieke korrelgroottes krijgen een zelfde nummer gaande van één tot zeven.

7.5.1 Variantie tussen de verschillende concentraties

Met een eerste statistische test wordt nagegaan of alle 49 standaarden van reeks 6, gegroepeerd op basis van concentratie in zeven groepen van zeven standaarden waarbij elke standaard ongeveer 60 meetwaarden telt, onderling significant te onderscheiden zijn. Ter verduidelijking: een dergelijke groep wordt bijvoorbeeld gevormd door de standaarden 6.1-6.8-6.15-6.22-6.29-6.36-6.43 die een gemeenschappelijke concentratie van 0,1 g/l hebben maar verschillen in korrelgrootte. Voor deze groepen wordt vervolgens met behulp van een one-way ANOVA test nagegaan of de variantie van de parameter “concentratie”, zoals die berekend werd met watervergelijking 2, binnen de groepen significant verschilt van de variantie tussen de groepen. H_0 van deze test neemt aan dat de varianties binnen en tussen de groepen gelijk zijn en de groepen dus niet significant van elkaar verschillen. De verwachting bij een correct werkend toestel zou zijn dat de H_0 voor alle groepen verworpen kan worden waarvoor de significantie bijgevolg kleiner moet zijn dan 0,05 en dit omdat de concentraties in de standaarden per groep wel degelijk verschillen.

De one-way ANOVA test met als grouping variable ‘nummer concentratie’ geeft volgend resultaat (tabel 7.13):

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	8,342	6	1,390	31,011	,000
Within Groups	136,916	3054	,045		
Total	145,257	3060			

Tabel 7.13: One-way ANOVA test op reeks 6 met grouping variable ‘nummer concentratie’

De significantie van 0.000 staat toe de H_0 te verwerpen. De Bonferroni Post hoc test weergegeven in tabel 7.14 toont aan welke groepen significant van elkaar verschillen.

					95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
	0.25	-,0559224(*)	,0141672	,002	-,099000	-,012845
	0.4	-,1032492(*)	,0143487	,000	-,146878	-,059620
	0.55	-,1311767(*)	,0143653	,000	-,174856	-,087497
	0.7	-,1012687(*)	,0143570	,000	-,144923	-,057614
	0.85	-,0100443	,0143653	1,000	-,053724	,033635
	1	-,1412982(*)	,0143736	,000	-,185003	-,097593

0.25	0.1	,0559224(*)	,0141672	,002	,012845	,099000
	0.4	-,0473268(*)	,0141756	,018	-,090429	-,004224
	0.55	-,0752542(*)	,0141924	,000	-,118408	-,032101
	0.7	-,0453462(*)	,0141839	,029	-,088474	-,002218
	0.85	,0458781(*)	,0141924	,026	,002725	,089032
	1	-,0853757(*)	,0142008	,000	-,128555	-,042196
0.4	0.1	,1032492(*)	,0143487	,000	,059620	,146878
	0.25	,0473268(*)	,0141756	,018	,004224	,090429
	0.55	-,0279275	,0143735	1,000	-,071632	,015777
	0.7	,0019805	,0143652	1,000	-,041699	,045660
	0.85	,0932048(*)	,0143735	,000	,049500	,136909
	1	-,0380490	,0143819	,172	-,081779	,005681
0.55	0.1	,1311767(*)	,0143653	,000	,087497	,174856
	0.25	,0752542(*)	,0141924	,000	,032101	,118408
	0.4	,0279275	,0143735	1,000	-,015777	,071632
	0.7	,0299080	,0143818	,791	-,013822	,073638
	0.85	,1211323(*)	,0143901	,000	,077378	,164887
	1	-,0101215	,0143984	1,000	-,053902	,033659
0.7	0.1	,1012687(*)	,0143570	,000	,057614	,144923
	0.25	,0453462(*)	,0141839	,029	,002218	,088474
	0.4	-,0019805	,0143652	1,000	-,045660	,041699
	0.55	-,0299080	,0143818	,791	-,073638	,013822
	0.85	,0912243(*)	,0143818	,000	,047495	,134954
	1	-,0400295	,0143901	,114	-,083784	,003725
0.85	0.1	,0100443	,0143653	1,000	-,033635	,053724
	0.25	-,0458781(*)	,0141924	,026	-,089032	-,002725
	0.4	-,0932048(*)	,0143735	,000	-,136909	-,049500
	0.55	-,1211323(*)	,0143901	,000	-,164887	-,077378
	0.7	-,0912243(*)	,0143818	,000	-,134954	-,047495
	1	-,1312538(*)	,0143984	,000	-,175034	-,087474
1	0.1	,1412982(*)	,0143736	,000	,097593	,185003
	0.25	,0853757(*)	,0142008	,000	,042196	,128555
	0.4	,0380490	,0143819	,172	-,005681	,081779
	0.55	,0101215	,0143984	1,000	-,033659	,053902
	0.7	,0400295	,0143901	,114	-,003725	,083784
	0.85	,1312538(*)	,0143984	,000	,087474	,175034

Tabel 7.14: Bonferroni post hoc analyse op reeks 6 met grouping variable 'nummer concentratie'

In tegenstelling tot wat verwacht wordt, zijn niet alle groepen van elkaar te onderscheiden, doch enige regelmaat is hierin niet te vinden. De concentratie-groep 0.1 g/l valt niet te onderscheiden van de groep met concentratie 0.85 g/l. De groep 0.4 g/l valt niet te onderscheiden van 0.55 g/l, 0.7 g/l en 1 g/l, De groep 0.55 g/l is ononderscheidbaar van 0.7 en 1 g/l en tot slot kunnen ook de groepen 0.7 g/l

en 1 g/l niet eenduidig van elkaar onderscheiden worden. Bij de volgende analyses zal steeds een korte samenvatting worden gegeven van de post hoc analyse door middel van een tabel waarin 'R' (Rejected) staat voor verworpen en 'A' (Accepted) staat voor aanvaard. De volledige resultaten van de statische analyse zijn terug te vinden in appendix B.

7.5.2 Variantie tussen de verschillende korrelgroottes

Vervolgens werd nagegaan of een significant verschil kon worden vastgesteld naargelang de gebruikte korrelgrootte. Intuïtief wordt verwacht dat de significanties van de test en de post-hoc tests groter zullen zijn dan 0,05 en de nulhypothese bijgevolg aanvaard dient te worden, aangezien de groepen gevormd zijn uit standaarden met dezelfde reeks aan concentraties (variërend van 0.1 tot 1 g/l)..

De 49 standaarden van reeks 6 worden hiervoor opnieuw aan een one-way ANOVA test onderworpen, waarbij ze deze keer gegroepeerd worden aan de hand van de grouping variable 'nummer diameter', zodat alweer zeven groepen gevormd worden die elke 7 standaarden bevatten. Een dergelijke groep wordt bijvoorbeeld gevormd door de standaarden 6.1 tot en met 6.7 die een gemeenschappelijke korrelgrootte van 75 µm hebben maar verschillen in concentratie. Opnieuw wordt voor deze groepen nagegaan of de variantie van de parameter 'concentratie', zoals die berekend werd met watervergelijking 2, binnen de groep significant verschilt van de variantie tussen de groepen

De test met als grouping variable 'nummer diameter' geeft volgend resultaat (tabel 7.15):

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	26.959	6	4.493	115.996	.000
Within Groups	118.298	3054	.039		
Total	145.257	3060			

Tabel 7.15: One-wayANOVA test op reeks 6 met grouping variable 'nummer diameter'

Op basis van deze test kan dus geconcludeerd worden dat de H_0 verworpen kan worden en een onderscheid gemaakt worden kan worden tussen de groepen op basis van korrelgrootte. De groepen waarover het gaat worden weergegeven in tabel 7.16:

	75 µm	300 µm	425 µm	600 µm	850 µm	1080 µm	1400 µm
75 µm		R	A	A	A	R	R
300 µm	R		R	R	R	R	R
425 µm	A	R		A	A	A	A
600 µm	A	R	A		A	A	A
850 µm	A	R	A	A		A	A
1080 µm	R	R	A	A	A		A

1400 μm	R	R	A	A	A	A
	R = Rejected		A = Accepted			

Tabel 7.16: Bonferroni post hoc analyse op reeks 6 met grouping variable 'nummer diameter'

In deze tabel staat R voor het verwerpen van H_0 en zijn de groepen bijgevolg te onderscheiden daar waar A overeenkomt met het aanvaarden van H_0 waaruit besloten wordt dat de groepen statistisch niet te onderscheiden zijn. De standaarden gemaakt met kwartskorrels met een diameter van 300 μm zijn om ongekende reden van alle andere standaard groepen te onderscheiden. Ook is de groep van 75 μm van de groepen van 1080 en 1400 μm te onderscheiden.

7.5.3 Variantie tussen de verschillende concentraties per korrelgrootte

Omdat bij de vorige tests concentratie en korrelgrootte elkaar konden beïnvloeden, werd geopteerd om de tests te verfijnen. Net zoals bij de eerste analyse werd nagegaan of een significant verschil kon worden waargenomen tussen de verschillende concentraties, zal nu echter per korrelgrootte een analyse uitgevoerd worden. Zeven ANOVA testen die telkens zeven standaarden vergelijken dienen dus uitgevoerd te worden. De groepering bij deze testen is gebaseerd op de concentratie.

Bij een goed werkend toestel kan verwacht worden dat voor elke test de significantie kleiner zal zijn dan 0,05 en de H_0 bijgevolg zeven maal verworpen kan worden, aangezien de gemeten concentratie voor de zeven standaarden per test dezelfde is. Opnieuw wordt voor deze groepen nagegaan of de variantie van de parameter "concentratie", zoals die berekend werd met watervergelijking 2, binnen de groep significant verschilt van de variantie tussen de groepen

De test toegepast op de standaarden met korrelgrootte 75 μm , met als grouping variable 'nummer concentratie' geeft volgend resultaat (tabel 7.17):

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	12.749	6	2.125	94.776	.000
Within Groups	9.797	437	.022		
Total	22.546	443			

Tabel 7.17: One-way ANOVA test op staal 6.1-6.8-6.15-6.22-6.29-6.36-6.43 (75 μm) met grouping variable 'nummer concentratie'

H_0 kan bijgevolg verworpen worden en een onderscheid is mogelijk tussen de groepen op basis van concentratie. De zes overige test uitgevoerd op de standaarden met respectievelijk 300, 425, 600, 850,

1180 μm verwerpen H_0 eveneens. Een onderscheid kan bijgevolg gemaakt worden tussen de verschillende concentraties met een zelfde korrelgrootte.

Voor wat betreft de groep van standaarden met korrelgroot 1400 μm , wordt volgende resultaat verkregen (tabel 7.18):

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.005	6	.001	1.236	.286
Within Groups	.284	437	.001		
Total	.288	443			

Tabel 7.18: One-way ANOVA test op staal 6.7-6.14-6.21-6.28-6.35-6.42-6.49 (1400 μm) met grouping variable 'nummer concentratie'

Voor alle korrelgrootte groepen voorspelt de ANOVA dat er onderlinge verschillen zijn, behalve voor de grootste korrelgrootte waar H_0 aanvaard wordt.

De post hoc testen voor de andere zes groepen geven onderstaand resultaat (tabel 7.19-7.24)

75 μm							
	0,10 g/l	0,25 g/l	0,40 g/l	0,55 g/l	0,70 g/l	0,85 g/l	1,00 g/l
0,10 g/l		R	R	R	A	R	R
0,25 g/l	R		R	R	R	R	R
0,40 g/l	R	R		A	R	R	R
0,55 g/l	R	R	A		R	A	A
0,70 g/l	A	R	R	R		R	R
0,85 g/l	R	R	R	A	R		A
1,00 g/l	R	R	R	A	R	A	
R = Verworpen A = Aanvaard							

Tabel 7.19: Bonferroni post hoc analyse op 6.1-6.8-6.15-6.22-6.29-6.36-6.43 (75 μm) met grouping variable 'nummer concentratie'

300 μm							
	0,10 g/l	0,25 g/l	0,40 g/l	0,55 g/l	0,70 g/l	0,85 g/l	1,00 g/l
0,10 g/l		R	R	R	R	R	R
0,25 g/l	R		A	A	A	R	A
0,40 g/l	R	A		A	A	R	A
0,55 g/l	R	A	A		A	R	A
0,70 g/l	R	A	A	A		R	A
0,85 g/l	R	R	R	R	R		R
1,00 g/l	R	A	A	A	A	R	
R = Verworpen A = Aanvaard							

Tabel 7.20: Bonferroni post hoc analyse op 6.2-6.9-6.16-6.23-6.30-6.37-6.44 (300 μm) met grouping variable 'nummer concentratie'

425 µm							
	0,10 g/l	0,25 g/l	0,40 g/l	0,55 g/l	0,70 g/l	0,85 g/l	1,00 g/l
0,10 g/l		A	A	R	R	R	R
0,25 g/l	A		A	R	R	R	R
0,40 g/l	A	A		A	R	R	R
0,55 g/l	R	R	A		A	R	R
0,70 g/l	R	R	R	A		R	A
0,85 g/l	R	R	R	R	R		A
1,00 g/l	R	R	R	R	A	A	

Tabel 7.21: Bonferroni post hoc analyse op 6.3-6.10-6.17-6.24-6.31-6.38-6.45 (425 µm) met grouping variable 'nummer concentratie'

600 µm							
	0,10 g/l	0,25 g/l	0,40 g/l	0,55 g/l	0,70 g/l	0,85 g/l	1,00 g/l
0,10 g/l		R	R	A	A	A	A
0,25 g/l	R		A	A	A	R	A
0,40 g/l	R	A		A	R	R	R
0,55 g/l	A	A	A		A	A	A
0,70 g/l	A	A	R	A		A	A
0,85 g/l	A	R	R	A	A		A
1,00 g/l	A	A	R	A	A	A	
R = Verworpen A = Aanvaard							

Tabel 7.22: Bonferroni post hoc analyse op 6.4-6.11-6.18-6.25-6.32-6.39-6.46 (600 µm) met grouping variable 'nummer concentratie'

850 µm							
	0,10 g/l	0,25 g/l	0,40 g/l	0,55 g/l	0,70 g/l	0,85 g/l	1,00 g/l
0,10 g/l		A	A	A	A	A	R
0,25 g/l	A		A	A	A	A	R
0,40 g/l	A	A		A	A	A	R
0,55 g/l	A	A	A		A	A	R
0,70 g/l	A	A	A	A		A	R
0,85 g/l	A	A	A	A	A		A
1,00 g/l	R	R	R	R	R	A	
R = Verworpen A = Aanvaard							

Tabel 7.23: Bonferroni post hoc analyse op 6.5-6.12-6.19-6.26-6.33-6.40-6.47 (850 µm) met grouping variable 'nummer concentratie'

1180 µm							
	0,10 g/l	0,25 g/l	0,40 g/l	0,55 g/l	0,70 g/l	0,85 g/l	1,00 g/l
0,10 g/l		R	A	R	A	R	R

0,25 g/l	R		A	A	A	A	A
0,40 g/l	A	A		A	A	A	A
0,55 g/l	R	A	A		A	A	A
0,70 g/l	A	A	A	A		A	A
0,85 g/l	R	A	A	A	A		A
1,00 g/l	R	A	A	A	A	A	
R = Verworpen A = Aanvaard							

Tabel 7.24: Bonferroni post hoc analyse op 6.6-6.13-6.20-6.27-6.34-6.41-6.48 (1180 μm) met grouping variable 'nummer concentratie'

Niet alle groepen zijn van elkaar te onderscheiden en dit zonder enige regelmaat.

Voor de standaarden met korrelgrootte 75 μm is de concentratiegroep 0.1 g/l niet te onderscheiden van de groep met concentratie 0.7 g/l. De groep 0.55 g/l valt niet te onderscheiden van 0.4 g/l, 0.85 en 1 g/l. De concentratiegroep 0.55 g/l is ononderscheidbaar van 0.7 en tot slot kunnen ook de groepen 0.85 g/l en 1 g/l niet eenduidig van elkaar onderscheiden worden.

Voor de standaarden met korrelgrootte 300 μm is enkel de concentratiegroep 0.1 g/l en 0.85 van elke andere groep te onderscheiden.

Bij de standaarden met korrelgrootte 425 μm is de concentratiegroep 0.1 g/l niet te onderscheiden van de groep met concentratie 0.25 en 0.4 g/l. De groep 0.4 g/l valt niet te onderscheiden van 0.25, 0.55 en 1 g/l. De groep 0.7 g/l is ononderscheidbaar van 0.55 en 1 g/l en tot slot kunnen ook de groepen 0.85 g/l en 1 g/l niet eenduidig van elkaar onderscheiden worden.

De standaarden met korrelgrootte 600 μm maken enkel onderscheid tussen de concentratiegroep 0.1 g/l en 0.25 g/l en de concentratiegroep 0.4 g/l verschilt eenduidig van 0.1, 0.7, 0.85 en 1 g/l.

Bij de standaard met korrelgrootte 850 μm onderscheidt enkel 1 g/l zich van alle standaarden met uitzonder van 0.85 g/l.

Voor de standaarden met korrelgrootte 1180 μm tot slot is enkel een onderscheid tussen de concentratiegroep 0.1 en 0.25, 0.55, 0.85 en 1 g/l te maken.

Een eenduidige lijn is bijgevolg niet te trekken, hoewel de concentraties zich minder significant van elkaar onderscheiden naarmate de korrelgrootte toeneemt.

7.5.4 Onderscheid korrelgrootte per concentratie

Een logische volgende stap is om met een analyse na te gaan of een significant verschil kon worden waargenomen tussen de verschillende korrelgroottes. Een one-way ANOVA test zal bijgevolg toegepast worden op zeven concentratiegroepen die telkens zeven standaarden bevatten waarbij de groepering op basis van 'nummer concentratie' gebeurt. Zeven ANOVA testen die telkens zeven standaarden vergelijken dienen dus uitgevoerd te worden.

Intuïtief wordt verwacht dat voor elke test de significantie groter zal zijn dan 0,05 en de H_0 bijgevolg zeven maal aanvaard kan worden, aangezien de gemeten concentratie voor de zeven standaarden per test dezelfde is. Opnieuw wordt voor deze groepen nagegaan of de variantie van de parameter “concentratie”, zoals die berekend werd met watervergelijking 2, binnen de groep significant verschilt van de variantie tussen de groepen

De test toegepast op de standaarden met concentratie 0.1 g/l, met als grouping variable ‘nummer concentratie’ geeft volgend resultaat (tabel 7.25):

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	23.817	6	3.969	73.836	.000
Within Groups	23.063	429	.054		
Total	46.880	435			

Tabel 7.25: One-way ANOVA test op staal 6.1-6.7 (0,1 g/l) met grouping variable ‘nummer diameter’

Op basis van deze test wordt vastgesteld dat H_0 verworpen kan worden en een onderscheid gemaakt worden kan worden tussen de standaarden met concentratie 0.1 g/l op basis van korrelgrootte. Deze conclusie geldt eveneens voor de groepen met concentratie 0.25, 0.4, 0.55, 0.7, 0.85 en 1 g/l. De groepen die kunnen onderscheiden worden, worden weergegeven in tabel 7.26 tot en met 7.31:

0,1 g/l							
	75 µm	300 µm	425 µm	600 µm	850 µm	1080 µm	1400 µm
75 µm		R	A	A	A	A	A
300 µm	R		R	R	R	R	R
425 µm	A	R		A	A	A	A
600 µm	A	R	A		A	A	A
850 µm	A	R	A	A		A	A
1080 µm	A	R	A	A	A		A
1400 µm	A	R	A	A	A	A	
R = Verworpen A = Aanvaard							

Tabel 7.26: Bonferroni post hoc analyse op 6.8-6.14 (0,25 g/l) met grouping variable ‘nummer diameter’

0,25 g/l							
	75 µm	300 µm	425 µm	600 µm	850 µm	1080 µm	1400 µm
75 µm		R	R	R	R	R	R
300 µm	R		R	R	R	R	R
425 µm	R	R		A	A	A	A
600 µm	R	R	A		A	A	A

850 µm	R	R	A	A		A	A
1080 µm	R	R	A	A	A		A
1400 µm	R	R	A	A	A	A	
R = Verworpen A = Aanvaard							

Tabel 7.26: Bonferroni post hoc analyse op 6.8-6.14 (0,25 g/l) met grouping variable 'nummer diameter'

0,4 g/l							
	75 µm	300 µm	425 µm	600 µm	850 µm	1080 µm	1400 µm
75 µm		R	R	R	R	R	R
300 µm	R		R	R	R	R	R
425 µm	R	R		A	A	A	A
600 µm	R	R	A		A	A	A
850 µm	R	R	A	A		A	A
1080 µm	R	R	A	A	A		A
1400 µm	R	R	A	A	A	A	

Tabel 7.27: Bonferroni post hoc analyse op 6.15-6.21 (0,4 g/l) met grouping variable 'nummer diameter'

0,55 g/l							
	75 µm	300 µm	425 µm	600 µm	850 µm	1080 µm	1400 µm
75 µm		R	R	R	R	R	R
300 µm	R		A	A	A	A	A
425 µm	R	A		A	A	A	R
600 µm	R	A	A		A	A	A
850 µm	R	A	A	A		A	A
1080 µm	R	A	A	A	A		A
1400 µm	R	A	R	A	A	A	
R = Verworpen A = Aanvaard							

Tabel 7.28: Bonferroni post hoc analyse op 6.22-6.28 (0,55 g/l) met grouping variable 'nummer diameter'

0,7 g/l							
	75 µm	300 µm	425 µm	600 µm	850 µm	1080 µm	1400 µm
75 µm		R	R	R	R	R	R
300 µm	R		A	A	R	R	R
425 µm	R	A		A	R	R	R
600 µm	R	A	A		A	A	A
850 µm	R	R	R	A		A	A
1080 µm	R	R	R	A	A		A
1400 µm	R	R	R	A	A	A	
R = Verworpen A = Aanvaard							

Tabel 7.29: Bonferroni post hoc analyse op 6.29-6.35 (0,7 g/l) met grouping variable 'nummer diameter'

0,85 g/l							
	75 µm	300 µm	425 µm	600 µm	850 µm	1080 µm	1400 µm
75 µm		R	R	R	R	R	R
300 µm	R		R	R	R	R	R

425 µm	R	R		A	A	A	A
600 µm	R	R	A		A	A	A
850 µm	R	R	A	A		A	A
1080 µm	R	R	A	A	A		A
1400 µm	R	R	A	A	A	A	
R = Verworpen A = Aanvaard							

Tabel 7.30: Bonferroni post hoc analyse op 6.36-6.42 (0,85 g/l) met grouping variable 'nummer diameter'

1 g/l							
	75 µm	300 µm	425 µm	600 µm	850 µm	1080 µm	1400 µm
75 µm		R	R	R	R	R	R
300 µm	R		R	R	R	R	R
425 µm	R	R		A	A	A	A
600 µm	R	R	A		A	A	A
850 µm	R	R	A	A		A	A
1080 µm	R	R	A	A	A		A
1400 µm	R	R	A	A	A	A	
R = Verworpen A = Aanvaard							

Tabel 7.31: Bonferroni post hoc analyse op 6.43-6.49 (1 g/l) met grouping variable 'nummer diameter'

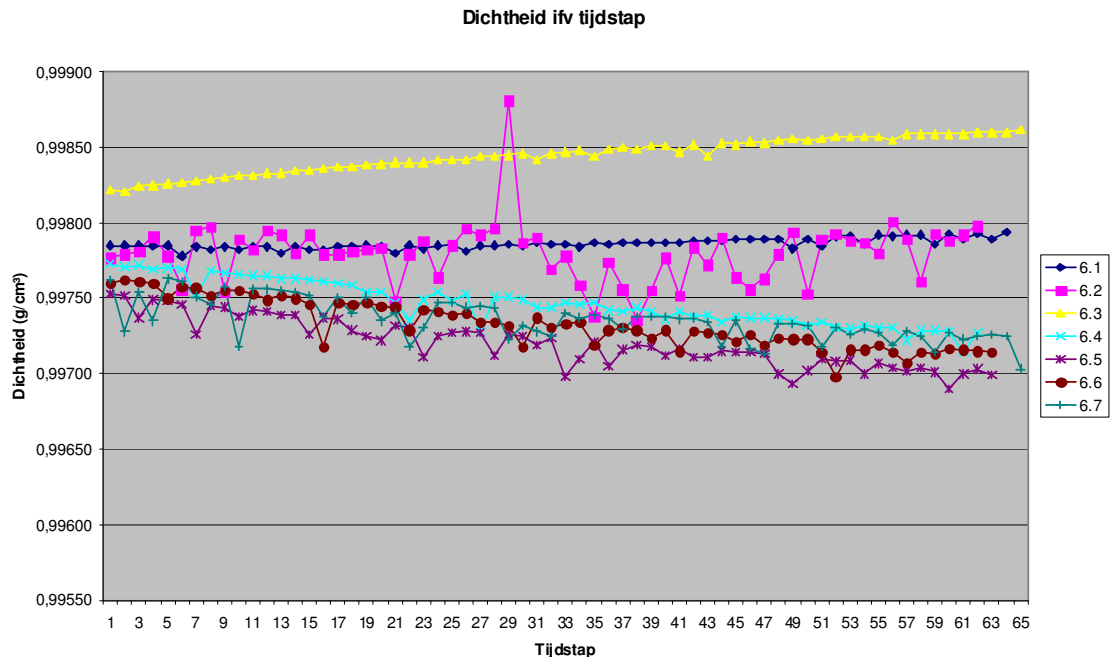
Sommige groepen zijn van elkaar te onderscheiden op basis van korrelgrootte.

Voor de standaarden met concentratie 0.1 g/l is de concentratiegroep met korrelgrootte 300 µm van alle andere groepen te onderscheiden.

Dit zet zich door voor alle andere standaarden. Bij 0.25, 0.4, 0.85 en 1 g/l is naast de concentratiegroep met korrelgrootte 300 µm, ook deze van 75 µm van alle korrelgroottes te onderscheiden. Bij 0.55 g/l is dit niet het geval, daar zijn enkel de groepen 1400 en 425 µm eenduidig te onderscheiden.

Bij de standaarden met concentratie 0.7 g/l is tevens 425 µm van 850 en 1180 en 1400 µm van elkaar te onderscheiden.

De korrelgrootte 75 µm is statistisch gezien dus perfect te onderscheiden van alle andere korrelgroottes. Wanneer het verloop van de dichtheid van de metingen van alle concentraties 0.1 g/l dan bij wijze van voorbeeld wordt bekeken, geeft dit (figuur 7.):



Figuur 7.: Densiteit ivv een tijdstap voor 6.1-6.7 (0.1 g/l)

Het verloop van 6.1 (75 μm) vertoont geen opvallende karakteristieken die een eenduidig onderscheid met de andere korrelgroottes mogelijk maakt. Ook bij de andere concentraties is deze trend niet zichtbaar. Dit sterkt het vermoeden dat, hoewel de dichtheidsmeting voor sommige standaarden perfect lineair verloopt zoals de temperatuur, geen juiste concentratie wordt verkregen doordat in formule 4.1 ook nog een waterdichtheid moet ingevuld worden en beiden temperatuurgevoelig zijn. De visualisaties van het verloop van de dichtheid van alle metingen in functie van de tijd zijn terug te vinden in appendix C.

7.5.5 Onderscheid concentratie met filter op korrelgrootte en filtratie pieken op 0,00005

De tests uit de vorige twee paragrafen zeggen dus dat voor een reeks met een zelfde concentratie bepaalde korrelgroottes eenduidig te onderscheiden zijn en dat voor standaarden met een zelfde korrelgrootte sommige concentraties niet significant verschillen, hoewel bij een correct werkend toestel net het omgekeerde zou verwacht worden. Een mogelijk oorzaak kan liggen bij sommige metingen die geen constant lineair verloop tonen, maar met de nodige pieken gepaard gaan zoals bijvoorbeeld staal 6.2 in figuur 7.. De mogelijkheid bestaat dat de resultaten van de statistische analyse veel gunstiger uitvallen wanneer deze pieken uit de datasets verwijderd worden. Om uit te maken wat juist een piek is, wordt per standaard een lineaire regressie gemaakt van de gemeten dichtheden in

functie van de tijdstap (10 s). Een piekwaarde is dan een meting die meer dan 0.00005 g/cm³ hoger of lager ligt dan de waarde die met deze lineaire regressie wordt bekomen.

Vervolgens worden de tests uit de vorige twee paragrafen opnieuw gedaan met deze ‘gezuiverde’ datasets. Dit houdt in dat eerst wordt nagegaan of een significant verschil kan worden waargenomen tussen de verschillende concentraties wanneer een one-way ANOVA test wordt uitgevoerd op 7 concentratiegroepen die elk hoogstens 7 standaarden bevatten waarbij de groepen geselecteerd worden op ‘nummer concentratie’.

De test toegepast op de standaarden met korrelgrootte 75 µm, met als grouping variable ‘nummer concentratie’ geeft volgend resultaat (tabel 7.32):

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2,638	4	,660	667,933	,000
Within Groups	,233	236	,001		
Total	2,872	240			

Tabel 7.32: One-way ANOVA test op staal 6.1-6.8-6.15-6.22-6.29-6.36-6.43 (75 µm) met grouping variable ‘nummer concentratie’ (filter 0,00005)

H₀ kan bijgevolg verworpen worden en een onderscheid is mogelijk tussen de groepen op basis van concentratie. Vijf van de zes overige test uitgevoerd op de standaarden met respectievelijk 425, 600, 850, 1180 µm verwerpen H₀ eveneens. Een onderscheid kan bijgevolg gemaakt worden tussen de verschillende concentraties met een zelfde korrelgrootte.

Voor wat betreft de groep van standaarden met korrelgroot 1400 µm, wordt volgende resultaat verkregen (tabel 7.33):

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,001	6	,000	,958	,453
Within Groups	,101	424	,000		
Total	,102	430			

Tabel 7.33: One-way ANOVA test op staal 6.7-6.14-6.21-6.28-6.35-6.42-6.49 (1400 µm) met grouping variable ‘nummer concentratie’ (filter 0,00005)

De concentratiegroepen zijn voor de standaarden met korrelgrootte 1400 en ook 300 μm bijgevolg perfect te onderscheiden. Echter wanneer naar het verloop van de densiteitsmetingen van deze 14 standaardaarden wordt gekeken valt niks op dat zou kunnen leiden dat net deze korrelgrootte voor een significant verschil zou zorgen.

De post hoc testen voor de andere 5 groepen geven onderstaand resultaat (tabel 7.34-7.38)

75 μm					
	0,10 g/l	0,40 g/l	0,55 g/l	0,70 g/l	0,85 g/l
0,10 g/l		R	R	A	R
0,40 g/l	R		R	R	R
0,55 g/l	R	R		R	R
0,70 g/l	A	R	R		R
0,85 g/l	R	R	R	R	
	R = Verworpen		A = Aanvaard		

Tabel 7.34: One-way ANOVA test op staal 6.1-6.8-6.15-6.22-6.29-6.36-6.43 (75 μm) met grouping variable 'nummer concentratie' (filter 0,00005)

425 μm					
	0,10 g/l	0,25 g/l	0,40 g/l	0,55 g/l	0,70 g/l
0,10 g/l		A	A	R	R
0,25 g/l	A		A	A	R
0,40 g/l	A	A		A	R
0,55 g/l	R	A	A		A
0,70 g/l	R	R	R	A	
	R = Verworpen		A = Aanvaard		

Tabel 7.35: One-way ANOVA test op staal 6.3-6.10-6.17-6.24-6.31-6.38-6.45 (425 μm) met grouping variable 'nummer concentratie' (filter 0,00005)

600 μm							
	0,10 g/l	0,25 g/l	0,40 g/l	0,55 g/l	0,70 g/l	0,85 g/l	1,00 g/l
0,10 g/l		R	R	R	A	A	A
0,25 g/l	R		A	A	A	R	R
0,40 g/l	R	A		A	R	R	R
0,55 g/l	R	A	A		A	R	R
0,70 g/l	A	A	R	A		A	A
0,85 g/l	A	R	R	R	A		A
1,00 g/l	A	R	R	R	A	A	
	R = Verworpen		A = Aanvaard				

Tabel 7.36: One-way ANOVA test op staal 6.4-6.11-6.18-6.25-6.32-6.39-6.46 (600 μm) met grouping variable 'nummer concentratie' (filter 0,00005)

850 μm							
	0,10 g/l	0,25 g/l	0,40 g/l	0,55 g/l	0,70 g/l	0,85 g/l	1,00 g/l
0,10 g/l		A	A	A	R	A	R
0,25 g/l	A		A	A	A	A	R
0,40 g/l	A	A		A	A	A	R
0,55 g/l	A	A	A		A	A	R
0,70 g/l	R	A	A	A		R	R
0,85 g/l	A	A	A	A	R		R
1,00 g/l	R	R	R	R	R	R	R
R = Verworpen A = Aanvaard							

Tabel 7.37: One-way ANOVA test op staal 6.5-6.12-6.19-6.26-6.33-6.40-6.47 (850 μm) met grouping variable 'nummer concentratie' (filter 0,00005)

1080 μm						
	0,10 g/l	0,25 g/l	0,40 g/l	0,70 g/l	0,85 g/l	1,00 g/l
0,10 g/l		A	A	A	A	R
0,25 g/l	A		R	A	A	A
0,40 g/l	A	R		R	R	R
0,70 g/l	A	A	R		A	A
0,85 g/l	A	A	R	A		A
1,00 g/l	R	A	R	A	A	
R = Verworpen A = Aanvaard						

Tabel 7.38: One-way ANOVA test op staal 6.6-6.13-6.20-6.27-6.34-6.41-6.48 (1180 μm) met grouping variable 'nummer concentratie' (filter 0,00005)

Niet alle concentratiegroepen zijn van elkaar te onderscheiden.

Voor de standaarden met korrelgrootte 75 μm is de concentratie-groep 0.7 g/l nog steeds niet te onderscheiden van de groep met concentratie 0.1 g/l.

Bij de standaarden met korrelgrootte 425 μm is enkel de concentratie-groep 0.7 g/l te onderscheiden van de groepen met concentratie 0.1, 0.25 en 0.4 g/l. De groep 0.55 g/l is daarnaast ook eenduidig van 0.1 g/l te onderscheiden.

De standaarden met korrelgrootte 600 μm maken onderscheid tussen de concentratie-groep 0.1 g/l en 0.25, 0.4 en 0.55 g/l en de concentratiegroep 0.4 g/l verschilt eenduidig van 0.7. De standaarden met korrelgrootte 0.85 g/l verschillen net als de standaarden met 1 g/l significant van 0.25, 0.4 en 0.55 g/l.

Bij de standaard met korrelgrootte 850 μm onderscheidt 1 g/l zich van alle standaarden en 0.85 onderscheidt zich van 0.7 g/l. met uitzonder van 0.85 g/l.

Voor de standaarden met korrelgrootte 1180 μm tot slot is een onderscheid tussen de concentratiegroep 0.4 en 0.25, 0.7, 0.85 en 1 g/l te maken en tussen 0.1 en 1 g/l.

Een eenduidige lijn is bijgevolg niet te trekken. De test was wel gunstiger dan de vorige zonder filter maar is nog steeds niet bevredigend te noemen.

7.5.6 Onderscheid korrelgrootte per concentratie met filter 0,00005

Vervolgens wordt nagegaan of een significant verschil kan worden waargenomen tussen de verschillende korrelgroottes. Hierbij wordt een one-way ANOVA test toegepast op zeven concentratiegroepen van hoogstens zeven standaarden waarbij de groepering op basis van ‘nummering concentratie’ gebeurt.

Intuïtief wordt verwacht dat voor elke test de significantie groter zal zijn dan 0,05 en de H_0 bijgevolg zeven maal aanvaard kan worden, aangezien de gemeten concentratie voor de zeven standaarden per test dezelfde is. Opnieuw wordt voor deze groepen nagegaan of de variantie van de parameter “concentratie”, zoals die berekend werd met watervergelijking 2, binnen de groep significant verschilt van de variantie tussen de groepen

De test toegepast op de standaarden met concentratie 0.1 g/l, met als grouping variable ‘nummer concentratie’ geeft volgend resultaat (tabel 7.39):

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,060	5	,012	28,916	,000
Within Groups	,140	336	,000		
Total	,200	341			

Tabel 7.39: One-way ANOVA test op staal 6.1-6.7 (0,1 g/l) met grouping variable ‘nummer diameter’ (filter 0,00005)

Op basis van deze test wordt vastgesteld dat H_0 verworpen kan worden en een onderscheid gemaakt worden kan worden tussen de standaarden met concentratie 0.1 g/l op basis van korrelgrootte. Deze conclusie geldt eveneens voor de groepen met concentratie 0.25, 0.4, 0.55, 0.7, 0.85 en 1 g/l. De groepen die kunnen onderscheiden worden, worden weergegeven in tabel 7.40 tot en met 7.46:

0,1 g/l						
	75 µm	425 µm	600 µm	850 µm	1080 µm	1400 µm
75 µm		R	R	R	A	R
425 µm	R		R	A	R	A
600 µm	R	R		R	R	R
850 µm	R	A	R		R	A
1080 µm	A	R	R	R		A
1400 µm	R	A	R	A	A	
R = Verworpen A = Aanvaard						

Tabel 7.40: Bonferroni post hoc analyse op 6.1-6.7 (0,1 g/l) met grouping variable 'nummer diameter' (filter 0,00005)

0,25 g/l						
	300 µm	425 µm	600 µm	850 µm	1080 µm	1400 µm
300 µm		R	R	R	R	R
425 µm	R		A	A	A	R
600 µm	R	A		A	A	A
850 µm	R	A	A		A	A
1080 µm	R	A	A	A		A
1400 µm	R	R	A	A	A	
R = Verworpen A = Aanvaard						

Tabel 7.41: Bonferroni post hoc analyse op 6.8-6.14 (0,25 g/l) met grouping variable 'nummer diameter' (filter 0,00005)

0,4 g/l							
	75 µm	300 µm	425 µm	600 µm	850 µm	1080 µm	1400 µm
75 µm		R	R	R	R	R	R
300 µm	R		R	R	R	R	R
425 µm	R	R		A	A	R	A
600 µm	R	R	A		A	R	A
850 µm	R	R	A	A		R	A
1080 µm	R	R	R	R	R		A
1400 µm	R	R	A	A	A	A	
R = Verworpen A = Aanvaard							

Tabel 7.42: Bonferroni post hoc analyse op 6.15-6.21 (0,4 g/l) met grouping variable 'nummer diameter' (filter 0,00005)

0,55 g/l						
	75 µm	300 µm	425 µm	600 µm	850 µm	1400 µm
75 µm		R	R	R	R	R
300 µm	R		A	A	R	R

425 µm	R	A		A	R	R
850 µm	R	A	A		A	A
1080 µm	R	R	R	A		A
1400 µm	R	R	R	A	A	
R = Verworpen A = Aanvaard						

Tabel 7.43: Bonferroni post hoc analyse op 6.22-6.28 (0,55 g/l) met grouping variable 'nummer diameter' (filter 0,00005)

0,7 g/l							
	75 µm	300 µm	425 µm	600 µm	850 µm	1080 µm	1400 µm
75 µm		R	R	R	R	R	R
300 µm	R		R	R	R	R	R
425 µm	R	R		A	R	R	R
600 µm	R	R	A		R	R	R
850 µm	R	R	R	R		A	A
1080 µm	R	R	R	R	A		A
1400 µm	R	R	R	R	A	A	
R = Verworpen A = Aanvaard							

Tabel 7.44: Bonferroni post hoc analyse op 6.29-6.35 (0,7 g/l) met grouping variable 'nummer diameter' (filter 0,00005)

0,85 g/l					
	75 µm	600 µm	850 µm	1180 µm	1400 µm
75 µm		R	R	R	R
600 µm	R		R	R	R
850 µm	R	R		R	R
1080 µm	R	R	R		A
1400 µm	R	R	R	A	
R = Verworpen A = Aanvaard					

Tabel 7.45: Bonferroni post hoc analyse op 6.36-6.42 (0,85 g/l) met grouping variable 'nummer diameter' (filter 0,00005)

1 g/l				
	600 µm	850 µm	1180 µm	1400 µm
600 µm		A	R	R
850 µm	A		R	R
1080 µm	R	R		A
1400 µm	R	R	A	
R = Verworpen A = Aanvaard				

Tabel 7.46: Bonferroni post hoc analyse op 6.43-6.49 (1 g/l) met grouping variable 'nummer diameter' (filter 0,00005)

Opnieuw zijn enkele groepen van elkaar te onderscheiden op basis van korrelgrootte.

Voor de standaarden met concentratie 0.1 g/l is de concentratiegroep met korrelgrootte 75 μm niet te onderscheiden van 1080 μm en is geen significant verschil waar te nemen tussen de concentratiegroepen met korrelgrootte 425 en 850 μm . De concentratie groep 1400 μm verschilt niet eenduidig van 425, 850 en 1080 μm .

Bij de standaarden met concentratie 0.25 g/l is 300 μm van de resterende korrelgroottes te onderscheiden. Tevens verschillen de concentratiegroepen met diameter 425 en 1400 μm significant van elkaar.

Voor de standaarden met concentratie 0.4 en 0.55 g/l is de concentratiegroep met korrelgrootte 75 μm van alle andere te onderscheiden. Bij 0.4 g/l is dit ook het geval voor de groepen met korrelgrootte 300 μm . De concentratiegroep met korrelgrootte 1080 μm is dan weer eenduidig te onderscheiden van 425, 600 en 850 μm . Bij 0.55 g/l zijn de concentratiegroepen 300 en 425 μm te onderscheiden van 1180 en 1400 μm .

Bij de concentratiegroep met concentratie 0.7 g/l verschillen naast 425 en 600 μm , ook 1400 μm significant van 850 en 1180 μm .

Bij de standaarden met concentratie 0.85 g/l verschillen enkel 1400 en 1180 μm niet significant van elkaar.

Voor de standaarden met concentratie 1 g/l is geen eenduidig verschil tussen de concentratiegroep dit 1400 en 1180 μm en 600 en 850 μm waar te nemen.

7.5.7 Onderscheid concentratie per korrelgrootte en filtratie pieken op 0,00003

De hypothese dat een piekvrije dataset, een beter resultaat zou geven kan niet hard gemaakt worden op basis van de vorige twee paragrafen. Echter, misschien was de filter, die 0,0001 spreiding toeliet, niet streng genoeg en geeft een filter met 0,00006 spreiding een beter resultaat. De testen worden dus overgedaan en een one-way ANOVA test zal toegepast worden op de zeven concentratiegroepen die hoogstens zeven standaarden bevatten die gegroepeerd worden op korrelgrootte. Opnieuw wordt een lineaire regressie gemaakt van de metingen per standaard en zullen in dit geval de meetwaarden die meer dan 0,00003 van de berekende waarde afwijken uit de dataset verwijderd worden.

De test toegepast op de standaarden met korrelgrootte 75 μm , met als grouping variable 'nummer concentratie' geeft volgend resultaat (tabel 7.32):

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1,837	2	,918	965,817	,000
Within Groups	,103	108	,001		
Total	1,939	110			

Tabel 7.47: One-way ANOVA test op staal 6.1-6.8-6.15-6.22-6.29-6.36-6.43 (75 μm) met grouping variable 'nummer concentratie' (filter 0,00003)

H_0 wordt bijgevolg verworpen en een onderscheid is mogelijk tussen de groepen op basis van concentratie. Vier van de zes overige test uitgevoerd op de standaarden met respectievelijk 300, 425, 600 en 850 verwerpen H_0 eveneens. Een onderscheid kan bijgevolg gemaakt worden tussen de verschillende concentraties met een zelfde korrelgrootte.

