



Rijkswaterstaat  
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

# Variatie van korrelgrootte in de nevengeulen

[www.rijkswaterstaat.nl](http://www.rijkswaterstaat.nl)

**Contactpersoon**

Michael van der Lans  
S1470264

T 0634198848  
[michaellans@hotmail.nl](mailto:michaellans@hotmail.nl)

**Datum**

15 juli 2016

**Bijlage(n)**

[www.rijkswaterstaat.nl](http://www.rijkswaterstaat.nl)



## inhoudsopgave

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. samenvatting .....                                                   | 4  |
| 2. Introductie .....                                                    | 5  |
| 3. Onderzoeksplan .....                                                 | 6  |
| 3.1 probleemanalyse.....                                                | 6  |
| 3.2 Doel onderzoek.....                                                 | 7  |
| 3.3 onderzoeksvragen.....                                               | 8  |
| Hoofdvraag.....                                                         | 8  |
| Sub-vragen .....                                                        | 8  |
| 3.4 leeswijzer .....                                                    | 9  |
| 4. Literatuuronderzoek .....                                            | 10 |
| 4.1 Sedimentatie karakteristieken rivieren.....                         | 10 |
| 4.2 processen sedimentatie nevengeulen .....                            | 10 |
| processen zonder uiterwaardstroming.....                                | 10 |
| processen hoogwater .....                                               | 13 |
| Ontwerp factoren .....                                                  | 14 |
| 5. Methode .....                                                        | 16 |
| 5.1 Methodologie.....                                                   | 16 |
| 5.2 Meetlocaties .....                                                  | 17 |
| Gameren .....                                                           | 17 |
| Bakenhof .....                                                          | 20 |
| Klompenwaard.....                                                       | 21 |
| 6. Resultaten sediment samenstelling in de nevengeulen .....            | 23 |
| 6.1 Variatie van korrelgrootte Gameren.....                             | 23 |
| Variatie van korrelgrootte over de lengte van Gameren.....              | 24 |
| Resultaten variatie van korrelgrootte over de breedte van Gameren ..... | 27 |
| Resultaten over punt 2,3 en 4.....                                      | 27 |
| Resultaten over punt 5,6 en 7.....                                      | 29 |
| Resultaten over punt 8,9 en 10.....                                     | 31 |
| Resultaten over punt 12, 13 en 14.....                                  | 32 |
| 6.2 Klompenwaard.....                                                   | 34 |
| Variatie van korrelgrootte over de lengte .....                         | 35 |
| Resultaten korrelgrootte over de breedte.....                           | 37 |

|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| Resultaten zijstroom klompenwaard .....                                    | 39 |
| 6.3 Bakenhof .....                                                         | 40 |
| Variatie van korrelgrootte over de lengte van Bakenhof .....               | 41 |
| Variatie van korrelgrootte over de breedte van Bakenhof.....               | 43 |
| Variatie van korrelgrootte over de breedte bij punt 2,3 en 4 .....         | 43 |
| Variatie van korrelgrootte over de breedte bij punt 5,6 en 7 .....         | 44 |
| Variatie van korrelgrootte over de breedte bij punt 8,9 en 10 .....        | 45 |
| 6.4 Vergelijking hoofdgeul .....                                           | 46 |
| Vergelijking hoofdgeul Gameren .....                                       | 46 |
| Vergelijking hoofdgeul klompenwaard .....                                  | 49 |
| Vergelijking hoofdgeul Bakenhof .....                                      | 52 |
| 7. Discussie.....                                                          | 55 |
| 7.1 Variatie van korrelgrootte over de lengte van de nevengeul .....       | 55 |
| 7.2 Verschillen van korrelgrootte over de breedte van de nevengeulen ..... | 56 |
| 7.3 Vergelijking tussen de moedergeulen en nevengeulen.....                | 57 |
| 7.4 validiteit data .....                                                  | 58 |
| 8. Conclusie .....                                                         | 59 |
| 9. Recommandaties .....                                                    | 59 |
| a. recommandaties verder onderzoek.....                                    | 60 |
| b. recommandaties verder informatie verzamelen .....                       | 60 |
| 10. Bibliografie .....                                                     | 60 |
| 11. Appendix .....                                                         | 62 |
| 11.1 Terminologie .....                                                    | 62 |
| 11.2 Gebruikte D10, D50 en D90 locaties .....                              | 65 |
| 11.3 Bulle effect schematisatie.....                                       | 67 |
| 11.4 Verrichte dwarsmetingen Oostgeul Gameren .....                        | 68 |
| 11.5 Zeefresultaten oostgeul gameren.....                                  | 69 |
| 11.6 Zeefresultaten bakenhof.....                                          | 76 |
| 11.7 Zeefresultaten klompenwaard.....                                      | 81 |