Voor wat betreft de groep van standaarden met korrelgrootte 1180 en 1400 μm , wordt volgende resultaat verkregen (tabel 7.33):

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,000	3	,000	1,095	,352
Within Groups	,025	210	,000		
Total	,025	213			

Tabel 7.48: One-way ANOVA test op staal 6.6-6.13-6.20-6.27-6.34-6.41-6.48 (1180 μm) met grouping variable 'nummer concentratie' (filter 0,00003)

De concentratiegroepen zijn voor de standaarden met korrelgrootte 1180 en ook 1400 μm bijgevolg niet significant te onderscheiden.

De post hoc testen voor de andere vier groepen geven onderstaand resultaat (tabel 7.49-7.52)

75 μm			
	0,10 g/l	0,70 g/l	0,85 g/l
0,10 g/l		A	R
0,70 g/l	A		R
0,85 g/l	R	R	
R = Verworpen A = Aanvaard			

Tabel 7.49: One-way ANOVA test op staal 6.1-6.8-6.15-6.22-6.29-6.36-6.43 (75 μm) met grouping variable 'nummer concentratie' (filter 0,00003)

300 µm			
	0,25 g/l	0,55 g/l	0,70 g/l
0,25 g/l		R	R
0,55 g/l	R		R
0,70 g/l	R	R	
R = Verworpen A = Aanvaard			

Tabel 7.50: One-way ANOVA test op staal 6.2-6.9-6.16-6.23-6.30-6.37-6.44 (300 µm) met grouping variable 'nummer concentratie' (filter 0,00003)

600 µm					
	0,10 g/l	0,25 g/l	0,55 g/l	0,70 g/l	0,85 g/l
0,10 g/l		R	R	A	R
0,25 g/l	R		A	R	R
0,55 g/l	R	A		R	R
0,70 g/l	A	R	R		R
0,85 g/l	R	R	R	R	
R = Verworpen A = Aanvaard					

Tabel 7.51: One-way ANOVA test op staal 6.4-6.11-6.18-6.25-6.32-6.39-6.46 (600 µm) met grouping variable 'nummer concentratie' (filter 0,00003)

850 µm						
	0,10 g/l	0,25 g/l	0,55 g/l	0,70 g/l	0,85 g/l	1,00 g/l
0,10 g/l		A	A	R	A	R
0,25 g/l	A		A	A	A	R
0,55 g/l	A	A		A	R	R
0,70 g/l	R	A	A		R	R
0,85 g/l	A	A	R	R		R
1,00 g/l	R	R	R	R	R	
R = Verworpen A = Aanvaard						

Tabel 7.52: One-way ANOVA test op staal 6.5-6.12-6.19-6.26-6.33-6.40-6.47 (850 µm) met grouping variable 'nummer concentratie' (filter 0,00003)

Niet alle concentratiegroepen zijn van elkaar te onderscheiden.

Voor de standaarden met korrelgrootte 75 µm is de concentratie-groep 0.7 g/l nog steeds niet te onderscheiden van de groep met concentratie 0.1 g/l.

Bij de standaarden met korrelgrootte 300 µm is alles te onderscheiden. De dataset is echter zo uitgedund dat enkel de standaard 0.25, 0.55 en 0.7 g/l nog in deze groep zitten.

De standaarden met korrelgrootte 600 μm maken geen onderscheid tussen de concentratie-groep 0.1 g/l en 0.7 g/l en tussen 0.25 en 0.55 g/l.

De standaarden met korrelgrootte 0.85 μm verschillen significant voor de 1 g/l die van alle stalen verschilt. De concentratie 0.85 g/l verschilt significant van 0.55 en 0.7 g/l..

7.5.8 Onderscheid korrelgrootte per concentratie en filtratie pieken op 0,00003

Tot slot wordt gecontroleerd of een significant verschil bestaat tussen de verschillende korrelgroottes. Zeven one-way ANOVA testen worden bijgevolg toegepast op zeven concentratiegroepen die telkens hoogstens zeven standaarden bevatten waarbij de indeling op concentratie gebeurt.

Intuïtief wordt verwacht dat voor elke test de significantie groter zal zijn dan 0,05 en de H_0 bijgevolg zeven maal aanvaard kan worden, aangezien de gemeten concentratie voor de zeven standaarden per test dezelfde is. Opnieuw wordt voor deze groepen nagegaan of de variantie van de parameter “concentratie”, zoals die berekend werd met watervergelijking 2, binnen de groep significant verschilt van de variantie tussen de groepen

De test toegepast op de standaarden met concentratie 0.1 g/l, met als grouping variable ‘nummer concentratie’ geeft volgend resultaat (tabel 7.53):

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,067	4	,017	56,512	,000
Within Groups	,065	217	,000		
Total	,132	221			

Tabel 7.53: One-way ANOVA test op staal 6.1-6.7 (0,1 g/l) met grouping variable ‘nummer diameter’ (filter 0,00003)

Op basis van deze test wordt vastgesteld dat H_0 verworpen kan worden en een onderscheid gemaakt worden kan worden tussen de standaarden met concentratie 0.1 g/l op basis van korrelgrootte. Deze conclusie geldt eveneens voor de groepen met concentratie 0.25, 0.55, 0.7, 0.85 en 1 g/l. De groepen die kunnen onderscheiden worden, worden weergegeven in tabel 7.54 tot en met 7.59:

0,1 g/l					
	75 μm	425 μm	600 μm	850 μm	1400 μm

75 µm		R	R	R	R
425 µm	R		R	R	A
600 µm	R	R		R	R
850 µm	R	R	R		A
1400 µm	R	A	R	A	
R = Verworpen A = Aanvaard					

Tabel 7.54: Bonferroni post hoc analyse op 6.1-6.7 (0,1 g/l) met grouping variable 'nummer diameter' (filter 0,00003)

0,25 g/l					
	300 µm	600 µm	850 µm	1180 µm	1400 µm
300 µm		R	R	R	R
600 µm	R		A	A	A
850 µm	R	A		A	A
1080 µm	R	A	A		A
1400 µm	R	A	A	A	
R = Verworpen A = Aanvaard					

Tabel 7.55: Bonferroni post hoc analyse op 6.8-6.14 (0,25 g/l) met grouping variable 'nummer diameter' (filter 0,00003)

0,55 g/l					
	300 µm	425 µm	600 µm	850 µm	1400 µm
300 µm		A	R	R	R
425 µm	A		R	R	R
600 µm	R	R		A	R
850 µm	R	R	A		A
1400 µm	R	R	R	A	
R = Verworpen A = Aanvaard					

Tabel 7.56: Bonferroni post hoc analyse op 6.22-6.28 (0,55 g/l) met grouping variable 'nummer diameter' (filter 0,00003)

0,7 g/l						
	75 µm	300 µm	600 µm	850 µm	1180 µm	1400 µm
75 µm		R	R	R	R	R
300 µm	R		R	R	R	R
600 µm	R	R		R	R	R
850 µm	R	R	R		A	A
1080 µm	R	R	R	A		A
1400 µm	R	R	R	A	A	
R = Verworpen A = Aanvaard						

Tabel 7.57: Bonferroni post hoc analyse op 6.29-6.35 (0,7 g/l) met grouping variable 'nummer diameter' (filter 0,00003)

0,85 g/l					
	75 µm	600 µm	850 µm	1180 µm	1400 µm
75 µm		R	R	R	R
600 µm	R		R	R	R
850 µm	R	R		R	R
1080 µm	R	R	R		A
1400 µm	R	R	R	A	
R = Verworpen A = Aanvaard					

Tabel 7.58: Bonferroni post hoc analyse op 6.36-6.42 (0,85 g/l) met grouping variable 'nummer diameter' (filter 0,00003)

1 g/l			
	850 µm	1180 µm	1400 µm
850 µm		R	R
1080 µm	R		A
1400 µm	R	A	
R = Verworpen A = Aanvaard			

Tabel 7.59: Bonferroni post hoc analyse op 6.43-6.49 (1 g/l) met grouping variable 'nummer diameter' (filter 0,00003)

Opnieuw zijn enkele groepen van elkaar te onderscheiden op basis van korrelgrootte.

Voor de standaarden met concentratie 0.1 g/l is enkel de concentratiegroep met korrelgrootte 1400 µm niet te onderscheiden van 425 en 1080 µm.

Bij de standaarden met concentratie 0.25 g/l is 300 µm van de resterende korrelgroottes te onderscheiden.

Voor de standaarden met concentratie 0.55 g/l is de concentratiegroep met korrelgrootte 300 en 425 µm niet van 600, 800 en 1400 µm te onderscheiden. Dit ook het geval voor de groepen met korrelgrootte 600 µm die niet van 1400 µm zijn te onderscheiden

Bij de concentratiegroep met concentratie 0.7 g/l verschil 1400 µm niet van 850 en 1080 µm en is de variantie niet significant tussen 850 en 1180 µm.

Bij de standaarden met concentratie 0.85 g/l verschillen enkel 1400 en 1180 µm niet significant van elkaar.

Voor de standaarden met concentratie 1 g/l is dit 1400 en 1180 µm.

7.5.9 Conclusie

De one-way ANOVA testen losten de verwachtingen niet in. Bij een correct werkende methode wordt verwacht dat bij toepassing van deze test op concentratiegroepen met een zelfde korrelgrootte en een

verschillende concentratie, de H_0 wordt verworpen. Dit was niet altijd het geval. Analoog wordt bij toepassing op een concentratiegroep met verschillende korrelgroottes en dezelfde concentratie verwacht dat H_0 wordt aanvaard. Opnieuw was dit niet altijd het geval. Deze opmerkelijke resultaten zijn waarschijnlijk toe te schrijven aan de dichtheid van het water die een verkeerde concentratie tot gevolg heeft.

8 Algemeen besluit

Het onderzoek van deze scriptie richt zich op de concentratiebepaling van gesuspendeerd sediment via densiteitsmeting.

Rivieren zijn het transportmiddel bij uitstek voor detritisch, autigeen, biogeen gevormd en in rivieren geloosd sediment. Een aanzienlijk deel van dit transport gebeurt terwijl de deeltjes in suspensie zijn. De rivier is sterk gebaat bij een sedimentaanvoer die toereikend doch niet overdreven is.

Op dit moment zijn drie belangrijke technieken van toepassing om op kwantitatieve wijze de gesuspendeerde sediment concentratie (SSC) te bepalen.

Een eerste manier is het bemonsteren van een of meer punten in de dwarsdoorsnede waarbij in het laboratorium door middel van evaporatie of filtratie eventueel versneld door middel van centrifugatie, de hoeveelheid sediment aanwezig in dat staal wordt bepaald.

Twee andere manieren baseren zich op het gebruik van proxy's. Zo kan op basis van de troebelheid van het water, bepaald door ofwel de breking, refractie of absorptie van de uitgezonden lichtstraling in met sediment beladen water, een relatie opgesteld worden tussen deze concentratie en de troebelheid. Een andere techniek begroot de concentratie op basis van de reactie van de sedimentdeeltjes op de uitgezonden geluidstraling.

Deze huidige technieken hebben als belangrijkste nadelen dat ze ofwel vrij arbeids- en kalibratie-intensief zijn of niet de door de onderzoeker gewenste nauwkeurigheid halen.

Een mogelijke oplossing bestaat in het bepalen van de concentratie met behulp van de dichtheid van het water-sedimentmengsel, van het gecentrifugeerd rivierwater en de dichtheid van het sediment zelf. Op basis van deze dichtheden zou concentratie theoretisch tot op 16 mg/l nauwkeurig bepaald kunnen worden.

Bij densiteitsmeting op basis van het U-vormig buis principe wordt de dichtheid bepaald aan de hand van de resonantieperiode waarmee een met sediment beladen waterstaal in een U-vormige buis aan het trillen wordt gebracht.

De op dit principe gebaseerde laboratoriumdensiteitsmeter DE51 van Mettler Toledo en algemeen alle densiteitsmeters van dit type, bleken niet in staat om de concentratie nauwkeurig te bepalen. Enerzijds bezonk een deel van het sediment waardoor de meting negatief werd beïnvloed, anderzijds bleek de berekeningsmethode die gebruikt maak van zogenaamde stabiliteiten, de nauwkeurigheid niet ten goed

te komen. Daarnaast kon weinig uitspraak worden gedaan over de werkelijk doorgemeten concentratie gezien de doorgemeten submonster met behulp van een spuit werden genomen.

Concentratiebepaling met behulp van een in-line toestel zoals de DPRn 427 van Anton Paar gaf evenmin de vereiste nauwkeurigheid. De methode bevestigde zijn temperatuurgevoeligheid en het bepalen van de combinatie van de dichtheid van zowel het water-sediment mengsel als het zuivere water bleek de zwakke schakel. Immers de gemeten dichtheid van dit water lag immers consistent lager dan de gekende waarden uit de literatuur. Het toestel was bijgevolg waarschijnlijk niet toereikend gekalibreerd en /of zeer transportgevoelig waardoor een correcte meting niet meer mogelijk was of simpelweg niet in staat om met dergelijke nauwkeurigheid concentraties te bepalen.

Hoewel niet erg nauwkeurige concentraties werden verkregen vertoonde de methode betere resultaten wanneer grote concentraties en grotere korrels werden doorgemeten. Een factor die tevens niet te verwaarlozen is en in de toekomst de nodige aandacht verdient is de invloed die het doorpompen van het waterstaal heeft op de nauwkeurigheid van de methode.

Statistische analyses, uitgevoerd op het deel van de metingen dat automatisch gelogd werd, gingen na of de methode in staat was om, niettegenstaande de foutieve bepaling van concentraties, deze concentraties toch van elkaar te onderscheiden. Deze analyses bleken geen afdoend resultaat te leveren. Sommige concentraties bleken niet significant van elkaar te kunnen worden onderscheiden zelfs niet wanneer de groepering gebeurde op basis van korrelgrootte en de foutieve pieken uit de metingen werden verwijderd.

Wanneer werd gekeken of bij die zelfde metingen een onderscheid maken naargelang de gebruikte korrelgrootte, bleek tegen de verwachtingen van een correct werkend toestel in, dat bepaalde korrelgroottes van elkaar te onderscheiden zijn. Ook dit onderscheid werd gehandhaafd wanneer de groepering gebeurde op basis van concentratie en de foutieve pieken uit de metingen werden verwijderd.

Hoewel beide analyses het te verwachten significant onderscheid respectievelijk niet en wel aangeven, is geen vaste trend waarneembaar in de post-hoc tests van deze resultaten.

Het lineaire verloop van de gemeten dichtheid in functie van een lineair temperatuursverloop blijkt dus niet te resulteren in concentraties die op zijn minst te onderscheiden zijn. De zwakke schakel zal hier waarschijnlijk alweer te vinden zijn bij de densiteit van het water, die door zijn foutieve waarde de ganse meting in de war stuurt.

De analyse van de nauwkeurigheid van de concentratiebepaling van gesuspendeerd sediment is niet eenvoudig daar de resultaten zeer blijken te variëren naargelang de gebruikte korrelgrootte, concentratie maar vooral de temperatuurgevoeligheid van de methode is een moeilijk factor gezien de meting gebaseerd is op drie dichtheidsmetingen waarvan twee metingen extreem temperatuursgevoelig zijn.

Meer onderzoek dient bijgevolg uitgevoerd te worden, vooraleer uitspraak kan gedaan worden over de toepasbaarheid van de methode ter bepaling van sedimentconcentraties in water.

Appendix A

A.1 Mettler Toledo (reeks 1)

ρ_w (g/cm ³)	ρ_f (g/cm ³)	Conc _m (g/l)	Conc _r (g/l)	%
0,99812	0,99814	0,032	0,0106	303
	0,99813	0,016	0,0106	151
	0,99814	0,032	0,0106	303
	0,99813	0,016	0,0106	151
	0,99814	0,032	0,0106	303
	0,99815	0,048	0,0106	454
min	0,99813	0,016	0,0106	151
max	0,99815	0,048	0,0106	454
gem	0,99814	0,029	0,0106	277

0,99812	0,99813	0,016	0,039	41
	0,99814	0,032	0,039	82
	0,99814	0,032	0,039	82
	0,99814	0,032	0,039	82
	0,99814	0,032	0,039	82
min	0,99813	0,016	0,039	41
max	0,99814	0,032	0,039	82
gem	0,99814	0,029	0,039	74

0,99812	0,99816	0,064	0,2012	32
	0,99816	0,064	0,2012	32
	0,99813	0,016	0,2012	8
	0,99813	0,016	0,2012	8
	0,99816	0,064	0,2012	32
min	0,99813	0,016	0,2012	8
max	0,99816	0,064	0,2012	32
gem	0,99815	0,045	0,2012	22

0,99812	0,99816	0,064	0,9992	6
	0,99817	0,080	0,9992	8
	0,99817	0,080	0,9992	8
	0,99817	0,080	0,9992	8
	0,99814	0,032	0,9992	3
	0,99814	0,032	0,9992	3

ρ_w (g/cm ³)	ρ_f (g/cm ³)	C _{f_m} (g/l)	C _{f_r} (g/l)	%
	0,99816	0,064	0,9992	6
	0,99815	0,048	0,9992	5
	0,99818	0,096	0,9992	10
min	0,99814	0,032	0,9992	3
max	0,99818	0,096	0,9992	10
gem	0,99816	0,064	0,9992	6

0,99811	0,99814	0,048	0,0106	454
	0,99813	0,032	0,0106	303
	0,99814	0,048	0,0106	454
	0,99813	0,032	0,0106	303
	0,99814	0,048	0,0106	454
min	0,99815	0,064	0,0106	605
min	0,99813	0,032	0,0106	303
max	0,99815	0,064	0,0106	605
gem	0,99814	0,045	0,0106	429

0,99811	0,99813	0,032	0,039	82
	0,99814	0,048	0,039	123
	0,99814	0,048	0,039	123
	0,99814	0,048	0,039	123
min	0,99814	0,048	0,039	123
min	0,99813	0,032	0,039	82
max	0,99814	0,048	0,039	123
gem	0,99814	0,045	0,039	115

0,99811	0,99816	0,080	0,2012	40
	0,99816	0,080	0,2012	40
	0,99813	0,032	0,2012	16
	0,99813	0,032	0,2012	16
min	0,99816	0,080	0,2012	40
min	0,99813	0,032	0,2012	16
max	0,99816	0,080	0,2012	40
gem	0,99815	0,061	0,2012	30

ρ_w (g/cm ³)	ρ_f (g/cm ³)	$C_{f,m}$ (g/l)	$C_{f,r}$ (g/l)	%
0,99811	0,99816	0,080	0,9992	8
	0,99817	0,096	0,9992	10
	0,99817	0,096	0,9992	10
	0,99817	0,096	0,9992	10
	0,99814	0,048	0,9992	5
	0,99814	0,048	0,9992	5
	0,99816	0,080	0,9992	8

ρ_w (g/cm ³)	ρ_f (g/cm ³)	$C_{f,m}$ (g/l)	$C_{f,r}$ (g/l)	%
	0,99816	0,080	0,9992	8
	0,99815	0,064	0,9992	6
	0,99818	0,112	0,9992	11
min	0,99814	0,048	0,9992	5
max	0,99818	0,112	0,9992	11
gem	0,99816	0,080	0,9992	8

A.2 Mettler Toledo (reeks 2)

ρ_w (g/cm ³)	ρ_f (g/cm ³)	$C_{f,m}$ (g/l)	$C_{f,r}$ (g/l)	%
0,99816	0,99810	-0,096	0,055	-175
	0,99811	-0,080	0,055	-146
	0,99811	-0,080	0,055	-146
	0,99810	-0,096	0,055	-175
	0,99810	-0,096	0,055	-175
min	0,99810	-0,096	0,055	-175
max	0,99811	-0,080	0,055	-146
gem	0,99810	-0,090	0,055	-163

0,99816	0,99812	-0,064	0,1284	-50
	0,99811	-0,080	0,1284	-62
	0,99814	-0,032	0,1284	-25
	0,99810	-0,096	0,1284	-75
	0,99816	0,000	0,1284	0
	0,99813	-0,048	0,1284	-37
min	0,99810	-0,096	0,1284	-75
max	0,99816	0,000	0,1284	0
gem	0,99813	-0,053	0,1284	-40

0,99816	0,99810	-0,096	0,1934	-50
	0,99811	-0,080	0,1934	-41
	0,99813	-0,048	0,1934	-25
	0,99815	-0,016	0,1934	-8
	0,99817	0,016	0,1934	8
	0,99810	-0,096	0,1934	-50
min	0,99810	-0,096	0,1934	-50

ρ_w (g/cm ³)	ρ_f (g/cm ³)	$C_{f,m}$ (g/l)	$C_{f,r}$ (g/l)	%
max	0,99817	0,016	0,1934	8
gem	0,99813	-0,053	0,1934	-28

0,99816	0,99809	-0,112	0,3996	-28
	0,99825	0,144	0,3996	36
	0,99818	0,032	0,3996	8
	0,99810	-0,096	0,3996	-24
	0,99820	0,064	0,3996	16
min	0,99809	-0,112	0,3996	-28
max	0,99825	0,144	0,3996	36
gem	0,99816	0,006	0,3996	2

0,99815	0,99810	-0,080	0,055	-146
	0,99811	-0,064	0,055	-117
	0,99811	-0,064	0,055	-117
	0,99810	-0,080	0,055	-146
	0,99810	-0,080	0,055	-146
min	0,99810	-0,080	0,055	-146
max	0,99811	-0,064	0,055	-117
gem	0,99810	-0,074	0,055	-134

0,99815	0,99812	-0,048	0,1284	-37
	0,99811	-0,064	0,1284	-50
	0,99814	-0,016	0,1284	-12
	0,99810	-0,080	0,1284	-62
	0,99816	0,016	0,1284	12

ρ_w (g/cm ³)	ρ_f (g/cm ³)	$C_{f,m}$ (g/l)	$C_{f,r}$ (g/l)	%
	0,99813	-0,032	0,1284	-25
min	0,99810	-0,080	0,1284	-62
max	0,99816	0,016	0,1284	12
gem	0,99813	-0,037	0,1284	-27

0,99815	0,99810	-0,080	0,1934	-41
	0,99811	-0,064	0,1934	-33
	0,99813	-0,032	0,1934	-17
	0,99815	0,000	0,1934	0
	0,99817	0,032	0,1934	17
	0,99810	-0,080	0,1934	-41
min	0,99810	-0,080	0,1934	-41
max	0,99817	0,032	0,1934	17
gem	0,99813	-0,037	0,1934	-19

0,99815	0,99809	-0,096	0,3996	-24
	0,99825	0,160	0,3996	40
	0,99818	0,048	0,3996	12
	0,99810	-0,080	0,3996	-20
	0,99820	0,080	0,3996	20
min	0,99809	-0,096	0,3996	-24
max	0,99825	0,160	0,3996	40
gem	0,99816	0,022	0,3996	6

0,99814	0,99810	-0,064	0,055	-117
	0,99811	-0,048	0,055	-88
	0,99811	-0,048	0,055	-88
	0,99810	-0,064	0,055	-117
	0,99810	-0,064	0,055	-117
min	0,99810	-0,064	0,055	-117
max	0,99811	-0,048	0,055	-88
gem	0,99810	-0,058	0,055	-105

ρ_w (g/cm ³)	ρ_f (g/cm ³)	$C_{f,m}$ (g/l)	$C_{f,r}$ (g/l)	%
0,99814	0,99812	-0,032	0,1284	-25
	0,99811	-0,048	0,1284	-37
	0,99814	0,000	0,1284	0
	0,99810	-0,064	0,1284	-50
	0,99816	0,032	0,1284	25
	0,99813	-0,016	0,1284	-12
min	0,99810	-0,064	0,1284	-50
max	0,99816	0,032	0,1284	25
gem	0,99813	-0,021	0,1284	-15

0,99814	0,99810	-0,064	0,1934	-33
	0,99811	-0,048	0,1934	-25
	0,99813	-0,016	0,1934	-8
	0,99815	0,016	0,1934	8
	0,99817	0,048	0,1934	25
	0,99810	-0,064	0,1934	-33
min	0,99810	-0,064	0,1934	-33
max	0,99817	0,048	0,1934	25
gem	0,99813	-0,021	0,1934	-11

0,99814	0,99809	-0,080	0,3996	-20
	0,99825	0,176	0,3996	44
	0,99818	0,064	0,3996	16
	0,99810	-0,064	0,3996	-16
	0,99820	0,096	0,3996	24
min	0,99809	-0,080	0,3996	-20
max	0,99825	0,176	0,3996	44
gem	0,99816	0,039	0,3996	10

A.3 Anton Paar (reeks 1)

0,0026		0,0053		0,0195		0,05	
18,68		17,52		18,07		17,95	
18,78		17,72		18,17		18,05	
ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)
0,99822	18,68	0,99815	17,52	0,99829	18,07	0,99839	17,95
0,99820	18,69	0,99821	17,52	0,99828	18,07	0,99840	17,95
0,99822	18,69	0,99825	17,53	0,99824	18,08	0,99837	17,95
0,99821	18,70	0,99822	17,53	0,99825	18,08	0,99838	17,96
0,99820	18,70	0,99824	17,54	0,99829	18,08	0,99837	17,96
0,99822	18,70	0,99823	17,54	0,99831	18,08	0,99838	17,96
0,99820	18,71	0,99824	17,55	0,99830	18,09	0,99839	17,96
0,99819	18,71	0,99827	17,55	0,99829	18,09	0,99837	17,97
0,99820	18,71	0,99828	17,56	0,99831	18,09	0,99836	17,97
0,99821	18,72	0,99829	17,56	0,99829	18,09	0,99837	17,97
0,99820	18,72	0,99826	17,57	0,99828	18,10	0,99836	17,97
0,99821	18,73	0,99825	17,57	0,99830	18,10	0,99838	17,98
0,99822	18,73	0,99827	17,58	0,99833	18,10	0,99837	17,98
0,99820	18,73	0,99829	17,58	0,99832	18,10	0,99839	17,98
0,99821	18,74	0,99827	17,59	0,99831	18,11	0,99847	17,98
0,99820	18,74	0,99824	17,59	0,99832	18,11	0,99842	17,99
0,99819	18,75	0,99825	17,60	0,99834	18,11	0,99843	17,99
0,99820	18,75	0,99826	17,60	0,99833	18,11	0,99847	17,99
0,99819	18,75	0,99827	17,61	0,99832	18,12	0,99838	17,99
0,99820	18,76	0,99829	17,61	0,99833	18,12	0,99839	18,00
0,99819	18,76	0,99827	17,62	0,99831	18,12	0,99838	18,00
0,99818	18,76	0,99826	17,62	0,99832	18,12	0,99837	18,00
0,99817	18,77	0,99824	17,63	0,99834	18,13	0,99835	18,00
0,99819	18,77	0,99826	17,63	0,99833	18,13	0,99833	18,01
0,99818	18,78	0,99828	17,64	0,99834	18,13	0,99835	18,01
0,99819	18,78	0,99827	17,64	0,99833	18,13	0,99838	18,01
		0,99826	17,65	0,99832	18,14	0,99836	18,01
		0,99827	17,65	0,99831	18,14	0,99835	18,02
		0,99828	17,66	0,99833	18,14	0,99833	18,02
		0,99827	17,66	0,99834	18,14	0,99836	18,02
		0,99825	17,67	0,99832	18,15	0,99833	18,02
		0,99820	17,67	0,99830	18,15	0,99832	18,03
		0,99818	17,68	0,99833	18,15	0,99831	18,03
		0,99827	17,68	0,99832	18,15	0,99838	18,03
		0,99822	17,69	0,99833	18,16	0,99834	18,03

	0,99823	17,69	0,99834	18,16	0,99836	18,04
	0,99826	17,70	0,99832	18,16	0,99835	18,04
	0,99825	17,70	0,99831	18,16	0,99834	18,04
	0,99824	17,71	0,99832	18,17	0,99833	18,04
	0,99823	17,71	0,99833	18,17	0,99832	18,05
	0,99826	17,72	0,99834	18,17	0,99833	18,05
					0,99834	18,05

0,1		0,4996		0,4996		0,4996	
17,25		16,04		17,00		18,06	
17,36		16,30		17,16		18,17	
ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)
0,99856	17,25	0,99926	16,04	0,99910	17,00	0,99892	18,06
0,99857	17,25	0,99928	16,05	0,99909	17,00	0,99891	18,06
0,99858	17,26	0,99929	16,05	0,99910	17,01	0,99890	18,07
0,99857	17,26	0,99928	16,06	0,99911	17,01	0,99892	18,07
0,99856	17,26	0,99927	16,06	0,99912	17,02	0,99893	18,07
0,99855	17,27	0,99928	16,07	0,99911	17,02	0,99891	18,07
0,99856	17,27	0,99929	16,08	0,99910	17,03	0,99890	18,08
0,99857	17,27	0,99927	16,08	0,99912	17,03	0,99892	18,08
0,99855	17,28	0,99926	16,09	0,99914	17,04	0,99894	18,08
0,99856	17,28	0,99925	16,09	0,99913	17,04	0,99892	18,08
0,99857	17,28	0,99928	16,10	0,99910	17,05	0,99893	18,09
0,99855	17,29	0,99927	16,11	0,99912	17,05	0,99892	18,09
0,99856	17,29	0,99926	16,11	0,99908	17,05	0,99891	18,09
0,99857	17,29	0,99927	16,12	0,99911	17,06	0,99892	18,10
0,99857	17,30	0,99926	16,12	0,99910	17,06	0,99891	18,10
0,99854	17,30	0,99927	16,13	0,99911	17,07	0,99890	18,10
0,99857	17,30	0,99925	16,14	0,99909	17,07	0,99892	18,10
0,99856	17,31	0,99928	16,14	0,99910	17,08	0,99893	18,11
0,99856	17,31	0,99927	16,15	0,99908	17,08	0,99890	18,11
0,99856	17,31	0,99925	16,15	0,99910	17,09	0,99892	18,11
0,99855	17,31	0,99927	16,16	0,99909	17,09	0,99891	18,12
0,99854	17,32	0,99926	16,17	0,99908	17,10	0,99893	18,12
0,99853	17,32	0,99925	16,17	0,99910	17,10	0,99895	18,12
0,99855	17,32	0,99926	16,18	0,99911	17,11	0,99890	18,12
0,99859	17,33	0,99925	16,19	0,99910	17,11	0,99889	18,13
0,99855	17,33	0,99923	16,19	0,99909	17,11	0,99888	18,13
0,99856	17,33	0,99924	16,20	0,99908	17,12	0,99891	18,13
0,99855	17,34	0,99925	16,20	0,99909	17,12	0,99893	18,13

0,99853	17,34	0,99926	16,21	0,99910	17,13	0,99892	18,14
0,99856	17,34	0,99927	16,22	0,99909	17,13	0,99891	18,14
0,99855	17,35	0,99925	16,22	0,99908	17,14	0,99892	18,14
0,99854	17,35	0,99926	16,23	0,99910	17,14	0,99889	18,15
0,99856	17,35	0,99925	16,23	0,99911	17,15	0,99891	18,15
0,99855	17,36	0,99924	16,24	0,99910	17,15	0,99890	18,15
0,99856	17,36	0,99923	16,25	0,99909	17,16	0,99891	18,15
		0,99924	16,25	0,99908	17,16	0,99890	18,16
		0,99925	16,26			0,99891	18,16
		0,99924	16,26			0,99890	18,16
		0,99923	16,27			0,99892	18,16
		0,99924	16,28			0,99888	18,17
		0,99923	16,28			0,99890	18,17
		0,99922	16,29				
		0,99923	16,29				
		0,99924	16,30				

1,0012		1,0012		1,0012		5	
17,34		18,03		19,00		18,11	
17,54		18,18		19,71		18,14	
ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)
0,99951	17,34	0,99936	18,03	0,99901	19,00	1,00169	18,11
0,99948	17,34	0,99938	18,03	0,99902	19,01	1,00164	18,11
0,99952	17,35	0,99935	18,04	0,99910	19,03	1,00158	18,11
0,99948	17,35	0,99937	18,04	0,99911	19,04	1,00161	18,11
0,99944	17,36	0,99935	18,04	0,99915	19,06	1,00166	18,11
0,99945	17,36	0,99932	18,05	0,99912	19,07	1,00180	18,11
0,99949	17,37	0,99931	18,05	0,99913	19,09	1,00176	18,11
0,99951	17,37	0,99932	18,05	0,99914	19,10	1,00172	18,11
0,99949	17,38	0,99933	18,06	0,99917	19,12	1,00178	18,12
0,99950	17,38	0,99931	18,06	0,99913	19,13	1,00166	18,12
0,99948	17,39	0,99933	18,06	0,99914	19,14	1,00167	18,12
0,99943	17,39	0,99927	18,07	0,99912	19,16	1,00153	18,12
0,99944	17,40	0,99926	18,07	0,99913	19,17	1,00154	18,12
0,99948	17,40	0,99929	18,07	0,99912	19,19	1,00163	18,12
0,99952	17,41	0,99930	18,08	0,99898	19,20	1,00177	18,12
0,99948	17,41	0,99933	18,08	0,99990	19,22	1,00186	18,12
0,99944	17,41	0,99935	18,08	0,99913	19,23	1,00178	18,12
0,99951	17,42	0,99932	18,09	0,99914	19,25	1,00170	18,12
0,99949	17,42	0,99933	18,09	0,99910	19,26	1,00168	18,12

0,99947	17,43	0,99936	18,09	0,99911	19,28	1,00171	18,12
0,99946	17,43	0,99939	18,10	0,99913	19,29	1,00155	18,12
0,99948	17,44	0,99935	18,10	0,99914	19,30	1,00162	18,12
0,99947	17,44	0,99932	18,10	0,99912	19,32	1,00170	18,13
0,99949	17,45	0,99931	18,11	0,99910	19,33	1,00169	18,13
0,99948	17,45	0,99932	18,11	0,99913	19,35	1,00162	18,13
0,99946	17,46	0,99934	18,11	0,99916	19,36	1,00169	18,13
0,99947	17,46	0,99935	18,12	0,99914	19,38	1,00170	18,13
0,99946	17,47	0,99934	18,12	0,99912	19,39	1,00161	18,13
0,99950	17,47	0,99931	18,12	0,99910	19,41	1,00169	18,13
0,99953	17,47	0,99932	18,13	0,99913	19,42	1,00171	18,13
0,99946	17,48	0,99936	18,13	0,99912	19,43	1,00155	18,13
0,99944	17,48	0,99938	18,13	0,99911	19,45	1,00164	18,13
0,99943	17,49	0,99929	18,14	0,99912	19,46	1,00173	18,13
0,99941	17,49	0,99930	18,14	0,99913	19,48	1,00145	18,13
0,99940	17,50	0,99934	18,14	0,99910	19,49	1,00153	18,13
0,99942	17,50	0,99928	18,15	0,99916	19,51	1,00173	18,13
0,99944	17,51	0,99927	18,15	0,99915	19,52	1,00181	18,14
0,99947	17,51	0,99930	18,15	0,99913	19,54	1,00157	18,14
0,99940	17,52	0,99934	18,16	0,99910	19,55	1,00167	18,14
0,99939	17,52	0,99938	18,16	0,99913	19,57	1,00177	18,14
0,99948	17,53	0,99935	18,16	0,99916	19,58	1,00165	18,14
0,99950	17,53	0,99930	18,17	0,99913	19,59	1,00163	18,14
0,99946	17,54	0,99928	18,17	0,99912	19,61	1,00161	18,14
0,99945	17,54	0,99933	18,17	0,99913	19,62	1,00173	18,14
		0,99934	18,18	0,99914	19,64		
		0,99937	18,18	0,99912	19,65		
				0,99913	19,67		

A.4 Anton Paar (reeks 2)

0,0275		0,0642		0,0976		0,0976	
17,31		18,60		17,75		18,12	
17,43		18,77		17,85		18,20	
ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)
0,99736	17,31	0,99803	18,60	0,99852	17,75	0,99845	18,12
0,99746	17,31	0,99806	18,60	0,99851	17,75	0,99846	18,13
0,99740	17,32	0,99804	18,61	0,99852	17,76	0,99845	18,13
0,99736	17,32	0,99806	18,61	0,99851	17,76	0,99844	18,14
0,99755	17,32	0,99804	18,62	0,99852	17,77	0,99845	18,15
0,99760	17,32	0,99808	18,62	0,99850	17,77	0,99844	18,16

0,99777	17,33	0,99811	18,62	0,99851	17,78	0,99845	18,16
0,99764	17,33	0,99814	18,63	0,99850	17,78	0,99844	18,17
0,99766	17,33	0,99815	18,63	0,99851	17,79	0,99845	18,18
0,99752	17,34	0,99801	18,64	0,99850	17,79	0,99844	18,19
0,99755	17,34	0,99810	18,64	0,99849	17,80	0,99845	18,19
0,99748	17,34	0,99805	18,64	0,99851	17,80	0,99844	18,20
0,99738	17,34	0,99807	18,65	0,99850	17,80		
0,99765	17,35	0,99805	18,65	0,99851	17,81		
0,99759	17,35	0,99807	18,66	0,99850	17,81		
0,99758	17,35	0,99800	18,66	0,99849	17,82		
0,99756	17,35	0,99807	18,66	0,99850	17,82		
0,99739	17,36	0,99813	18,67	0,99851	17,83		
0,99736	17,36	0,99814	18,67	0,99850	17,83		
0,99742	17,36	0,99813	18,68	0,99849	17,84		
0,99753	17,37	0,99814	18,68	0,99847	17,84		
0,99750	17,37	0,99816	18,69	0,99849	17,85		
0,99728	17,37	0,99814	18,69	0,99850	17,85		
0,99735	17,37	0,99806	18,69				
0,99730	17,38	0,99816	18,70				
0,99744	17,38	0,99817	18,70				
0,99759	17,38	0,99814	18,71				
0,99758	17,39	0,99816	18,71				
0,99746	17,39	0,99818	18,71				
0,99733	17,39	0,99816	18,72				
0,99750	17,39	0,99820	18,72				
0,99757	17,40	0,99797	18,73				
0,99755	17,40	0,99787	18,73				
0,99760	17,40	0,99802	18,73				
0,99757	17,40	0,99811	18,74				
0,99748	17,41	0,99810	18,74				
0,99763	17,41	0,99807	18,75				
0,99753	17,41	0,99789	18,75				
0,99740	17,42	0,99792	18,75				
0,99718	17,42	0,99807	18,76				
0,99754	17,42	0,99813	18,76				
0,99745	17,42	0,99812	18,77				
0,99759	17,43	0,99817	18,77				
0,99742	17,43						

0,0976		0,0976		0,0976		0,1998	
18,75		19,00		19,60		16,06	
18,81		19,04		19,70		16,20	
ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)
0,99834	18,75	0,99829	19,00	0,99817	19,60	0,99888	16,06
0,99833	18,75	0,99828	19,00	0,99816	19,60	0,99889	16,07
0,99834	18,76	0,99829	19,00	0,99817	19,61	0,99889	16,07
0,99833	18,76	0,99828	19,01	0,99816	19,61	0,99887	16,08
0,99832	18,76	0,99829	19,01	0,99817	19,62	0,99888	16,08
0,99834	18,76	0,99828	19,01	0,99816	19,62	0,99887	16,09
0,99833	18,77	0,99829	19,01	0,99817	19,63	0,99888	16,10
0,99834	18,77	0,99828	19,01	0,99816	19,63	0,99889	16,10
0,99833	18,77	0,99829	19,02	0,99817	19,63	0,99888	16,11
0,99832	18,77	0,99828	19,02	0,99816	19,64	0,99889	16,11
0,99833	18,78	0,99829	19,02	0,99817	19,64	0,99888	16,12
0,99834	18,78	0,99828	19,02	0,99816	19,65	0,99887	16,13
0,99833	18,78	0,99829	19,03	0,99817	19,65	0,99888	16,13
0,99834	18,78	0,99828	19,03	0,99816	19,65	0,99886	16,14
0,99833	18,79	0,99829	19,03	0,99817	19,66	0,99887	16,15
0,99832	18,79	0,99828	19,03	0,99816	19,66	0,99888	16,15
0,99834	18,79	0,99829	19,03	0,99815	19,67	0,99886	16,16
0,99832	18,79	0,99828	19,04	0,99817	19,67	0,99885	16,16
0,99833	18,80	0,99829	19,04	0,99815	19,68	0,99884	16,17
0,99832	18,80	0,99828	19,04	0,99817	19,68	0,99886	16,18
0,99833	18,80			0,99815	19,68	0,99885	16,18
0,99834	18,80			0,99816	19,69	0,99886	16,19
0,99833	18,81			0,99815	19,69	0,99887	16,19
0,99832	18,81			0,99816	19,70	0,99886	16,20
0,99833	18,81			0,99815	19,70		

0,1998		0,1998	
16,99		18,12	
17,11		18,22	
ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)
0,99873	16,99	0,99853	18,12
0,99874	16,99	0,99854	18,12
0,99873	17,00	0,99851	18,13
0,99872	17,00	0,99854	18,13

ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)
0,99873	17,01	0,99852	18,13
0,99872	17,01	0,99853	18,14
0,99874	17,02	0,99852	18,14
0,99873	17,02	0,99853	18,14
0,99872	17,03	0,99854	18,15
0,99873	17,03	0,99853	18,15
0,99872	17,04	0,99855	18,15

0,99873	17,04	0,99854	18,16	0,99872	17,09	0,99853	18,19
0,99872	17,05	0,99853	18,16	0,99871	17,09	0,99852	18,20
0,99873	17,05	0,99852	18,16	0,99872	17,10	0,99854	18,20
0,99872	17,05	0,99851	18,17	0,99871	17,10	0,99853	18,20
0,99873	17,06	0,99852	18,17	0,99872	17,11	0,99852	18,21
0,99872	17,06	0,99853	18,18	0,99871	17,11	0,99853	18,21
0,99871	17,07	0,99850	18,18			0,99852	18,21
0,99873	17,07	0,99852	18,18			0,99853	18,22
0,99872	17,08	0,99851	18,19			0,99852	18,22
0,99873	17,08	0,99852	18,19				

A.5 Anton Paar (reeks 3)

0,0332		0,0332		0,0332		0,0628	
17,30		18,05		18,75		17,45	
17,45		18,15		18,85		17,65	
ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)
0,99852	17,30	0,99842	18,05	0,99827	18,75	0,99855	17,45
0,99850	17,31	0,99841	18,05	0,99828	18,75	0,99856	17,47
0,99852	17,31	0,99842	18,06	0,99827	18,76	0,99855	17,48
0,99853	17,32	0,99841	18,06	0,99828	18,76	0,99854	17,50
0,99854	17,32	0,99842	18,07	0,99827	18,76	0,99853	17,51
0,99853	17,33	0,99841	18,07	0,99828	18,77	0,99854	17,53
0,99854	17,33	0,99840	18,08	0,99827	18,77	0,99853	17,54
0,99852	17,34	0,99841	18,08	0,99828	18,78	0,99852	17,56
0,99854	17,34	0,99840	18,09	0,99827	18,78	0,99853	17,57
0,99853	17,35	0,99841	18,09	0,99828	18,78	0,99852	17,59
0,99854	17,35	0,99840	18,10	0,99827	18,79	0,99853	17,60
0,99853	17,36	0,99841	18,10	0,99828	18,79	0,99852	17,62
0,99854	17,36	0,99840	18,11	0,99827	18,79	0,99851	17,63
0,99853	17,37	0,99841	18,11	0,99828	18,80	0,99852	17,65
0,99852	17,37	0,99840	18,12	0,99826	18,80		
0,99853	17,38	0,99841	18,12	0,99828	18,81		
0,99852	17,38	0,99840	18,13	0,99827	18,81		
0,99851	17,39	0,99839	18,13	0,99828	18,81		
0,99853	17,39	0,99840	18,14	0,99827	18,82		
0,99852	17,40	0,99839	18,14	0,99828	18,82		
0,99853	17,40	0,99840	18,15	0,99827	18,82		

0,99852	17,41	0,99839	18,15	0,99828	18,83		
0,99853	17,41			0,99826	18,83		
0,99850	17,42			0,99827	18,84		
0,99852	17,42			0,99826	18,84		
0,99851	17,43			0,99827	18,84		
0,99852	17,43			0,99828	18,85		
0,99851	17,44			0,99827	18,85		
0,99852	17,44						
0,99851	17,45						

0,0628		0,0628		0,1969		0,1969		0,1969	
18,20		19,00		17,33		18,10		18,85	
18,32		19,12		17,45		18,17		18,95	
ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)
0,99842	18,20	0,99826	19,00	0,99869	17,33	0,99869	18,10	0,99847	18,85
0,99841	18,21	0,99825	19,00	0,99870	17,33	0,99859	18,10	0,99848	18,85
0,99842	18,21	0,99826	19,01	0,99871	17,34	0,99860	18,11	0,99849	18,86
0,99841	18,22	0,99827	19,01	0,99870	17,34	0,99861	18,11	0,99848	18,86
0,99840	18,22	0,99826	19,02	0,99871	17,35	0,99860	18,11	0,99847	18,86
0,99841	18,23	0,99825	19,02	0,99870	17,35	0,99861	18,11	0,99846	18,86
0,99842	18,23	0,99824	19,03	0,99871	17,36	0,99860	18,12	0,99848	18,87
0,99841	18,24	0,99825	19,03	0,99870	17,36	0,99861	18,12	0,99847	18,87
0,99840	18,24	0,99826	19,04	0,99870	17,37	0,99860	18,12	0,99848	18,87
0,99841	18,25	0,99825	19,04	0,99871	17,37	0,99861	18,12	0,99847	18,88
0,99840	18,25	0,99826	19,04	0,99871	17,37	0,99860	18,13	0,99845	18,88
0,99841	18,26	0,99825	19,05	0,99870	17,38	0,99862	18,13	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)
0,99840	18,27	0,99826	19,05	0,99869	17,38	0,99861	18,13	0,99845	18,88
0,99841	18,27	0,99825	19,06	0,99870	17,39	0,99860	18,13	0,99846	18,88
0,99840	18,28	0,99826	19,06	0,99871	17,39	0,99859	18,14	0,99848	18,89
0,99841	18,28	0,99825	19,07	0,99869	17,40	0,99860	18,14	0,99849	18,89
0,99839	18,29	0,99826	19,07	0,99870	17,40	0,99859	18,14	0,99847	18,89
0,99840	18,29	0,99825	19,08	0,99871	17,40	0,99861	18,14	0,99848	18,89
0,99839	18,30	0,99826	19,08	0,99870	17,41	0,99860	18,15	0,99849	18,90
0,99840	18,30	0,99825	19,08	0,99869	17,41	0,99861	18,15	0,99847	18,90
0,99839	18,31	0,99824	19,09	0,99870	17,42	0,99860	18,15	0,99849	18,90
0,99840	18,31	0,99825	19,09	0,99871	17,42	0,99861	18,15	0,99848	18,91
0,99839	18,32	0,99826	19,10	0,99870	17,43	0,99862	18,16	0,99847	18,91
		0,99825	19,10	0,99871	17,43	0,99861	18,16	0,99848	18,91
		0,99826	19,11	0,99870	17,44	0,99860	18,16	0,99847	18,91
		0,99825	19,11	0,99869	17,44	0,99859	18,16	0,99848	18,92

	0,99824	19,12	0,99871	17,44	0,99860	18,17	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)
	0,99825	19,12	0,99870	17,45	0,99859	18,17	0,99849	18,92
					0,99858	18,17	0,99848	18,92
							0,99846	18,93
							0,99847	18,93
							0,99848	18,93
							0,99847	18,93
							0,99848	18,94
							0,99849	18,94
							0,99848	18,94
							0,99847	18,94
							0,99846	18,95
							0,99845	18,95
							0,99847	18,95

A.6 Anton Paar (reeks 4)

75		75		75		300	
0,0676		0,0676		0,0676		0,0641	
20,59		20,78		21		20,65	
20,68		20,88		21,1		20,77	
ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)
0,99783	20,59	0,99779	20,78	0,99780	21,00	0,99779	20,65
0,99784	20,59	0,99781	20,78	0,99781	21,00	0,99775	20,65
0,99782	20,60	0,99782	20,79	0,99779	21,01	0,99774	20,66
0,99783	20,60	0,99779	20,79	0,99775	21,01	0,99780	20,66
0,99784	20,60	0,99781	20,79	0,99773	21,01	0,99775	20,66
0,99786	20,60	0,99780	20,79	0,99771	21,01	0,99779	20,67
0,99787	20,61	0,99779	20,80	0,99773	21,02	0,99780	20,67
0,99788	20,61	0,99780	20,80	0,99777	21,02	0,99781	20,67
0,99789	20,61	0,99779	20,80	0,99778	21,02	0,99782	20,67
0,99788	20,61	0,99778	20,80	0,99776	21,02	0,99783	20,68
0,99786	20,62	0,99781	20,81	0,99779	21,03	0,99775	20,68
0,99787	20,62	0,99783	20,81	0,99780	21,03	0,99772	20,68
0,99788	20,62	0,99782	20,81	0,99777	21,03	0,99779	20,69
0,99784	20,62	0,99781	20,82	0,99779	21,03	0,99781	20,69
0,99778	20,63	0,99780	20,82	0,99780	21,04	0,99779	20,69
0,99785	20,63	0,99779	20,82	0,99778	21,04	0,99780	20,70
0,99784	20,63	0,99781	20,82	0,99781	21,04	0,99781	20,70

0,99783	20,63	0,99782	20,83	0,99780	21,04	0,99780	20,70
0,99776	20,64	0,99778	20,83	0,99778	21,05	0,99776	20,70
0,99771	20,64	0,99781	20,83	0,99780	21,05	0,99775	20,71
0,99778	20,64	0,99780	20,83	0,99778	21,05	0,99780	20,71
0,99766	20,64	0,99779	20,84	0,99779	21,05	0,99764	20,71
0,99783	20,65	0,99777	20,84	0,99780	21,06	0,99759	20,72
0,99784	20,65	0,99779	20,84	0,99779	21,06	0,99771	20,72
0,99777	20,65	0,99784	20,84	0,99778	21,06	0,99776	20,72
0,99778	20,65	0,99785	20,85	0,99781	21,06	0,99772	20,73
0,99781	20,66	0,99786	20,85	0,99782	21,07	0,99777	20,73
0,99783	20,66	0,99787	20,85	0,99783	21,07	0,99778	20,73
0,99780	20,66	0,99788	20,86	0,99784	21,07	0,99781	20,73
0,99778	20,66	0,99784	20,86	0,99783	21,07	0,99779	20,74
0,99776	20,67	0,99780	20,86	0,99780	21,08	0,99776	20,74
0,99782	20,67	0,99775	20,86	0,99779	21,08	0,99779	20,74
0,99779	20,67	0,99777	20,87	0,99778	21,08	0,99778	20,75
0,99776	20,67	0,99779	20,87	0,99779	21,08	0,99779	20,75
0,99777	20,68	0,99780	20,87	0,99781	21,09	0,99781	20,75
0,99780	20,68	0,99779	20,87	0,99777	21,09	0,99782	20,76
		0,99778	20,88	0,99778	21,09	0,99780	20,76
		0,99780	20,88	0,99779	21,09	0,99773	20,76
				0,99778	21,10	0,99775	20,76
						0,99777	20,77
						0,99773	20,77

300		300		425		425	
0,0641		0,0641		0,064		0,064	
21		21,55		20,75		21,15	
21,12		21,65		20,87		21,27	
ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)
0,99776	21,00	0,99754	21,55	0,99784	20,75	0,99778	21,15
0,99774	21,00	0,99753	21,55	0,99783	20,75	0,99777	21,15
0,99773	21,01	0,99755	21,55	0,99781	20,76	0,99778	21,16
0,99774	21,01	0,99757	21,56	0,99783	20,76	0,99777	21,16
0,99776	21,01	0,99754	21,56	0,99784	20,77	0,99776	21,16
0,99777	21,01	0,99749	21,56	0,99783	20,77	0,99775	21,17
0,99776	21,02	0,99747	21,56	0,99784	20,78	0,99776	21,17
0,99775	21,02	0,99751	21,57	0,99785	20,78	0,99777	21,17
0,99777	21,02	0,99748	21,57	0,99783	20,79	0,99776	21,18
0,99776	21,02	0,99752	21,57	0,99784	20,79	0,99777	21,18

0,99774	21,03	0,99756	21,57	0,99781	20,80	0,99776	21,18
0,99775	21,03	0,99752	21,58	0,99784	20,80	0,99777	21,19
0,99776	21,03	0,99747	21,58	0,99783	20,81	0,99776	21,19
0,99775	21,04	0,99752	21,58	0,99782	20,81	0,99775	21,19
0,99774	21,04	0,99753	21,58	0,99784	20,81	0,99776	21,20
0,99777	21,04	0,99755	21,59	0,99783	20,82	0,99775	21,20
0,99776	21,04	0,99750	21,59	0,99784	20,82	0,99776	21,20
0,99774	21,05	0,99752	21,59	0,99783	20,83	0,99777	21,21
0,99775	21,05	0,99751	21,59	0,99784	20,83	0,99776	21,21
0,99776	21,05	0,99746	21,60	0,99783	20,84	0,99775	21,21
0,99777	21,05	0,99750	21,60	0,99782	20,84	0,99777	21,22
0,99775	21,06	0,99753	21,60	0,99784	20,85	0,99776	21,22
0,99772	21,06	0,99750	21,60	0,99782	20,85	0,99775	21,22
0,99774	21,06	0,99749	21,61	0,99783	20,86	0,99776	21,23
0,99777	21,07	0,99753	21,61	0,99782	20,86	0,99774	21,23
0,99776	21,07	0,99754	21,61	0,99781	20,87	0,99776	21,23
0,99775	21,07	0,99748	21,61	0,99782	20,87	0,99775	21,24
0,99777	21,07	0,99746	21,62			0,99773	21,24
0,99775	21,08	0,99752	21,62			0,99776	21,24
0,99774	21,08	0,99743	21,62			0,99773	21,25
0,99775	21,08	0,99744	21,62			0,99775	21,25
0,99776	21,08	0,99748	21,63			0,99776	21,25
0,99775	21,09	0,99747	21,63			0,99775	21,26
0,99774	21,09	0,99748	21,63			0,99776	21,26
0,99775	21,09	0,99750	21,63			0,99775	21,26
0,99774	21,10	0,99747	21,64			0,99761	21,27
0,99775	21,10	0,99751	21,64			0,99774	21,27
0,99774	21,10	0,99748	21,64				
0,99775	21,10	0,99752	21,64				
0,99774	21,11	0,99749	21,65				
0,99776	21,11	0,99751	21,65				
0,99775	21,11	0,99749	21,65				
0,99773	21,11						
0,99772	21,12						

425		600		600		600	
0,064		0,0669		0,0669		0,0669	
21,5		20,9		21,45		22,25	
21,6		20,99		21,53		22,36	
ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)

0,99770	21,50	0,99763	20,90	0,99773	21,45	0,99760	22,25
0,99768	21,50	0,99762	20,90	0,99774	21,45	0,99762	22,25
0,99769	21,50	0,99777	20,90	0,99773	21,45	0,99764	22,26
0,99768	21,51	0,99775	20,91	0,99776	21,46	0,99762	22,26
0,99769	21,51	0,99777	20,91	0,99772	21,46	0,99760	22,26
0,99767	21,51	0,99780	20,91	0,99773	21,46	0,99761	22,27
0,99766	21,51	0,99776	20,91	0,99774	21,46	0,99762	22,27
0,99767	21,52	0,99774	20,92	0,99783	21,47	0,99763	22,27
0,99766	21,52	0,99777	20,92	0,99784	21,47	0,99761	22,28
0,99767	21,52	0,99774	20,92	0,99779	21,47	0,99759	22,28
0,99768	21,52	0,99779	20,92	0,99769	21,47	0,99761	22,28
0,99767	21,53	0,99778	20,93	0,99773	21,47	0,99757	22,28
0,99766	21,53	0,99774	20,93	0,99777	21,48	0,99756	22,29
0,99768	21,53	0,99780	20,93	0,99779	21,48	0,99758	22,29
0,99767	21,53	0,99782	20,93	0,99784	21,48	0,99757	22,29
0,99769	21,53	0,99780	20,93	0,99781	21,48	0,99755	22,30
0,99768	21,54	0,99777	20,94	0,99776	21,48	0,99758	22,30
0,99767	21,54	0,99779	20,94	0,99771	21,49	0,99759	22,30
0,99768	21,54	0,99780	20,94	0,99772	21,49	0,99757	22,31
0,99769	21,54	0,99779	20,94	0,99775	21,49	0,99756	22,31
0,99768	21,55	0,99780	20,95	0,99773	21,49	0,99758	22,31
0,99766	21,55	0,99781	20,95	0,99774	21,50	0,99760	22,32
0,99767	21,55	0,99777	20,95	0,99777	21,50	0,99759	22,32
0,99766	21,55	0,99778	20,95	0,99778	21,50	0,99761	22,32
0,99767	21,56	0,99779	20,96	0,99773	21,50	0,99755	22,33
0,99768	21,56	0,99777	20,96	0,99774	21,50	0,99754	22,33
0,99767	21,56	0,99780	20,96	0,99772	21,51	0,99753	22,33
0,99768	21,56	0,99778	20,96	0,99773	21,51	0,99752	22,33
0,99766	21,57	0,99779	20,96	0,99775	21,51	0,99756	22,34
0,99767	21,57	0,99778	20,97	0,99776	21,51	0,99758	22,34
0,99766	21,57	0,99780	20,97	0,99772	21,51	0,99761	22,34
0,99767	21,57	0,99781	20,97	0,99771	21,52	0,99762	22,35
0,99768	21,57	0,99776	20,97	0,99776	21,52	0,99760	22,35
0,99766	21,58	0,99773	20,98	0,99777	21,52	0,99761	22,35
0,99765	21,58	0,99777	20,98	0,99775	21,52	0,99759	22,36
0,99766	21,58	0,99780	20,98	0,99774	21,53	0,99760	22,36
0,99767	21,58	0,99778	20,98	0,99773	21,53		
0,99766	21,59	0,99779	20,99	0,99775	21,53		
0,99765	21,59	0,99780	20,99				
0,99764	21,59	0,99778	20,99				

0,99766	21,59			
0,99765	21,60			
0,99766	21,60			
0,99765	21,60			

850		850		850		1180	
0,0719		0,0719		0,0719		0,066	
21,15		21,6		22,2		21,15	
21,3		21,7		22,27		21,35	
ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)
0,99758	21,15	0,99751	21,60	0,99724	22,20	0,99773	21,15
0,99760	21,15	0,99750	21,60	0,99725	22,20	0,99775	21,16
0,99761	21,16	0,99754	21,60	0,99724	22,20	0,99771	21,16
0,99752	21,16	0,99756	21,61	0,99729	22,21	0,99770	21,17
0,99750	21,16	0,99755	21,61	0,99732	22,21	0,99771	21,17
0,99746	21,17	0,99752	21,61	0,99730	22,21	0,99772	21,18
0,99756	21,17	0,99749	21,61	0,99732	22,21	0,99773	21,18
0,99757	21,18	0,99748	21,62	0,99729	22,22	0,99774	21,19
0,99759	21,18	0,99746	21,62	0,99735	22,22	0,99773	21,20
0,99756	21,18	0,99750	21,62	0,99732	22,22	0,99772	21,20
0,99758	21,19	0,99752	21,62	0,99723	22,22	0,99775	21,21
0,99747	21,19	0,99753	21,63	0,99720	22,22	0,99772	21,21
0,99760	21,19	0,99755	21,63	0,99728	22,23	0,99774	21,22
0,99756	21,20	0,99754	21,63	0,99729	22,23	0,99770	21,22
0,99755	21,20	0,99753	21,63	0,99730	22,23	0,99769	21,23
0,99758	21,20	0,99750	21,64	0,99736	22,23	0,99774	21,24
0,99759	21,21	0,99749	21,64	0,99728	22,24	0,99770	21,24
0,99760	21,21	0,99750	21,64	0,99734	22,24	0,99769	21,25
0,99770	21,21	0,99756	21,64	0,99729	22,24	0,99768	21,25
0,99757	21,22	0,99764	21,65	0,99730	22,24	0,99769	21,26
0,99759	21,22	0,99758	21,65	0,99731	22,25	0,99769	21,26
0,99756	21,23	0,99755	21,65	0,99733	22,25	0,99766	21,27
0,99760	21,23	0,99753	21,65	0,99732	22,25	0,99763	21,28
0,99759	21,23	0,99750	21,66	0,99735	22,25	0,99764	21,28
0,99763	21,24	0,99748	21,66	0,99734	22,25	0,99766	21,29
0,99760	21,24	0,99749	21,66	0,99729	22,26	0,99765	21,29
0,99759	21,24	0,99752	21,66	0,99730	22,26	0,99764	21,30
0,99761	21,25	0,99753	21,67	0,99734	22,26	0,99763	21,30
0,99762	21,25	0,99754	21,67	0,99732	22,26	0,99764	21,31
0,99760	21,25	0,99753	21,67	0,99731	22,27	0,99761	21,32

0,99758	21,26	0,99752	21,67	0,99726	22,27	0,99764	21,32
0,99761	21,26	0,99751	21,68	0,99722	22,27	0,99761	21,33
0,99751	21,26	0,99750	21,68			0,99765	21,33
0,99759	21,27	0,99751	21,68			0,99769	21,34
0,99758	21,27	0,99753	21,68			0,99765	21,34
0,99756	21,28	0,99756	21,69			0,99761	21,35
0,99759	21,28	0,99760	21,69				
0,99756	21,28	0,99761	21,69				
0,99762	21,29	0,99762	21,69				
0,99758	21,29	0,99760	21,70				
0,99757	21,29	0,99754	21,70				
0,99760	21,30	0,99759	21,70				
0,99763	21,30						

1180		1180		1400		1400		1400	
0,066		0,066		0,0658		0,0658		0,0658	
21,9		22,6		21,35		22		22,5	
22,09		22,81		21,56		22,13		22,67	
ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)
0,99740	21,90	0,99731	22,60	0,99765	21,35	0,99739	22,00	0,99737	22,50
0,99741	21,90	0,99739	22,60	0,99768	21,36	0,99737	22,00	0,99741	22,50
0,99740	21,91	0,99741	22,61	0,99767	21,36	0,99728	22,01	0,99745	22,51
0,99742	21,91	0,99738	22,61	0,99765	21,37	0,99831	22,01	0,99746	22,51
0,99747	21,92	0,99736	22,62	0,99768	21,37	0,99745	22,01	0,99736	22,51
0,99744	21,92	0,99735	22,62	0,99772	21,38	0,99736	22,02	0,99729	22,52
0,99743	21,93	0,99734	22,63	0,99769	21,38	0,99738	22,02	0,99733	22,52
0,99745	21,93	0,99735	22,63	0,99774	21,39	0,99748	22,02	0,99737	22,52
0,99742	21,94	0,99736	22,64	0,99765	21,39	0,99742	22,03	0,99735	22,53
0,99744	21,94	0,99737	22,64	0,99770	21,40	0,99731	22,03	0,99728	22,53
0,99747	21,95	0,99736	22,65	0,99774	21,40	0,99737	22,03	0,99726	22,53
0,99746	21,95	0,99739	22,65	0,99771	21,41	0,99743	22,03	0,99732	22,54
0,99742	21,96	0,99737	22,66	0,99772	21,41	0,99731	22,04	0,99728	22,54
0,99747	21,96	0,99734	22,66	0,99768	21,42	0,99740	22,04	0,99730	22,55
0,99746	21,96	0,99737	22,67	0,99765	21,42	0,99749	22,04	0,99728	22,55
0,99742	21,97	0,99736	22,67	0,99764	21,43	0,99744	22,05	0,99722	22,55
0,99741	21,97	0,99732	22,67	0,99761	21,43	0,99747	22,05	0,99724	22,56
0,99743	21,98	0,99731	22,68	0,99764	21,44	0,99743	22,05	0,99728	22,56
0,99746	21,98	0,99732	22,68	0,99766	21,44	0,99737	22,06	0,99729	22,56
0,99742	21,99	0,99733	22,69	0,99767	21,45	0,99733	22,06	0,99728	22,57
0,99745	21,99	0,99732	22,69	0,99769	21,45	0,99743	22,06	0,99723	22,57

0,99741	22,00	0,99733	22,70	0,99775	21,46	0,99751	22,07	0,99732	22,57
0,99738	22,00	0,99734	22,70	0,99771	21,46	0,99758	22,07	0,99736	22,58
0,99737	22,01	0,99737	22,71	0,99766	21,47	0,99755	22,07	0,99724	22,58
0,99741	22,01	0,99738	22,71	0,99765	21,47	0,99756	22,08	0,99730	22,58
0,99745	22,02	0,99735	22,72	0,99769	21,48	0,99753	22,08	0,99733	22,59
0,99735	22,02	0,99734	22,72	0,99762	21,48	0,99742	22,08	0,99735	22,59
0,99741	22,03	0,99736	22,73	0,99764	21,49	0,99748	22,09	0,99738	22,59
0,99740	22,03	0,99733	22,73	0,99772	21,49	0,99754	22,09	0,99735	22,60
0,99739	22,03	0,99731	22,74	0,99769	21,50	0,99751	22,09	0,99742	22,60
0,99738	22,04	0,99729	22,74	0,99762	21,50	0,99748	22,10	0,99739	22,60
0,99739	22,04	0,99730	22,74	0,99763	21,51	0,99746	22,10	0,99731	22,61
0,99738	22,05	0,99734	22,75	0,99762	21,51	0,99754	22,10	0,99733	22,61
0,99739	22,05	0,99732	22,75	0,99765	21,52	0,99755	22,10	0,99734	22,61
0,99740	22,06	0,99733	22,76	0,99770	21,52	0,99752	22,11	0,99744	22,62
0,99743	22,06	0,99732	22,76	0,99773	21,53	0,99757	22,11	0,99746	22,62
0,99742	22,07	0,99736	22,77	0,99778	21,53	0,99750	22,11	0,99739	22,62
0,99741	22,07	0,99733	22,77	0,99766	21,54	0,99752	22,12	0,99736	22,63
0,99740	22,08	0,99729	22,78	0,99762	21,54	0,99749	22,12	0,99747	22,63
0,99738	22,08	0,99730	22,78	0,99761	21,55	0,99750	22,12	0,99742	22,64
0,99739	22,09	0,99733	22,79	0,99762	21,55	0,99750	22,13	0,99739	22,64
0,99738	22,09	0,99731	22,79	0,99768	21,56	0,99752	22,13	0,99740	22,64
		0,99732	22,80					0,99742	22,65
		0,99727	22,80					0,99746	22,65
		0,99728	22,81					0,99743	22,65
		0,99729	22,81					0,99737	22,66
								0,99739	22,66

A.7 Anton Paar (reeks 5)

75		75		75		300	
0,0682		0,0682		0,0682		0,0669	
20,75		21,6		22,3		20,65	
21,1		21,85		22,48		20,85	
ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)
0,99783	20,75	0,99759	21,60	0,99734	22,30	0,99787	20,65
0,99782	20,76	0,99760	21,61	0,99739	22,30	0,99788	20,66
0,99781	20,77	0,99759	21,61	0,99742	22,31	0,99789	20,66
0,99779	20,79	0,99760	21,62	0,99740	22,31	0,99790	20,67
0,99777	20,80	0,99759	21,63	0,99739	22,32	0,99791	20,67
0,99776	20,81	0,99757	21,64	0,99741	22,32	0,99789	20,68

0,99775	20,82	0,99756	21,64	0,99742	22,33	0,99788	20,68
0,99777	20,83	0,99757	21,65	0,99740	22,33	0,99790	20,69
0,99776	20,84	0,99758	21,66	0,99741	22,34	0,99791	20,70
0,99774	20,86	0,99764	21,66	0,99742	22,34	0,99792	20,70
0,99773	20,87	0,99756	21,67	0,99740	22,35	0,99791	20,71
0,99772	20,88	0,99757	21,68	0,99739	22,35	0,99790	20,71
0,99773	20,89	0,99753	21,69	0,99740	22,36	0,99789	20,72
0,99772	20,90	0,99752	21,69	0,99739	22,36	0,99790	20,72
0,99771	20,91	0,99755	21,70	0,99738	22,37	0,99789	20,73
0,99770	20,93	0,99754	21,71	0,99739	22,37	0,99790	20,74
0,99769	20,94	0,99752	21,71	0,99738	22,38	0,99789	20,74
0,99768	20,95	0,99751	21,72	0,99737	22,38	0,99790	20,75
0,99766	20,96	0,99750	21,73	0,99738	22,39	0,99791	20,75
0,99765	20,97	0,99753	21,74	0,99735	22,39	0,99793	20,76
0,99767	20,98	0,99754	21,74	0,99734	22,40	0,99794	20,76
0,99766	21,00	0,99756	21,75	0,99737	22,40	0,99796	20,77
0,99767	21,01	0,99757	21,76	0,99736	22,41	0,99798	20,78
0,99766	21,02	0,99756	21,76	0,99735	22,41	0,99801	20,78
0,99764	21,03	0,99755	21,77	0,99736	22,42	0,99802	20,79
0,99763	21,04	0,99753	21,78	0,99735	22,42	0,99804	20,79
0,99764	21,05	0,99754	21,79	0,99734	22,43	0,99805	20,80
0,99763	21,07	0,99752	21,79	0,99735	22,43	0,99806	20,80
0,99762	21,08	0,99754	21,80	0,99734	22,44	0,99810	20,81
0,99763	21,09	0,99758	21,81	0,99733	22,44	0,99811	20,82
0,99762	21,10	0,99755	21,81	0,99731	22,45	0,99787	20,82
		0,99754	21,82	0,99734	22,45	0,99788	20,83
		0,99756	21,83	0,99733	22,46	0,99787	20,83
		0,99754	21,84	0,99732	22,46	0,99786	20,84
		0,99758	21,84	0,99733	22,47	0,99787	20,84
		0,99756	21,85	0,99732	22,47	0,99790	20,85
				0,99730	22,48		
				0,99729	22,48		

300		300		425		425	
0,0669		0,0669		0,067		0,067	
21,2		21,7		20,85		21,65	
21,43		21,85		21,1		21,8	
ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)
0,99759	21,20	0,99739	21,70	0,99785	20,85	0,99768	21,65
0,99757	21,21	0,99740	21,70	0,99786	20,86	0,99767	21,65

0,99758	21,21	0,99737	21,71	0,99785	20,86	0,99766	21,66
0,99756	21,22	0,99733	21,71	0,99786	20,87	0,99767	21,66
0,99757	21,22	0,99735	21,71	0,99785	20,88	0,99768	21,67
0,99756	21,23	0,99738	21,72	0,99784	20,88	0,99767	21,67
0,99757	21,23	0,99736	21,72	0,99783	20,89	0,99766	21,68
0,99760	21,24	0,99737	21,73	0,99784	20,90	0,99767	21,68
0,99755	21,24	0,99744	21,73	0,99785	20,91	0,99766	21,69
0,99759	21,25	0,99742	21,73	0,99786	20,91	0,99765	21,69
0,99760	21,26	0,99743	21,74	0,99784	20,92	0,99763	21,70
0,99763	21,26	0,99742	21,74	0,99783	20,93	0,99762	21,70
0,99769	21,27	0,99745	21,74	0,99784	20,93	0,99763	21,71
0,99771	21,27	0,99743	21,75	0,99783	20,94	0,99762	21,71
0,99772	21,28	0,99740	21,75	0,99784	20,95	0,99764	21,72
0,99769	21,28	0,99742	21,75	0,99785	20,95	0,99763	21,72
0,99765	21,29	0,99743	21,76	0,99786	20,96	0,99762	21,73
0,99764	21,30	0,99744	21,76	0,99787	20,97	0,99764	21,73
0,99766	21,30	0,99745	21,77	0,99785	20,98	0,99763	21,73
0,99764	21,31	0,99747	21,77	0,99784	20,98	0,99764	21,74
0,99744	21,31	0,99746	21,77	0,99783	20,99	0,99762	21,74
0,99740	21,32	0,99745	21,78	0,99784	21,00	0,99763	21,75
0,99759	21,32	0,99743	21,78	0,99782	21,00	0,99762	21,75
0,99766	21,33	0,99740	21,78	0,99783	21,01	0,99761	21,76
0,99768	21,33	0,99737	21,79	0,99784	21,02	0,99760	21,76
0,99770	21,34	0,99743	21,79	0,99783	21,02	0,99761	21,77
0,99772	21,35	0,99740	21,80	0,99782	21,03	0,99762	21,77
0,99774	21,35	0,99744	21,80	0,99783	21,04	0,99760	21,78
0,99775	21,36	0,99749	21,80	0,99782	21,04	0,99761	21,78
0,99778	21,36	0,99742	21,81	0,99783	21,05	0,99762	21,79
0,99779	21,37	0,99740	21,81	0,99784	21,06	0,99763	21,79
0,99780	21,37	0,99745	21,81	0,99781	21,07	0,99761	21,80
0,99781	21,38	0,99748	21,82	0,99782	21,07	0,99760	21,80
0,99782	21,39	0,99749	21,82	0,99781	21,08		
0,99760	21,39	0,99750	21,82	0,99782	21,09		
0,99761	21,40	0,99752	21,83	0,99781	21,09		
0,99762	21,40	0,99749	21,83	0,99780	21,10		
0,99745	21,41	0,99752	21,84				
0,99758	21,41	0,99749	21,84				
0,99759	21,42	0,99748	21,84				
0,99758	21,42	0,99749	21,85				
0,99763	21,43	0,99748	21,85				

425		600		600		600	
0,067		0,0669		0,0669		0,0669	
22,35		20,75		21,6		22	
22,46		20,99		21,73		22,1	
ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)
0,99750	22,35	0,99794	20,75	0,99769	21,60	0,99761	22,00
0,99751	22,35	0,99792	20,76	0,99770	21,60	0,99764	22,00
0,99750	22,36	0,99794	20,76	0,99771	21,61	0,99762	22,00
0,99751	22,36	0,99796	20,77	0,99769	21,61	0,99761	22,01
0,99750	22,36	0,99794	20,78	0,99770	21,61	0,99763	22,01
0,99749	22,37	0,99788	20,78	0,99768	21,62	0,99764	22,01
0,99750	22,37	0,99786	20,79	0,99769	21,62	0,99765	22,01
0,99749	22,38	0,99789	20,80	0,99770	21,62	0,99763	22,02
0,99748	22,38	0,99786	20,80	0,99769	21,62	0,99761	22,02
0,99750	22,38	0,99787	20,81	0,99770	21,63	0,99764	22,02
0,99749	22,39	0,99788	20,82	0,99768	21,63	0,99763	22,02
0,99747	22,39	0,99794	20,83	0,99769	21,63	0,99761	22,03
0,99750	22,39	0,99795	20,83	0,99770	21,64	0,99762	22,03
0,99749	22,40	0,99791	20,84	0,99767	21,64	0,99761	22,03
0,99750	22,40	0,99789	20,85	0,99770	21,64	0,99760	22,03
0,99749	22,41	0,99788	20,85	0,99769	21,65	0,99758	22,04
0,99750	22,41	0,99787	20,86	0,99768	21,65	0,99760	22,04
0,99749	22,41	0,99786	20,87	0,99766	21,65	0,99764	22,04
0,99750	22,42	0,99787	20,87	0,99767	21,66	0,99763	22,04
0,99749	22,42	0,99788	20,88	0,99769	21,66	0,99762	22,05
0,99750	22,42	0,99787	20,89	0,99770	21,66	0,99760	22,05
0,99749	22,43	0,99791	20,89	0,99769	21,67	0,99762	22,05
0,99748	22,43	0,99793	20,90	0,99770	21,67	0,99760	22,05
0,99749	22,43	0,99790	20,91	0,99772	21,67	0,99762	22,05
0,99748	22,44	0,99789	20,91	0,99769	21,67	0,99763	22,06
0,99746	22,44	0,99787	20,92	0,99770	21,68	0,99760	22,06
0,99747	22,45	0,99788	20,93	0,99768	21,68	0,99761	22,06
0,99749	22,45	0,99786	20,94	0,99771	21,68	0,99760	22,06
0,99746	22,45	0,99789	20,94	0,99772	21,69	0,99761	22,07
0,99747	22,46	0,99788	20,95	0,99770	21,69	0,99760	22,07
0,99748	22,46	0,99787	20,96	0,99767	21,69	0,99761	22,07
		0,99788	20,96	0,99766	21,70	0,99763	22,07
		0,99787	20,97	0,99769	21,70	0,99762	22,08
		0,99786	20,98	0,99768	21,70	0,99760	22,08
		0,99788	20,98	0,99769	21,71	0,99761	22,08

	0,99784	20,99	0,99771	21,71	0,99762	22,08
			0,99769	21,71	0,99761	22,09
			0,99767	21,71	0,99760	22,09
			0,99769	21,72	0,99761	22,09
			0,99767	21,72	0,99759	22,09
			0,99770	21,72	0,99754	22,10
			0,99769	21,73	0,99757	22,10
			0,99768	21,73	0,99765	22,10

850		850		850		1180	
0,068		0,068		0,068		0,0705	
20,85		21,5		21,85		20,85	
21		21,59		21,95		21,03	
ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)
0,99784	20,85	0,99768	21,50	0,99761	21,85	0,99783	20,85
0,99782	20,85	0,99770	21,50	0,99759	21,85	0,99782	20,86
0,99783	20,86	0,99769	21,51	0,99761	21,85	0,99781	20,87
0,99781	20,86	0,99768	21,51	0,99762	21,86	0,99782	20,88
0,99780	20,87	0,99771	21,51	0,99761	21,86	0,99781	20,89
0,99781	20,87	0,99772	21,51	0,99759	21,86	0,99782	20,90
0,99784	20,87	0,99768	21,52	0,99757	21,86	0,99781	20,91
0,99783	20,88	0,99769	21,52	0,99758	21,87	0,99782	20,92
0,99782	20,88	0,99768	21,52	0,99760	21,87	0,99781	20,93
0,99781	20,89	0,99767	21,53	0,99757	21,87	0,99782	20,94
0,99779	20,89	0,99768	21,53	0,99756	21,87	0,99781	20,94
0,99780	20,89	0,99769	21,53	0,99759	21,87	0,99780	20,95
0,99782	20,90	0,99768	21,53	0,99757	21,88	0,99779	20,96
0,99783	20,90	0,99769	21,54	0,99758	21,88	0,99780	20,97
0,99780	20,91	0,99768	21,54	0,99759	21,88	0,99779	20,98
0,99781	20,91	0,99769	21,54	0,99760	21,88	0,99780	20,99
0,99783	20,91	0,99768	21,55	0,99758	21,89	0,99779	21,00
0,99782	20,92	0,99767	21,55	0,99755	21,89	0,99780	21,01
0,99785	20,92	0,99768	21,55	0,99759	21,89	0,99779	21,02
0,99784	20,93	0,99767	21,55	0,99760	21,89	0,99778	21,03
0,99779	20,93	0,99769	21,56	0,99756	21,89		
0,99782	20,93	0,99770	21,56	0,99754	21,90		
0,99783	20,94	0,99768	21,56	0,99751	21,90		
0,99781	20,94	0,99767	21,56	0,99754	21,90		
0,99779	20,94	0,99768	21,57	0,99757	21,90		
0,99782	20,95	0,99769	21,57	0,99759	21,91		

0,99780	20,95	0,99770	21,57	0,99756	21,91
0,99781	20,96	0,99768	21,58	0,99758	21,91
0,99783	20,96	0,99767	21,58	0,99757	21,91
0,99784	20,96	0,99768	21,58	0,99758	21,91
0,99781	20,97	0,99768	21,58	0,99759	21,92
0,99780	20,97	0,99767	21,59	0,99755	21,92
0,99781	20,98	0,99768	21,59	0,99756	21,92
0,99780	20,98			0,99759	21,92
0,99779	20,98			0,99760	21,93
0,99781	20,99			0,99758	21,93
0,99780	20,99			0,99759	21,93
0,99777	21,00			0,99758	21,93
0,99776	21,00			0,99754	21,93
				0,99755	21,94
				0,99758	21,94
				0,99756	21,94
				0,99758	21,94
				0,99756	21,95
				0,99760	21,95
				0,99758	21,95

1180		1180		1400		1400		1400	
0,0705		0,0705		0,07		0,07		0,07	
21,5		22,1		21		21,7		22,1	
21,69		22,16		21,21		21,82		22,2	
ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)
0,99769	21,50	0,99755	22,10	0,99782	21,00	0,99766	21,70	0,99757	22,10
0,99767	21,51	0,99756	22,10	0,99780	21,00	0,99768	21,70	0,99759	22,10
0,99766	21,52	0,99755	22,11	0,99784	21,01	0,99772	21,71	0,99755	22,10
0,99767	21,52	0,99756	22,11	0,99779	21,01	0,99769	21,71	0,99757	22,11
0,99766	21,53	0,99755	22,12	0,99790	21,02	0,99762	21,71	0,99761	22,11
0,99767	21,54	0,99756	22,12	0,99795	21,02	0,99765	21,71	0,99763	22,11
0,99765	21,55	0,99755	22,12	0,99784	21,03	0,99771	21,72	0,99762	22,11
0,99766	21,56	0,99756	22,13	0,99779	21,03	0,99767	21,72	0,99770	22,12
0,99767	21,57	0,99755	22,13	0,99783	21,04	0,99763	21,72	0,99765	22,12
0,99766	21,57	0,99756	22,13	0,99782	21,04	0,99765	21,72	0,99754	22,12
0,99765	21,58	0,99755	22,14	0,99786	21,05	0,99772	21,73	0,99756	22,12
0,99767	21,59	0,99754	22,14	0,99782	21,05	0,99774	21,73	0,99758	22,12
0,99766	21,60	0,99755	22,15	0,99787	21,06	0,99772	21,73	0,99757	22,13
0,99765	21,61	0,99754	22,15	0,99783	21,06	0,99768	21,73	0,99759	22,13

0,99767	21,62	0,99755	22,15	0,99778	21,07	0,99764	21,74	0,99756	22,13
0,99766	21,62	0,99754	22,16	0,99781	21,07	0,99767	21,74	0,99754	22,13
0,99767	21,63	0,99755	22,16	0,99778	21,07	0,99769	21,74	0,99756	22,14
0,99766	21,64			0,99783	21,08	0,99770	21,74	0,99767	22,14
0,99767	21,65			0,99782	21,08	0,99767	21,75	0,99757	22,14
0,99766	21,66			0,99778	21,09	0,99763	21,75	0,99759	22,14
0,99765	21,67			0,99783	21,09	0,99762	21,75	0,99756	22,14
0,99766	21,67			0,99780	21,10	0,99766	21,75	0,99763	22,15
0,99764	21,68			0,99777	21,10	0,99772	21,76	0,99757	22,15
0,99765	21,69			0,99780	21,11	0,99774	21,76	0,99756	22,15
				0,99786	21,11	0,99776	21,76	0,99758	22,15
				0,99784	21,12	0,99770	21,76	0,99756	22,16
				0,99778	21,12	0,99767	21,77	0,99760	22,16
				0,99789	21,13	0,99770	21,77	0,99766	22,16
				0,99777	21,13	0,99771	21,77	0,99764	22,16
				0,99792	21,14	0,99772	21,77	0,99759	22,16
				0,99778	21,14	0,99775	21,78	0,99762	22,17
				0,99782	21,14	0,99763	21,78	0,99759	22,17
				0,99776	21,15	0,99777	21,78	0,99756	22,17
				0,99781	21,15	0,99765	21,78	0,99757	22,17
				0,99787	21,16	0,99764	21,79	0,99760	22,18
				0,99779	21,16	0,99765	21,79	0,99764	22,18
				0,99777	21,17	0,99773	21,79	0,99757	22,18
				0,99780	21,17	0,99776	21,79	0,99762	22,18
				0,99782	21,18	0,99769	21,80	0,99768	22,18
				0,99784	21,18	0,99765	21,80	0,99759	22,19
				0,99778	21,19	0,99764	21,80	0,99752	22,19
				0,99776	21,19	0,99763	21,80	0,99756	22,19
				0,99783	21,20	0,99761	21,81	0,99759	22,19
				0,99782	21,20	0,99764	21,81	0,99755	22,20
				0,99779	21,21	0,99768	21,81	0,99760	22,20
				0,99785	21,21	0,99766	21,81	0,99758	22,20
						0,99764	21,82		

A.8 Anton Paar (reeks 6)

75		75		75		ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f	T	ρ_f	T
0,0989		0,2495		0,40310		0,99787	20,76	0,99756	20,23	0,99850	18,05
ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f	T	ρ_f	T	0,99787	20,75	0,99735	20,23	0,99849	18,02
0,99785	20,89	0,99777	20,36	0,99822	19,48	0,99787	20,74	0,99755	20,23	0,99851	18,00
0,99785	20,90	0,99779	20,35	0,99821	19,42	0,99787	20,73	0,99777	20,22	0,99851	17,97
0,99785	20,90	0,99781	20,35	0,99824	19,37	0,99787	20,72	0,99752	20,22	0,99847	17,94
0,99785	20,90	0,99791	20,35	0,99825	19,32	0,99788	20,71	0,99784	20,22	0,99852	17,91
0,99785	20,90	0,99778	20,34	0,99826	19,27	0,99788	20,70	0,99772	20,21	0,99844	17,89
0,99778	20,90	0,99756	20,34	0,99827	19,21	0,99788	20,69	0,99790	20,21	0,99853	17,86
0,99784	20,91	0,99795	20,34	0,99828	19,17	0,99789	20,68	0,99764	20,20	0,99852	17,83
0,99782	20,91	0,99797	20,33	0,99829	19,12	0,99789	20,67	0,99756	20,20	0,99854	17,81
0,99784	20,91	0,99754	20,33	0,99830	19,07	0,99789	20,66	0,99763	20,19	0,99853	17,78
0,99782	20,91	0,99789	20,33	0,99831	19,03	0,99789	20,65	0,99779	20,19	0,99855	17,76
0,99784	20,90	0,99782	20,32	0,99831	18,98	0,99783	20,63	0,99794	20,18	0,99856	17,73
0,99784	20,91	0,99795	20,32	0,99833	18,94	0,99789	20,62	0,99753	20,18	0,99855	17,71
0,99780	20,90	0,99792	20,32	0,99833	18,89	0,99785	20,61	0,99789	20,18	0,99856	17,68
0,99784	20,90	0,99780	20,32	0,99835	18,85	0,99791	20,60	0,99793	20,17	0,99857	17,66
0,99782	20,90	0,99792	20,31	0,99835	18,81	0,99791	20,58	0,99788	20,17	0,99857	17,64
0,99782	20,90	0,99779	20,31	0,99836	18,77	0,99786	20,57	0,99787	20,16	0,99857	17,61
0,99784	20,89	0,99779	20,30	0,99837	18,73	0,99792	20,56	0,99780	20,16	0,99857	17,59
0,99784	20,89	0,99781	20,30	0,99837	18,69	0,99791	20,55	0,99801	20,16	0,99855	17,57
0,99785	20,88	0,99782	20,31	0,99838	18,65	0,99792	20,53	0,99789	20,15	0,99859	17,54
0,99784	20,88	0,99783	20,30	0,99839	18,61	0,99792	20,52	0,99761	20,15	0,99859	17,52
0,99780	20,87	0,99748	20,30	0,99840	18,58	0,99786	20,51	0,99793	20,14	0,99859	17,50
0,99785	20,87	0,99779	20,29	0,99840	18,54	0,99793	20,49	0,99788	20,14	0,99859	17,48
0,99783	20,86	0,99788	20,28	0,99840	18,50	0,99789	20,48	0,99792	20,14	0,99859	17,46
0,99785	20,85	0,99764	20,27	0,99842	18,47	0,99793	20,47	0,99798	20,13	0,99860	17,44
0,99786	20,85	0,99785	20,27	0,99842	18,43	0,99789	20,45			0,99860	17,42
0,99781	20,84	0,99796	20,27	0,99842	18,40	0,99794	20,44			0,99860	17,40
0,99785	20,83	0,99792	20,27	0,99844	18,36					0,99862	17,38
0,99785	20,83	0,99796	20,26	0,99844	18,33						
0,99786	20,82	0,99881	20,26	0,99845	18,30						
0,99785	20,81	0,99787	20,26	0,99846	18,27						
0,99787	20,80	0,99790	20,25	0,99842	18,24						
0,99786	20,80	0,99769	20,25	0,99846	18,21						
0,99786	20,79	0,99778	20,25	0,99847	18,17						
0,99784	20,78	0,99759	20,24	0,99848	18,14						
0,99787	20,77	0,99738	20,24	0,99844	18,11						
0,99786	20,76	0,99774	20,23	0,99849	18,08						