## 1. samenvatting

Om de capaciteit van de rivier te vergroten en de natuur meer ruimte te geven zijn er verschillende nevengeulen. Deze nevengeulen zijn aangelegd als deel van het beheerplan genaamd 'ruimte voor de rivieren'. Een van de nadelen aan deze toepassing is dat er sterke sedimentatie plaatsvindt in de nevengeulen (Jans, 2004). Dit wordt veroorzaakt door de lage stroomsnelheden die doorgaans plaatsvinden in de nevengeul. Dit maakt beheer en onderhoud van de nevengeulen lastig. Om meer te weten te komen over de sedimentatieprocessen die in de nevengeulen plaatsvinden is dit onderzoek uitgevoerd. Het doel was om uit te vinden of wat de samenstelling van sediment groottes in de nevengeulen is, en hoe dit vergelijkt met de moedergeul.

Om dit doel te voltooien zijn er twee typen onderzoek uitgevoerd. Allereerst is er literatuuronderzoek uitgevoerd over de processen die plaatsvinden in de nevengeulen, de data van vorige metingen in de nevengeulen en de sediment groottes in de moedergeul. Ten tweede is er ook veldwerk verricht om de sediment groottes in de nevengeulen te bepalen. Hiervoor zijn monsters uit de nevengeulen gehaald en geanalyseerd om de korrelgroottes te bepalen. Verder zijn er ook met GPS hoogte- en locatiemetingen uitgevoerd in de nevengeulen. Deze resultaten zijn vervolgens vergeleken met de resultaten uit het literatuuronderzoek, om aan de hand van de processen uit te kunnen leggen wat er precies afspeelt in de nevengeulen en de korrelgroottes van de nevengeulen met de korrelgroottes van de moedergeulen te vergelijken.

Hieruit zijn verschillende resultaten gekomen over de samenstelling van sediment over de lengte en breedte van de nevengeulen, en over het verschil met de hoofdgeulen. Hieruit is gevonden dat de samenstelling van sediment in de nevengeulen overeen lijkt te komen met de samenstelling van de sediment in de nevengeulen voor het fijne sediment tussen 0.063mm en 1mm. Het grovere sediment is afwezig in de nevengeulen. Over de lengte wordt de spreiding van het sediment bepaalt door het ontwerp van de nevengeul in hoeverre de nevengeul doorstroomt en de aanwezige constructies. De spreiding over de breedte is vooral afhankelijk van het Bulle-effect, spiraalstroming in de nevengeul en het rivierprofiel.

## 2. Introductie

Sinds de 20<sup>ste</sup> eeuw zijn de Nederlandse rivieren hervormd om de kans op overstroming te voorkomen, en om de situatie voor vrachttransport en landbouw te verbeteren. De rivieren zijn rechtgetrokken en door een enkele baan geleidt. De uiterwaarden overstromen nu alleen nog maar wanneer het echt nodig is (Schoor, 2011). Maar de aanpak is in de laatste jaren veranderd. Tegenwoordig wordt er geprobeerd meer ruimte vrij te maken voor de rivieren. Nevengeulen zijn aangelegd om de capaciteit voor doorstroming bij hoog water te verbeteren, en om de ecologische situatie van voor het rechte trekken van de rivieren. Deze nevengeulen stromen parallel met de primaire rivieren, om extra ruimte voor de rivier vrij te maken. Omdat deze aftakkingen onlangs aangelegd zijn, zijn er nog aspecten van de geulen die geanalyseerd moeten worden. Een voorbeeld hiervan is de accumulatie van sediment die plaatsvindt in de nevengeulen,