75		75		75	
0,55110		0,64950		0,84930	
ρ_f	T	ρ_f	T	ρ_f	T
0,99773	21,88	0,99753	22,36	0,99760	22,58
0,99771	21,92	0,99752	22,40	0,99762	22,62
0,99772	21,96	0,99737	22,45	0,99761	22,66
0,99769	21,99	0,99749	22,49	0,99760	22,70
0,99770	22,03	0,99748	22,53	0,99750	22,74

ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f	T	ρ_f	T	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f	T	ρ_f	T
0,99769	22,07	0,99746	22,57	0,99758	22,78	0,99738	23,39	0,99714	23,84	0,99721	24,04
0,99753	22,11	0,99726	22,61	0,99757	22,82	0,99737	23,42	0,99714	23,87	0,99726	24,07
0,99768	22,14	0,99745	22,65	0,99752	22,86	0,99737	23,45	0,99713	23,90	0,99719	24,10
0,99767	22,18	0,99744	22,69	0,99755	22,89	0,99736	23,48	0,99700	23,93	0,99724	24,13
0,99766	22,22	0,99738	22,73	0,99755	22,93	0,99735	23,51	0,99693	23,95	0,99723	24,15
0,99765	22,26	0,99742	22,76	0,99753	22,97	0,99732	23,53	0,99702	23,98	0,99723	24,18
0,99765	22,29	0,99741	22,80	0,99749	23,01	0,99734	23,56	0,99710	24,00	0,99714	24,20
0,99763	22,33	0,99739	22,84	0,99752	23,04	0,99731	23,59	0,99708	24,03	0,99698	24,23
0,99763	22,37	0,99739	22,87	0,99750	23,08	0,99730	23,62	0,99709	24,06	0,99716	24,26
0,99762	22,41	0,99726	22,91	0,99746	23,12	0,99732	23,65	0,99700	24,09	0,99716	24,28
0,99761	22,44	0,99737	22,94	0,99718	23,15	0,99731	23,68	0,99707	24,11	0,99719	24,31
0,99760	22,48	0,99736	22,98	0,99747	23,19	0,99731	23,70	0,99704	24,13	0,99714	24,33
0,99759	22,51	0,99729	23,02	0,99746	23,22	0,99722	23,73	0,99702	24,16	0,99707	24,36
0,99754	22,55	0,99725	23,05	0,99747	23,26	0,99729	23,76	0,99704	24,18	0,99714	24,38
0,99754	22,58	0,99722	23,08	0,99745	23,29	0,99729	23,79	0,99701	24,21	0,99713	24,41
0,99747	22,62	0,99732	23,12	0,99744	23,32	0,99728	23,81	0,99690	24,23	0,99717	24,43
0,99735	22,65	0,99731	23,15	0,99729	23,36	0,99714	23,84	0,99700	24,26	0,99716	24,45
0,99749	22,68	0,99711	23,19	0,99742	23,39	0,99727	23,87	0,99703	24,28	0,99715	24,48
0,99754	22,72	0,99725	23,22	0,99741	23,42			0,99699	24,30	0,99714	24,50
0,99748	22,75	0,99727	23,25	0,99739	23,45						
0,99753	22,79	0,99728	23,28	0,99740	23,49						
0,99728	22,82	0,99727	23,32	0,99734	23,52						
0,99751	22,86	0,99712	23,35	0,99734	23,55						
0,99751	22,89	0,99726	23,38	0,99732	23,58						
0,99749	22,92	0,99725	23,41	0,99718	23,61						
0,99744	22,95	0,99719	23,44	0,99737	23,64						
0,99744	22,99	0,99724	23,47	0,99731	23,67						
0,99747	23,02	0,99698	23,50	0,99733	23,70						
0,99746	23,05	0,99710	23,53	0,99734	23,73						
0,99747	23,08	0,99721	23,56	0,99719	23,76						
0,99742	23,11	0,99705	23,59	0,99729	23,79						
0,99741	23,15	0,99716	23,62	0,99731	23,82						
0,99744	23,18	0,99719	23,65	0,99729	23,85						
0,99741	23,21	0,99718	23,68	0,99724	23,88						
0,99736	23,24	0,99712	23,71	0,99729	23,91						
0,99741	23,27	0,99717	23,73	0,99715	23,93						
0,99738	23,30	0,99711	23,76	0,99728	23,96						
0,99739	23,33	0,99711	23,79	0,99727	23,99						
0,99734	23,36	0,99715	23,82	0,99726	24,02						
75		300		300							
0,99980		0,10160		0,25290							
ρ_f	T	ρ_f	T	ρ_f	T						
0,99762	22,68	0,99690	21,59	0,99775	21,36						
0,99728	22,72	0,99678	21,63	0,99767	21,40						
0,99754	22,76	0,99584	21,67	0,99759	21,44						
0,99735	22,79	0,99661	21,71	0,99772	21,48						
0,99763	22,82	0,99617	21,75	0,99756	21,52						
0,99761	22,86	0,99710	21,78	0,99770	21,56						
0,99751	22,89	0,99670	21,82	0,99769	21,60						
0,99746	22,92	0,99756	21,86	0,99732	21,63						
0,99758	22,95	0,99741	21,90	0,99757	21,67						
0,99718	22,99	0,99745	21,93	0,99766	21,70						
0,99756	23,02	0,99750	21,97	0,99763	21,74						
0,99756	23,05	0,99707	22,00	0,99764	21,78						
0,99755	23,08	0,99733	22,04	0,99764	21,81						
0,99754	23,11	0,99658	22,07	0,99763	21,85						
0,99752	23,14	0,99742	22,10	0,99762	21,88						
0,99738	23,17	0,99724	22,14	0,99759	21,92						

ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f	T	ρ_f	T	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f	T	ρ_f	T
0,99750	23,20	0,99672	22,17	0,99760	21,95	0,99719	24,12	0,99695	23,26	0,99732	23,05
0,99740	23,23	0,99701	22,20	0,99759	21,98	0,99728	24,14	0,99699	23,28	0,99734	23,08
0,99751	23,26	0,99714	22,23	0,99759	22,02	0,99725	24,16	0,99692	23,31	0,99708	23,10
0,99735	23,29	0,99713	22,27	0,99753	22,05	0,99714	24,17	0,99697	23,33	0,99731	23,13
0,99740	23,31	0,99745	22,30	0,99756	22,08	0,99727	24,19	0,99708	23,35	0,99732	23,15
0,99718	23,34	0,99663	22,33	0,99741	22,11	0,99723	24,21	0,99660	23,37	0,99727	23,18
0,99731	23,37	0,99668	22,36	0,99757	22,14	0,99725	24,23	0,99656	23,40	0,99724	23,20
0,99747	23,40	0,99741	22,39	0,99748	22,18	0,99726	24,25	0,99692	23,42	0,99730	23,22
0,99747	23,42	0,99636	22,43	0,99749	22,21	0,99725	24,27	0,99696	23,44		
0,99744	23,45	0,99719	22,46	0,99749	22,24	0,99703	24,28	0,99718	23,46		
0,99745	23,47	0,99735	22,48	0,99746	22,27			0,99697	23,49		
0,99744	23,50	0,99721	22,51	0,99751	22,30			0,99689	23,51		
0,99723	23,52	0,99690	22,55	0,99752	22,33						
0,99732	23,55	0,99699	22,57	0,99750	22,36						
0,99728	23,57	0,99714	22,60	0,99750	22,39						
0,99725	23,60	0,99740	22,63	0,99750	22,42						
0,99740	23,62	0,99710	22,66	0,99749	22,45						
0,99737	23,65	0,99722	22,69	0,99742	22,47						
0,99739	23,67	0,99684	22,72	0,99748	22,50						
0,99736	23,70	0,99737	22,74	0,99746	22,53						
0,99730	23,72	0,99729	22,77	0,99743	22,56						
0,99738	23,74	0,99717	22,80	0,99738	22,59						
0,99738	23,76	0,99743	22,83	0,99745	22,61						
0,99738	23,79	0,99722	22,86	0,99739	22,64						
0,99736	23,81	0,99738	22,88	0,99744	22,67						
0,99737	23,83	0,99700	22,91	0,99739	22,70						
0,99734	23,85	0,99738	22,93	0,99742	22,72						
0,99718	23,87	0,99732	22,96	0,99739	22,75						
0,99735	23,90	0,99688	22,99	0,99741	22,78						
0,99717	23,92	0,99705	23,01	0,99734	22,80						
0,99713	23,94	0,99715	23,04	0,99740	22,83						
0,99733	23,96	0,99711	23,06	0,99734	22,85						
0,99733	23,98	0,99715	23,09	0,99736	22,88						
0,99732	24,00	0,99725	23,11	0,99732	22,90						
0,99718	24,02	0,99687	23,14	0,99722	22,93						
0,99731	24,04	0,99705	23,16	0,99718	22,95						
0,99726	24,06	0,99655	23,19	0,99697	22,98						
0,99730	24,08	0,99704	23,21	0,99727	23,00						
0,99727	24,10	0,99722	23,24	0,99735	23,03						

300		300		300	
0,40620		0,54880		0,70070	
ρ_f	T	ρ_f	T	ρ_f	T
0,99748	21,17	0,99781	21,14	0,99778	21,21
0,99735	21,22	0,99769	21,17	0,99777	21,25
0,99751	21,26	0,99779	21,21	0,99777	21,29
0,99759	21,31	0,99778	21,24	0,99776	21,33
0,99775	21,35	0,99777	21,28	0,99774	21,37
0,99774	21,39	0,99776	21,31	0,99774	21,41
0,99764	21,43	0,99777	21,35	0,99773	21,45
0,99771	21,47	0,99774	21,38	0,99772	21,48
0,99764	21,51	0,99774	21,41	0,99772	21,52
0,99770	21,55	0,99773	21,44	0,99771	21,56
0,99767	21,59	0,99772	21,48	0,99770	21,59
0,99766	21,63	0,99771	21,51	0,99770	21,63
0,99759	21,66	0,99771	21,54	0,99769	21,66
0,99767	21,70	0,99770	21,58	0,99766	21,70
0,99766	21,74	0,99769	21,61	0,99768	21,73
0,99764	21,77	0,99769	21,64	0,99767	21,77
0,99761	21,81	0,99768	21,67	0,99766	21,80
0,99755	21,85	0,99767	21,70	0,99766	21,83
0,99762	21,88	0,99767	21,73	0,99765	21,87
0,99762	21,91	0,99765	21,76	0,99763	21,90
0,99749	21,95	0,99765	21,80	0,99763	21,93
0,99752	21,98	0,99764	21,82	0,99764	21,97
0,99759	22,02	0,99763	21,86	0,99761	22,00

ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f	T	ρ_f	T						
0,99759	22,05	0,99763	21,89	0,99762	22,03	0,99738 22,91					
0,99756	22,08	0,99762	21,92	0,99760	22,06						
0,99757	22,11	0,99762	21,95	0,99760	22,09	300		300		425	
0,99756	22,15	0,99761	21,98	0,99760	22,12	0,85790		1,00460		0,10020	
0,99753	22,18	0,99760	22,00	0,99759	22,15	ρ_f	T	ρ_f	T	ρ_f	T
0,99728	22,21	0,99759	22,03	0,99758	22,18	0,99656	22,72	0,99758	21,72	0,99766	21,76
0,99754	22,24	0,99759	22,06	0,99758	22,22	0,99684	22,75	0,99762	21,75	0,99765	21,80
0,99727	22,27	0,99758	22,09	0,99754	22,25	0,99699	22,78	0,99766	21,79	0,99764	21,83
0,99743	22,31	0,99758	22,12	0,99756	22,28	0,99670	22,80	0,99766	21,82	0,99763	21,87
0,99741	22,34	0,99757	22,15	0,99755	22,31	0,99704	22,83	0,99761	21,86	0,99762	21,90
0,99745	22,37	0,99757	22,18	0,99754	22,34	0,99698	22,85	0,99764	21,89	0,99762	21,94
0,99750	22,40	0,99755	22,20	0,99754	22,37	0,99676	22,88	0,99764	21,93	0,99760	21,97
0,99744	22,43	0,99755	22,23	0,99753	22,39	0,99654	22,91	0,99763	21,96	0,99760	22,01
0,99748	22,46	0,99754	22,26	0,99752	22,42	0,99654	22,93	0,99758	21,99	0,99759	22,04
0,99740	22,49	0,99754	22,29	0,99753	22,45	0,99652	22,96	0,99758	22,03	0,99758	22,07
0,99747	22,52	0,99753	22,31	0,99751	22,48	0,99633	22,98	0,99758	22,06	0,99757	22,10
0,99743	22,55	0,99753	22,34	0,99752	22,51	0,99696	23,01	0,99744	22,09	0,99757	22,13
0,99739	22,58	0,99752	22,36	0,99751	22,54	0,99668	23,03	0,99757	22,12	0,99756	22,16
0,99738	22,60	0,99752	22,39	0,99749	22,56	0,99611	23,06	0,99758	22,15	0,99755	22,19
0,99743	22,63	0,99751	22,42	0,99749	22,59	0,99593	23,08	0,99756	22,19	0,99755	22,22
0,99744	22,66	0,99750	22,44	0,99748	22,62	0,99705	23,11	0,99756	22,21	0,99754	22,25
0,99743	22,69	0,99746	22,47	0,99748	22,65	0,99669	23,13	0,99755	22,25	0,99753	22,28
0,99742	22,72	0,99749	22,49	0,99745	22,67	0,99635	23,16	0,99755	22,28	0,99753	22,31
0,99731	22,74	0,99748	22,52	0,99746	22,70	0,99648	23,18	0,99754	22,31	0,99752	22,34
0,99737	22,77	0,99748	22,54	0,99744	22,73	0,99684	23,20	0,99753	22,34	0,99751	22,37
0,99734	22,80	0,99747	22,57	0,99744	22,75	0,99640	23,22	0,99753	22,37	0,99750	22,40
0,99731	22,83	0,99747	22,60	0,99744	22,78	0,99660	23,25	0,99738	22,39	0,99749	22,43
0,99732	22,85	0,99746	22,62	0,99744	22,81	0,99667	23,27	0,99752	22,42	0,99749	22,45
0,99738	22,88	0,99745	22,64	0,99742	22,83	0,99652	23,30	0,99746	22,45	0,99748	22,48
0,99733	22,90	0,99745	22,67	0,99741	22,86	0,99697	23,32	0,99746	22,48	0,99747	22,51
0,99737	22,93	0,99744	22,69	0,99738	22,88	0,99695	23,34	0,99746	22,51	0,99747	22,54
0,99722	22,96	0,99743	22,72	0,99740	22,91	0,99711	23,36	0,99734	22,54	0,99747	22,56
0,99736	22,98	0,99743	22,74	0,99739	22,94	0,99626	23,38	0,99734	22,57	0,99745	22,59
0,99709	23,01	0,99742	22,77	0,99738	22,96	0,99628	23,41	0,99738	22,59	0,99745	22,62
0,99734	23,03	0,99741	22,79	0,99738	22,99	0,99691	23,43	0,99746	22,62	0,99745	22,64
0,99734	23,06	0,99740	22,82	0,99737	23,01	0,99625	23,45	0,99739	22,65	0,99744	22,67
0,99732	23,08	0,99741	22,84	0,99737	23,04	0,99661	23,47	0,99721	22,67	0,99743	22,70
0,99720	23,11	0,99740	22,86	0,99736	23,06	0,99675	23,49	0,99745	22,70	0,99743	22,72
		0,99739	22,89	0,99732	23,09	0,99648	23,51	0,99740	22,73	0,99742	22,75
						0,99691	23,53	0,99744	22,75	0,99741	22,77

ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f	T	ρ_f	T	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f	T	ρ_f	T
0,99691	23,55	0,99742	22,78	0,99741	22,80	0,99762	21,93	0,99759	22,04	0,99757	22,15
0,99610	23,57	0,99720	22,80	0,99740	22,82	0,99761	21,96	0,99758	22,07	0,99757	22,18
0,99694	23,59	0,99741	22,83	0,99739	22,85	0,99760	21,99	0,99758	22,10	0,99756	22,20
0,99639	23,61	0,99737	22,85	0,99739	22,87	0,99760	22,02	0,99754	22,13	0,99756	22,23
0,99696	23,63	0,99731	22,88	0,99738	22,90	0,99759	22,06	0,99756	22,16	0,99755	22,26
0,99692	23,65	0,99740	22,91	0,99738	22,92	0,99758	22,09	0,99756	22,18	0,99755	22,28
0,99673	23,67	0,99737	22,93	0,99737	22,94	0,99758	22,12	0,99755	22,21	0,99754	22,31
0,99621	23,69	0,99735	22,95	0,99736	22,97	0,99756	22,15	0,99754	22,24	0,99753	22,34
0,99682	23,71	0,99739	22,98	0,99736	22,99	0,99756	22,18	0,99754	22,27	0,99752	22,36
0,99652	23,73	0,99725	23,00	0,99735	23,01	0,99756	22,21	0,99752	22,30	0,99752	22,39
0,99693	23,75	0,99734	23,03	0,99735	23,04	0,99754	22,24	0,99752	22,32	0,99751	22,42
0,99675	23,77	0,99733	23,05	0,99734	23,06	0,99753	22,27	0,99752	22,35	0,99750	22,44
0,99664	23,79	0,99736	23,07	0,99734	23,08	0,99753	22,29	0,99751	22,38	0,99750	22,46
0,99642	23,81	0,99736	23,10	0,99733	23,10	0,99752	22,32	0,99751	22,41	0,99749	22,49
0,99693	23,82	0,99736	23,12	0,99733	23,13	0,99752	22,35	0,99750	22,43	0,99748	22,51
0,99683	23,84	0,99729	23,14	0,99732	23,15	0,99751	22,38	0,99749	22,46	0,99746	22,54
0,99699	23,86	0,99726	23,17	0,99731	23,17	0,99750	22,41	0,99749	22,48	0,99747	22,56
0,99699	23,88	0,99733	23,19	0,99732	23,19	0,99750	22,43	0,99749	22,51	0,99744	22,59
0,99690	23,90	0,99729	23,21	0,99730	23,21	0,99749	22,46	0,99748	22,54	0,99746	22,61
0,99637	23,92	0,99728	23,23	0,99730	23,24	0,99748	22,49	0,99747	22,56	0,99746	22,63
0,99703	23,93	0,99732	23,26	0,99730	23,26	0,99748	22,52	0,99747	22,59	0,99745	22,66
0,99663	23,95	0,99729	23,28	0,99729	23,28	0,99747	22,54	0,99746	22,61	0,99745	22,68
0,99666	23,97	0,99714	23,30	0,99728	23,30	0,99746	22,57	0,99745	22,64	0,99744	22,70
0,99681	23,99	0,99711	23,32	0,99728	23,32	0,99746	22,59	0,99745	22,66	0,99743	22,73
0,99692	24,01	0,99729	23,34	0,99727	23,34	0,99745	22,62	0,99744	22,68	0,99743	22,75
0,99711	24,02	0,99717	23,36	0,99727	23,36	0,99745	22,64	0,99743	22,71	0,99742	22,77
0,99689	24,04			0,99727	23,38	0,99744	22,67	0,99743	22,73	0,99742	22,79
0,99644	24,06					0,99743	22,70	0,99742	22,75	0,99741	22,82

425		425		425	
0,25050		0,39920		0,54880	
ρ_f	T	ρ_f	T	ρ_f	T
0,99769	21,68	0,99762	21,81	0,99763	21,94
0,99768	21,72	0,99764	21,84	0,99762	21,97
0,99766	21,75	0,99763	21,88	0,99761	22,00
0,99765	21,79	0,99763	21,91	0,99761	22,03
0,99765	21,83	0,99762	21,94	0,99760	22,06
0,99764	21,86	0,99761	21,97	0,99759	22,09
0,99763	21,89	0,99761	22,01	0,99758	22,12

0,99743	22,72	0,99742	22,78	0,99742	22,84
0,99742	22,75	0,99741	22,80	0,99740	22,86
0,99742	22,77	0,99741	22,82	0,99739	22,88
0,99741	22,80	0,99740	22,84	0,99740	22,90
0,99741	22,82	0,99740	22,87	0,99738	22,93
0,99740	22,84	0,99739	22,89	0,99735	22,94
0,99739	22,87	0,99739	22,91	0,99737	22,97
0,99739	22,89	0,99738	22,93	0,99737	22,99
0,99738	22,91	0,99737	22,96	0,99736	23,01
0,99738	22,94	0,99737	22,98	0,99736	23,03
0,99737	22,96	0,99736	23,00	0,99736	23,05

ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f	T	ρ_f	T	0,99717	23,76		
0,99736	22,98	0,99735	23,02	0,99735	23,07	0,99717	23,78		
0,99736	23,01	0,99735	23,04	0,99735	23,09	0,99713	23,80		
0,99735	23,03	0,99735	23,06	0,99731	23,11	0,99717	23,81		
0,99735	23,05	0,99734	23,08	0,99733	23,13	0,99716	23,83		
0,99734	23,08	0,99734	23,10	0,99733	23,15	0,99716	23,85		
0,99734	23,10	0,99733	23,12	0,99733	23,17	0,99710	23,86		
0,99733	23,12	0,99733	23,14	0,99733	23,19	0,99715	23,88		
0,99733	23,14	0,99733	23,16	0,99732	23,21				
0,99733	23,16	0,99732	23,18	0,99732	23,23				
0,99732	23,18	0,99731	23,20	0,99731	23,25				
0,99731	23,21	0,99731	23,22	0,99731	23,27				
0,99731	23,23	0,99730	23,24	0,99731	23,29				
0,99730	23,25	0,99730	23,26	0,99731	23,30				
0,99730	23,27	0,99730	23,28	0,99730	23,32				
0,99729	23,29	0,99729	23,30						
0,99728	23,31	0,99728	23,32						
0,99728	23,33								
0,99728	23,35								
0,99727	23,37								
0,99726	23,39								
0,99726	23,41								
0,99726	23,43								
0,99725	23,45								
0,99725	23,47								
0,99725	23,49								
0,99724	23,51								
0,99723	23,53								
0,99723	23,55								
0,99722	23,57								
0,99722	23,58								
0,99721	23,60								
0,99721	23,62								
0,99721	23,64								
0,99720	23,66								
0,99720	23,67								
0,99720	23,69								
0,99719	23,71								
0,99719	23,73								
0,99718	23,74								

425		425		425	
0,70200		0,84990		1,00070	
ρ_f	T	ρ_f	T	ρ_f	T
0,99767	21,92	0,99767	21,85	0,99766	21,85
0,99764	21,95	0,99763	21,88	0,99757	21,88
0,99763	21,99	0,99765	21,91	0,99764	21,91
0,99763	22,02	0,99764	21,94	0,99763	21,94
0,99762	22,04	0,99765	21,97	0,99764	21,97
0,99761	22,07	0,99763	22,00	0,99761	22,00
0,99760	22,10	0,99763	22,03	0,99761	22,03
0,99759	22,13	0,99762	22,06	0,99761	22,06
0,99758	22,16	0,99761	22,09	0,99760	22,08
0,99758	22,18	0,99756	22,12	0,99759	22,11
0,99757	22,21	0,99759	22,14	0,99760	22,14
0,99756	22,24	0,99758	22,17	0,99758	22,17
0,99756	22,26	0,99757	22,20	0,99757	22,19
0,99754	22,29	0,99758	22,22	0,99757	22,22
0,99754	22,32	0,99756	22,25	0,99756	22,25
0,99754	22,34	0,99750	22,28	0,99756	22,27
0,99752	22,37	0,99755	22,30	0,99755	22,30
0,99752	22,39	0,99754	22,33	0,99754	22,32
0,99752	22,42	0,99753	22,35	0,99754	22,35
0,99750	22,44	0,99753	22,38	0,99753	22,37
0,99751	22,47	0,99752	22,40	0,99753	22,40
0,99750	22,49	0,99752	22,43	0,99753	22,42
0,99749	22,52	0,99751	22,45	0,99752	22,45
0,99749	22,54	0,99750	22,48	0,99750	22,47
0,99748	22,56	0,99749	22,50	0,99751	22,50
0,99747	22,59	0,99748	22,53	0,99750	22,52
0,99739	22,61	0,99748	22,55	0,99749	22,54
0,99747	22,63	0,99748	22,57	0,99749	22,57

ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f	T	ρ_f	T	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f	T	ρ_f	T
0,99745	22,66	0,99747	22,60	0,99750	22,59	0,99771	21,61	0,99773	21,47	0,99773	21,42
0,99746	22,68	0,99747	22,62	0,99747	22,61	0,99771	21,64	0,99772	21,50	0,99773	21,45
0,99745	22,70	0,99747	22,64	0,99748	22,64	0,99769	21,68	0,99771	21,54	0,99772	21,49
0,99744	22,72	0,99746	22,66	0,99747	22,66	0,99768	21,71	0,99770	21,57	0,99771	21,52
0,99743	22,74	0,99746	22,69	0,99745	22,68	0,99767	21,74	0,99770	21,60	0,99770	21,55
0,99743	22,77	0,99745	22,71	0,99746	22,70	0,99767	21,77	0,99764	21,64	0,99770	21,58
0,99735	22,79	0,99744	22,73	0,99745	22,73	0,99766	21,80	0,99768	21,66	0,99769	21,62
0,99734	22,81	0,99744	22,75	0,99737	22,75	0,99764	21,83	0,99768	21,69	0,99768	21,65
0,99743	22,83	0,99744	22,77	0,99743	22,77	0,99765	21,86	0,99767	21,73	0,99760	21,68
0,99741	22,85	0,99742	22,80	0,99740	22,79	0,99763	21,89	0,99767	21,76	0,99767	21,71
0,99741	22,87	0,99743	22,82	0,99743	22,81	0,99764	21,92	0,99765	21,79	0,99763	21,74
0,99740	22,89	0,99742	22,84	0,99743	22,84	0,99762	21,95	0,99765	21,82	0,99765	21,77
0,99740	22,92	0,99742	22,86	0,99742	22,86	0,99762	21,98	0,99763	21,85	0,99765	21,80
0,99739	22,94	0,99741	22,88	0,99741	22,88	0,99761	22,01	0,99763	21,87	0,99762	21,83
0,99733	22,96	0,99741	22,90	0,99741	22,90	0,99761	22,04	0,99762	21,90	0,99763	21,86
0,99738	22,98	0,99740	22,92	0,99740	22,92	0,99759	22,06	0,99761	21,93	0,99763	21,89
0,99737	23,00	0,99739	22,94	0,99740	22,94	0,99760	22,09	0,99761	21,96	0,99762	21,92
0,99737	23,02	0,99739	22,96	0,99735	22,96	0,99758	22,12	0,99761	21,99	0,99761	21,94
0,99737	23,04	0,99738	22,98	0,99739	22,98	0,99757	22,14	0,99760	22,02	0,99761	21,97
0,99736	23,06	0,99738	23,00	0,99738	23,00	0,99756	22,17	0,99759	22,05	0,99760	22,00
0,99736	23,08	0,99739	23,02	0,99739	23,02	0,99757	22,19	0,99759	22,07	0,99759	22,03
0,99735	23,10	0,99738	23,04	0,99737	23,04	0,99755	22,22	0,99758	22,10	0,99754	22,06
0,99735	23,12	0,99737	23,06	0,99737	23,06	0,99755	22,25	0,99757	22,12	0,99758	22,08
0,99731	23,14	0,99736	23,08	0,99737	23,08	0,99754	22,27	0,99757	22,15	0,99746	22,11
0,99734	23,16	0,99735	23,10	0,99736	23,10	0,99754	22,30	0,99756	22,18	0,99757	22,14
0,99734	23,17	0,99735	23,12	0,99736	23,12	0,99752	22,32	0,99755	22,20	0,99755	22,16
0,99733	23,19	0,99734	23,14	0,99735	23,14	0,99752	22,35	0,99755	22,23	0,99755	22,19
0,99732	23,21	0,99734	23,16	0,99735	23,16	0,99751	22,37	0,99753	22,25	0,99755	22,22
0,99732	23,23	0,99734	23,17	0,99734	23,18	0,99750	22,40	0,99754	22,28	0,99754	22,24
0,99731	23,25	0,99733	23,19	0,99728	23,19	0,99752	22,42	0,99753	22,30	0,99754	22,27
0,99731	23,27	0,99733	23,21	0,99733	23,21	0,99750	22,45	0,99751	22,33	0,99753	22,29
0,99731	23,28	0,99732	23,23	0,99733	23,23	0,99750	22,47	0,99752	22,35	0,99752	22,32
0,99730	23,30			0,99732	23,25	0,99750	22,50	0,99752	22,38	0,99752	22,34

600		600		600	
0,09900		0,24890		0,39940	
ρ_f	T	ρ_f	T	ρ_f	T
0,99775	21,54	0,99774	21,40	0,99766	21,35
0,99772	21,58	0,99774	21,44	0,99770	21,38

0,99749	22,52	0,99749	22,40	0,99752	22,37
0,99748	22,54	0,99750	22,42	0,99751	22,39
0,99747	22,57	0,99750	22,45	0,99750	22,42
0,99746	22,59	0,99749	22,47	0,99736	22,44
0,99747	22,61	0,99745	22,50	0,99747	22,47
0,99746	22,64	0,99748	22,52	0,99748	22,49

ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f	T	ρ_f	T	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f	T	ρ_f	T
0,99745	22,66	0,99748	22,54	0,99748	22,51	0,99763	21,88	0,99760	22,02	0,99758	22,11
0,99745	22,68	0,99747	22,56	0,99747	22,54	0,99762	21,91	0,99759	22,05	0,99757	22,13
0,99744	22,70	0,99743	22,59	0,99748	22,56	0,99761	21,94	0,99759	22,08	0,99758	22,16
0,99743	22,72	0,99746	22,61	0,99747	22,58	0,99761	21,97	0,99758	22,10	0,99757	22,19
0,99743	22,75	0,99746	22,63	0,99746	22,61	0,99760	22,00	0,99757	22,13	0,99756	22,22
0,99742	22,77	0,99744	22,65	0,99745	22,63	0,99760	22,02	0,99756	22,16	0,99756	22,24
0,99742	22,79	0,99744	22,68	0,99743	22,65	0,99759	22,05	0,99756	22,19	0,99754	22,27
0,99741	22,81	0,99744	22,70	0,99744	22,68	0,99759	22,08	0,99756	22,21	0,99754	22,30
0,99740	22,83	0,99743	22,72	0,99744	22,70	0,99753	22,10	0,99755	22,24	0,99754	22,32
0,99740	22,85	0,99742	22,74	0,99740	22,72	0,99757	22,13	0,99755	22,27	0,99752	22,35
0,99740	22,87	0,99742	22,76	0,99743	22,75	0,99756	22,16	0,99753	22,29	0,99751	22,38
0,99739	22,89	0,99741	22,78	0,99740	22,77	0,99753	22,19	0,99753	22,32	0,99752	22,40
0,99739	22,91	0,99741	22,80	0,99741	22,79	0,99756	22,21	0,99749	22,34	0,99751	22,43
0,99738	22,94	0,99741	22,83	0,99741	22,81	0,99755	22,24	0,99751	22,37	0,99750	22,45
0,99738	22,96	0,99733	22,85	0,99741	22,83	0,99754	22,26	0,99746	22,40	0,99750	22,48
0,99737	22,98	0,99739	22,87	0,99740	22,85	0,99753	22,29	0,99751	22,42	0,99749	22,50
0,99738	23,00	0,99731	22,89	0,99739	22,87	0,99753	22,32	0,99750	22,44	0,99749	22,53
0,99738	23,02	0,99739	22,91	0,99739	22,89	0,99752	22,34	0,99750	22,47	0,99748	22,55
0,99736	23,04			0,99738	22,92	0,99751	22,37	0,99749	22,50	0,99747	22,58
0,99731	23,06					0,99751	22,39	0,99748	22,52	0,99747	22,60
0,99735	23,08					0,99750	22,42	0,99748	22,54	0,99746	22,63

600		600		600	
0,55350		0,70050		0,85050	
ρ_f	T	ρ_f	T	ρ_f	T
0,99774	21,44	0,99770	21,60	0,99770	21,68
0,99771	21,47	0,99770	21,63	0,99768	21,71
0,99773	21,50	0,99769	21,66	0,99768	21,75
0,99771	21,54	0,99768	21,69	0,99767	21,78
0,99771	21,57	0,99768	21,73	0,99762	21,81
0,99770	21,60	0,99766	21,76	0,99765	21,84
0,99769	21,63	0,99766	21,79	0,99764	21,87
0,99769	21,67	0,99765	21,82	0,99763	21,90
0,99766	21,70	0,99764	21,85	0,99762	21,93
0,99767	21,73	0,99764	21,88	0,99762	21,96
0,99766	21,76	0,99763	21,91	0,99762	21,99
0,99765	21,79	0,99762	21,94	0,99760	22,02
0,99762	21,82	0,99761	21,96	0,99752	22,05
0,99763	21,85	0,99761	22,00	0,99761	22,08

0,99750	22,44	0,99747	22,57	0,99746	22,65
0,99749	22,47	0,99747	22,59	0,99738	22,68
0,99748	22,49	0,99746	22,62	0,99745	22,70
0,99748	22,51	0,99745	22,64	0,99744	22,72
0,99748	22,54	0,99744	22,66	0,99744	22,75
0,99744	22,56	0,99745	22,68	0,99742	22,77
0,99746	22,58	0,99744	22,70	0,99742	22,79
0,99746	22,61	0,99743	22,73	0,99743	22,82
0,99745	22,63	0,99742	22,75	0,99741	22,84
0,99744	22,65	0,99742	22,77	0,99741	22,86
0,99744	22,68	0,99742	22,79	0,99741	22,88
0,99743	22,70	0,99741	22,82	0,99740	22,90
0,99743	22,72	0,99740	22,84	0,99740	22,93
0,99742	22,75	0,99740	22,86	0,99739	22,95
0,99739	22,77	0,99740	22,88	0,99738	22,97
0,99741	22,79	0,99738	22,90	0,99737	22,99
0,99741	22,81	0,99738	22,92	0,99737	23,02
0,99740	22,83	0,99738	22,94	0,99736	23,04

ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f	T	ρ_f	T
0,99740	22,86	0,99737	22,97	0,99736	23,06
0,99740	22,88	0,99737	22,99	0,99736	23,08
0,99739	22,90	0,99737	23,01	0,99734	23,10
0,99738	22,92	0,99736	23,03	0,99734	23,12
0,99738	22,94	0,99735	23,05	0,99734	23,14
0,99737	22,96	0,99735	23,07	0,99733	23,17
0,99737	22,98	0,99733	23,09	0,99733	23,18
0,99736	23,00	0,99734	23,11	0,99733	23,21

600		850		850	
1,00520		0,09930		0,25070	
ρ_f	T	ρ_f	T	ρ_f	T
0,99768	21,73	0,99771	21,54	0,99771	21,53
0,99767	21,76	0,99771	21,57	0,99770	21,57
0,99766	21,80	0,99769	21,61	0,99769	21,60
0,99766	21,83	0,99769	21,65	0,99769	21,64
0,99764	21,86	0,99768	21,68	0,99768	21,67
0,99765	21,89	0,99767	21,71	0,99757	21,70
0,99764	21,92	0,99766	21,74	0,99766	21,74
0,99762	21,96	0,99766	21,77	0,99765	21,77
0,99762	21,99	0,99764	21,81	0,99765	21,80
0,99760	22,02	0,99764	21,84	0,99764	21,84
0,99760	22,05	0,99763	21,87	0,99763	21,87
0,99759	22,08	0,99763	21,90	0,99762	21,90
0,99759	22,10	0,99762	21,93	0,99761	21,93
0,99754	22,13	0,99761	21,97	0,99761	21,96
0,99757	22,16	0,99760	21,99	0,99760	21,99
0,99756	22,19	0,99760	22,02	0,99759	22,02
0,99756	22,22	0,99759	22,05	0,99759	22,05
0,99750	22,25	0,99752	22,08	0,99758	22,08
0,99754	22,28	0,99757	22,11	0,99757	22,11
0,99753	22,30	0,99757	22,14	0,99757	22,13
0,99753	22,33	0,99752	22,17	0,99756	22,16
0,99753	22,36	0,99756	22,19	0,99755	22,19
0,99754	22,39	0,99755	22,22	0,99755	22,22
0,99746	22,41	0,99754	22,25	0,99754	22,25
0,99751	22,44	0,99753	22,28	0,99753	22,28
0,99750	22,46	0,99753	22,31	0,99753	22,30
0,99749	22,49	0,99752	22,33	0,99752	22,33

ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f	T	ρ_f	T
0,99748	22,52	0,99752	22,36	0,99751	22,36
0,99747	22,54	0,99751	22,38	0,99751	22,38
0,99747	22,57	0,99750	22,41	0,99750	22,41
0,99734	22,59	0,99750	22,44	0,99749	22,44
0,99747	22,62	0,99749	22,46	0,99749	22,46
0,99746	22,64	0,99748	22,49	0,99748	22,49
0,99745	22,67	0,99749	22,51	0,99747	22,52
0,99744	22,69	0,99747	22,54	0,99748	22,54
0,99744	22,72	0,99742	22,56	0,99747	22,56
0,99743	22,74	0,99746	22,59	0,99746	22,59
0,99739	22,76	0,99745	22,62	0,99745	22,62
0,99743	22,79	0,99745	22,64	0,99745	22,64
0,99734	22,81	0,99744	22,66	0,99744	22,66
0,99741	22,83	0,99743	22,69	0,99744	22,69
0,99740	22,86	0,99743	22,71	0,99744	22,71
0,99740	22,88	0,99743	22,74	0,99742	22,74
0,99730	22,90	0,99742	22,76	0,99742	22,76
0,99739	22,92	0,99741	22,79	0,99742	22,78
0,99738	22,95	0,99741	22,81	0,99740	22,81
0,99738	22,97	0,99740	22,83	0,99740	22,83
0,99738	22,99	0,99739	22,85	0,99740	22,85
0,99736	23,01	0,99739	22,88	0,99739	22,87
0,99737	23,03	0,99738	22,90	0,99739	22,90
0,99735	23,06	0,99738	22,92	0,99738	22,92
0,99735	23,08	0,99737	22,95	0,99738	22,94
0,99735	23,10	0,99737	22,97	0,99737	22,96
0,99734	23,12	0,99736	22,99	0,99736	22,98
0,99733	23,14	0,99736	23,02	0,99736	23,01
0,99734	23,16	0,99733	23,04	0,99736	23,03
0,99733	23,18	0,99735	23,06	0,99735	23,05
0,99731	23,20	0,99734	23,08	0,99734	23,07
0,99732	23,23	0,99734	23,10		

850		850		850	
0,40230		0,54960		0,69980	
ρ_f	T	ρ_f	T	ρ_f	T
0,99765	21,80	0,99765	21,83	0,99765	21,81
0,99764	21,84	0,99763	21,86	0,99760	21,85
0,99763	21,87	0,99762	21,89	0,99756	21,88

ρ _f (g/cm³)	T (°C)	ρ _f	T	ρ _f	T	ρ _f (g/cm³)	T (°C)	ρ _f	T	ρ _f	T
0,99762	21,90	0,99762	21,93	0,99762	21,92	0,99738	22,94	0,99737	22,99	0,99736	23,00
0,99761	21,94	0,99761	21,96	0,99761	21,95	0,99737	22,97	0,99736	23,01	0,99735	23,03
0,99761	21,97	0,99761	21,99	0,99756	21,98	0,99737	22,99	0,99735	23,03	0,99735	23,05
0,99760	22,00	0,99760	22,02	0,99760	22,02	0,99736	23,01	0,99735	23,06	0,99735	23,07
0,99759	22,03	0,99758	22,06	0,99759	22,05	0,99735	23,03	0,99730	23,08	0,99734	23,09
0,99759	22,06	0,99758	22,09	0,99758	22,08	0,99735	23,06	0,99734	23,10	0,99734	23,12
0,99758	22,09	0,99758	22,12	0,99758	22,11	0,99730	23,08	0,99733	23,12	0,99723	23,14
0,99758	22,12	0,99756	22,15	0,99757	22,14	0,99733	23,10	0,99723	23,15	0,99732	23,16
0,99757	22,15	0,99756	22,18	0,99756	22,17	0,99733	23,12	0,99732	23,17	0,99732	23,18
0,99756	22,18	0,99751	22,21	0,99755	22,20	0,99732	23,14	0,99731	23,19	0,99731	23,21
0,99755	22,21	0,99754	22,24	0,99754	22,23	0,99732	23,16	0,99731	23,21	0,99731	23,23
0,99754	22,23	0,99754	22,26	0,99754	22,26	0,99732	23,18	0,99731	23,23	0,99730	23,25
0,99754	22,26	0,99753	22,29	0,99753	22,29	0,99731	23,21	0,99730	23,25	0,99730	23,27
0,99753	22,29	0,99751	22,32	0,99753	22,32	0,99731	23,23	0,99730	23,28	0,99729	23,30
0,99753	22,32	0,99752	22,35	0,99752	22,35	0,99730	23,25	0,99729	23,30	0,99729	23,32
0,99752	22,35	0,99752	22,38	0,99751	22,38	0,99717	23,27	0,99729	23,32	0,99726	23,34
0,99751	22,37	0,99750	22,41	0,99750	22,41	0,99729	23,29	0,99728	23,34	0,99727	23,36
0,99751	22,40	0,99750	22,43	0,99749	22,44	0,99729	23,31	0,99728	23,36	0,99727	23,38
0,99748	22,43	0,99749	22,46	0,99744	22,47	0,99728	23,33				
0,99749	22,45	0,99749	22,49	0,99748	22,49						
0,99749	22,48	0,99746	22,51	0,99748	22,52	850		850		1180	
0,99748	22,51	0,99748	22,54	0,99747	22,55	0,85280		0,99960		0,11040	
0,99748	22,53	0,99747	22,57	0,99746	22,57	ρ _f	T	ρ _f	T	ρ _f	T
0,99747	22,56	0,99746	22,59	0,99746	22,60	0,99762	21,94	0,99759	22,17	0,99765	21,74
0,99747	22,58	0,99746	22,62	0,99746	22,63	0,99761	21,97	0,99757	22,18	0,99765	21,75
0,99745	22,61	0,99744	22,64	0,99744	22,65	0,99761	22,00	0,99756	22,19	0,99764	21,77
0,99745	22,63	0,99744	22,67	0,99744	22,68	0,99760	22,04	0,99756	22,20	0,99764	21,78
0,99745	22,66	0,99743	22,70	0,99737	22,71	0,99758	22,07	0,99759	22,21	0,99764	21,79
0,99744	22,68	0,99742	22,72	0,99742	22,73	0,99759	22,10	0,99756	22,22	0,99764	21,81
0,99743	22,71	0,99742	22,74	0,99742	22,76	0,99757	22,14	0,99754	22,22	0,99752	21,82
0,99742	22,73	0,99742	22,77	0,99742	22,78	0,99756	22,17	0,99755	22,23	0,99763	21,84
0,99743	22,76	0,99741	22,79	0,99741	22,81	0,99755	22,20	0,99754	22,24	0,99763	21,85
0,99741	22,78	0,99740	22,82	0,99740	22,83	0,99755	22,23	0,99755	22,25	0,99762	21,86
0,99741	22,80	0,99740	22,84	0,99740	22,86	0,99754	22,26	0,99755	22,26	0,99762	21,88
0,99740	22,83	0,99739	22,87	0,99739	22,88	0,99753	22,29	0,99751	22,27	0,99762	21,89
0,99740	22,85	0,99739	22,89	0,99738	22,91	0,99753	22,32	0,99753	22,28	0,99761	21,91
0,99740	22,87	0,99739	22,91	0,99738	22,93	0,99752	22,35	0,99754	22,28	0,99761	21,92
0,99739	22,90	0,99737	22,94	0,99737	22,95	0,99751	22,38	0,99750	22,29	0,99761	21,94
0,99738	22,92	0,99728	22,96	0,99737	22,98	0,99751	22,41	0,99757	22,30	0,99760	21,95

ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f	T	ρ_f	T	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f	T	ρ_f	T
0,99747	22,44	0,99754	22,31	0,99760	21,96	0,99726	23,41	0,99746	22,61	0,99750	22,40
0,99749	22,47	0,99754	22,32	0,99746	21,97	0,99727	23,43	0,99745	22,62	0,99750	22,41
0,99738	22,50	0,99752	22,33	0,99759	21,99	0,99725	23,46	0,99746	22,62	0,99747	22,42
0,99747	22,52	0,99753	22,34	0,99759	22,00	0,99725	23,48	0,99746	22,63	0,99749	22,43
0,99747	22,55	0,99752	22,34	0,99759	22,01	0,99725	23,50	0,99746	22,64		
0,99747	22,58	0,99752	22,35	0,99759	22,03	0,99724	23,52	0,99745	22,64		
0,99746	22,61	0,99752	22,36	0,99754	22,04						
0,99745	22,64	0,99751	22,37	0,99758	22,05						
0,99742	22,66	0,99752	22,38	0,99758	22,06						
0,99744	22,69	0,99752	22,38	0,99757	22,08						
0,99743	22,72	0,99750	22,39	0,99741	22,09	1180		1180		1180	
0,99743	22,74	0,99753	22,40	0,99757	22,10	0,25480		0,40230		0,54940	
0,99733	22,77	0,99751	22,41	0,99757	22,11	ρ_f	T	ρ_f	T	ρ_f	T
0,99742	22,80	0,99751	22,42	0,99756	22,12	0,99772	21,53	0,99778	21,33	0,99772	21,47
0,99741	22,82	0,99751	22,42	0,99756	22,14	0,99770	21,55	0,99777	21,36	0,99771	21,50
0,99741	22,85	0,99750	22,43	0,99756	22,15	0,99770	21,57	0,99774	21,38	0,99770	21,52
0,99739	22,87	0,99749	22,44	0,99755	22,16	0,99768	21,58	0,99773	21,40	0,99770	21,54
0,99738	22,90	0,99749	22,45	0,99754	22,17	0,99769	21,60	0,99773	21,42	0,99769	21,56
0,99738	22,92	0,99750	22,45	0,99755	22,18	0,99768	21,62	0,99772	21,44	0,99769	21,59
0,99738	22,95	0,99751	22,46	0,99755	22,19	0,99768	21,64	0,99772	21,46	0,99770	21,61
0,99738	22,97	0,99749	22,47	0,99754	22,21	0,99768	21,66	0,99758	21,48	0,99769	21,63
0,99736	23,00	0,99751	22,48	0,99755	22,22	0,99768	21,67	0,99772	21,50	0,99769	21,65
0,99736	23,02	0,99749	22,49	0,99754	22,23	0,99767	21,69	0,99770	21,52	0,99767	21,67
0,99735	23,05	0,99750	22,49	0,99750	22,24	0,99766	21,71	0,99771	21,54	0,99766	21,69
0,99734	23,07	0,99750	22,50	0,99748	22,25	0,99766	21,72	0,99771	21,56	0,99768	21,71
0,99735	23,09	0,99749	22,51	0,99753	22,26	0,99765	21,74	0,99770	21,58	0,99768	21,73
0,99734	23,12	0,99751	22,52	0,99753	22,27	0,99765	21,76	0,99768	21,60	0,99765	21,75
0,99733	23,14	0,99748	22,52	0,99753	22,28	0,99765	21,77	0,99768	21,62	0,99764	21,77
0,99734	23,16	0,99748	22,53	0,99748	22,29	0,99764	21,79	0,99767	21,64	0,99764	21,79
0,99732	23,19	0,99748	22,54	0,99752	22,30	0,99764	21,81	0,99767	21,65	0,99766	21,81
0,99731	23,21	0,99749	22,54	0,99752	22,31	0,99764	21,82	0,99762	21,67	0,99763	21,83
0,99731	23,23	0,99748	22,55	0,99752	22,32	0,99763	21,84	0,99768	21,69	0,99763	21,85
0,99731	23,26	0,99747	22,56	0,99752	22,33	0,99762	21,85	0,99767	21,71	0,99762	21,87
0,99729	23,28	0,99747	22,57	0,99742	22,34	0,99763	21,87	0,99759	21,73	0,99762	21,89
0,99729	23,30	0,99748	22,57	0,99751	22,35	0,99762	21,88	0,99766	21,74	0,99761	21,90
0,99727	23,32	0,99747	22,58	0,99751	22,36	0,99762	21,90	0,99765	21,76	0,99761	21,92
0,99729	23,35	0,99747	22,59	0,99698	22,37	0,99761	21,92	0,99765	21,78	0,99761	21,94
0,99728	23,37	0,99747	22,59	0,99750	22,38	0,99762	21,93	0,99764	21,80	0,99760	21,96
0,99728	23,39	0,99746	22,60	0,99750	22,39	0,99761	21,95	0,99757	21,81	0,99759	21,98
						0,99760	21,96	0,99763	21,83	0,99761	22,00

ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f	T	ρ_f	T	1180		1180		1180	
0,99759	21,97	0,99764	21,85	0,99759	22,02	0,70570		0,85140		1,00210	
0,99760	21,99	0,99762	21,87	0,99759	22,03	ρ_f	T	ρ_f	T	ρ_f	T
0,99756	22,01	0,99759	21,88	0,99758	22,05	0,99772	21,47	0,99770	21,54	0,99773	21,45
0,99759	22,02	0,99759	21,90	0,99757	22,07	0,99772	21,49	0,99769	21,56	0,99767	21,48
0,99758	22,03	0,99759	21,92	0,99757	22,09	0,99771	21,51	0,99769	21,58	0,99772	21,50
0,99758	22,05	0,99758	21,94	0,99757	22,10	0,99770	21,54	0,99768	21,61	0,99771	21,53
0,99758	22,06	0,99760	21,95	0,99758	22,12	0,99769	21,56	0,99768	21,63	0,99770	21,56
0,99757	22,08	0,99759	21,97	0,99753	22,14	0,99768	21,58	0,99767	21,66	0,99772	21,58
0,99757	22,09	0,99758	21,99	0,99755	22,16	0,99767	21,61	0,99767	21,68	0,99771	21,61
0,99756	22,10	0,99760	22,00	0,99756	22,17	0,99768	21,63	0,99766	21,70	0,99768	21,64
0,99757	22,12	0,99759	22,02	0,99759	22,19	0,99767	21,65	0,99766	21,72	0,99767	21,66
0,99756	22,13	0,99758	22,04	0,99755	22,20	0,99767	21,67	0,99765	21,74	0,99767	21,68
0,99756	22,14	0,99750	22,05	0,99755	22,22	0,99766	21,70	0,99765	21,76	0,99767	21,71
0,99756	22,16	0,99757	22,07	0,99754	22,24	0,99766	21,71	0,99765	21,78	0,99768	21,73
0,99755	22,17	0,99757	22,09	0,99754	22,25	0,99759	21,74	0,99764	21,81	0,99766	21,76
0,99755	22,19	0,99757	22,10	0,99754	22,27	0,99765	21,76	0,99763	21,83	0,99764	21,78
0,99755	22,20	0,99756	22,12	0,99752	22,29	0,99764	21,78	0,99763	21,85	0,99765	21,80
0,99754	22,21	0,99756	22,13	0,99752	22,30	0,99755	21,80	0,99762	21,87	0,99762	21,83
0,99754	22,23	0,99755	22,15	0,99751	22,32	0,99764	21,82	0,99755	21,89	0,99763	21,85
0,99754	22,24	0,99757	22,16	0,99751	22,33	0,99763	21,84	0,99762	21,91	0,99763	21,87
0,99753	22,25	0,99758	22,18	0,99751	22,35	0,99762	21,86	0,99761	21,93	0,99762	21,89
0,99753	22,27	0,99754	22,19	0,99750	22,37	0,99758	21,88	0,99759	21,95	0,99762	21,92
0,99753	22,28	0,99753	22,21	0,99750	22,38	0,99761	21,90	0,99760	21,97	0,99763	21,94
0,99752	22,29	0,99755	22,22	0,99750	22,39	0,99761	21,92	0,99759	21,99	0,99760	21,96
0,99752	22,31	0,99753	22,24	0,99750	22,41	0,99763	21,94	0,99759	22,01	0,99760	21,98
0,99752	22,32	0,99745	22,26	0,99749	22,43	0,99760	21,96	0,99758	22,03	0,99759	22,00
0,99751	22,33	0,99752	22,27	0,99750	22,44	0,99760	21,98	0,99758	22,05	0,99753	22,02
0,99751	22,35	0,99752	22,29	0,99748	22,46	0,99760	22,00	0,99758	22,07	0,99756	22,05
0,99751	22,36	0,99752	22,30	0,99748	22,47	0,99759	22,02	0,99757	22,09	0,99759	22,07
0,99751	22,37	0,99752	22,32	0,99748	22,49	0,99759	22,04	0,99757	22,10	0,99757	22,09
0,99750	22,38	0,99751	22,33	0,99748	22,50	0,99759	22,06	0,99756	22,12	0,99757	22,11
0,99750	22,40	0,99752	22,34	0,99747	22,52	0,99749	22,08	0,99756	22,14	0,99757	22,13
0,99750	22,41	0,99750	22,36	0,99747	22,53	0,99757	22,09	0,99755	22,16	0,99756	22,15
0,99749	22,42	0,99750	22,37	0,99746	22,54	0,99757	22,11	0,99755	22,18	0,99757	22,16
0,99749	22,43	0,99750	22,39			0,99756	22,13	0,99754	22,19	0,99755	22,18
		0,99750	22,40			0,99756	22,15	0,99754	22,21	0,99752	22,20
						0,99755	22,17	0,99754	22,23	0,99756	22,22
						0,99754	22,18	0,99753	22,25	0,99753	22,24
						0,99754	22,20	0,99753	22,27	0,99753	22,26

ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f	T	ρ_f	T	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f	T	ρ_f	T
0,99755	22,22	0,99753	22,28	0,99753	22,28	0,99775	21,32	0,99774	21,35	0,99774	21,38
0,99753	22,24	0,99752	22,30	0,99752	22,30	0,99774	21,35	0,99775	21,37	0,99773	21,40
0,99750	22,25	0,99752	22,32	0,99754	22,32	0,99774	21,37	0,99769	21,40	0,99772	21,43
0,99750	22,27	0,99751	22,34	0,99752	22,33	0,99769	21,40	0,99772	21,43	0,99772	21,45
0,99752	22,29	0,99751	22,35	0,99753	22,35	0,99772	21,43	0,99772	21,45	0,99771	21,49
0,99752	22,31	0,99750	22,37	0,99750	22,37	0,99772	21,45	0,99771	21,48	0,99771	21,51
0,99752	22,32	0,99750	22,39	0,99752	22,39	0,99766	21,48	0,99771	21,50	0,99770	21,53
0,99751	22,34	0,99750	22,40	0,99749	22,41	0,99770	21,51	0,99770	21,53	0,99767	21,56
0,99751	22,36	0,99749	22,42	0,99751	22,42	0,99770	21,53	0,99770	21,55	0,99769	21,58
0,99751	22,37	0,99750	22,43	0,99749	22,44	0,99769	21,56	0,99769	21,58	0,99767	21,61
0,99745	22,39	0,99749	22,45	0,99750	22,46	0,99768	21,58	0,99768	21,60	0,99768	21,63
0,99748	22,41	0,99747	22,47	0,99749	22,48	0,99771	21,61	0,99768	21,63	0,99767	21,65
0,99750	22,42	0,99748	22,48	0,99751	22,50	0,99768	21,63	0,99767	21,65	0,99767	21,68
0,99749	22,44	0,99748	22,50	0,99747	22,51	0,99767	21,66	0,99766	21,68	0,99766	21,70
0,99749	22,45	0,99747	22,51	0,99747	22,53	0,99766	21,68	0,99766	21,70	0,99765	21,73
0,99749	22,47	0,99747	22,53	0,99749	22,55	0,99766	21,70	0,99765	21,72	0,99765	21,75
0,99748	22,49	0,99746	22,55	0,99746	22,56	0,99765	21,73	0,99764	21,75	0,99764	21,77
0,99748	22,50	0,99746	22,56	0,99745	22,58	0,99767	21,75	0,99765	21,77	0,99760	21,80
0,99747	22,52	0,99746	22,58	0,99746	22,60	0,99764	21,77	0,99764	21,79	0,99763	21,82
0,99747	22,53	0,99745	22,59	0,99743	22,62	0,99764	21,80	0,99763	21,81	0,99761	21,84
0,99747	22,55	0,99745	22,61	0,99745	22,63	0,99763	21,82	0,99763	21,84	0,99762	21,87
0,99746	22,56	0,99743	22,62	0,99745	22,65	0,99763	21,84	0,99762	21,86	0,99761	21,89
0,99745	22,58	0,99744	22,64	0,99744	22,66	0,99762	21,86	0,99762	21,88	0,99760	21,91
		0,99744	22,65	0,99744	22,68	0,99761	21,89	0,99761	21,90	0,99761	21,93
		0,99744	22,67	0,99745	22,70	0,99761	21,91	0,99761	21,93	0,99760	21,96
		0,99743	22,68			0,99757	21,93	0,99763	21,95	0,99756	21,98
		0,99743	22,70			0,99760	21,95	0,99760	21,97	0,99759	22,00
						0,99760	21,97	0,99759	21,99	0,99759	22,02
						0,99759	22,00	0,99759	22,01	0,99758	22,04
						0,99758	22,02	0,99758	22,03	0,99758	22,07
						0,99758	22,04	0,99758	22,05	0,99757	22,08
						0,99758	22,06	0,99757	22,07	0,99756	22,10
						0,99758	22,08	0,99757	22,09	0,99756	22,12
						0,99757	22,10	0,99756	22,11	0,99756	22,15
						0,99756	22,12	0,99756	22,13	0,99755	22,17
						0,99756	22,14	0,99755	22,16	0,99754	22,18
						0,99755	22,16	0,99755	22,18	0,99754	22,20
						0,99754	22,18	0,99753	22,20	0,99754	22,22
						0,99755	22,20	0,99754	22,21	0,99754	22,24

1400		1400		1400	
0,09540		0,25300		0,39950	
ρ_f	T	ρ_f	T	ρ_f	T
0,99780	21,08	0,99780	21,11	0,99777	21,15
0,99781	21,11	0,99778	21,14	0,99778	21,18
0,99780	21,14	0,99778	21,17	0,99778	21,21
0,99779	21,17	0,99777	21,20	0,99774	21,24
0,99778	21,20	0,99777	21,23	0,99776	21,26
0,99778	21,23	0,99776	21,26	0,99775	21,29
0,99776	21,26	0,99775	21,29	0,99769	21,32
0,99778	21,29	0,99776	21,32	0,99768	21,35

ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f	T	ρ_f	T	ρ_f (g/cm ³)	T (°C)	ρ_f	T	ρ_f	T
0,99754	22,22	0,99752	22,23	0,99753	22,26	0,99751	22,37	0,99750	22,38	0,99750	22,42
0,99753	22,24	0,99753	22,25	0,99752	22,28	0,99750	22,39	0,99750	22,40	0,99745	22,44
0,99753	22,26	0,99751	22,27	0,99752	22,30	0,99750	22,41	0,99750	22,42	0,99749	22,45
0,99752	22,28	0,99752	22,29	0,99752	22,32	0,99750	22,43	0,99749	22,43	0,99748	22,47
0,99744	22,30	0,99752	22,31	0,99751	22,34	0,99749	22,45	0,99749	22,45	0,99748	22,49
0,99752	22,32	0,99752	22,33	0,99751	22,36	0,99748	22,46	0,99748	22,47	0,99747	22,51
0,99751	22,34	0,99751	22,34	0,99750	22,38	0,99748	22,48			0,99747	22,53
0,99751	22,35	0,99751	22,36	0,99750	22,40	0,99743	22,50			0,99747	22,54

1400		1400		1400		1400	
0,54480		0,69750		0,85410		0,99640	
ρ_f	T	ρ_f	T				
0,99772	21,46	0,99771	21,51	0,99773	21,45	0,99772	21,49
0,99772	21,49	0,99770	21,53	0,99772	21,48	0,99750	21,52
0,99770	21,52	0,99770	21,56	0,99771	21,51	0,99770	21,55
0,99770	21,54	0,99769	21,59	0,99770	21,54	0,99770	21,58
0,99764	21,57	0,99768	21,61	0,99769	21,57	0,99769	21,60
0,99768	21,60	0,99766	21,64	0,99768	21,60	0,99768	21,63
0,99768	21,62	0,99767	21,67	0,99768	21,62	0,99768	21,66
0,99769	21,65	0,99763	21,69	0,99768	21,65	0,99767	21,68
0,99767	21,67	0,99766	21,72	0,99767	21,68	0,99766	21,71
0,99766	21,70	0,99765	21,74	0,99766	21,70	0,99766	21,74
0,99765	21,72	0,99766	21,77	0,99766	21,73	0,99765	21,76
0,99766	21,75	0,99764	21,79	0,99765	21,76	0,99764	21,79
0,99765	21,77	0,99764	21,82	0,99759	21,78	0,99764	21,81
0,99764	21,79	0,99763	21,84	0,99764	21,81	0,99761	21,84
0,99763	21,82	0,99763	21,86	0,99764	21,83	0,99762	21,86
0,99763	21,84	0,99762	21,89	0,99763	21,86	0,99762	21,89
0,99764	21,86	0,99758	21,91	0,99762	21,88	0,99762	21,91
0,99762	21,89	0,99761	21,93	0,99762	21,91	0,99761	21,94
0,99761	21,91	0,99760	21,96	0,99758	21,93	0,99761	21,96
0,99761	21,93	0,99763	21,98	0,99761	21,95	0,99759	21,98
0,99760	21,95	0,99760	22,00	0,99760	21,98	0,99759	22,01
0,99759	21,98	0,99759	22,03	0,99762	22,00	0,99759	22,03
0,99756	22,00	0,99758	22,05	0,99759	22,02	0,99758	22,05
0,99761	22,02	0,99757	22,07	0,99757	22,05	0,99757	22,08
0,99760	22,04	0,99757	22,09	0,99758	22,07	0,99758	22,10
0,99758	22,06	0,99757	22,11	0,99756	22,09	0,99756	22,12
0,99758	22,08	0,99756	22,13	0,99756	22,11	0,99756	22,14

0,99757	22,10	0,99756	22,16	0,99759	22,13	0,99756	22,16
0,99756	22,12	0,99755	22,18	0,99756	22,16	0,99755	22,18
0,99756	22,14	0,99755	22,20	0,99755	22,18	0,99755	22,21
0,99755	22,17	0,99754	22,22	0,99755	22,20	0,99754	22,23
0,99748	22,19	0,99756	22,24	0,99754	22,22	0,99754	22,25
0,99754	22,21	0,99753	22,26	0,99754	22,24	0,99753	22,27
0,99754	22,23	0,99752	22,28	0,99753	22,26	0,99753	22,29
0,99753	22,25	0,99752	22,30	0,99753	22,28	0,99752	22,31
0,99753	22,27	0,99752	22,32	0,99752	22,30	0,99752	22,33
0,99758	22,29	0,99751	22,34	0,99752	22,32	0,99751	22,35
0,99752	22,31	0,99751	22,36	0,99751	22,34	0,99751	22,37
0,99752	22,33	0,99750	22,38	0,99751	22,36	0,99751	22,39
0,99753	22,35	0,99750	22,40	0,99750	22,38	0,99750	22,41
0,99751	22,37	0,99750	22,42	0,99750	22,40	0,99749	22,43
0,99749	22,38	0,99749	22,44	0,99748	22,42	0,99749	22,45
0,99750	22,40	0,99749	22,46	0,99749	22,44	0,99748	22,47
0,99749	22,42	0,99750	22,48	0,99749	22,46	0,99748	22,49
0,99746	22,44	0,99747	22,50	0,99748	22,48	0,99748	22,51
0,99748	22,46	0,99747	22,52	0,99747	22,50	0,99744	22,53
0,99748	22,48	0,99744	22,53	0,99747	22,52	0,99746	22,55
0,99746	22,50	0,99746	22,55	0,99747	22,54	0,99746	22,57
0,99747	22,52	0,99746	22,57	0,99746	22,56	0,99746	22,59
0,99747	22,53	0,99746	22,59	0,99743	22,58	0,99745	22,60
0,99747	22,55	0,99746	22,61	0,99745	22,60	0,99745	22,62
0,99746	22,57	0,99744	22,63	0,99745	22,62	0,99741	22,64
0,99747	22,59	0,99745	22,64	0,99745	22,63	0,99744	22,66
0,99745	22,60	0,99744	22,66	0,99744	22,65	0,99743	22,68
0,99745	22,62	0,99744	22,68	0,99743	22,67	0,99743	22,70
0,99746	22,64	0,99746	22,69	0,99743	22,69	0,99743	22,72
0,99744	22,66	0,99742	22,71	0,99742	22,71	0,99742	22,73
0,99743	22,67	0,99742	22,73	0,99742	22,73	0,99742	22,75
0,99743	22,69	0,99743	22,75	0,99742	22,74	0,99741	22,77
0,99743	22,71	0,99742	22,76	0,99741	22,76	0,99741	22,79
0,99742	22,72	0,99742	22,78	0,99741	22,78	0,99741	22,80
0,99742	22,74	0,99741	22,80			0,99740	22,82
0,99742	22,76	0,99736	22,81			0,99740	22,84
0,99741	22,77	0,99740	22,83				
0,99741	22,79	0,99739	22,85				
0,99741	22,81	0,99739	22,86				
		0,99740	22,88				

Appendix B: Statistische analyse

B.1: Significant onderscheid tussen de concentraties (49 stalen)

ANOVA

Concentratie mengsel (g/l)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	8,342	6	1,390	31,011	,000
Within Groups	136,916	3054	,045		
Total	145,257	3060			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Concentratie mengsel (g/l)

Bonferroni

(I) nummering op basis van conc	(J) nummering op basis van conc	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
0.1	0.25	-,0559224(*)	,0141672	,002	-,099000	-,012845
	0.4	-,1032492(*)	,0143487	,000	-,146878	-,059620
	0.55	-,1311767(*)	,0143653	,000	-,174856	-,087497
	0.7	-,1012687(*)	,0143570	,000	-,144923	-,057614
	0.85	-,0100443	,0143653	1,000	-,053724	,033635
	1	-,1412982(*)	,0143736	,000	-,185003	-,097593
0.25	0.1	,0559224(*)	,0141672	,002	,012845	,099000
	0.4	-,0473268(*)	,0141756	,018	-,090429	-,004224
	0.55	-,0752542(*)	,0141924	,000	-,118408	-,032101
	0.7	-,0453462(*)	,0141839	,029	-,088474	-,002218
	0.85	,0458781(*)	,0141924	,026	,002725	,089032
	1	-,0853757(*)	,0142008	,000	-,128555	-,042196
0.4	0.1	,1032492(*)	,0143487	,000	,059620	,146878
	0.25	,0473268(*)	,0141756	,018	,004224	,090429
	0.55	-,0279275	,0143735	1,000	-,071632	,015777
	0.7	,0019805	,0143652	1,000	-,041699	,045660
	0.85	,0932048(*)	,0143735	,000	,049500	,136909
	1	-,0380490	,0143819	,172	-,081779	,005681
0.55	0.1	,1311767(*)	,0143653	,000	,087497	,174856
	0.25	,0752542(*)	,0141924	,000	,032101	,118408
	0.4	,0279275	,0143735	1,000	-,015777	,071632
	0.7	,0299080	,0143818	,791	-,013822	,073638
	0.85	,1211323(*)	,0143901	,000	,077378	,164887
	1	-,0101215	,0143984	1,000	-,053902	,033659
0.7	0.1	,1012687(*)	,0143570	,000	,057614	,144923
	0.25	,0453462(*)	,0141839	,029	,002218	,088474
	0.4	-,0019805	,0143652	1,000	-,045660	,041699

0.85	0.55	-,0299080	,0143818	,791	-,073638	,013822
	0.85	,0912243(*)	,0143818	,000	,047495	,134954
	1	-,0400295	,0143901	,114	-,083784	,003725
	0.1	,0100443	,0143653	1,000	-,033635	,053724
	0.25	-,0458781(*)	,0141924	,026	-,089032	-,002725
	0.4	-,0932048(*)	,0143735	,000	-,136909	-,049500
	0.55	-,1211323(*)	,0143901	,000	-,164887	-,077378
	0.7	-,0912243(*)	,0143818	,000	-,134954	-,047495
1	1	-,1312538(*)	,0143984	,000	-,175034	-,087474
	0.1	,1412982(*)	,0143736	,000	,097593	,185003
	0.25	,0853757(*)	,0142008	,000	,042196	,128555
	0.4	,0380490	,0143819	,172	-,005681	,081779
	0.55	,0101215	,0143984	1,000	-,033659	,053902
	0.7	,0400295	,0143901	,114	-,003725	,083784
	0.85	,1312538(*)	,0143984	,000	,087474	,175034

* The mean difference is significant at the .05 level.

B.2 Significant onderscheid tussen de korrelgroottes (49 stalen)

ANOVA

Concentratie mengsel (g/l)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	26.959	6	4.493	115.996	.000
Within Groups	118.298	3054	.039		
Total	145.257	3060			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Concentratie mengsel (g/l)

Bonferroni

(I) Diameter klassen	(J) Diameter klassen	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
75µ	300µ	.2960323(*)	.0132392	.000	.255777	.336288
	425µ	.0254299	.0131009	1.000	-.014405	.065265
	600µ	.0323469	.0133722	.328	-.008313	.073007
	850µ	.0381294	.0133966	.094	-.002605	.078863
	1180µ	.0514393(*)	.0133085	.002	.010973	.091905
	1400µ	.0478818(*)	.0132093	.006	.007717	.088046
300µ	75µ	-.2960323(*)	.0132392	.000	-.336288	-.255777
	425µ	-.2706024(*)	.0131311	.000	-.310529	-.230676
	600µ	-.2636853(*)	.0134018	.000	-.304435	-.222935
	850µ	-.2579029(*)	.0134262	.000	-.298727	-.217079
	1180µ	-.2445930(*)	.0133383	.000	-.285150	-.204036

425μ	1400μ	-.2481505(*)	.0132392	.000	-.288406	-.207895
	75μ	-.0254299	.0131009	1.000	-.065265	.014405
	300μ	.2706024(*)	.0131311	.000	.230676	.310529
	600μ	.0069171	.0132652	1.000	-.033417	.047251
	850μ	.0126995	.0132898	1.000	-.027710	.053109
600μ	1180μ	.0260095	.0132009	1.000	-.014130	.066149
	1400μ	.0224519	.0131009	1.000	-.017383	.062287
	75μ	-.0323469	.0133722	.328	-.073007	.008313
	300μ	.2636853(*)	.0134018	.000	.222935	.304435
	425μ	-.0069171	.0132652	1.000	-.047251	.033417
850μ	850μ	.0057824	.0135573	1.000	-.035440	.047005
	1180μ	.0190924	.0134702	1.000	-.021865	.060050
	1400μ	.0155348	.0133722	1.000	-.025125	.056195
	75μ	-.0381294	.0133966	.094	-.078863	.002605
	300μ	.2579029(*)	.0134262	.000	.217079	.298727
1180μ	425μ	-.0126995	.0132898	1.000	-.053109	.027710
	600μ	-.0057824	.0135573	1.000	-.047005	.035440
	1180μ	.0133099	.0134945	1.000	-.027722	.054342
	1400μ	.0097524	.0133966	1.000	-.030982	.050486
	75μ	-.0514393(*)	.0133085	.002	-.091905	-.010973
1400μ	300μ	.2445930(*)	.0133383	.000	.204036	.285150
	425μ	-.0260095	.0132009	1.000	-.066149	.014130
	600μ	-.0190924	.0134702	1.000	-.060050	.021865
	850μ	-.0133099	.0134945	1.000	-.054342	.027722
	1400μ	-.0035576	.0133085	1.000	-.044024	.036909
	75μ	-.0478818(*)	.0132093	.006	-.088046	-.007717
	300μ	.2481505(*)	.0132392	.000	.207895	.288406
	425μ	-.0224519	.0131009	1.000	-.062287	.017383
	600μ	-.0155348	.0133722	1.000	-.056195	.025125
	850μ	-.0097524	.0133966	1.000	-.050486	.030982
	1180μ	.0035576	.0133085	1.000	-.036909	.044024

* The mean difference is significant at the .05 level.

B.3 Significant onderscheid tussen de concentraties voor stalen met dezelfde korrelgrootte (7 stalen, 75 μm)

ANOVA

Concentratie mengsel (g/l)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	12.749	6	2.125	94.776	.000
Within Groups	9.797	437	.022		
Total	22.546	443			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Concentratie mengsel (g/l)

Bonferroni

(I) nummering op basis van conc	(J) nummering op basis van conc	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
0.1	0.25	.2741927(*)	.0266815	.000	.192655	.355730
	0.4	-.1228673(*)	.0263669	.000	-.203443	-.042291
	0.55	-.1667234(*)	.0266815	.000	-.248261	-.085186
	0.7	.0628155	.0265738	.389	-.018393	.144024
	0.85	-.2179607(*)	.0265738	.000	-.299169	-.136753
	1	-.2401196(*)	.0263669	.000	-.320696	-.159544
0.25	0.1	-.2741927(*)	.0266815	.000	-.355730	-.192655
	0.4	-.3970600(*)	.0265804	.000	-.478288	-.315832
	0.55	-.4409161(*)	.0268925	.000	-.523098	-.358734
	0.7	-.2113772(*)	.0267855	.000	-.293232	-.129522
	0.85	-.4921534(*)	.0267855	.000	-.574009	-.410298
	1	-.5143123(*)	.0265804	.000	-.595541	-.433084
0.4	0.1	.1228673(*)	.0263669	.000	.042291	.203443
	0.25	.3970600(*)	.0265804	.000	.315832	.478288
	0.55	-.0438562	.0265804	1.000	-.125084	.037372
	0.7	.1856827(*)	.0264722	.000	.104785	.266580
	0.85	-.0950935(*)	.0264722	.008	-.175991	-.014196
	1	-.1172523(*)	.0262645	.000	-.197515	-.036989
0.55	0.1	.1667234(*)	.0266815	.000	.085186	.248261
	0.25	.4409161(*)	.0268925	.000	.358734	.523098
	0.4	.0438562	.0265804	1.000	-.037372	.125084
	0.7	.2295389(*)	.0267855	.000	.147684	.311394
	0.85	-.0512373	.0267855	1.000	-.133093	.030618
	1	-.0733962	.0265804	.126	-.154624	.007832
0.7	0.1	-.0628155	.0265738	.389	-.144024	.018393
	0.25	.2113772(*)	.0267855	.000	.129522	.293232
	0.4	-.1856827(*)	.0264722	.000	-.266580	-.104785
	0.55	-.2295389(*)	.0267855	.000	-.311394	-.147684
	0.85	-.2807762(*)	.0266782	.000	-.362303	-.199249
	1	-.3029350(*)	.0264722	.000	-.383833	-.222037
0.85	0.1	.2179607(*)	.0265738	.000	.136753	.299169
	0.25	.4921534(*)	.0267855	.000	.410298	.574009
	0.4	.0950935(*)	.0264722	.008	.014196	.175991
	0.55	.0512373	.0267855	1.000	-.030618	.133093
	0.7	.2807762(*)	.0266782	.000	.199249	.362303
	1	-.0221589	.0264722	1.000	-.103056	.058739
1	0.1	.2401196(*)	.0263669	.000	.159544	.320696
	0.25	.5143123(*)	.0265804	.000	.433084	.595541
	0.4	.1172523(*)	.0262645	.000	.036989	.197515

0.55	.0733962	.0265804	.126	-.007832	.154624
0.7	.3029350(*)	.0264722	.000	.222037	.383833
0.85	.0221589	.0264722	1.000	-.058739	.103056

* The mean difference is significant at the .05 level.

B.4 Significant onderscheid tussen de concentraties voor stalen met dezelfde korrelgrootte (7 stalen, 300 µm)

ANOVA

Concentratie mengsel (g/l)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	52.945	6	8.824	94.616	.000
Within Groups	40.383	433	.093		
Total	93.327	439			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Concentratie mengsel (g/l)

Bonferroni

(I) nummering op basis van conc	(J) nummering op basis van conc	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
0.1	0.25	-.5734564(*)	.0535941	.000	-.737246	-.409667
	0.4	-.5504653(*)	.0540450	.000	-.715633	-.385297
	0.55	-.6641358(*)	.0535941	.000	-.827926	-.500346
	0.7	-.6859253(*)	.0538164	.000	-.850394	-.521456
	0.85	.2521674(*)	.0535941	.000	.088378	.415957
	1	-.6099784(*)	.0540450	.000	-.775146	-.444810
0.25	0.1	.5734564(*)	.0535941	.000	.409667	.737246
	0.4	.0229912	.0548566	1.000	-.144657	.190639
	0.55	-.0906794	.0544124	1.000	-.256970	.075611
	0.7	-.1124689	.0546314	.843	-.279429	.054491
	0.85	.8256238(*)	.0544124	.000	.659333	.991914
	1	-.0365220	.0548566	1.000	-.204170	.131126
0.4	0.1	.5504653(*)	.0540450	.000	.385297	.715633
	0.25	-.0229912	.0548566	1.000	-.190639	.144657
	0.55	-.1136705	.0548566	.816	-.281319	.053978
	0.7	-.1354600	.0550738	.300	-.303772	.032852
	0.85	.8026327(*)	.0548566	.000	.634985	.970281
	1	-.0595131	.0552972	1.000	-.228508	.109482
0.55	0.1	.6641358(*)	.0535941	.000	.500346	.827926
	0.25	.0906794	.0544124	1.000	-.075611	.256970
	0.4	.1136705	.0548566	.816	-.053978	.281319
	0.7	-.0217895	.0546314	1.000	-.188749	.145170

0.7	0.85	.9163032(*)	.0544124	.000	.750013	1.082594
	1	.0541574	.0548566	1.000	-.113491	.221805
	0.1	.6859253(*)	.0538164	.000	.521456	.850394
	0.25	.1124689	.0546314	.843	-.054491	.279429
	0.4	.1354600	.0550738	.300	-.032852	.303772
0.85	0.55	.0217895	.0546314	1.000	-.145170	.188749
	0.85	.9380927(*)	.0546314	.000	.771133	1.105052
	1	.0759469	.0550738	1.000	-.092365	.244259
	0.1	-.2521674(*)	.0535941	.000	-.415957	-.088378
	0.25	-.8256238(*)	.0544124	.000	-.991914	-.659333
1	0.4	-.8026327(*)	.0548566	.000	-.970281	-.634985
	0.55	-.9163032(*)	.0544124	.000	-1.082594	-.750013
	0.7	-.9380927(*)	.0546314	.000	-1.105052	-.771133
	1	-.8621458(*)	.0548566	.000	-1.029794	-.694498
	0.1	.6099784(*)	.0540450	.000	.444810	.775146
	0.25	.0365220	.0548566	1.000	-.131126	.204170
	0.4	.0595131	.0552972	1.000	-.109482	.228508
	0.55	-.0541574	.0548566	1.000	-.221805	.113491
	0.7	-.0759469	.0550738	1.000	-.244259	.092365
	0.85	.8621458(*)	.0548566	.000	.694498	1.029794

* The mean difference is significant at the .05 level.

B.5 Significant onderscheid tussen de concentraties voor stalen met dezelfde korrelgrootte (7 stalen, 425 µm)

ANOVA

Concentratie mengsel (g/l)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.076	6	.013	31.980	.000
Within Groups	.180	452	.000		
Total	.256	458			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Concentratie mengsel (g/l)

Bonferroni

(I) nummering op basis van conc	(J) nummering op basis van conc	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
0.1	0.25	-.0043048	.0032721	1.000	-.014302	.005693
	0.4	-.0064581	.0035844	1.000	-.017410	.004494
	0.55	-.0159099(*)	.0036141	.000	-.026952	-.004867
	0.7	-.0230623(*)	.0035991	.000	-.034059	-.012066
	0.85	-.0347183(*)	.0036141	.000	-.045761	-.023676

0.25	1	-.0332410(*)	.0035991	.000	-.044237	-.022245
	0.1	.0043048	.0032721	1.000	-.005693	.014302
	0.4	-.0021532	.0032721	1.000	-.012151	.007844
	0.55	-.0116051(*)	.0033046	.010	-.021702	-.001508
	0.7	-.0187574(*)	.0032881	.000	-.028804	-.008711
	0.85	-.0304134(*)	.0033046	.000	-.040510	-.020317
0.4	1	-.0289361(*)	.0032881	.000	-.038983	-.018890
	0.1	.0064581	.0035844	1.000	-.004494	.017410
	0.25	.0021532	.0032721	1.000	-.007844	.012151
	0.55	-.0094519	.0036141	.194	-.020494	.001591
	0.7	-.0166042(*)	.0035991	.000	-.027601	-.005608
	0.85	-.0282602(*)	.0036141	.000	-.039303	-.017218
0.55	1	-.0267829(*)	.0035991	.000	-.037779	-.015787
	0.1	.0159099(*)	.0036141	.000	.004867	.026952
	0.25	.0116051(*)	.0033046	.010	.001508	.021702
	0.4	.0094519	.0036141	.194	-.001591	.020494
	0.7	-.0071523	.0036287	1.000	-.018239	.003935
	0.85	-.0188083(*)	.0036436	.000	-.029941	-.007676
0.7	1	-.0173310(*)	.0036287	.000	-.028418	-.006244
	0.1	.0230623(*)	.0035991	.000	.012066	.034059
	0.25	.0187574(*)	.0032881	.000	.008711	.028804
	0.4	.0166042(*)	.0035991	.000	.005608	.027601
	0.55	.0071523	.0036287	1.000	-.003935	.018239
	0.85	-.0116560(*)	.0036287	.030	-.022743	-.000569
0.85	1	-.0101787	.0036137	.106	-.021220	.000862
	0.1	.0347183(*)	.0036141	.000	.023676	.045761
	0.25	.0304134(*)	.0033046	.000	.020317	.040510
	0.4	.0282602(*)	.0036141	.000	.017218	.039303
	0.55	.0188083(*)	.0036436	.000	.007676	.029941
	0.7	.0116560(*)	.0036287	.030	.000569	.022743
1	1	.0014773	.0036287	1.000	-.009610	.012564
	0.1	.0332410(*)	.0035991	.000	.022245	.044237
	0.25	.0289361(*)	.0032881	.000	.018890	.038983
	0.4	.0267829(*)	.0035991	.000	.015787	.037779
	0.55	.0173310(*)	.0036287	.000	.006244	.028418
	0.7	.0101787	.0036137	.106	-.000862	.021220
	0.85	-.0014773	.0036287	1.000	-.012564	.009610

* The mean difference is significant at the .05 level.

B.6 Significant onderscheid tussen de concentraties voor stalen met dezelfde korrelgrootte
(7 stalen, 600 μm)

ANOVA

Concentratie mengsel (g/l)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.038	6	.006	7.451	.000
Within Groups	.355	416	.001		
Total	.393	422			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Concentratie mengsel (g/l)

Bonferroni

(I) nummering op basis van conc	(J) nummering op basis van conc	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
0.1	0.25	.0171607(*)	.0053133	.028	.000919	.033403
	0.4	.0293231(*)	.0052906	.000	.013151	.045496
	0.55	.0148753	.0052685	.105	-.001230	.030980
	0.7	.0082507	.0052685	1.000	-.007854	.024356
	0.85	.0002933	.0052685	1.000	-.015812	.016398
	1	.0118285	.0053133	.557	-.004414	.028070
0.25	0.1	-.0171607(*)	.0053133	.028	-.033403	-.000919
	0.4	.0121624	.0053563	.497	-.004211	.028536
	0.55	-.0022854	.0053345	1.000	-.018592	.014021
	0.7	-.0089100	.0053345	1.000	-.025217	.007397
	0.85	-.0168674(*)	.0053345	.035	-.033174	-.000561
	1	-.0053322	.0053788	1.000	-.021774	.011110
0.4	0.1	-.0293231(*)	.0052906	.000	-.045496	-.013151
	0.25	-.0121624	.0053563	.497	-.028536	.004211
	0.55	-.0144478	.0053119	.143	-.030685	.001790
	0.7	-.0210724(*)	.0053119	.002	-.037310	-.004835
	0.85	-.0290298(*)	.0053119	.000	-.045267	-.012792
	1	-.0174946(*)	.0053563	.025	-.033868	-.001121
0.55	0.1	-.0148753	.0052685	.105	-.030980	.001230
	0.25	.0022854	.0053345	1.000	-.014021	.018592
	0.4	.0144478	.0053119	.143	-.001790	.030685
	0.7	-.0066246	.0052899	1.000	-.022795	.009546
	0.85	-.0145820	.0052899	.128	-.030752	.001588
	1	-.0030468	.0053345	1.000	-.019354	.013260
0.7	0.1	-.0082507	.0052685	1.000	-.024356	.007854
	0.25	.0089100	.0053345	1.000	-.007397	.025217
	0.4	.0210724(*)	.0053119	.002	.004835	.037310

0.85	0.55	.0066246	.0052899	1.000	-.009546	.022795
	0.85	-.0079574	.0052899	1.000	-.024128	.008213
	1	.0035778	.0053345	1.000	-.012729	.019885
	0.1	-.0002933	.0052685	1.000	-.016398	.015812
	0.25	.0168674(*)	.0053345	.035	.000561	.033174
	0.4	.0290298(*)	.0053119	.000	.012792	.045267
	0.55	.0145820	.0052899	.128	-.001588	.030752
1	0.7	.0079574	.0052899	1.000	-.008213	.024128
	1	.0115351	.0053345	.654	-.004772	.027842
	0.1	-.0118285	.0053133	.557	-.028070	.004414
	0.25	.0053322	.0053788	1.000	-.011110	.021774
	0.4	.0174946(*)	.0053563	.025	.001121	.033868
	0.55	.0030468	.0053345	1.000	-.013260	.019354
	0.7	-.0035778	.0053345	1.000	-.019885	.012729
	0.85	-.0115351	.0053345	.654	-.027842	.004772

* The mean difference is significant at the .05 level.