De huidige aanpak van watermanagement van de bevoegde instituten in Nederland is om de rivieren meer ruimte te geven om de capaciteit te vergroten, in plaats van de dijken te blijven verhogen. De nevengeulen zijn deel van dit plan om de overvloed van water op te slaan. De nevengeulen zijn goed geschikt voor gebruik in Nederland doordat de nevengeulen de hoogwater capaciteit vergroten, maar de waterhoogte niet verlagen bij lage waterstanden. Dit is belangrijk omdat de Nederlandse rivieren zijn belangrijk voor de scheepvaart. Om de doorstroming van scheepvaart te garanderen, moet de waterstand in de rivieren niet te laag worden. De nevengeulen zijn uitgerust met drempels of andere lage obstructies, die voorkomen dat de waterstand te laag wordt, zodat de scheepvaart niet gehinderd wordt. Verder bieden de nevengeulen nieuwe mogelijkheden voor de ecologische situatie in Nederland. Door de normalisering en bedijking van de rivieren zijn de aftakkingen van de rivieren verdwenen en is veel natuurlijk riviergebiet verloren gegaan. Met de aanleg van nieuwe nevengeulen krijgen de flora en fauna weer nieuwe habitat om zich te ontwikkelen.

Een van de nadelen van de nevengeulen is dat ze erg gevoelig zijn voor sedimentatie. Doordat veel sediment neervalt in de nevengeulen, zijn de nevengeulen lastig te beheren. Maar doordat de nevengeulen pas sinds recent worden aangelegd, is er nog veel onbekend over de sedimentatie in de nevengeulen. Daarom zal in dit onderzoek gekeken worden naar het sediment dat zich bevindt in de nevengeulen, en analyseren welke processen voor de aanwezige samenstelling van sediment hebben gezorgd.

### 3. Onderzoeksplan

#### 3.1 probleemanalyse

De aanleg van nevengeulen is een recente ontwikkeling, waarbij de nevengeulen in Nederland nog maar een paar decennium aanwezig zijn (Jans, 2004). Hierdoor is er nog weinig ervaring opgedaan met het herstel en creëren van nevengeulen. Dit geldt ook voor het beheer van de nevengeulen. De duurzaamheid van nevengeulen is onzeker, doordat de nevengeul constant door ecologische en morfologische ontwikkelingen veranderd (Duel, 2001). De meeste van deze ontwikkelingen e.g. vegetatiegroei en sedimentatie, verminderen het doorstromingsvermogen van de nevengeulen. Hierdoor wordt voor nevengeulen die meer dan 180 dagen per jaar mee stromen verwacht dat ze niet langer dan 5 á 15 jaar meegaan tot ze dicht sedimenteren (Mosselmans, 2001). Echter van de aangelegde nevengeulen is dit nog geen een keer voorgekomen, terwijl sommige al langer dan dit termijn aanwezig zijn. Er bestaat dus nog veel onduidelijkheid over in hoeverre sedimentatie een gevaar is voor de nevengeulen

Een van de kenmerken van de nevengeulen is dat de watersnelheid in vergelijking met de hoofdriever veel lager is. Dit verhoogd de kans dat sediment neervalt op de rivierbodem. Hierdoor sedimenteren de nevengeulen, en wordt de rivierbodem langzaam verhoogd. Om dit te voorkomen, wordt het onderhoud van de nevengeulen duurder doordat het sediment weer verwijderd moet worden. Om dit te voorkomen zijn er maatregelen genomen om het sedimenteren te voorkomen. Zo zijn er drempels aangelegd om de sedimentatie door bodemtransport te voorkomen. Maar er is nog veel onbekend over de morfologische werking van nevengeulen, doordat de aanleg van de nevengeulen nog recent is. Hierdoor is ook de compositie van het neergevallen sediment onbekend. Om de sedimentatieprocessen te begrijpen die plaatsvinden in de nevengeulen, moet men dus beginnen met de analyse van het sediment in de nevengeulen.