B.7 Significant onderscheid tussen de concentraties voor stalen met dezelfde korrelgrootte (7 stalen, 850 µm)

ANOVA

Concentratie mengsel (g/l)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.018	6	.003	4.334	.000
Within Groups	.293	413	.001		
Total	.311	419			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Concentratie mengsel (g/l)

Bonferroni

(I) nummering op basis van conc	(J) nummering op basis van conc	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
0.1	0.25	.0001383	.0049235	1.000	-.014913	.015189
	0.4	.0013961	.0048621	1.000	-.013467	.016260
	0.55	.0047330	.0048820	1.000	-.010191	.019657
	0.7	.0070130	.0048820	1.000	-.007911	.021937
	0.85	-.0010957	.0048621	1.000	-.015959	.013768
	1	-.0151711(*)	.0048621	.041	-.030035	-.000308
0.25	0.1	-.0001383	.0049235	1.000	-.015189	.014913
	0.4	.0012579	.0048834	1.000	-.013671	.016186
	0.55	.0045948	.0049031	1.000	-.010394	.019584

0.4	0.7	.0068748	.0049031	1.000	-.008114	.021864
	0.85	-.0012339	.0048834	1.000	-.016162	.013694
	1	-.0153094(*)	.0048834	.039	-.030238	-.000381
	0.1	-.0013961	.0048621	1.000	-.016260	.013467
	0.25	-.0012579	.0048834	1.000	-.016186	.013671
0.55	0.55	.0033369	.0048415	1.000	-.011463	.018137
	0.7	.0056169	.0048415	1.000	-.009183	.020417
	0.85	-.0024918	.0048214	1.000	-.017231	.012247
	1	-.0165672(*)	.0048214	.014	-.031306	-.001828
	0.1	-.0047330	.0048820	1.000	-.019657	.010191
0.7	0.25	-.0045948	.0049031	1.000	-.019584	.010394
	0.4	-.0033369	.0048415	1.000	-.018137	.011463
	0.7	.0022800	.0048614	1.000	-.012581	.017141
	0.85	-.0058287	.0048415	1.000	-.020629	.008972
	1	-.0199041(*)	.0048415	.001	-.034704	-.005104
0.85	0.1	-.0070130	.0048820	1.000	-.021937	.007911
	0.25	-.0068748	.0049031	1.000	-.021864	.008114
	0.4	-.0056169	.0048415	1.000	-.020417	.009183
	0.55	-.0022800	.0048614	1.000	-.017141	.012581
	0.85	-.0081087	.0048415	1.000	-.022909	.006692
1	1	-.0221841(*)	.0048415	.000	-.036984	-.007384
	0.1	.0010957	.0048621	1.000	-.013768	.015959
	0.25	.0012339	.0048834	1.000	-.013694	.016162
	0.4	.0024918	.0048214	1.000	-.012247	.017231
	0.55	.0058287	.0048415	1.000	-.008972	.020629
	0.7	.0081087	.0048415	1.000	-.006692	.022909
	1	-.0140754	.0048214	.078	-.028814	.000664
	0.1	.0151711(*)	.0048621	.041	.000308	.030035
	0.25	.0153094(*)	.0048834	.039	.000381	.030238
	0.4	.0165672(*)	.0048214	.014	.001828	.031306
	0.55	.0199041(*)	.0048415	.001	.005104	.034704
	0.7	.0221841(*)	.0048415	.000	.007384	.036984
	0.85	.0140754	.0048214	.078	-.000664	.028814

* The mean difference is significant at the .05 level.

B.8 Significant onderscheid tussen de concentraties voor stalen met dezelfde korrelgrootte (7 stalen, 1180 μm)

ANOVA

Concentratie mengsel (g/l)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.070	6	.012	4.482	.000
Within Groups	1.106	424	.003		
Total	1.176	430			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Concentratie mengsel (g/l)

Bonferroni

(I) nummering op basis van conc	(J) nummering op basis van conc	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
0.1	0.25	-.0348210(*)	.0092875	.004	-.063208	-.006434
	0.4	-.0233884	.0092514	.248	-.051665	.004889
	0.55	-.0386547(*)	.0093245	.001	-.067155	-.010154
	0.7	-.0250445	.0093626	.163	-.053661	.003572
	0.85	-.0311381(*)	.0092164	.017	-.059308	-.002968
	1	-.0416613(*)	.0092875	.000	-.070048	-.013274
0.25	0.1	.0348210(*)	.0092875	.004	.006434	.063208
	0.4	.0114326	.0091351	1.000	-.016489	.039354
	0.55	-.0038337	.0092091	1.000	-.031981	.024314
	0.7	.0097766	.0092477	1.000	-.018489	.038042
	0.85	.0036829	.0090997	1.000	-.024130	.031496
	1	-.0068403	.0091716	1.000	-.034873	.021193
0.4	0.1	.0233884	.0092514	.248	-.004889	.051665
	0.25	-.0114326	.0091351	1.000	-.039354	.016489
	0.55	-.0152663	.0091728	1.000	-.043303	.012770
	0.7	-.0016560	.0092115	1.000	-.029811	.026499
	0.85	-.0077497	.0090629	1.000	-.035450	.019951
	1	-.0182729	.0091351	.968	-.046194	.009649
0.55	0.1	.0386547(*)	.0093245	.001	.010154	.067155
	0.25	.0038337	.0092091	1.000	-.024314	.031981
	0.4	.0152663	.0091728	1.000	-.012770	.043303
	0.7	.0136102	.0092849	1.000	-.014769	.041990
	0.85	.0075166	.0091375	1.000	-.020412	.035445
	1	-.0030067	.0092091	1.000	-.031154	.025141
0.7	0.1	.0250445	.0093626	.163	-.003572	.053661
	0.25	-.0097766	.0092477	1.000	-.038042	.018489
	0.4	.0016560	.0092115	1.000	-.026499	.029811
	0.55	-.0136102	.0092849	1.000	-.041990	.014769
	0.85	-.0060936	.0091764	1.000	-.034141	.021954
	1	-.0166169	.0092477	1.000	-.044883	.011649
0.85	0.1	.0311381(*)	.0092164	.017	.002968	.059308
	0.25	-.0036829	.0090997	1.000	-.031496	.024130
	0.4	.0077497	.0090629	1.000	-.019951	.035450
	0.55	-.0075166	.0091375	1.000	-.035445	.020412
	0.7	.0060936	.0091764	1.000	-.021954	.034141
	1	-.0105232	.0090997	1.000	-.038336	.017290
1	0.1	.0416613(*)	.0092875	.000	.013274	.070048

0.25	.0068403	.0091716	1.000	-.021193	.034873
0.4	.0182729	.0091351	.968	-.009649	.046194
0.55	.0030067	.0092091	1.000	-.025141	.031154
0.7	.0166169	.0092477	1.000	-.011649	.044883
0.85	.0105232	.0090997	1.000	-.017290	.038336

* The mean difference is significant at the .05 level.

B.9 Significant onderscheid tussen de concentraties voor stalen met dezelfde korrelgrootte (7 stalen, 1400 μm)

ANOVA

Concentratie mengsel (g/l)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.005	6	.001	1.236	.286
Within Groups	.284	437	.001		
Total	.288	443			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Concentratie mengsel (g/l)

Bonferroni

(I) nummering op basis van conc	(J) nummering op basis van conc	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
0.1	0.25	-.0019292	.0045752	1.000	-.015911	.012052
	0.4	.0045635	.0045382	1.000	-.009305	.018432
	0.55	-.0043693	.0044863	1.000	-.018079	.009341
	0.7	-.0061528	.0044699	1.000	-.019813	.007507
	0.85	-.0041751	.0045752	1.000	-.018157	.009807
	1	-.0012778	.0045382	1.000	-.015146	.012591
0.25	0.1	.0019292	.0045752	1.000	-.012052	.015911
	0.4	.0064927	.0045752	1.000	-.007489	.020474
	0.55	-.0024401	.0045238	1.000	-.016265	.011384
	0.7	-.0042235	.0045076	1.000	-.017998	.009551
	0.85	-.0022459	.0046120	1.000	-.016340	.011848
	1	.0006514	.0045752	1.000	-.013330	.014633
0.4	0.1	-.0045635	.0045382	1.000	-.018432	.009305
	0.25	-.0064927	.0045752	1.000	-.020474	.007489
	0.55	-.0089328	.0044863	.989	-.022643	.004777
	0.7	-.0107163	.0044699	.356	-.024376	.002944
	0.85	-.0087386	.0045752	1.000	-.022720	.005243
	1	-.0058413	.0045382	1.000	-.019710	.008027
0.55	0.1	.0043693	.0044863	1.000	-.009341	.018079
	0.25	.0024401	.0045238	1.000	-.011384	.016265

0.7	0.4	.0089328	.0044863	.989	-.004777	.022643
	0.7	-.0017834	.0044173	1.000	-.015282	.011716
	0.85	.0001942	.0045238	1.000	-.013630	.014019
	1	.0030916	.0044863	1.000	-.010618	.016802
	0.1	.0061528	.0044699	1.000	-.007507	.019813
0.85	0.25	.0042235	.0045076	1.000	-.009551	.017998
	0.4	.0107163	.0044699	.356	-.002944	.024376
	0.55	.0017834	.0044173	1.000	-.011716	.015282
	0.85	.0019776	.0045076	1.000	-.011797	.015752
	1	.0048750	.0044699	1.000	-.008785	.018535
1	0.1	.0041751	.0045752	1.000	-.009807	.018157
	0.25	.0022459	.0046120	1.000	-.011848	.016340
	0.4	.0087386	.0045752	1.000	-.005243	.022720
	0.55	-.0001942	.0045238	1.000	-.014019	.013630
	0.7	-.0019776	.0045076	1.000	-.015752	.011797
	1	.0028973	.0045752	1.000	-.011084	.016879
	0.1	.0012778	.0045382	1.000	-.012591	.015146
	0.25	-.0006514	.0045752	1.000	-.014633	.013330
	0.4	.0058413	.0045382	1.000	-.008027	.019710
	0.55	-.0030916	.0044863	1.000	-.016802	.010618
	0.7	-.0048750	.0044699	1.000	-.018535	.008785
	0.85	-.0028973	.0045752	1.000	-.016879	.011084

B.10 Significant onderscheid tussen de korrelgroottes voor stalen met dezelfde concentratie
(7 stalen, 0,1 g/l)

ANOVA

Concentratie mengsel (g/l)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	23.817	6	3.969	73.836	.000
Within Groups	23.063	429	.054		
Total	46.880	435			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Concentratie mengsel (g/l)

Bonferroni

(I) Diameter klassen	(J) Diameter klassen	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
75μ	300μ	.6345131(*)	.0405265	.000	.510653	.758374
	425μ	-.0188718	.0413171	1.000	-.145149	.107405
	600μ	-.0393799	.0413171	1.000	-.165657	.086897
	850μ	-.0215548	.0418473	1.000	-.149452	.106342

300μ	1180μ	.0192944	.0418473	1.000	-.108603	.147192
	1400μ	-.0103147	.0411502	1.000	-.136082	.115452
	75μ	-.6345131(*)	.0405265	.000	-.758374	-.510653
	425μ	-.6533850(*)	.0408594	.000	-.778263	-.528507
	600μ	-.6738930(*)	.0408594	.000	-.798771	-.549015
425μ	850μ	-.6560679(*)	.0413955	.000	-.782584	-.529552
	1180μ	-.6152188(*)	.0413955	.000	-.741735	-.488702
	1400μ	-.6448278(*)	.0406907	.000	-.769190	-.520466
	75μ	.0188718	.0413171	1.000	-.107405	.145149
	300μ	.6533850(*)	.0408594	.000	.528507	.778263
600μ	600μ	-.0205081	.0416438	1.000	-.147783	.106767
	850μ	-.0026830	.0421698	1.000	-.131566	.126200
	1180μ	.0381662	.0421698	1.000	-.090717	.167049
	1400μ	.0085571	.0414782	1.000	-.118212	.135326
	75μ	.0393799	.0413171	1.000	-.086897	.165657
850μ	300μ	.6738930(*)	.0408594	.000	.549015	.798771
	425μ	.0205081	.0416438	1.000	-.106767	.147783
	850μ	.0178251	.0421698	1.000	-.111058	.146708
	1180μ	.0586742	.0421698	1.000	-.070209	.187557
	1400μ	.0290652	.0414782	1.000	-.097704	.155834
1180μ	75μ	.0215548	.0418473	1.000	-.106342	.149452
	300μ	.6560679(*)	.0413955	.000	.529552	.782584
	425μ	.0026830	.0421698	1.000	-.126200	.131566
	600μ	-.0178251	.0421698	1.000	-.146708	.111058
	1180μ	.0408492	.0426894	1.000	-.089622	.171320
1400μ	1400μ	.0112401	.0420063	1.000	-.117143	.139623
	75μ	-.0192944	.0418473	1.000	-.147192	.108603
	300μ	.6152188(*)	.0413955	.000	.488702	.741735
	425μ	-.0381662	.0421698	1.000	-.167049	.090717
	600μ	-.0586742	.0421698	1.000	-.187557	.070209
	850μ	-.0408492	.0426894	1.000	-.171320	.089622
	1400μ	-.0296091	.0420063	1.000	-.157992	.098774
	75μ	.0103147	.0411502	1.000	-.115452	.136082
	300μ	.6448278(*)	.0406907	.000	.520466	.769190
	425μ	-.0085571	.0414782	1.000	-.135326	.118212
	600μ	-.0290652	.0414782	1.000	-.155834	.097704
	850μ	-.0112401	.0420063	1.000	-.139623	.117143
	1180μ	.0296091	.0420063	1.000	-.098774	.157992

* The mean difference is significant at the .05 level.

B.11 Significant onderscheid tussen de korrelgroottes voor stalen met dezelfde concentratie
(7 stalen, 0,25 g/l)

ANOVA

Concentratie mengsel (g/l)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4.571	6	.762	44.496	.000
Within Groups	7.722	451	.017		
Total	12.294	457			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Concentratie mengsel (g/l)

Bonferroni

(I) Diameter klassen	(J) Diameter klassen	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
75µ	300µ	-.2131360(*)	.0234086	.000	-.284658	-.141614
	425µ	-.2973694(*)	.0214543	.000	-.362921	-.231818
	600µ	-.2964119(*)	.0237989	.000	-.369127	-.223697
	850µ	-.2956092(*)	.0239038	.000	-.368645	-.222574
	1180µ	-.2897194(*)	.0235020	.000	-.361527	-.217911
	1400µ	-.2864366(*)	.0235982	.000	-.358538	-.214335
300µ	75µ	.2131360(*)	.0234086	.000	.141614	.284658
	425µ	-.0842334(*)	.0213519	.002	-.149472	-.018995
	600µ	-.0832759(*)	.0237066	.010	-.155709	-.010843
	850µ	-.0824733(*)	.0238119	.012	-.155228	-.009718
	1180µ	-.0765834(*)	.0234086	.024	-.148106	-.005061
	1400µ	-.0733007(*)	.0235051	.041	-.145118	-.001483
425µ	75µ	.2973694(*)	.0214543	.000	.231818	.362921
	300µ	.0842334(*)	.0213519	.002	.018995	.149472
	600µ	.0009575	.0217791	1.000	-.065586	.067501
	850µ	.0017601	.0218937	1.000	-.065134	.068654
	1180µ	.0076500	.0214543	1.000	-.057901	.073201
	1400µ	.0109327	.0215596	1.000	-.054940	.076806
600µ	75µ	.2964119(*)	.0237989	.000	.223697	.369127
	300µ	.0832759(*)	.0237066	.010	.010843	.155709
	425µ	-.0009575	.0217791	1.000	-.067501	.065586
	850µ	.0008027	.0241958	1.000	-.073125	.074730
	1180µ	.0066925	.0237989	1.000	-.066022	.079408
	1400µ	.0099753	.0238938	1.000	-.063030	.082980
850µ	75µ	.2956092(*)	.0239038	.000	.222574	.368645
	300µ	.0824733(*)	.0238119	.012	.009718	.155228
	425µ	-.0017601	.0218937	1.000	-.068654	.065134

1180μ	600μ	-.0008027	.0241958	1.000	-.074730	.073125
	1180μ	.0058899	.0239038	1.000	-.067146	.078925
	1400μ	.0091726	.0239983	1.000	-.064152	.082497
	75μ	.2897194(*)	.0235020	.000	.217911	.361527
	300μ	.0765834(*)	.0234086	.024	.005061	.148106
	425μ	-.0076500	.0214543	1.000	-.073201	.057901
1400μ	600μ	-.0066925	.0237989	1.000	-.079408	.066022
	850μ	-.0058899	.0239038	1.000	-.078925	.067146
	1400μ	.0032827	.0235982	1.000	-.068819	.075384
	75μ	.2864366(*)	.0235982	.000	.214335	.358538
	300μ	.0733007(*)	.0235051	.041	.001483	.145118
	425μ	-.0109327	.0215596	1.000	-.076806	.054940
	600μ	-.0099753	.0238938	1.000	-.082980	.063030
	850μ	-.0091726	.0239983	1.000	-.082497	.064152
	1180μ	-.0032827	.0235982	1.000	-.075384	.068819

* The mean difference is significant at the .05 level.

B.12 Significant onderscheid tussen de korrelgroottes voor stalen met dezelfde concentratie (7 stalen, 0,4 g/l)

ANOVA

Concentratie mengsel (g/l)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.377	6	.230	60.728	.000
Within Groups	1.618	428	.004		
Total	2.995	434			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Concentratie mengsel (g/l)

Bonferroni

(I) Diameter klassen	(J) Diameter klassen	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
75μ	300μ	.2069152(*)	.0109589	.000	.173421	.240409
	425μ	.0975374(*)	.0109132	.000	.064183	.130892
	600μ	.1128105(*)	.0110059	.000	.079173	.146448
	850μ	.1027086(*)	.0109589	.000	.069215	.136203
	1180μ	.1187732(*)	.0108688	.000	.085555	.151992
	1400μ	.1171161(*)	.0108688	.000	.083897	.150335
300μ	75μ	-.2069152(*)	.0109589	.000	-.240409	-.173421
	425μ	-.1093778(*)	.0110865	.000	-.143262	-.075494
	600μ	-.0941046(*)	.0111778	.000	-.128268	-.059942
	850μ	-.1042066(*)	.0111315	.000	-.138228	-.070185

425μ	1180μ	-.0881419(*)	.0110428	.000	-.121892	-.054392
	1400μ	-.0897991(*)	.0110428	.000	-.123549	-.056049
	75μ	-.0975374(*)	.0109132	.000	-.130892	-.064183
	300μ	.1093778(*)	.0110865	.000	.075494	.143262
	600μ	.0152731	.0111330	1.000	-.018753	.049299
600μ	850μ	.0051712	.0110865	1.000	-.028713	.039055
	1180μ	.0212358	.0109975	1.000	-.012376	.054848
	1400μ	.0195787	.0109975	1.000	-.014033	.053190
	75μ	-.1128105(*)	.0110059	.000	-.146448	-.079173
	300μ	.0941046(*)	.0111778	.000	.059942	.128268
850μ	425μ	-.0152731	.0111330	1.000	-.049299	.018753
	850μ	-.0101019	.0111778	1.000	-.044265	.024061
	1180μ	.0059627	.0110894	1.000	-.027930	.039856
	1400μ	.0043056	.0110894	1.000	-.029587	.038199
	75μ	-.1027086(*)	.0109589	.000	-.136203	-.069215
1180μ	300μ	.1042066(*)	.0111315	.000	.070185	.138228
	425μ	-.0051712	.0110865	1.000	-.039055	.028713
	600μ	.0101019	.0111778	1.000	-.024061	.044265
	1180μ	.0160646	.0110428	1.000	-.017686	.049815
	1400μ	.0144075	.0110428	1.000	-.019343	.048158
1400μ	75μ	-.1187732(*)	.0108688	.000	-.151992	-.085555
	300μ	.0881419(*)	.0110428	.000	.054392	.121892
	425μ	-.0212358	.0109975	1.000	-.054848	.012376
	600μ	-.0059627	.0110894	1.000	-.039856	.027930
	850μ	-.0160646	.0110428	1.000	-.049815	.017686
	1400μ	-.0016571	.0109534	1.000	-.035134	.031820
	75μ	-.1171161(*)	.0108688	.000	-.150335	-.083897
	300μ	.0897991(*)	.0110428	.000	.056049	.123549
	425μ	-.0195787	.0109975	1.000	-.053190	.014033
	600μ	-.0043056	.0110894	1.000	-.038199	.029587
	850μ	-.0144075	.0110428	1.000	-.048158	.019343
	1180μ	.0016571	.0109534	1.000	-.031820	.035134

* The mean difference is significant at the .05 level.

B.13 Significant onderscheid tussen de korrelgroottes voor stalen met dezelfde concentratie (7 stalen, 0,55 g/l)

ANOVA

Concentratie mengsel (g/l)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.113	6	.186	141.913	.000
Within Groups	.557	426	.001		
Total	1.670	432			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Concentratie mengsel (g/l)

Bonferroni

(I) Diameter klassen	(J) Diameter klassen	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
75µ	300µ	.1371008(*)	.0064681	.000	.117332	.156870
	425µ	.1319417(*)	.0065478	.000	.111929	.151955
	600µ	.1422189(*)	.0065205	.000	.122290	.162148
	850µ	.1499017(*)	.0065478	.000	.129889	.169915
	1180µ	.1473631(*)	.0065205	.000	.127434	.167292
	1400µ	.1520394(*)	.0063948	.000	.132494	.171585
300µ	75µ	-.1371008(*)	.0064681	.000	-.156870	-.117332
	425µ	-.0051591	.0065222	1.000	-.025094	.014775
	600µ	.0051181	.0064948	1.000	-.014733	.024969
	850µ	.0128009	.0065222	1.000	-.007134	.032735
	1180µ	.0102623	.0064948	1.000	-.009588	.030113
	1400µ	.0149386	.0063686	.408	-.004526	.034404
425µ	75µ	-.1319417(*)	.0065478	.000	-.151955	-.111929
	300µ	.0051591	.0065222	1.000	-.014775	.025094
	600µ	.0102772	.0065742	1.000	-.009816	.030371
	850µ	.0179600	.0066013	.142	-.002216	.038136
	1180µ	.0154214	.0065742	.408	-.004672	.035515
	1400µ	.0200977(*)	.0064495	.041	.000385	.039810
600µ	75µ	-.1422189(*)	.0065205	.000	-.162148	-.122290
	300µ	-.0051181	.0064948	1.000	-.024969	.014733
	425µ	-.0102772	.0065742	1.000	-.030371	.009816
	850µ	.0076828	.0065742	1.000	-.012411	.027776
	1180µ	.0051443	.0065469	1.000	-.014866	.025154
	1400µ	.0098205	.0064218	1.000	-.009807	.029448
850µ	75µ	-.1499017(*)	.0065478	.000	-.169915	-.129889
	300µ	-.0128009	.0065222	1.000	-.032735	.007134
	425µ	-.0179600	.0066013	.142	-.038136	.002216
	600µ	-.0076828	.0065742	1.000	-.027776	.012411
	1180µ	-.0025386	.0065742	1.000	-.022632	.017555
	1400µ	.0021377	.0064495	1.000	-.017575	.021850
1180µ	75µ	-.1473631(*)	.0065205	.000	-.167292	-.127434
	300µ	-.0102623	.0064948	1.000	-.030113	.009588
	425µ	-.0154214	.0065742	.408	-.035515	.004672
	600µ	-.0051443	.0065469	1.000	-.025154	.014866
	850µ	.0025386	.0065742	1.000	-.017555	.022632
	1400µ	.0046763	.0064218	1.000	-.014951	.024304
1400µ	75µ	-.1520394(*)	.0063948	.000	-.171585	-.132494
	300µ	-.0149386	.0063686	.408	-.034404	.004526

425μ	-.0200977(*)	.0064495	.041	-.039810	-.000385
600μ	-.0098205	.0064218	1.000	-.029448	.009807
850μ	-.0021377	.0064495	1.000	-.021850	.017575
1180μ	-.0046763	.0064218	1.000	-.024304	.014951

* The mean difference is significant at the .05 level.

B.14 Significant onderscheid tussen de korrelgroottes voor stalen met dezelfde concentratie
(7 stalen, 0,7 g/l)

ANOVA

Concentratie mengsel (g/l)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.529	6	.088	42.013	.000
Within Groups	.895	427	.002		
Total	1.424	433			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Concentratie mengsel (g/l)

Bonferroni

(I) Diameter klassen	(J) Diameter klassen	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
75μ	300μ	-.1142276(*)	.0081913	.000	-.139263	-.089192
	425μ	-.1047495(*)	.0082251	.000	-.129888	-.079611
	600μ	-.0939446(*)	.0082251	.000	-.119083	-.068806
	850μ	-.0773572(*)	.0082598	.000	-.102602	-.052112
	1180μ	-.0685656(*)	.0082598	.000	-.093811	-.043321
	1400μ	-.0792829(*)	.0080358	.000	-.103843	-.054723
300μ	75μ	.1142276(*)	.0081913	.000	.089192	.139263
	425μ	.0094781	.0082576	1.000	-.015760	.034716
	600μ	.0202830	.0082576	.303	-.004955	.045521
	850μ	.0368704(*)	.0082922	.000	.011526	.062215
	1180μ	.0456620(*)	.0082922	.000	.020318	.071006
	1400μ	.0349447(*)	.0080691	.000	.010283	.059607
425μ	75μ	.1047495(*)	.0082251	.000	.079611	.129888
	300μ	-.0094781	.0082576	1.000	-.034716	.015760
	600μ	.0108049	.0082911	1.000	-.014536	.036146
	850μ	.0273923(*)	.0083256	.023	.001946	.052838
	1180μ	.0361840(*)	.0083256	.000	.010738	.061630
	1400μ	.0254666(*)	.0081034	.038	.000700	.050234
600μ	75μ	.0939446(*)	.0082251	.000	.068806	.119083
	300μ	-.0202830	.0082576	.303	-.045521	.004955
	425μ	-.0108049	.0082911	1.000	-.036146	.014536

850μ	850μ	.0165874	.0083256	.986	-.008859	.042033
	1180μ	.0253791	.0083256	.051	-.000067	.050825
	1400μ	.0146617	.0081034	1.000	-.010105	.039429
	75μ	.0773572(*)	.0082598	.000	.052112	.102602
	300μ	-.0368704(*)	.0082922	.000	-.062215	-.011526
	425μ	-.0273923(*)	.0083256	.023	-.052838	-.001946
1180μ	600μ	-.0165874	.0083256	.986	-.042033	.008859
	1180μ	.0087917	.0083599	1.000	-.016759	.034343
	1400μ	-.0019257	.0081386	1.000	-.026800	.022949
	75μ	.0685656(*)	.0082598	.000	.043321	.093811
	300μ	-.0456620(*)	.0082922	.000	-.071006	-.020318
	425μ	-.0361840(*)	.0083256	.000	-.061630	-.010738
1400μ	600μ	-.0253791	.0083256	.051	-.050825	.000067
	850μ	-.0087917	.0083599	1.000	-.034343	.016759
	1400μ	-.0107174	.0081386	1.000	-.035592	.014157
	75μ	.0792829(*)	.0080358	.000	.054723	.103843
	300μ	-.0349447(*)	.0080691	.000	-.059607	-.010283
	425μ	-.0254666(*)	.0081034	.038	-.050234	-.000700
	600μ	-.0146617	.0081034	1.000	-.039429	.010105
	850μ	.0019257	.0081386	1.000	-.022949	.026800
	1180μ	.0107174	.0081386	1.000	-.014157	.035592

- The mean difference is significant at the .05 level.

•

B.15 Significant onderscheid tussen de korrelgroottes voor stalen met dezelfde concentratie

(7 stalen, 0,85 g/l)

ANOVA

Concentratie mengsel (g/l)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	50.250	6	8.375	221.204	.000
Within Groups	16.129	426	.038		
Total	66.378	432			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Concentratie mengsel (g/l)

Bonferroni

(I) Diameter klassen	(J) Diameter klassen	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
75μ	300μ	1.1046413(*)	.0346688	.000	.998679	1.210603
	425μ	.1643706(*)	.0350995	.000	.057092	.271649
	600μ	.1788742(*)	.0349518	.000	.072047	.285701

300μ	850μ	.1953103(*)	.0349518	.000	.088483	.302137
	1180μ	.2061170(*)	.0345331	.000	.100570	.311664
	1400μ	.2034709(*)	.0349518	.000	.096644	.310298
	75μ	-				
425μ		1.1046413(*)	.0346688	.000	-1.210603	-.998679
		)				
	425μ	-.9402706(*)	.0350995	.000	-1.047549	-.832992
	600μ	-.9257671(*)	.0349518	.000	-1.032594	-.818940
	850μ	-.9093310(*)	.0349518	.000	-1.016158	-.802504
	1180μ	-.8985243(*)	.0345331	.000	-1.004072	-.792977
	1400μ	-.9011704(*)	.0349518	.000	-1.007998	-.794343
	75μ	-.1643706(*)	.0350995	.000	-.271649	-.057092
600μ	300μ	.9402706(*)	.0350995	.000	.832992	1.047549
	600μ	.0145036	.0353790	1.000	-.093629	.122637
	850μ	.0309396	.0353790	1.000	-.077193	.139073
	1180μ	.0417464	.0349655	1.000	-.065123	.148615
	1400μ	.0391003	.0353790	1.000	-.069033	.147233
	75μ	-.1788742(*)	.0349518	.000	-.285701	-.072047
	300μ	.9257671(*)	.0349518	.000	.818940	1.032594
	425μ	-.0145036	.0353790	1.000	-.122637	.093629
850μ	850μ	.0164361	.0352325	1.000	-.091249	.124121
	1180μ	.0272428	.0348172	1.000	-.079173	.133659
	1400μ	.0245967	.0352325	1.000	-.083089	.132282
	75μ	-.1953103(*)	.0349518	.000	-.302137	-.088483
	300μ	.9093310(*)	.0349518	.000	.802504	1.016158
	425μ	-.0309396	.0353790	1.000	-.139073	.077193
	600μ	-.0164361	.0352325	1.000	-.124121	.091249
	1180μ	.0108067	.0348172	1.000	-.095609	.117223
1180μ	1400μ	.0081607	.0352325	1.000	-.099525	.115846
	75μ	-.2061170(*)	.0345331	.000	-.311664	-.100570
	300μ	.8985243(*)	.0345331	.000	.792977	1.004072
	425μ	-.0417464	.0349655	1.000	-.148615	.065123
	600μ	-.0272428	.0348172	1.000	-.133659	.079173
	850μ	-.0108067	.0348172	1.000	-.117223	.095609
	1400μ	-.0026461	.0348172	1.000	-.109062	.103770
	75μ	-.2034709(*)	.0349518	.000	-.310298	-.096644
1400μ	300μ	.9011704(*)	.0349518	.000	.794343	1.007998
	425μ	-.0391003	.0353790	1.000	-.147233	.069033
	600μ	-.0245967	.0352325	1.000	-.132282	.083089
	850μ	-.0081607	.0352325	1.000	-.115846	.099525
	1180μ	.0026461	.0348172	1.000	-.103770	.109062

* The mean difference is significant at the .05 level.

B.16 Significant onderscheid tussen de korrelgroottes voor stalen met dezelfde concentratie
(7 stalen, 1 g/l)

ANOVA

Concentratie mengsel (g/l)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.863	6	.477	84.039	.000
Within Groups	2.413	425	.006		
Total	5.276	431			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Concentratie mengsel (g/l)

Bonferroni

(I) Diameter klassen	(J) Diameter klassen	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
75µ	300µ	.2646544(*)	.0134323	.000	.223599	.305710
	425µ	.1880068(*)	.0134323	.000	.146952	.229062
	600µ	.2125682(*)	.0135492	.000	.171156	.253981
	850µ	.2033937(*)	.0134323	.000	.162339	.244449
	1180µ	.2177526(*)	.0133763	.000	.176869	.258637
	1400µ	.2285271(*)	.0133218	.000	.187810	.269245
300µ	75µ	-.2646544(*)	.0134323	.000	-.305710	-.223599
	425µ	-.0766475(*)	.0136438	.000	-.118349	-.034946
	600µ	-.0520862(*)	.0137590	.004	-.094140	-.010033
	850µ	-.0612607(*)	.0136438	.000	-.102962	-.019559
	1180µ	-.0469017(*)	.0135887	.013	-.088435	-.005369
	1400µ	-.0361272	.0135351	.166	-.077497	.005242
425µ	75µ	-.1880068(*)	.0134323	.000	-.229062	-.146952
	300µ	.0766475(*)	.0136438	.000	.034946	.118349
	600µ	.0245614	.0137590	1.000	-.017492	.066615
	850µ	.0153869	.0136438	1.000	-.026315	.057089
	1180µ	.0297458	.0135887	.612	-.011787	.071279
	1400µ	.0405203	.0135351	.061	-.000849	.081890
600µ	75µ	-.2125682(*)	.0135492	.000	-.253981	-.171156
	300µ	.0520862(*)	.0137590	.004	.010033	.094140
	425µ	-.0245614	.0137590	1.000	-.066615	.017492
	850µ	-.0091745	.0137590	1.000	-.051228	.032879
	1180µ	.0051844	.0137043	1.000	-.036702	.047071
	1400µ	.0159589	.0136512	1.000	-.025765	.057683
850µ	75µ	-.2033937(*)	.0134323	.000	-.244449	-.162339
	300µ	.0612607(*)	.0136438	.000	.019559	.102962
	425µ	-.0153869	.0136438	1.000	-.057089	.026315

1180μ	600μ	.0091745	.0137590	1.000	-.032879	.051228
	1180μ	.0143589	.0135887	1.000	-.027174	.055892
	1400μ	.0251334	.0135351	1.000	-.016236	.066503
	75μ	-.2177526(*)	.0133763	.000	-.258637	-.176869
	300μ	.0469017(*)	.0135887	.013	.005369	.088435
1400μ	425μ	-.0297458	.0135887	.612	-.071279	.011787
	600μ	-.0051844	.0137043	1.000	-.047071	.036702
	850μ	-.0143589	.0135887	1.000	-.055892	.027174
	1400μ	.0107745	.0134795	1.000	-.030425	.051974
	75μ	-.2285271(*)	.0133218	.000	-.269245	-.187810
	300μ	.0361272	.0135351	.166	-.005242	.077497
	425μ	-.0405203	.0135351	.061	-.081890	.000849
	600μ	-.0159589	.0136512	1.000	-.057683	.025765
	850μ	-.0251334	.0135351	1.000	-.066503	.016236
	1180μ	-.0107745	.0134795	1.000	-.051974	.030425

* The mean difference is significant at the .05 level.

B.17 Significant onderscheid tussen de concentraties voor stalen met dezelfde korrelgrootte (75 μm, filter 0,00005)

ANOVA

Concentratie mengsel (g/l)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2,638	4	,660	667,933	,000
Within Groups	,233	236	,001		
Total	2,872	240			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Concentratie mengsel (g/l)

Bonferroni

(I) N° staal allen van serie 6	(J) N° staal allen van serie 6	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	3	-,1342148(*)	,0066290	,000	-,152999	-,115430
	4	-,1864610(*)	,0061090	,000	-,203772	-,169150
	5	,0028017	,0063970	1,000	-,015325	,020929
	6	-,2538357(*)	,0060203	,000	-,270895	-,236776
3	1	,1342148(*)	,0066290	,000	,115430	,152999
	4	-,0522461(*)	,0067344	,000	-,071329	-,033163
	5	,1370165(*)	,0069968	,000	,117190	,156843
	6	-,1196209(*)	,0066540	,000	-,138476	-,100766
4	1	,1864610(*)	,0061090	,000	,169150	,203772
	3	,0522461(*)	,0067344	,000	,033163	,071329

5	5	,1892627(*)	,0065062	,000	,170826	,207699
	6	-,0673747(*)	,0061361	,000	-,084762	-,049987
	1	-,0028017	,0063970	1,000	-,020929	,015325
	3	-,1370165(*)	,0069968	,000	-,156843	-,117190
	4	-,1892627(*)	,0065062	,000	-,207699	-,170826
6	6	-,2566374(*)	,0064230	,000	-,274838	-,238437
	1	,2538357(*)	,0060203	,000	,236776	,270895
	3	,1196209(*)	,0066540	,000	,100766	,138476
	4	,0673747(*)	,0061361	,000	,049987	,084762
	5	,2566374(*)	,0064230	,000	,238437	,274838

* The mean difference is significant at the .05 level.

B.18 Significant onderscheid tussen de concentraties voor stalen met dezelfde korrelgrootte (300 µm, filter 0,00005)

ANOVA

Concentratie mengsel (g/l)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,261	3	,087	91,564	,000
Within Groups	,193	203	,001		
Total	,454	206			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Concentratie mengsel (g/l)

Bonferroni

(I) N° staal allen van serie 6	(J) N° staal allen van serie 6	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
9	10	,0335762(*)	,0068814	,000	,015242	,051911
	11	-,0442255(*)	,0058931	,000	-,059927	-,028524
	12	-,0634190(*)	,0058931	,000	-,079120	-,047718
10	9	-,0335762(*)	,0068814	,000	-,051911	-,015242
	11	-,0778017(*)	,0065793	,000	-,095331	-,060272
	12	-,0969953(*)	,0065793	,000	-,114525	-,079466
11	9	,0442255(*)	,0058931	,000	,028524	,059927
	10	,0778017(*)	,0065793	,000	,060272	,095331
	12	-,0191935(*)	,0055373	,004	-,033947	-,004440
12	9	,0634190(*)	,0058931	,000	,047718	,079120
	10	,0969953(*)	,0065793	,000	,079466	,114525
	11	,0191935(*)	,0055373	,004	,004440	,033947

* The mean difference is significant at the .05 level.

B.19 Significant onderscheid tussen de concentraties voor stalen met dezelfde korrelgrootte
(425 µm, filter 0,00005)

ANOVA

Concentratie mengsel (g/l)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,013	4	,003	8,994	,000
Within Groups	,098	270	,000		
Total	,111	274			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Concentratie mengsel (g/l)

Bonferroni

(I) N° staal allen van serie 6	(J) N° staal allen van serie 6	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
15	16	-,0068191	,0034727	,506	-,016648	,003010
	17	-,0068391	,0036385	,612	-,017137	,003459
	18	-,0160780(*)	,0035876	,000	-,026232	-,005924
	19	-,0196982(*)	,0038024	,000	-,030460	-,008936
16	15	,0068191	,0034727	,506	-,003010	,016648
	17	-,0000200	,0035413	1,000	-,010043	,010003
	18	-,0092589	,0034890	,084	-,019134	,000616
	19	-,0128792(*)	,0037095	,006	-,023378	-,002380
17	15	,0068391	,0036385	,612	-,003459	,017137
	16	,0000200	,0035413	1,000	-,010003	,010043
	18	-,0092389	,0036541	,120	-,019581	,001103
	19	-,0128591(*)	,0038652	,010	-,023799	-,001920
18	15	,0160780(*)	,0035876	,000	,005924	,026232
	16	,0092589	,0034890	,084	-,000616	,019134
	17	,0092389	,0036541	,120	-,001103	,019581
	19	-,0036202	,0038173	1,000	-,014424	,007184
19	15	,0196982(*)	,0038024	,000	,008936	,030460
	16	,0128792(*)	,0037095	,006	,002380	,023378
	17	,0128591(*)	,0038652	,010	,001920	,023799
	18	,0036202	,0038173	1,000	-,007184	,014424

* The mean difference is significant at the .05 level.

B.20 Significant onderscheid tussen de concentraties voor stalen met dezelfde korrelgrootte (600 µm, filter 0,00005)

ANOVA

Concentratie mengsel (g/l)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,038	6	,006	16,962	,000
Within Groups	,148	399	,000		
Total	,186	405			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Concentratie mengsel (g/l)

Bonferroni

(I) N° staal allen van serie 6	(J) N° staal allen van serie 6	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
22	23	,0166492(*)	,0035321	,000	,005849	,027449
	24	,0223077(*)	,0035479	,000	,011459	,033156
	25	,0139016(*)	,0034873	,002	,003239	,024565
	26	,0059648	,0035018	1,000	-,004743	,016672
	27	-,0046141	,0035167	1,000	-,015367	,006139
	28	-,0031452	,0036741	1,000	-,014379	,008089
23	22	-,0166492(*)	,0035321	,000	-,027449	-,005849
	24	,0056585	,0035920	1,000	-,005325	,016642
	25	-,0027476	,0035321	1,000	-,013548	,008052
	26	-,0106845	,0035464	,058	-,021528	,000159
	27	-,0212633(*)	,0035611	,000	-,032152	-,010375
	28	-,0197945(*)	,0037166	,000	-,031159	-,008430
24	22	-,0223077(*)	,0035479	,000	-,033156	-,011459
	23	-,0056585	,0035920	1,000	-,016642	,005325
	25	-,0084061	,0035479	,384	-,019254	,002442
	26	-,0163430(*)	,0035622	,000	-,027235	-,005451
	27	-,0269218(*)	,0035769	,000	-,037859	-,015985
	28	-,0254530(*)	,0037317	,000	-,036863	-,014043
25	22	-,0139016(*)	,0034873	,002	-,024565	-,003239
	23	,0027476	,0035321	1,000	-,008052	,013548
	24	,0084061	,0035479	,384	-,002442	,019254
	26	-,0079369	,0035018	,503	-,018644	,002770
	27	-,0185157(*)	,0035167	,000	-,029269	-,007763
	28	-,0170469(*)	,0036741	,000	-,028281	-,005813
26	22	-,0059648	,0035018	1,000	-,016672	,004743
	23	,0106845	,0035464	,058	-,000159	,021528
	24	,0163430(*)	,0035622	,000	,005451	,027235

27	25	,0079369	,0035018	,503	-,002770	,018644
	27	-,0105788	,0035311	,061	-,021376	,000218
	28	-,0091100	,0036878	,292	-,020386	,002166
	22	,0046141	,0035167	1,000	-,006139	,015367
	23	,0212633(*)	,0035611	,000	,010375	,032152
	24	,0269218(*)	,0035769	,000	,015985	,037859
28	25	,0185157(*)	,0035167	,000	,007763	,029269
	26	,0105788	,0035311	,061	-,000218	,021376
	28	,0014688	,0037020	1,000	-,009851	,012788
	22	,0031452	,0036741	1,000	-,008089	,014379
	23	,0197945(*)	,0037166	,000	,008430	,031159
	24	,0254530(*)	,0037317	,000	,014043	,036863
	25	,0170469(*)	,0036741	,000	,005813	,028281
	26	,0091100	,0036878	,292	-,002166	,020386
	27	-,0014688	,0037020	1,000	-,012788	,009851

* The mean difference is significant at the .05 level.

B.21 Significant onderscheid tussen de concentraties voor stalen met dezelfde korrelgrootte (850 µm, filter 0,00005)

ANOVA

Concentratie mengsel (g/l)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,016	6	,003	12,223	,000
Within Groups	,088	397	,000		
Total	,105	403			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Concentratie mengsel (g/l)

Bonferroni

(I) N° staal allen van serie 6	(J) N° staal allen van serie 6	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
29	30	,0015307	,0028073	1,000	-,007053	,010115
	31	,0023534	,0027953	1,000	-,006194	,010901
	32	,0041272	,0028073	1,000	-,004457	,012711
	33	,0087672(*)	,0027953	,039	,000220	,017314
	34	-,0022246	,0027836	1,000	-,010736	,006287
	35	-,0131229(*)	,0027836	,000	-,021634	-,004611
30	29	-,0015307	,0028073	1,000	-,010115	,007053
	31	,0008227	,0027828	1,000	-,007686	,009332
	32	,0025965	,0027948	1,000	-,005949	,011142
	33	,0072365	,0027828	,203	-,001272	,015746

31	34	-,0037553	,0027710	1,000	-,012228	,004718
	35	-,0146536(*)	,0027710	,000	-,023127	-,006180
	29	-,0023534	,0027953	1,000	-,010901	,006194
	30	-,0008227	,0027828	1,000	-,009332	,007686
	32	,0017737	,0027828	1,000	-,006735	,010283
32	33	,0064138	,0027706	,444	-,002058	,014886
	34	-,0045780	,0027589	1,000	-,013014	,003858
	35	-,0154763(*)	,0027589	,000	-,023912	-,007040
	29	-,0041272	,0028073	1,000	-,012711	,004457
	30	-,0025965	,0027948	1,000	-,011142	,005949
33	31	-,0017737	,0027828	1,000	-,010283	,006735
	33	,0046400	,0027828	1,000	-,003869	,013149
	34	-,0063518	,0027710	,471	-,014825	,002121
	35	-,0172501(*)	,0027710	,000	-,025723	-,008777
	29	-,0087672(*)	,0027953	,039	-,017314	-,000220
34	30	-,0072365	,0027828	,203	-,015746	,001272
	31	-,0064138	,0027706	,444	-,014886	,002058
	32	-,0046400	,0027828	1,000	-,013149	,003869
	34	-,0109918(*)	,0027589	,002	-,019428	-,002556
	35	-,0218901(*)	,0027589	,000	-,030326	-,013454
35	29	,0022246	,0027836	1,000	-,006287	,010736
	30	,0037553	,0027710	1,000	-,004718	,012228
	31	,0045780	,0027589	1,000	-,003858	,013014
	32	,0063518	,0027710	,471	-,002121	,014825
	33	,0109918(*)	,0027589	,002	,002556	,019428
	35	-,0108983(*)	,0027471	,002	-,019298	-,002498
	29	,0131229(*)	,0027836	,000	,004611	,021634
	30	,0146536(*)	,0027710	,000	,006180	,023127
	31	,0154763(*)	,0027589	,000	,007040	,023912
	32	,0172501(*)	,0027710	,000	,008777	,025723
	33	,0218901(*)	,0027589	,000	,013454	,030326
	34	,0108983(*)	,0027471	,002	,002498	,019298

* The mean difference is significant at the .05 level.

B.22: Significant onderscheid tussen de concentraties voor stalen met dezelfde korrelgrootte (1180 µm, filter 0,00005)

ANOVA

Concentratie mengsel (g/l)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,017	5	,003	7,222	,000
Within Groups	,163	336	,000		
Total	,180	341			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Concentratie mengsel (g/l)

Bonferroni

(I) N° staal allen van serie 6	(J) N° staal allen van serie 6	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
36	37	-,0099319	,0040956	,238	-,022040	,002176
	38	,0080069	,0043648	1,000	-,004897	,020911
	40	-,0076865	,0041965	1,000	-,020093	,004720
	41	-,0079921	,0040804	,765	-,020055	,004071
	42	-,0149765(*)	,0041438	,005	-,027227	-,002726
37	36	,0099319	,0040956	,238	-,002176	,022040
	38	,0179388(*)	,0042302	,000	,005433	,030445
	40	,0022454	,0040563	1,000	-,009746	,014237
	41	,0019398	,0039361	1,000	-,009697	,013576
	42	-,0050446	,0040018	1,000	-,016875	,006786
38	36	-,0080069	,0043648	1,000	-,020911	,004897
	37	-,0179388(*)	,0042302	,000	-,030445	-,005433
	40	-,0156935(*)	,0043280	,005	-,028488	-,002899
	41	-,0159990(*)	,0042155	,003	-,028462	-,003536
	42	-,0229834(*)	,0042769	,000	-,035627	-,010340
40	36	,0076865	,0041965	1,000	-,004720	,020093
	37	-,0022454	,0040563	1,000	-,014237	,009746
	38	,0156935(*)	,0043280	,005	,002899	,028488
	41	-,0003056	,0040410	1,000	-,012252	,011641
	42	-,0072900	,0041050	1,000	-,019426	,004846
41	36	,0079921	,0040804	,765	-,004071	,020055
	37	-,0019398	,0039361	1,000	-,013576	,009697
	38	,0159990(*)	,0042155	,003	,003536	,028462
	40	,0003056	,0040410	1,000	-,011641	,012252
	42	-,0069844	,0039863	1,000	-,018769	,004800
42	36	,0149765(*)	,0041438	,005	,002726	,027227
	37	,0050446	,0040018	1,000	-,006786	,016875
	38	,0229834(*)	,0042769	,000	,010340	,035627
	40	,0072900	,0041050	1,000	-,004846	,019426
	41	,0069844	,0039863	1,000	-,004800	,018769

* The mean difference is significant at the .05 level.

B.23 Significant onderscheid tussen de concentraties voor stalen met dezelfde korrelgrootte (1400 µm, filter 0,00005)

ANOVA

Concentratie mengsel (g/l)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,001	6	,000	,958	,453
Within Groups	,101	424	,000		
Total	,102	430			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Concentratie mengsel (g/l)

Bonferroni

(I) N° staal allen van serie 6	(J) N° staal allen van serie 6	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
43	44	,0026771	,0028243	1,000	-,005955	,011309
	45	,0045926	,0028483	1,000	-,004113	,013298
	46	,0009240	,0027802	1,000	-,007574	,009422
	47	-,0005968	,0027501	1,000	-,009003	,007809
	48	,0014468	,0028128	1,000	-,007150	,010044
	49	-,0008406	,0028016	1,000	-,009404	,007722
44	43	-,0026771	,0028243	1,000	-,011309	,005955
	45	,0019155	,0028365	1,000	-,006754	,010585
	46	-,0017531	,0027681	1,000	-,010214	,006708
	47	-,0032739	,0027379	1,000	-,011642	,005095
	48	-,0012303	,0028008	1,000	-,009791	,007330
	49	-,0035177	,0027896	1,000	-,012044	,005009
45	43	-,0045926	,0028483	1,000	-,013298	,004113
	44	-,0019155	,0028365	1,000	-,010585	,006754
	46	-,0036686	,0027926	1,000	-,012204	,004867
	47	-,0051894	,0027627	1,000	-,013634	,003255
	48	-,0031458	,0028251	1,000	-,011781	,005489
	49	-,0054333	,0028139	1,000	-,014034	,003168
46	43	-,0009240	,0027802	1,000	-,009422	,007574
	44	,0017531	,0027681	1,000	-,006708	,010214
	45	,0036686	,0027926	1,000	-,004867	,012204
	47	-,0015208	,0026924	1,000	-,009750	,006709
	48	,0005228	,0027563	1,000	-,007902	,008948
	49	-,0017646	,0027449	1,000	-,010155	,006625
47	43	,0005968	,0027501	1,000	-,007809	,009003
	44	,0032739	,0027379	1,000	-,005095	,011642
	45	,0051894	,0027627	1,000	-,003255	,013634

48	46	,0015208	,0026924	1,000	-,006709	,009750
	48	,0020436	,0027261	1,000	-,006289	,010376
	49	-,0002439	,0027145	1,000	-,008541	,008053
	43	-,0014468	,0028128	1,000	-,010044	,007150
	44	,0012303	,0028008	1,000	-,007330	,009791
49	45	,0031458	,0028251	1,000	-,005489	,011781
	46	-,0005228	,0027563	1,000	-,008948	,007902
	47	-,0020436	,0027261	1,000	-,010376	,006289
	49	-,0022874	,0027780	1,000	-,010778	,006203
	43	,0008406	,0028016	1,000	-,007722	,009404
	44	,0035177	,0027896	1,000	-,005009	,012044
	45	,0054333	,0028139	1,000	-,003168	,014034
	46	,0017646	,0027449	1,000	-,006625	,010155
	47	,0002439	,0027145	1,000	-,008053	,008541
	48	,0022874	,0027780	1,000	-,006203	,010778

B.24 Significant onderscheid tussen de korrelgroottes voor stalen met dezelfde concentratie (0,1 g/l, filter 0,00005)

ANOVA

Concentratie mengsel (g/l)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,060	5	,012	28,916	,000
Within Groups	,140	336	,000		
Total	,200	341			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Concentratie mengsel (g/l)

Bonferroni

(I) N° staal allen van serie 6	(J) N° staal allen van serie 6	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	15	-,0202411(*)	,0038589	,000	-,031649	-,008833
	22	-,0409875(*)	,0037963	,000	-,052211	-,029764
	29	-,0281227(*)	,0038758	,000	-,039581	-,016665
	36	-,0081505	,0039112	,569	-,019713	,003412
	43	-,0184998(*)	,0038267	,000	-,029813	-,007187
15	1	,0202411(*)	,0038589	,000	,008833	,031649
	22	-,0207463(*)	,0037611	,000	-,031865	-,009627
	29	-,0078816	,0038414	,614	-,019238	,003475
	36	,0120906(*)	,0038771	,030	,000629	,023553
	43	,0017413	,0037918	1,000	-,009468	,012951
22	1	,0409875(*)	,0037963	,000	,029764	,052211

29	15	,0207463(*)	,0037611	,000	,009627	,031865
	29	,0128648(*)	,0037784	,011	,001694	,024035
	36	,0328370(*)	,0038147	,000	,021559	,044115
	43	,0224876(*)	,0037280	,000	,011466	,033509
	1	,0281227(*)	,0038758	,000	,016665	,039581
36	15	,0078816	,0038414	,614	-,003475	,019238
	22	-,0128648(*)	,0037784	,011	-,024035	-,001694
	36	,0199722(*)	,0038939	,000	,008461	,031484
	43	,0096229	,0038089	,180	-,001638	,020883
	1	,0081505	,0039112	,569	-,003412	,019713
43	15	-,0120906(*)	,0038771	,030	-,023553	-,000629
	22	-,0328370(*)	,0038147	,000	-,044115	-,021559
	29	-,0199722(*)	,0038939	,000	-,031484	-,008461
	43	-,0103493	,0038450	,112	-,021716	,001018
	1	,0184998(*)	,0038267	,000	,007187	,029813
	15	-,0017413	,0037918	1,000	-,012951	,009468
	22	-,0224876(*)	,0037280	,000	-,033509	-,011466
	29	-,0096229	,0038089	,180	-,020883	,001638
	36	,0103493	,0038450	,112	-,001018	,021716

* The mean difference is significant at the .05 level.

B.25 Significant onderscheid tussen de korrelgroottes voor stalen met dezelfde concentratie (0,25 g/l, filter 0,00005)

ANOVA

Concentratie mengsel (g/l)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,049	5	,010	22,103	,000
Within Groups	,152	344	,000		
Total	,201	349			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Concentratie mengsel (g/l)

Bonferroni

(I) N° staal allen van serie 6	(J) N° staal allen van serie 6	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
9	16	-,0364936(*)	,0039950	,000	-,048302	-,024685
	23	-,0337716(*)	,0040836	,000	-,045842	-,021701
	30	-,0360254(*)	,0041000	,000	-,048144	-,023906
	37	-,0275158(*)	,0040229	,000	-,039407	-,015625
	44	-,0252561(*)	,0040523	,000	-,037234	-,013278
16	9	,0364936(*)	,0039950	,000	,024685	,048302

23	23	,0027220	,0038154	1,000	-,008556	,014000
	30	,0004682	,0038329	1,000	-,010861	,011798
	37	,0089778	,0037503	,258	-,002107	,020063
	44	,0112375(*)	,0037819	,048	,000059	,022416
	9	,0337716(*)	,0040836	,000	,021701	,045842
30	16	-,0027220	,0038154	1,000	-,014000	,008556
	30	-,0022538	,0039252	1,000	-,013856	,009349
	37	,0062558	,0038446	1,000	-,005108	,017620
	44	,0085155	,0038754	,430	-,002940	,019971
	9	,0360254(*)	,0041000	,000	,023906	,048144
37	16	-,0004682	,0038329	1,000	-,011798	,010861
	23	,0022538	,0039252	1,000	-,009349	,013856
	37	,0085096	,0038620	,423	-,002906	,019925
	44	,0107693	,0038927	,090	-,000737	,022275
	9	,0275158(*)	,0040229	,000	,015625	,039407
44	16	-,0089778	,0037503	,258	-,020063	,002107
	23	-,0062558	,0038446	1,000	-,017620	,005108
	30	-,0085096	,0038620	,423	-,019925	,002906
	44	,0022597	,0038113	1,000	-,009006	,013525
	9	,0252561(*)	,0040523	,000	,013278	,037234
	16	-,0112375(*)	,0037819	,048	-,022416	-,000059
	23	-,0085155	,0038754	,430	-,019971	,002940
	30	-,0107693	,0038927	,090	-,022275	,000737
	37	-,0022597	,0038113	1,000	-,013525	,009006

* The mean difference is significant at the .05 level.

B.26 Significant onderscheid tussen de korrelgroottes voor stalen met dezelfde concentratie (0,4 g/l, filter 0,00005)

ANOVA

Concentratie mengsel (g/l)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,650	6	,108	167,150	,000
Within Groups	,220	339	,001		
Total	,869	345			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Concentratie mengsel (g/l)

Bonferroni

(I) N° staal allen van serie 6	(J) N° staal allen van serie 6	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
3	10	,1772245(*)	,0060086	,000	,158831	,195618

10	17	,1071346(*)	,0054104	,000	,090572	,123697
	24	,1155351(*)	,0053305	,000	,099217	,131853
	31	,1084456(*)	,0053121	,000	,092184	,124707
	38	,1340713(*)	,0055268	,000	,117153	,150990
	45	,1203076(*)	,0053121	,000	,104046	,136569
17	3	-,1772245(*)	,0060086	,000	-,195618	-,158831
	17	-,0700899(*)	,0055927	,000	-,087210	-,052970
	24	-,0616894(*)	,0055155	,000	-,078573	-,044806
	31	-,0687789(*)	,0054977	,000	-,085608	-,051950
	38	-,0431532(*)	,0057054	,000	-,060618	-,025688
24	45	-,0569168(*)	,0054977	,000	-,073746	-,040088
	3	-,1071346(*)	,0054104	,000	-,123697	-,090572
	10	,0700899(*)	,0055927	,000	,052970	,087210
	24	,0084005	,0048569	1,000	-,006467	,023268
	31	,0013110	,0048367	1,000	-,013495	,016117
31	38	,0269367(*)	,0050715	,000	,011412	,042462
	45	,0131731	,0048367	,143	-,001633	,027979
	3	-,1155351(*)	,0053305	,000	-,131853	-,099217
	10	,0616894(*)	,0055155	,000	,044806	,078573
	17	-,0084005	,0048569	1,000	-,023268	,006467
38	31	-,0070895	,0047472	1,000	-,021621	,007442
	38	,0185362(*)	,0049863	,005	,003272	,033800
	45	,0047725	,0047472	1,000	-,009759	,019304
	3	-,1084456(*)	,0053121	,000	-,124707	-,092184
	10	,0687789(*)	,0054977	,000	,051950	,085608
45	17	-,0013110	,0048367	1,000	-,016117	,013495
	24	,0070895	,0047472	1,000	-,007442	,021621
	38	,0256257(*)	,0049666	,000	,010422	,040829
	45	,0118621	,0047265	,264	-,002606	,026331
	3	-,1340713(*)	,0055268	,000	-,150990	-,117153
	10	,0431532(*)	,0057054	,000	,025688	,060618
	17	-,0269367(*)	,0050715	,000	-,042462	-,011412
	24	-,0185362(*)	,0049863	,005	-,033800	-,003272
	31	-,0256257(*)	,0049666	,000	-,040829	-,010422
	45	-,0137636	,0049666	,124	-,028967	,001440
	3	-,1203076(*)	,0053121	,000	-,136569	-,104046
	10	,0569168(*)	,0054977	,000	,040088	,073746
	17	-,0131731	,0048367	,143	-,027979	,001633
	24	-,0047725	,0047472	1,000	-,019304	,009759
	31	-,0118621	,0047265	,264	-,026331	,002606
	38	,0137636	,0049666	,124	-,001440	,028967

* The mean difference is significant at the .05 level.

B.27 Significant onderscheid tussen de korrelgroottes voor stalen met dezelfde concentratie
(0,55 g/l, filter 0,00005)

ANOVA

Concentratie mengsel (g/l)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1,112	5	,222	594,012	,000
Within Groups	,129	345	,000		
Total	1,241	350			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Concentratie mengsel (g/l)

Bonferroni

(I) N° staal allen van serie 6	(J) N° staal allen van serie 6	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
4	11	,1516689(*)	,0036581	,000	,140856	,162481
	18	,1501418(*)	,0037455	,000	,139071	,161213
	25	,1593751(*)	,0036716	,000	,148523	,170228
	32	,1624654(*)	,0037298	,000	,151441	,173490
	46	,1688851(*)	,0036322	,000	,158149	,179621
11	4	-,1516689(*)	,0036581	,000	-,162481	-,140856
	18	-,0015271	,0035674	1,000	-,012071	,009017
	25	,0077062	,0034897	,418	-,002609	,018021
	32	,0107965(*)	,0035509	,038	,000301	,021292
	46	,0172162(*)	,0034482	,000	,007024	,027408
18	4	-,1501418(*)	,0037455	,000	-,161213	-,139071
	11	,0015271	,0035674	1,000	-,009017	,012071
	25	,0092333	,0035812	,155	-,001352	,019819
	32	,0123236(*)	,0036409	,012	,001562	,023085
	46	,0187433(*)	,0035408	,000	,008277	,029209
25	4	-,1593751(*)	,0036716	,000	-,170228	-,148523
	11	-,0077062	,0034897	,418	-,018021	,002609
	18	-,0092333	,0035812	,155	-,019819	,001352
	32	,0030903	,0035648	1,000	-,007446	,013627
	46	,0095100	,0034625	,095	-,000725	,019745
32	4	-,1624654(*)	,0037298	,000	-,173490	-,151441
	11	-,0107965(*)	,0035509	,038	-,021292	-,000301
	18	-,0123236(*)	,0036409	,012	-,023085	-,001562
	25	-,0030903	,0035648	1,000	-,013627	,007446
	46	,0064197	,0035242	1,000	-,003997	,016836
46	4	-,1688851(*)	,0036322	,000	-,179621	-,158149
	11	-,0172162(*)	,0034482	,000	-,027408	-,007024

18	-,0187433(*)	,0035408	,000	-,029209	-,008277
25	-,0095100	,0034625	,095	-,019745	,000725
32	-,0064197	,0035242	1,000	-,016836	,003997

* The mean difference is significant at the .05 level.

B.28 Significant onderscheid tussen de korrelgroottes voor stalen met dezelfde concentratie
(0,7 g/l, filter 0,00005)

ANOVA

Concentratie mengsel (g/l)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,109	6	,018	33,727	,000
Within Groups	,207	384	,001		
Total	,317	390			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Concentratie mengsel (g/l)

Bonferroni

(I) N° staal allen van serie 6	(J) N° staal allen van serie 6	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
5	12	-,0567873(*)	,0046109	,000	-,070889	-,042685
	19	-,0427411(*)	,0049547	,000	-,057895	-,027587
	26	-,0378244(*)	,0046422	,000	-,052022	-,023626
	33	-,0221572(*)	,0046755	,000	-,036457	-,007857
	40	-,0186387(*)	,0047110	,002	-,033047	-,004231
	47	-,0218983(*)	,0045399	,000	-,035783	-,008013
12	5	,0567873(*)	,0046109	,000	,042685	,070889
	19	,0140462(*)	,0045500	,046	,000130	,027962
	26	,0189629(*)	,0042075	,000	,006094	,031831
	33	,0346301(*)	,0042442	,000	,021649	,047611
	40	,0381486(*)	,0042832	,000	,025049	,051249
	47	,0348890(*)	,0040943	,000	,022367	,047411
19	5	,0427411(*)	,0049547	,000	,027587	,057895
	12	-,0140462(*)	,0045500	,046	-,027962	-,000130
	26	,0049167	,0045818	1,000	-,009096	,018930
	33	,0205839(*)	,0046155	,000	,006468	,034700
	40	,0241024(*)	,0046514	,000	,009877	,038328
	47	,0208428(*)	,0044780	,000	,007147	,034538
26	5	,0378244(*)	,0046422	,000	,023626	,052022
	12	-,0189629(*)	,0042075	,000	-,031831	-,006094
	19	-,0049167	,0045818	1,000	-,018930	,009096
	33	,0156672(*)	,0042783	,006	,002582	,028752

33	40	,0191857(*)	,0043170	,000	,005983	,032389
	47	,0159261(*)	,0041296	,003	,003296	,028556
	5	,0221572(*)	,0046755	,000	,007857	,036457
	12	-,0346301(*)	,0042442	,000	-,047611	-,021649
	19	-,0205839(*)	,0046155	,000	-,034700	-,006468
40	26	-,0156672(*)	,0042783	,006	-,028752	-,002582
	40	,0035185	,0043528	1,000	-,009794	,016831
	47	,0002589	,0041670	1,000	-,012486	,013003
	5	,0186387(*)	,0047110	,002	,004231	,033047
	12	-,0381486(*)	,0042832	,000	-,051249	-,025049
47	19	-,0241024(*)	,0046514	,000	-,038328	-,009877
	26	-,0191857(*)	,0043170	,000	-,032389	-,005983
	33	-,0035185	,0043528	1,000	-,016831	,009794
	47	-,0032596	,0042067	1,000	-,016125	,009606
	5	,0218983(*)	,0045399	,000	,008013	,035783
	12	-,0348890(*)	,0040943	,000	-,047411	-,022367
	19	-,0208428(*)	,0044780	,000	-,034538	-,007147
	26	-,0159261(*)	,0041296	,003	-,028556	-,003296
	33	-,0002589	,0041670	1,000	-,013003	,012486
	40	,0032596	,0042067	1,000	-,009606	,016125

* The mean difference is significant at the .05 level.

B.29 Significant onderscheid tussen de korrelgroottes voor stalen met dezelfde concentratie (0,85 g/l, filter 0,00005)

ANOVA

Concentratie mengsel (g/l)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2,306	4	,576	1528,723	,000
Within Groups	,110	291	,000		
Total	2,416	295			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Concentratie mengsel (g/l)

Bonferroni

(I) N° staal allen van serie 6	(J) N° staal allen van serie 6	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
6	27	,2082341(*)	,0036571	,000	,197890	,218579
	34	,2234884(*)	,0036571	,000	,213144	,233833
	41	,2376931(*)	,0036012	,000	,227507	,247879
	48	,2367826(*)	,0036283	,000	,226520	,247046
27	6	-,2082341(*)	,0036571	,000	-,218579	-,197890

34	34	,0152542(*)	,0035753	,000	,005141	,025367
	41	,0294590(*)	,0035181	,000	,019508	,039410
	48	,0285485(*)	,0035458	,000	,018519	,038578
41	6	-,2234884(*)	,0036571	,000	-,233833	-,213144
	27	-,0152542(*)	,0035753	,000	-,025367	-,005141
	41	,0142047(*)	,0035181	,001	,004254	,024156
48	48	,0132942(*)	,0035458	,002	,003264	,023324
	6	-,2376931(*)	,0036012	,000	-,247879	-,227507
	27	-,0294590(*)	,0035181	,000	-,039410	-,019508
	34	-,0142047(*)	,0035181	,001	-,024156	-,004254
	48	-,0009105	,0034882	1,000	-,010777	,008956
	6	-,2367826(*)	,0036283	,000	-,247046	-,226520
	27	-,0285485(*)	,0035458	,000	-,038578	-,018519
	34	-,0132942(*)	,0035458	,002	-,023324	-,003264
	41	,0009105	,0034882	1,000	-,008956	,010777

* The mean difference is significant at the .05 level.

B.30 Significant onderscheid tussen de korrelgroottes voor stalen met dezelfde concentratie
(1 g/l, filter 0,00005)

ANOVA

Concentratie mengsel (g/l)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,027	3	,009	30,874	,000
Within Groups	,066	226	,000		
Total	,092	229			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Concentratie mengsel (g/l)

Bonferroni

(I) N° staal allen van serie 6	(J) N° staal allen van serie 6	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
28	35	,0028871	,0032746	1,000	-,005829	,011603
	42	,0210058(*)	,0032746	,000	,012290	,029722
	49	,0247923(*)	,0032380	,000	,016174	,033411
35	28	-,0028871	,0032746	1,000	-,011603	,005829
	42	,0181186(*)	,0031365	,000	,009770	,026467
	49	,0219051(*)	,0030983	,000	,013658	,030152
42	28	-,0210058(*)	,0032746	,000	-,029722	-,012290
	35	-,0181186(*)	,0031365	,000	-,026467	-,009770
	49	,0037865	,0030983	1,000	-,004460	,012033
49	28	-,0247923(*)	,0032380	,000	-,033411	-,016174

35	-,0219051(*)	,0030983	,000	-,030152	-,013658
42	-,0037865	,0030983	1,000	-,012033	,004460

B.31 Significant onderscheid tussen de concentraties voor stalen met dezelfde korrelgrootte (75 μm , filter 0,00003)

ANOVA

Concentratie mengsel (g/l)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1,837	2	,918	965,817	,000
Within Groups	,103	108	,001		
Total	1,939	110			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Concentratie mengsel (g/l)

Bonferroni

(I) N° staal allen van serie 6	(J) N° staal allen van serie 6	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	5	-,0146135	,0073982	,152	-,032605	,003378
	6	-,2741822(*)	,0072734	,000	-,291870	-,256494
5	1	,0146135	,0073982	,152	-,003378	,032605
	6	-,2595687(*)	,0069434	,000	-,276454	-,242683
6	1	,2741822(*)	,0072734	,000	,256494	,291870
	5	,2595687(*)	,0069434	,000	,242683	,276454

* The mean difference is significant at the .05 level.

B.32 Significant onderscheid tussen de concentraties voor stalen met dezelfde korrelgrootte (300 μm , filter 0,00003)

ANOVA

Concentratie mengsel (g/l)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,108	2	,054	123,297	,000
Within Groups	,067	154	,000		
Total	,175	156			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Concentratie mengsel (g/l)

Bonferroni

(I) N° staal allen van serie 6	(J) N° staal allen van serie 6	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
9	11	-,0466491(*)	,0043431	,000	-,057161	-,036137
	12	-,0688159(*)	,0043987	,000	-,079463	-,058169
11	9	,0466491(*)	,0043431	,000	,036137	,057161
	12	-,0221669(*)	,0038191	,000	-,031411	-,012923
12	9	,0688159(*)	,0043987	,000	,058169	,079463
	11	,0221669(*)	,0038191	,000	,012923	,031411

* The mean difference is significant at the .05 level.

B.33 Significant onderscheid tussen de concentraties voor stalen met dezelfde korrelgrootte (600 µm, filter 0,00003)

ANOVA

Concentratie mengsel (g/l)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,020	4	,005	27,957	,000
Within Groups	,044	253	,000		
Total	,064	257			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Concentratie mengsel (g/l)

Bonferroni

(I) N° staal allen van serie 6	(J) N° staal allen van serie 6	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
22	23	,0157707(*)	,0027866	,000	,007879	,023662
	25	,0137840(*)	,0025167	,000	,006657	,020911
	26	,0036049	,0024489	1,000	-,003330	,010540
	27	-,0088986(*)	,0025424	,005	-,016098	-,001699
23	22	-,0157707(*)	,0027866	,000	-,023662	-,007879
	25	-,0019867	,0028373	1,000	-,010022	,006048
	26	-,0121658(*)	,0027774	,000	-,020031	-,004301
	27	-,0246693(*)	,0028601	,000	-,032769	-,016570
25	22	-,0137840(*)	,0025167	,000	-,020911	-,006657
	23	,0019867	,0028373	1,000	-,006048	,010022
	26	-,0101791(*)	,0025065	,001	-,017277	-,003081
	27	-,0226826(*)	,0025979	,000	-,030039	-,015326

26	22	-,0036049	,0024489	1,000	-,010540	,003330
	23	,0121658(*)	,0027774	,000	,004301	,020031
	25	,0101791(*)	,0025065	,001	,003081	,017277
	27	-,0125035(*)	,0025323	,000	-,019675	-,005332
27	22	,0088986(*)	,0025424	,005	,001699	,016098
	23	,0246693(*)	,0028601	,000	,016570	,032769
	25	,0226826(*)	,0025979	,000	,015326	,030039
	26	,0125035(*)	,0025323	,000	,005332	,019675

* The mean difference is significant at the .05 level.

B.34 Significant onderscheid tussen de concentraties voor stalen met dezelfde korrelgrootte (850 µm, filter 0,00003)

ANOVA

Concentratie mengsel (g/l)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,023	5	,005	23,333	,000
Within Groups	,058	290	,000		
Total	,082	295			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Concentratie mengsel (g/l)

Bonferroni

(I) N° staal allen van serie 6	(J) N° staal allen van serie 6	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
29	30	,0022443	,0026771	1,000	-,005679	,010168
	32	,0083295	,0029224	,070	-,000320	,016979
	33	,0104530(*)	,0028135	,004	,002126	,018780
	34	-,0015109	,0026547	1,000	-,009368	,006346
	35	-,0201715(*)	,0030115	,000	-,029085	-,011258
30	29	-,0022443	,0026771	1,000	-,010168	,005679
	32	,0060852	,0029004	,551	-,002499	,014669
	33	,0082087	,0027906	,053	-,000051	,016468
	34	-,0037553	,0026305	1,000	-,011541	,004030
	35	-,0224158(*)	,0029902	,000	-,031266	-,013566
32	29	-,0083295	,0029224	,070	-,016979	,000320
	30	-,0060852	,0029004	,551	-,014669	,002499
	33	,0021235	,0030267	1,000	-,006835	,011082
	34	-,0098404(*)	,0028797	,011	-,018364	-,001317
	35	-,0285010(*)	,0032116	,000	-,038007	-,018995
33	29	-,0104530(*)	,0028135	,004	-,018780	-,002126
	30	-,0082087	,0027906	,053	-,016468	,000051

34	32	-,0021235	,0030267	1,000	-,011082	,006835
	34	-,0119639(*)	,0027692	,000	-,020160	-,003768
	35	-,0306245(*)	,0031129	,000	-,039838	-,021411
	29	,0015109	,0026547	1,000	-,006346	,009368
	30	,0037553	,0026305	1,000	-,004030	,011541
35	32	,0098404(*)	,0028797	,011	,001317	,018364
	33	,0119639(*)	,0027692	,000	,003768	,020160
	35	-,0186606(*)	,0029702	,000	-,027451	-,009870
	29	,0201715(*)	,0030115	,000	,011258	,029085
	30	,0224158(*)	,0029902	,000	,013566	,031266
	32	,0285010(*)	,0032116	,000	,018995	,038007
	33	,0306245(*)	,0031129	,000	,021411	,039838
	34	,0186606(*)	,0029702	,000	,009870	,027451

* The mean difference is significant at the .05 level.

B.35 Significant onderscheid tussen de concentraties voor stalen met dezelfde korrelgrootte

(1080 µm, filter 0,00003)

ANOVA

Concentratie mengsel (g/l)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,000	3	,000	1,095	,352
Within Groups	,025	210	,000		
Total	,025	213			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Concentratie mengsel (g/l)

Bonferroni

(I) N° staal allen van serie 6	(J) N° staal allen van serie 6	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
37	40	,0009978	,0020518	1,000	-,004467	,006463
	41	,0029839	,0019791	,799	-,002287	,008255
	42	,0031917	,0022218	,914	-,002726	,009109
40	37	-,0009978	,0020518	1,000	-,006463	,004467
	41	,0019861	,0020439	1,000	-,003458	,007430
	42	,0021939	,0022797	1,000	-,003878	,008266
41	37	-,0029839	,0019791	,799	-,008255	,002287
	40	-,0019861	,0020439	1,000	-,007430	,003458
	42	,0002078	,0022145	1,000	-,005691	,006106
42	37	-,0031917	,0022218	,914	-,009109	,002726
	40	-,0021939	,0022797	1,000	-,008266	,003878
	41	-,0002078	,0022145	1,000	-,006106	,005691

B.36 Significant onderscheid tussen de concentraties voor stalen met dezelfde korrelgrootte
(1400 µm, filter 0,00003)

ANOVA

Concentratie mengsel (g/l)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,001	6	,000	1,235	,288
Within Groups	,065	371	,000		
Total	,066	377			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Concentratie mengsel (g/l)

Bonferroni

(I) N° staal allen van serie 6	(J) N° staal allen van serie 6	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
43	44	,0064612	,0027229	,381	-,001869	,014791
	45	,0051483	,0029831	1,000	-,003977	,014274
	46	,0063288	,0027030	,415	-,001940	,014598
	47	,0050751	,0026500	1,000	-,003032	,013182
	48	,0058677	,0026935	,630	-,002372	,014108
	49	,0046542	,0026666	1,000	-,003503	,012812
44	43	-,0064612	,0027229	,381	-,014791	,001869
	45	-,0013130	,0027843	1,000	-,009830	,007205
	46	-,0001324	,0024819	1,000	-,007725	,007460
	47	-,0013862	,0024240	1,000	-,008802	,006029
	48	-,0005935	,0024715	1,000	-,008154	,006967
	49	-,0018070	,0024422	1,000	-,009278	,005664
45	43	-,0051483	,0029831	1,000	-,014274	,003977
	44	,0013130	,0027843	1,000	-,007205	,009830
	46	,0011806	,0027648	1,000	-,007277	,009639
	47	-,0000732	,0027130	1,000	-,008373	,008226
	48	,0007194	,0027555	1,000	-,007710	,009149
	49	-,0004941	,0027293	1,000	-,008843	,007855
46	43	-,0063288	,0027030	,415	-,014598	,001940
	44	,0001324	,0024819	1,000	-,007460	,007725
	45	-,0011806	,0027648	1,000	-,009639	,007277
	47	-,0012538	,0024016	1,000	-,008601	,006093
	48	-,0004611	,0024495	1,000	-,007955	,007032
	49	-,0016746	,0024200	1,000	-,009078	,005728
47	43	-,0050751	,0026500	1,000	-,013182	,003032
	44	,0013862	,0024240	1,000	-,006029	,008802
	45	,0000732	,0027130	1,000	-,008226	,008373

48	46	,0012538	,0024016	1,000	-,006093	,008601
	48	,0007926	,0023909	1,000	-,006522	,008107
	49	-,0004209	,0023607	1,000	-,007642	,006801
	43	-,0058677	,0026935	,630	-,014108	,002372
	44	,0005935	,0024715	1,000	-,006967	,008154
49	45	-,0007194	,0027555	1,000	-,009149	,007710
	46	,0004611	,0024495	1,000	-,007032	,007955
	47	-,0007926	,0023909	1,000	-,008107	,006522
	49	-,0012135	,0024094	1,000	-,008584	,006157
	43	-,0046542	,0026666	1,000	-,012812	,003503
	44	,0018070	,0024422	1,000	-,005664	,009278
	45	,0004941	,0027293	1,000	-,007855	,008843
	46	,0016746	,0024200	1,000	-,005728	,009078
	47	,0004209	,0023607	1,000	-,006801	,007642
	48	,0012135	,0024094	1,000	-,006157	,008584

B.37 Significant onderscheid tussen de korrelgroottes voor stalen met dezelfde concentratie (0,1 g/l, filter 0,00003)

ANOVA

Concentratie mengsel (g/l)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,067	4	,017	56,512	,000
Within Groups	,065	217	,000		
Total	,132	221			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Concentratie mengsel (g/l)

Bonferroni

(I) N° staal allen van serie 6	(J) N° staal allen van serie 6	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	15	-,0331632(*)	,0041891	,000	-,045044	-,021283
	22	-,0554084(*)	,0037969	,000	-,066177	-,044640
	29	-,0446824(*)	,0038335	,000	-,055554	-,033810
	43	-,0398407(*)	,0040672	,000	-,051375	-,028306
15	1	,0331632(*)	,0041891	,000	,021283	,045044
	22	-,0222452(*)	,0036584	,000	-,032621	-,011870
	29	-,0115192(*)	,0036965	,021	-,022002	-,001036
	43	-,0066775	,0039382	,914	-,017846	,004491
22	1	,0554084(*)	,0037969	,000	,044640	,066177
	15	,0222452(*)	,0036584	,000	,011870	,032621
	29	,0107260(*)	,0032452	,011	,001523	,019929

29	43	,0155677(*)	,0035181	,000	,005590	,025545
	1	,0446824(*)	,0038335	,000	,033810	,055554
	15	,0115192(*)	,0036965	,021	,001036	,022002
	22	-,0107260(*)	,0032452	,011	-,019929	-,001523
43	43	,0048417	,0035576	1,000	-,005248	,014931
	1	,0398407(*)	,0040672	,000	,028306	,051375
	15	,0066775	,0039382	,914	-,004491	,017846
	22	-,0155677(*)	,0035181	,000	-,025545	-,005590
	29	-,0048417	,0035576	1,000	-,014931	,005248

* The mean difference is significant at the .05 level.

B.38 Significant onderscheid tussen de korrelgroottes voor stalen met dezelfde concentratie (0,25 g/l, filter 0,00003)

ANOVA

Concentratie mengsel (g/l)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,038	4	,010	33,009	,000
Within Groups	,070	242	,000		
Total	,108	246			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Concentratie mengsel (g/l)

Bonferroni

(I) N° staal allen van serie 6	(J) N° staal allen van serie 6	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
9	23	-,0356486(*)	,0039577	,000	-,046861	-,024436
	30	-,0384490(*)	,0035938	,000	-,048630	-,028268
	37	-,0317464(*)	,0035583	,000	-,041827	-,021666
	44	-,0293904(*)	,0036064	,000	-,039607	-,019173
23	9	,0356486(*)	,0039577	,000	,024436	,046861
	30	-,0028004	,0035938	1,000	-,012982	,007381
	37	,0039023	,0035583	1,000	-,006178	,013983
	44	,0062582	,0036064	,840	-,003959	,016475
30	9	,0384490(*)	,0035938	,000	,028268	,048630
	23	,0028004	,0035938	1,000	-,007381	,012982
	37	,0067026	,0031485	,343	-,002217	,015622
	44	,0090586	,0032029	,051	-,000015	,018132
37	9	,0317464(*)	,0035583	,000	,021666	,041827
	23	-,0039023	,0035583	1,000	-,013983	,006178
	30	-,0067026	,0031485	,343	-,015622	,002217
	44	,0023560	,0031629	1,000	-,006605	,011317

44	9	,0293904(*)	,0036064	,000	,019173	,039607
	23	-,0062582	,0036064	,840	-,016475	,003959
	30	-,0090586	,0032029	,051	-,018132	,000015
	37	-,0023560	,0031629	1,000	-,011317	,006605

* The mean difference is significant at the .05 level.

B.39 Significant onderscheid tussen de korrelgroottes voor stalen met dezelfde concentratie (0,55 g/l, filter 0,00003)

ANOVA

Concentratie mengsel (g/l)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,012	4	,003	15,468	,000
Within Groups	,050	251	,000		
Total	,062	255			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Concentratie mengsel (g/l)

Bonferroni

(I) N° staal allen van serie 6	(J) N° staal allen van serie 6	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
11	18	,0012765	,0028242	1,000	-,006722	,009275
	25	,0090137(*)	,0026437	,008	,001526	,016501
	32	,0142852(*)	,0028447	,000	,006229	,022342
	46	,0171263(*)	,0025816	,000	,009815	,024437
18	11	-,0012765	,0028242	1,000	-,009275	,006722
	25	,0077372	,0029195	,086	-,000531	,016005
	32	,0130087(*)	,0031026	,000	,004222	,021795
	46	,0158498(*)	,0028633	,000	,007741	,023959
25	11	-,0090137(*)	,0026437	,008	-,016501	-,001526
	18	-,0077372	,0029195	,086	-,016005	,000531
	32	,0052715	,0029392	,741	-,003053	,013596
	46	,0081126(*)	,0026854	,028	,000507	,015718
32	11	-,0142852(*)	,0028447	,000	-,022342	-,006229
	18	-,0130087(*)	,0031026	,000	-,021795	-,004222
	25	-,0052715	,0029392	,741	-,013596	,003053
	46	,0028410	,0028835	1,000	-,005325	,011007
46	11	-,0171263(*)	,0025816	,000	-,024437	-,009815
	18	-,0158498(*)	,0028633	,000	-,023959	-,007741
	25	-,0081126(*)	,0026854	,028	-,015718	-,000507
	32	-,0028410	,0028835	1,000	-,011007	,005325

* The mean difference is significant at the .05 level.

B.40 Significant onderscheid tussen de korrelgroottes voor stalen met dezelfde concentratie
(0,7 g/l, filter 0,00003)

ANOVA

Concentratie mengsel (g/l)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,098	5	,020	65,664	,000
Within Groups	,094	313	,000		
Total	,192	318			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Concentratie mengsel (g/l)

Bonferroni

(I) N° staal allen van serie 6	(J) N° staal allen van serie 6	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
5	12	-,0581915(*)	,0036086	,000	-,068865	-,047518
	26	-,0371900(*)	,0035965	,000	-,047828	-,026552
	33	-,0196159(*)	,0037720	,000	-,030773	-,008459
	40	-,0201241(*)	,0036753	,000	-,030995	-,009253
	47	-,0201521(*)	,0035410	,000	-,030626	-,009678
12	5	,0581915(*)	,0036086	,000	,047518	,068865
	26	,0210015(*)	,0031971	,000	,011545	,030458
	33	,0385756(*)	,0033934	,000	,028538	,048613
	40	,0380673(*)	,0032856	,000	,028349	,047786
	47	,0380393(*)	,0031346	,000	,028767	,047311
26	5	,0371900(*)	,0035965	,000	,026552	,047828
	12	-,0210015(*)	,0031971	,000	-,030458	-,011545
	33	,0175741(*)	,0033805	,000	,007575	,027573
	40	,0170659(*)	,0032723	,000	,007387	,026745
	47	,0170379(*)	,0031206	,000	,007807	,026268
33	5	,0196159(*)	,0037720	,000	,008459	,030773
	12	-,0385756(*)	,0033934	,000	-,048613	-,028538
	26	-,0175741(*)	,0033805	,000	-,027573	-,007575
	40	-,0005082	,0034643	1,000	-,010755	,009739
	47	-,0005362	,0033215	1,000	-,010361	,009288
40	5	,0201241(*)	,0036753	,000	,009253	,030995
	12	-,0380673(*)	,0032856	,000	-,047786	-,028349
	26	-,0170659(*)	,0032723	,000	-,026745	-,007387
	33	,0005082	,0034643	1,000	-,009739	,010755
	47	-,0000280	,0032112	1,000	-,009527	,009470
47	5	,0201521(*)	,0035410	,000	,009678	,030626

12	-,0380393(*)	,0031346	,000	-,047311	-,028767
26	-,0170379(*)	,0031206	,000	-,026268	-,007807
33	,0005362	,0033215	1,000	-,009288	,010361
40	,0000280	,0032112	1,000	-,009470	,009527

* The mean difference is significant at the .05 level.

B.41 Significant onderscheid tussen de korrelgroottes voor stalen met dezelfde concentratie (0,85 g/l, filter 0,00003)

ANOVA

Concentratie mengsel (g/l)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1,886	4	,472	1958,779	,000
Within Groups	,064	266	,000		
Total	1,950	270			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Concentratie mengsel (g/l)

Bonferroni

(I) N° staal allen van serie 6	(J) N° staal allen van serie 6	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
6	27	,2098752(*)	,0032547	,000	,200662	,219088
	34	,2279888(*)	,0031549	,000	,219059	,236919
	41	,2414306(*)	,0031336	,000	,232561	,250301
	48	,2402092(*)	,0031549	,000	,231279	,249139
27	6	-,2098752(*)	,0032547	,000	-,219088	-,200662
	34	,0181137(*)	,0029668	,000	,009716	,026512
	41	,0315554(*)	,0029441	,000	,023222	,039889
	48	,0303340(*)	,0029668	,000	,021936	,038732
34	6	-,2279888(*)	,0031549	,000	-,236919	-,219059
	27	-,0181137(*)	,0029668	,000	-,026512	-,009716
	41	,0134418(*)	,0028333	,000	,005422	,021462
	48	,0122203(*)	,0028569	,000	,004134	,020307
41	6	-,2414306(*)	,0031336	,000	-,250301	-,232561
	27	-,0315554(*)	,0029441	,000	-,039889	-,023222
	34	-,0134418(*)	,0028333	,000	-,021462	-,005422
	48	-,0012215	,0028333	1,000	-,009242	,006799
48	6	-,2402092(*)	,0031549	,000	-,249139	-,231279
	27	-,0303340(*)	,0029668	,000	-,038732	-,021936
	34	-,0122203(*)	,0028569	,000	-,020307	-,004134
	41	,0012215	,0028333	1,000	-,006799	,009242

* The mean difference is significant at the .05 level.

B.42 Significant onderscheid tussen de korrelgroottes voor stalen met dezelfde concentratie
(1 g/l, filter 0,00003)

ANOVA

Concentratie mengsel (g/l)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,026	2	,013	57,813	,000
Within Groups	,030	136	,000		
Total	,056	138			

Multiple Comparisons

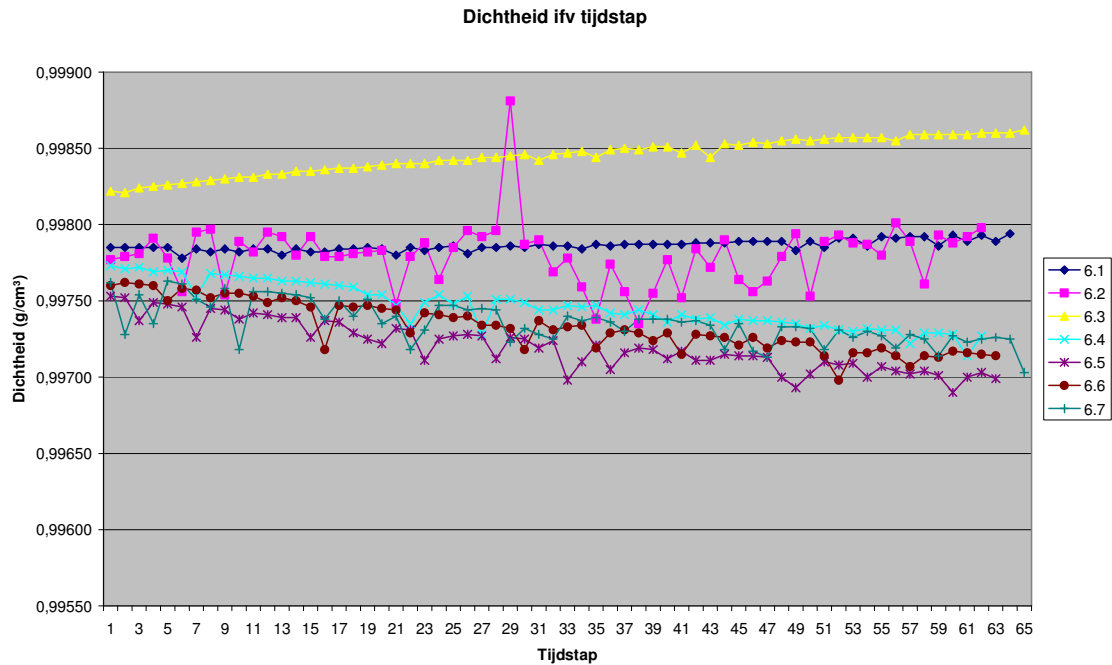
Dependent Variable: Concentratie mengsel (g/l)

Bonferroni

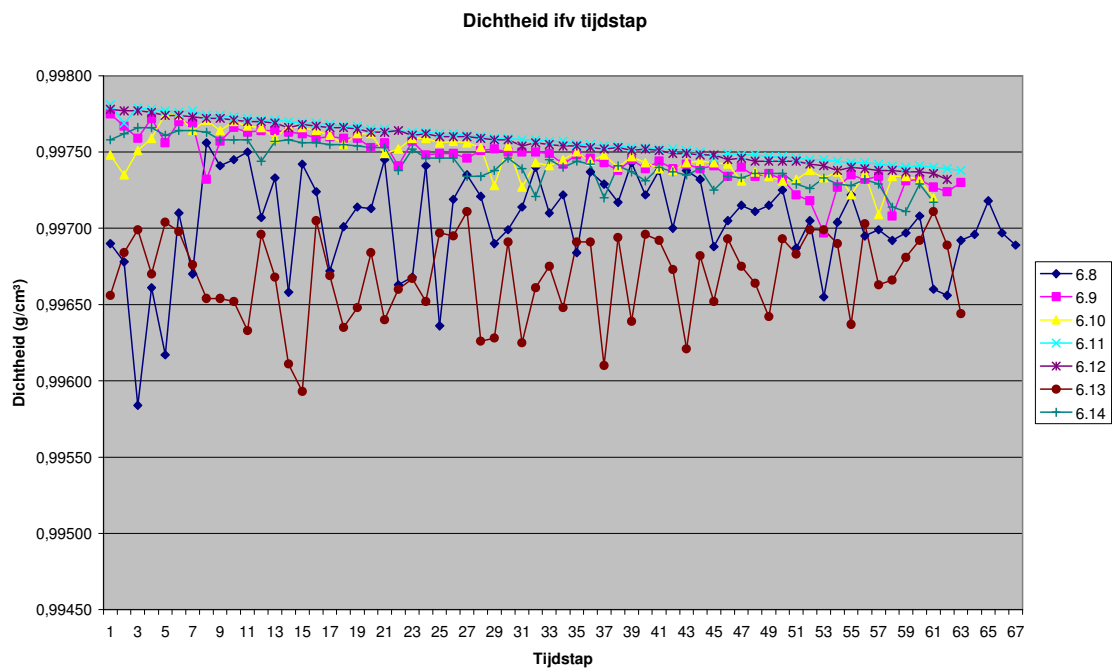
(I) N° staal allen van serie 6	(J) N° staal allen van serie 6	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
35	42	,0323101(*)	,0034049	,000	,024057	,040563
	49	,0296674(*)	,0031011	,000	,022151	,037184
42	35	-,0323101(*)	,0034049	,000	-,040563	-,024057
	49	-,0026427	,0030274	1,000	-,009981	,004695
49	35	-,0296674(*)	,0031011	,000	-,037184	-,022151
	42	,0026427	,0030274	1,000	-,004695	,009981

Appendix C: Verloop densiteitsmeting ifv tijdstap

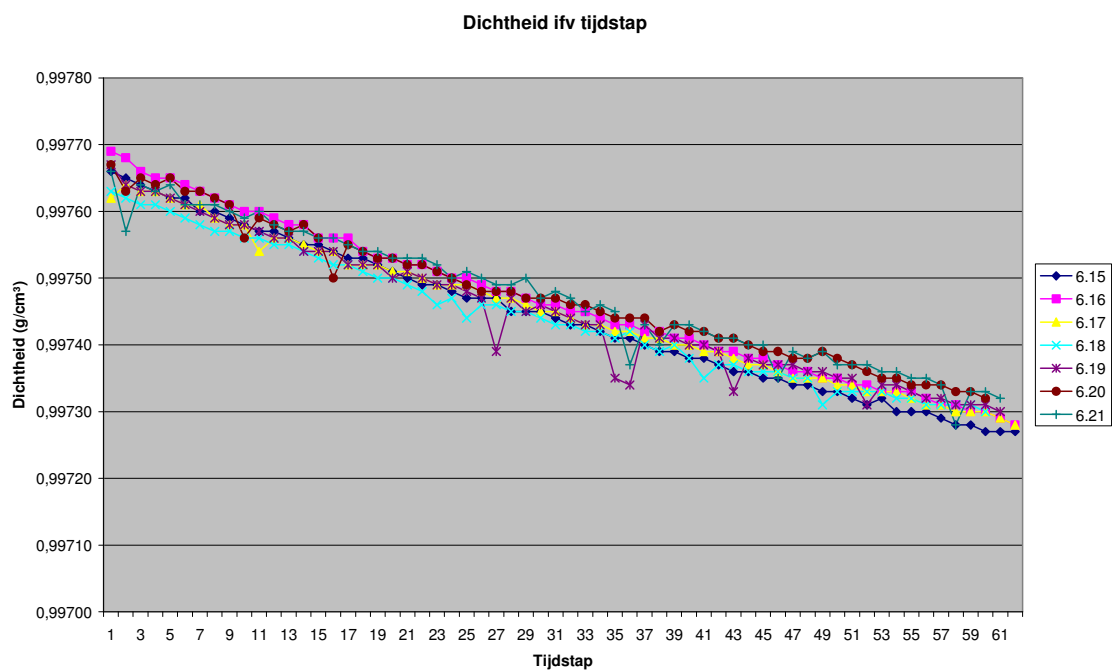
Appendix C.1: verloop dichtheid ifv. tijdstap (75 μm)



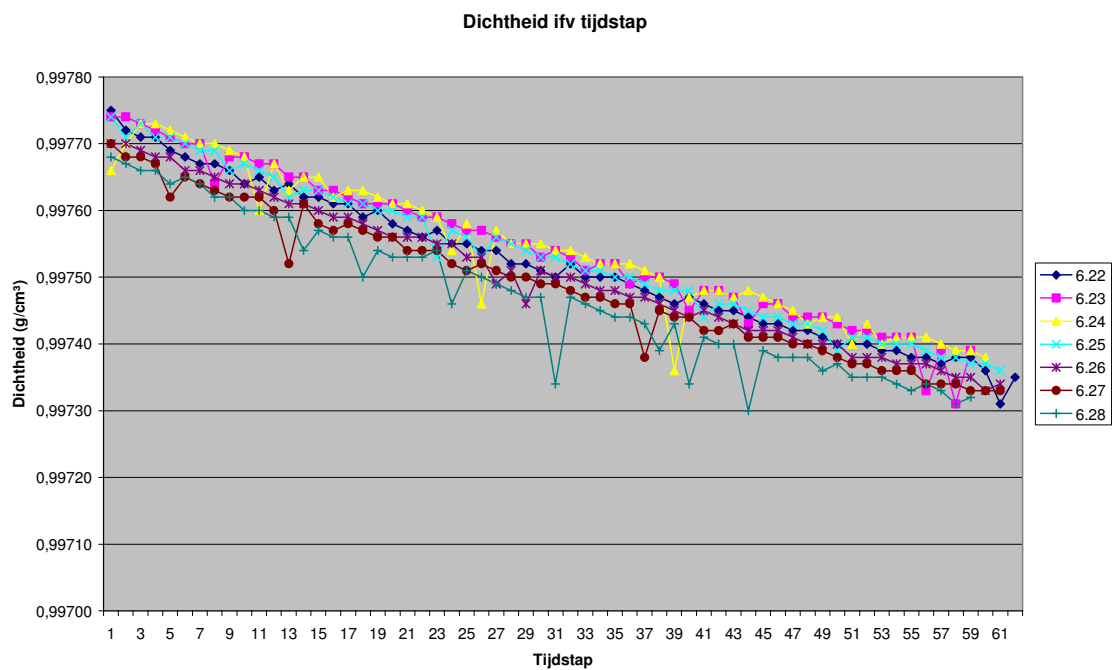
Appendix C.2: verloop dichtheid ifv. tijdstap (300 μm)



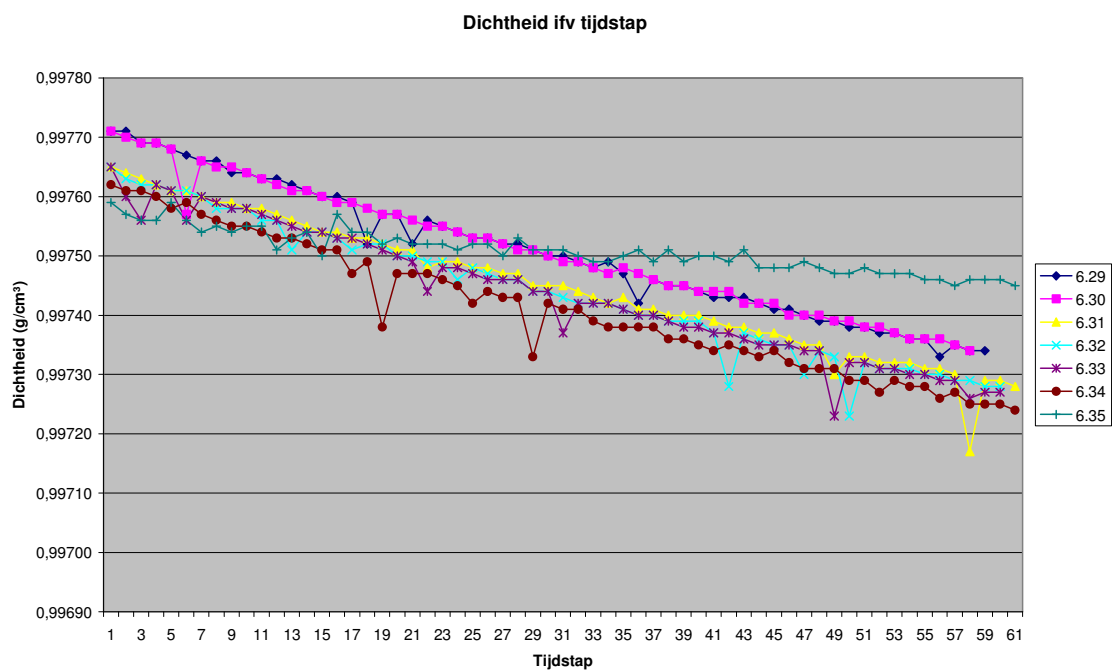
Appendix C.3: verloop dichtheid ifv. tijdstap (425 μm)



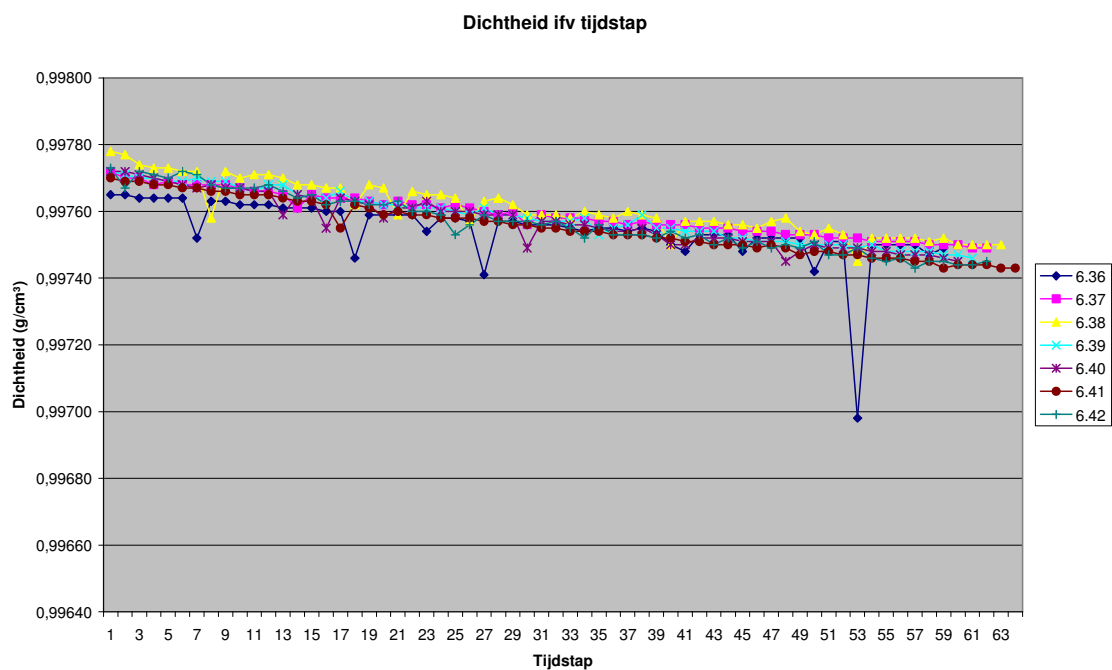
Appendix C.4: verloop dichtheid ifv. tijdstap (600 μm)



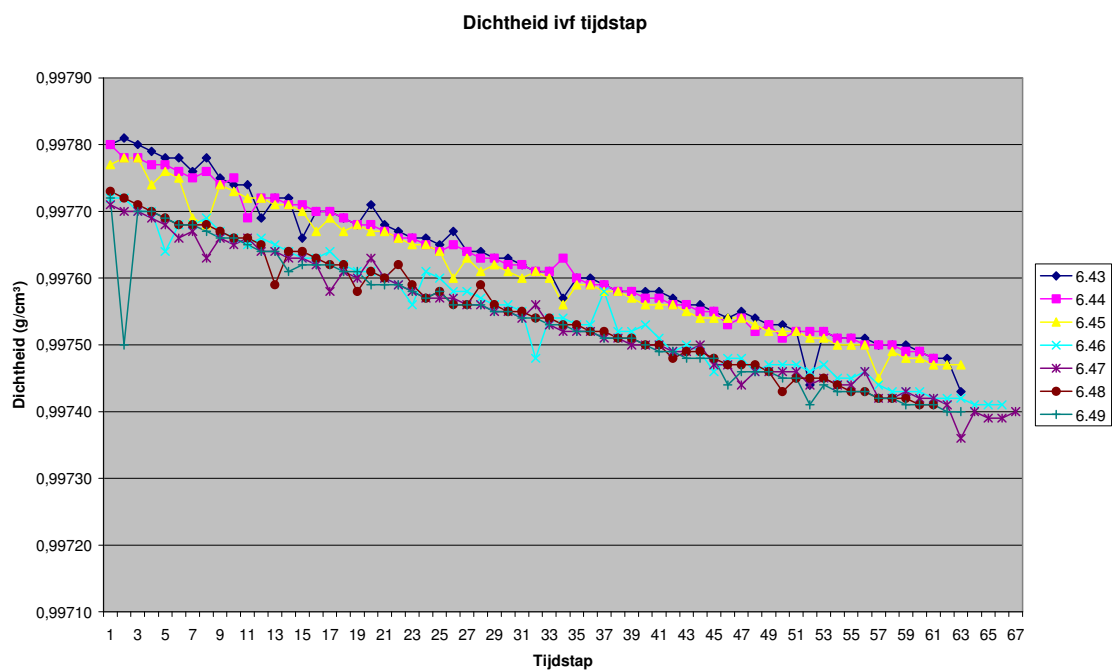
Appendix C.5: verloop dichtheid ifv. tijdstap (850 μm)



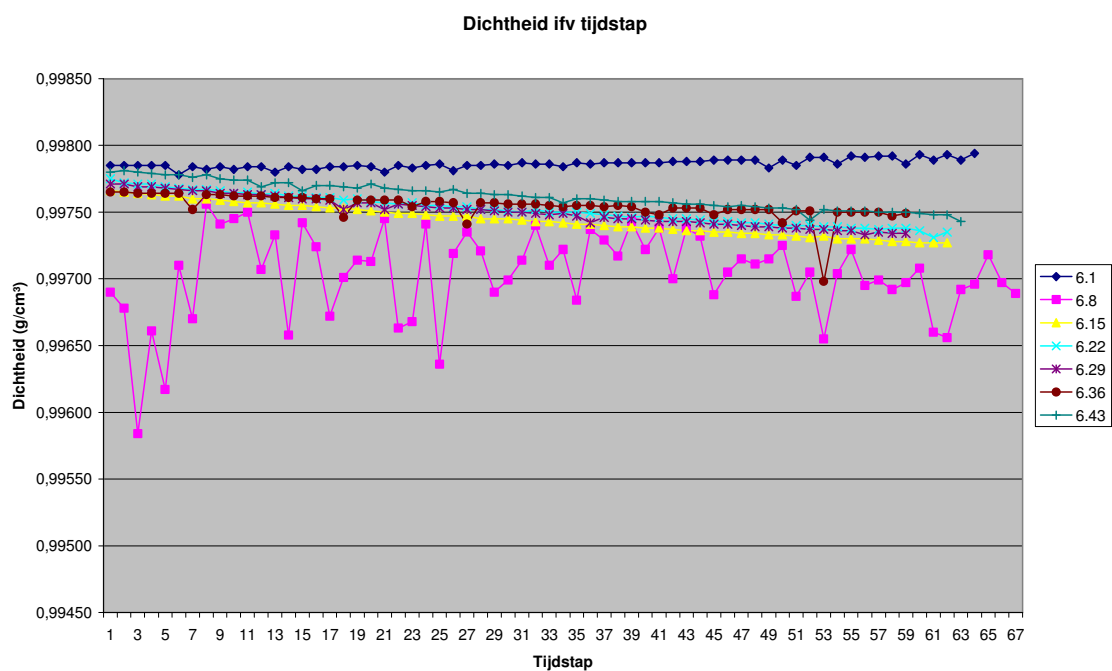
Appendix C.6: verloop dichtheid ifv. tijdstap (1180 μm)



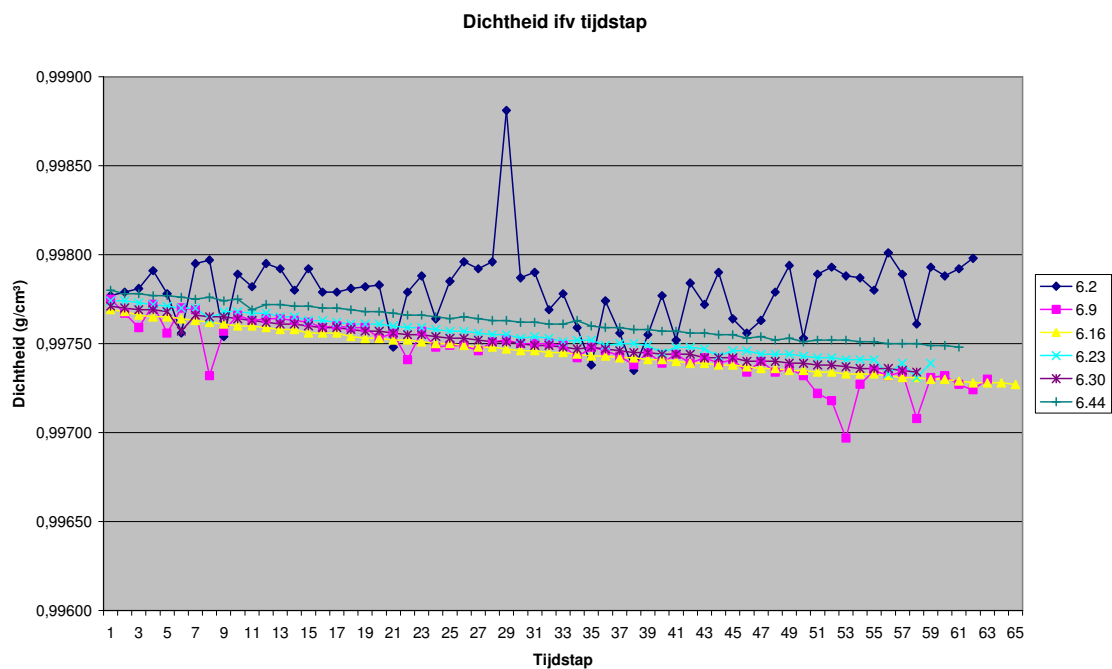
Appendix C.7: verloop dichtheid ifv. tijdstap (1400 μm)



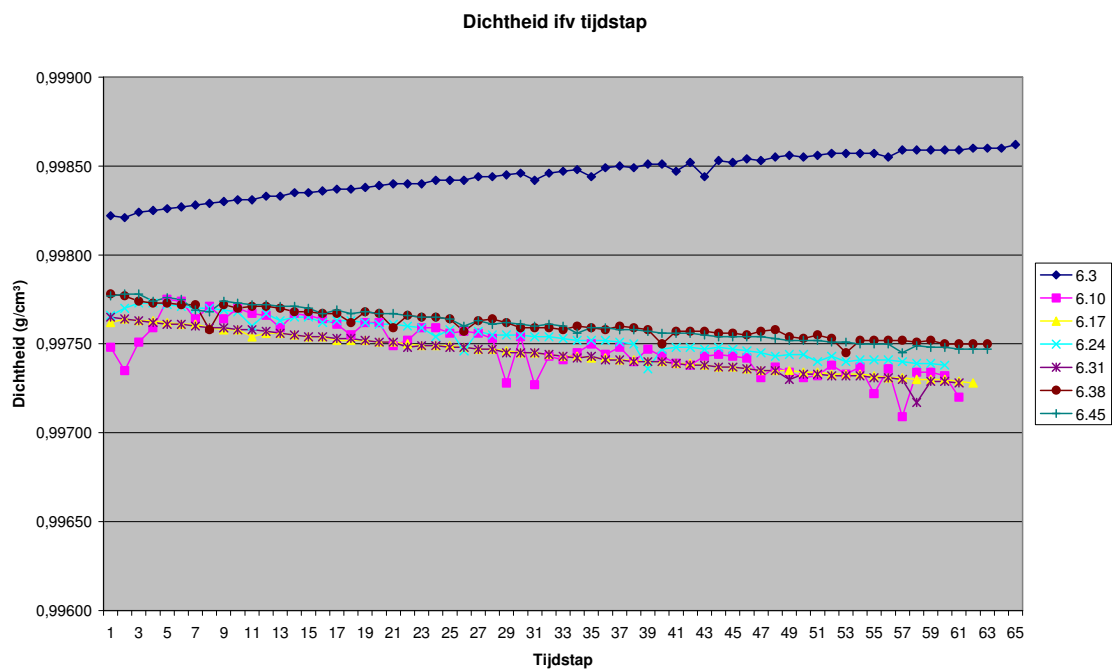
Appendix C.8: verloop dichtheid ifv. tijdstap (0,1 g/l)



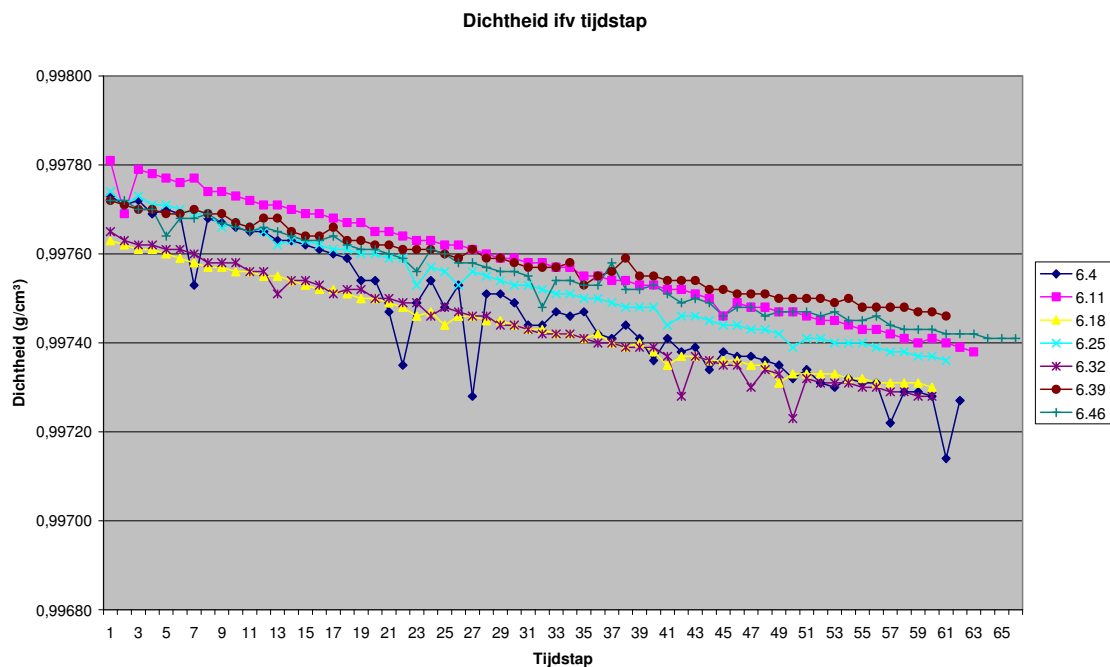
Appendix C.9: verloop dichtheid ifv. tijdstap (0,25 g/l)



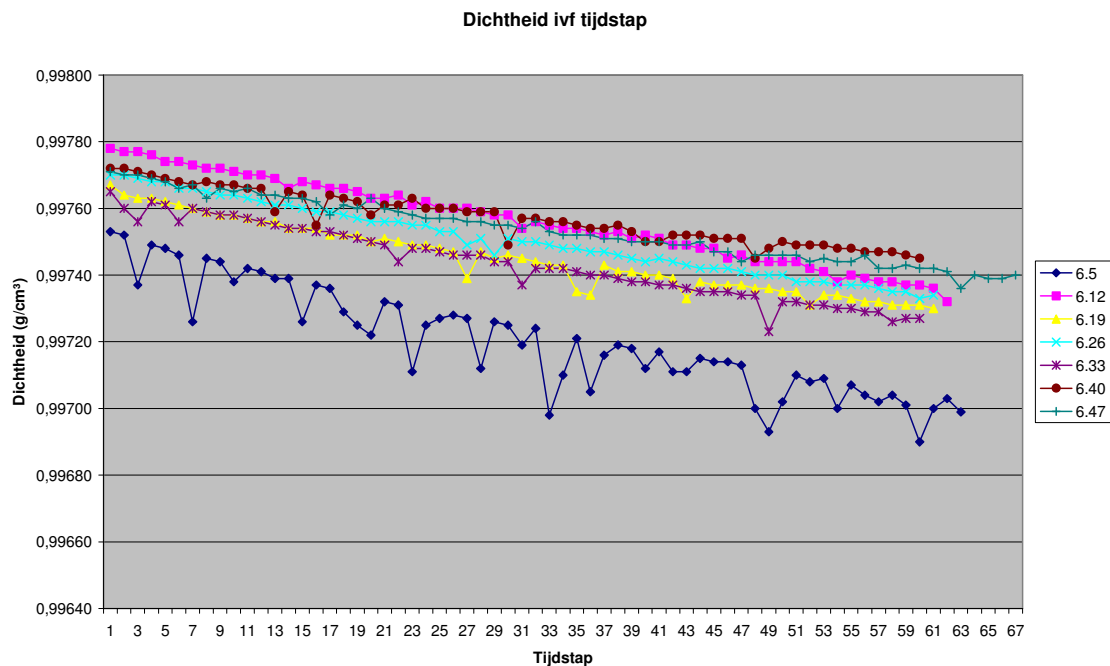
Appendix C.10: verloop dichtheid ifv. tijdstap (0,4 g/l)



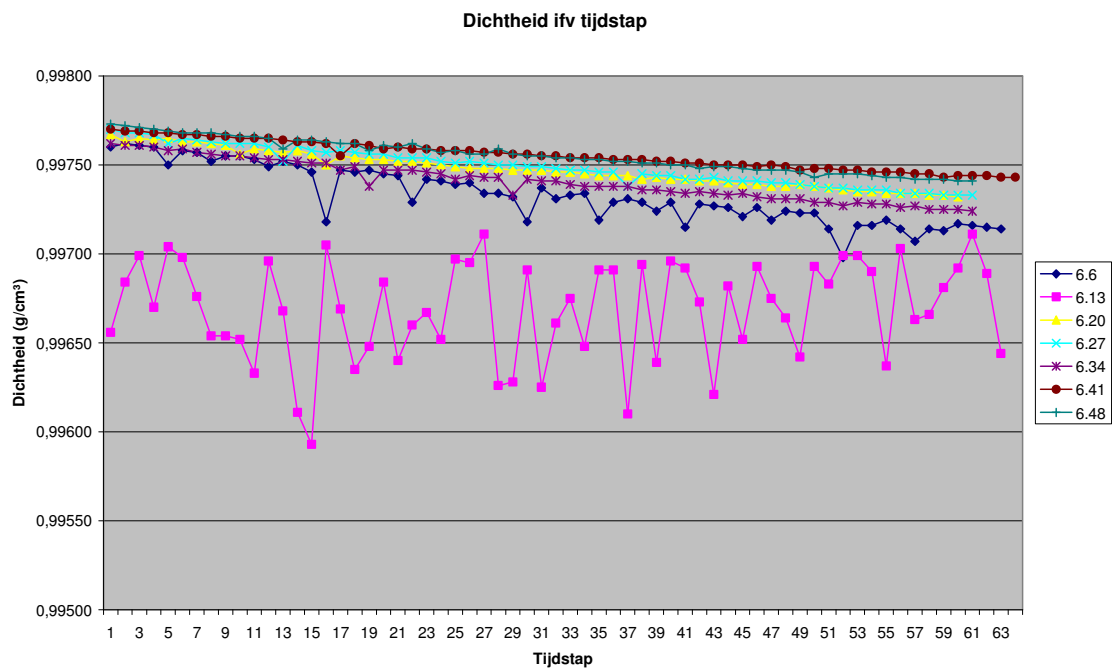
Appendix C.11: verloop dichtheid ifv. tijdstap (0,55 g/l)



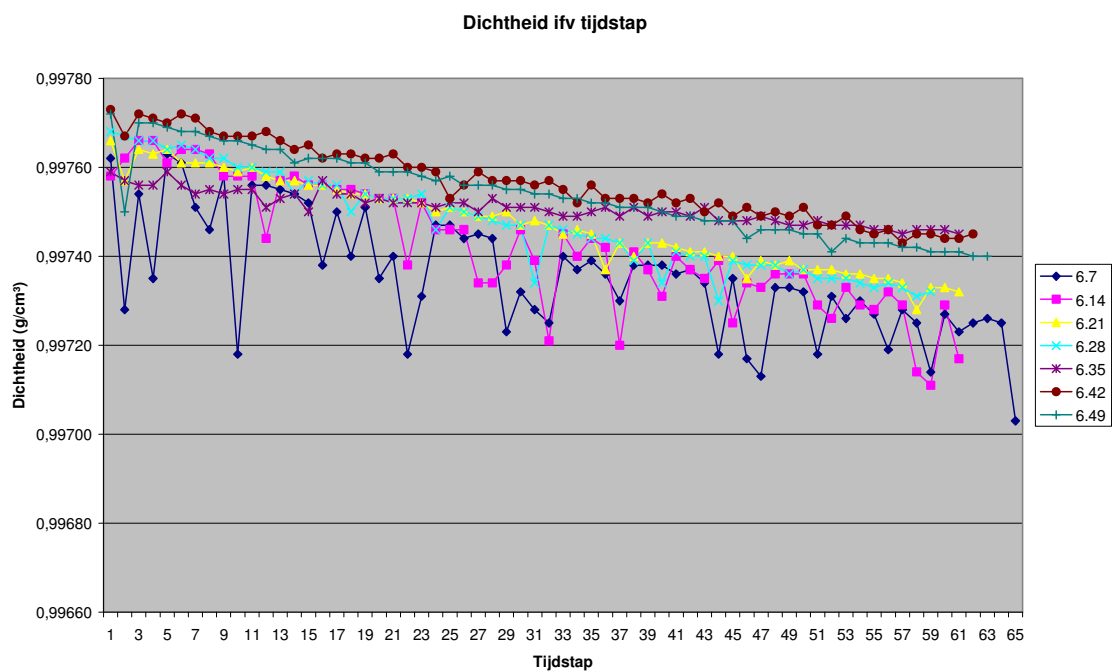
Appendix C.12: verloop dichtheid ifv. tijdstap (0,7 g/l)



Appendix C.13: verloop dichtheid ifv. tijdstap (0,85 g/l)



Appendix C.14: verloop dichtheid ifv. tijdstap (1 g/l)



Referenties

- [1] R. L. Bates and J. A. Jackson, Glossary of Geology, American Geological Institute, Alexandria, Virginia, U.S., 1987
- [2] J. De Schutter, Sedimenttransport: van bron tot'sink', presentatie in het kader van de ontwikkeling van het sedimentmeetnet, Afdeling Waterbouwkundig Laboratorium, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, 2005
Geraadpleegd op: http://watlab.lin.vlaanderen.be/sediment_2005/de_schutter_jan_ned.pdf
(laatst bezocht op 12/08/2006)
- [3] E. Vanlierde, J. De Schutter, J. F. A. Meys, F. Mostaert, P. Jacobs, Contributions of authigenic iron compounds to fluvial suspended sediment concentrations and fluxes in the Nete sub-basin, Belgium, in: D. E. Walling, A. J. Horowitz, (Eds.), IAHS publication 291: Sediment budgets 1, 2005
- [4] L. C. Van Rijn, Manual Sediment Transport Measurements, Delft, The Netherlands, 1986
- [5] R. Verhoeven, Waterbeheer en Waterbeheersing, Deel D: Transport van Sedimenten – Riviermorphologie, onuitgegeven syllabus, UGent, Gent, 2004
- [6] Office of Water Data Coordination, National Handbook of Recommended Methods for Water-data Acquisition, Geological Survey U.S., Department of the Interior, Reston, Va., 1977
- [7] G. Govers, Fluviale Geomorfologie, gedeelte van de cursus "Bodemerosie en Fluviale Geomorfologie", KUL, Leuven, (2004-2005)
- [8] M. Voet, P. Cabus en T. Van Hoestenbergh, Ultrasonische snelheidssensoren bij het meten van debieten in onbevaarbare waterlopen, Instituut voor Natuurbehoud, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, 2004
Geraadpleegd op: http://www.viwc.be/water/nb16/ts2005_16_ultrasone.pdf
(laatst bezocht op 12/08/2006)
- [9] Qmetrix, Vectrino snelheidsmeter, Hoofddorp, Nederland, 2005
Geraadpleegd op: <http://www.qmetrix.nl/producten/vectrino/vectrino.ned.html>
(laatst bezocht op 12/08/2006)
- [10] Qmetrix, OTT C31 snelheidsmeter, Hoofddorp, Nederland, 2005
Geraadpleegd op: http://www.ott-hydrometry.de/web/ott_de.nsf/id/pa_c31_e.html
(laatst bezocht op 12/08/2006)
- [11] M. Huygens, L. Van Poucke, R. Verhoeven en P. Wlodzimierz, Flood sediment transport occurrence in a small Flemish river catchment. 10th Int. Conf. on Transport & Sedimentation of Solid Particles, 2000
- [12] E. Vanlierde, Sedimenttransport in het Scheldebekken: een bijdrage tot de optimalisatie van het meetnet en tot de voorbereiding van de modellering van het transport,

- onuitgegeven scriptie voorgelegd voor het verkrijgen van het diploma licentiaat in de geologie, UGent, Gent, 2002-2003
- [13] Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Field Measurements of Erosion and Runn-off, Chapter 5: Sediment Transport, Agriculture department, United Nations, 2005
Geraadpleegd op: <http://www.qmetrix.nl/producten/vectrino/vectrino.ned.html>
(laatst bezocht op 12/08/2006)
 - [14] Rickly Hydrological Company, US DE96 A1, 2005
Geraadpleegd op: http://www.rickly.com/ss/depth_integrating_sampler.htm
(laatst bezocht op 18/08/2006)
 - [15] T. K. Edwards and G. D. Glysson, Techniques of water-Resources Investigations of the U.S. Geological Survey, Book 3, Applications of Hydraulics, Chapter C2, Field Methods for Measurement of Fluvial sediment, 1999
Geraadpleegd op: <http://water.usgs.gov/pubs/twri/>
(laatst bezocht op 18/08/2006)
 - [16] Rickly Hydrological Company, Churn Sample Splitter, 2005
Geraadpleegd op: http://www.rickly.com/ss/depth_integrating_sampler.htm
(laatst bezocht op 18/08/2006)
 - [17] A. J. Horowitz, The Use of Curves to Predict Suspended Sediment Concentration: a Matter of Temporal Resolution, U.S. Geological Survey, Atlanta, GA, USA, 2002
 - [18] P. G. Harold, Laboratory Theory and Methods for Sediment Analysis, United States Department of the Interior, Washington, USA, 1969
 - [19] A. R. Serway, Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics, Saunders College, Virginina, USA, 1990.
 - [20] Resonance Publications, Inc., fixed-angle and swinging bucket centrifugation, 2006
Geraadpleegd op: <http://www.resonancepub.com/centrifuge.htm>
(laatst bezocht op 12/08/2006)
 - [21] L. Xiaoyu, L. Tingwu, W. Wang, X. Qichuan, J. Zhao, Capitanse Sensors for Measuring Suspended Sediment Concentration, China Agricultural University, Beijing, China, 2005
 - [22] R. Verhoeven, Hydrografie & Hydrometrie, syllabus, Editie 2000
 - [23] L. Vanspringel, Fundamenteel onderzoek naar turbiditeitsmeters als meettoestellen voor sedimentconcentratie, Afstudeerwerk ingediend tot het behalen van de academische graad van burgerlijk ingenieur bouwkunde, 1998
 - [24] D. G. Wren, B. D. Barkdoll, R. A. Kuhnle, R.W. Derow, Fielf Techniques for Suspended Sediment Measurement, Journal of Hydrological Engineering, 2000

- [25] J. Lewis, Turbidity-controlled sampling for suspended sediment load estimation, USDA Forest Service, Pacific Southwest Research station, California, USA, 2000
- [26] J. de Schutter, niet-gepubliceerde meetresultaten, persoonlijke communicatie via E. Vanlierde en J. de Schutter, 2005
- [27] R. C. Weast, CRC Handbook of Chemistry and Physics, CRC Press, California, USA, 1987
- [28] Afdeling Waterbouwkundig Laboratorium, GOG en GGG, 2006
Geraadpleegd op: http://www.lin.vlaanderen.be/awz/img/bg_gogkbr02.jpg
(laatst bezocht op 12/08/2006)
- [29] Wikipedia, Pycnometer, 2005
Geraadpleegd op: www.wikipedia.org
(laatst bezocht op 12/08/2006)
- [30] Journey to Forever, Aerometer, 2006
Geraadpleegd op: http://journeytoforever.org/biofuel_library/ethanolu-manual/z-image
(laatst bezocht op 12/08/2006)
- [31] Anton Paar, Instruction Manual for DPRn, 2006
- [32] S. Degroote, niet-gepubliceerde presentatie, persoonlijke communicatie via S. Degroote, 2005
- [33] Mettler Toledo, Operation Instructions for DE40/DE41/DE51 Densitymeters, 2006-08-17
- [34] Mettler Toledo, DE51, 2006
Geraadpleegd op: <http://us.mt.com/>
(laatst bezocht op 12/08/2006)
- [35] Anton Paar, DPRn 427, 2006
Geraadpleegd op: <http://www.anton-paar.com>
(laatst bezocht op 12/08/2006)
- [36] Oceanworld, Introduction to Physical Oceanography: Chapter 6 – Temperature Salinity and Density, 2006
Geraadpleegd op: http://oceanworld.tamu.edu/resources/ocng_textbook/chapter06
(laatst bezocht op 12/08/2006)
- [37] University of California, Density and Salinity, Los Angeles, California, USA, 2006
Geraadpleegd op: <http://www.msc.ucla.edu/oceanglobe/pdf/densitysalinity/densityentire.pdf>
(laatst bezocht op 12/08/2006)
- [38] R. Nijs, Grondstoffen, syllabus, UGent, Gent, 1992
- [39] I. G. Droppo, A new definition of suspended sediment: implications for the measurement and prediction of sediment transport, Erosion and Sediment Transport Measurement in Rivers: Technological and Methodological Advances (Proceedings of the Oslo Workshop, June 2002), IAHS Publ. 283 (2003), 3-12
- [40] I. G. Droppo, G. G. Leppard, S. N. Liss, T. G. Milligan (editors), Flocculation in Natural and Engineered Environmental Systems, CRC Press (2005), 1-188

- [41] G. Van Den Berghe, Beginselen van de Foutenrekening, practicumhandleiding, 2002-2003
- [42] L. Taerwe, Waarschijnlijkheidsrekening en Statistiek, Syllabus, Ugent, 2002-2003