### 3.2 Doel onderzoek

Het doel van het onderzoek is om een beter begrip te krijgen van de processen die sedimentatie veroorzaken in de uitgekozen nevengeulen. De verzamelde data zal gebruikt worden als hulp om de onderhoudsstrategie van de nevengeulen te bepalen. Hiervoor moeten de karakteristieken van het sediment dat naar de nevengeulen is getransporteerd. Hierbij wordt gefocust op de variatie van korrelgrootte van het sediment in de nevengeulen, en het verschil tussen de nevengeulen en de bijbehorende hoofdgeul.

Het doel van het onderzoek is dus uit te komen om meer te weten te komen over de samenstelling van het sediment in de nevengeulen, en hoe het daar terecht is gekomen. Dit komt neer op een tweedelig doel. Allereerst wil men de samenstelling in de nevengeul weten, en ten tweede moet dit vergeleken worden met de samenstelling van de hoofdgeul. Als dit gedaan is kunnen er conclusies getrokken worden over welke processen er plaatsvinden die de sedimentatie beïnvloeden, en die ervoor zorgt dat de samenstelling verschilt tussen de nevengeul en de hoofdgeul: Het doel is daarom als volgende geformuleerd:

---

*Het verschil tussen de samenstelling van sediment en de verantwoordelijke processen bepalen voor de nevengeulen en de hoofdgeulen.*

---

### 3.3 onderzoeksvragen

Nu het doel van dit onderzoek bepaald is, kunnen de onderzoeksvragen bepaald worden. Er wordt een hoofdvraag gesteld waar een antwoord op moet worden gevonden, en sub-vragen om te helpen met het beantwoorden van de hoofdvraag.

#### Hoofdvraag

Aan de hand van het doel wordt eerst de Hoofdvraag bepaalt. Hiervoor is het de bedoeling dat als de hoofdvraag wordt beantwoord, het doel is bereikt. Daarom moet de hoofdvraag alle elementen van het doel bevatten. De hoofdvraag van dit onderzoek is daarom:

---

*Welke sortering van sediment vindt er plaats bij de nevengeulen van de sediment groottes, en waardoor vindt deze sortering plaats?*

---

Dit is een brede vraag. Om een goed antwoord hierop te vinden, moeten er kleinere tussenstappen worden gemaakt om alle informatie te verzamelen. Daarom wordt de hoofdvraag verdeeld in meerdere sub-vragen.

#### Sub-vragen

Allereerst wordt er gekeken welke karakteristieken van de nevengeulen het sedimentatieproces beïnvloeden. De vorm, helling en aanwezigheid van obstructies kunnen de spreiding en de compositie van neergevallen sediment beïnvloeden. Deze effecten kunnen worden geanalyseerd worden met de resultaten van de metingen die worden verricht en met gebruik van literatuur en voorgaande metingen. De sub-vraag hierover is:

- *Welke karakteristieken van de nevengeulen beïnvloeden de spreiding en variatie van korrel grootte?*

Deze eigenschappen zijn van belang omdat ze worden gebruikt om de nevengeulen uit te kiezen die zullen worden gebruikt om monsters uit te halen. De eigenschappen die zij bepaald worden gebruikt om de nevengeulen te vergelijken op hoe gunstig het is om op die locatie metingen te doen, en zal er een selectie van nevengeulen worden gemaakt. Er zijn al een paar nevengeulen op het oog die interessant zijn om metingen in te doen. Zo is er bijvoorbeeld de Klompenwaard, die in de laatste jaren hevige sedimentatie plaatsvindt. Zo is er in de laatste 7 jaar een stijging van een meter op sommige plekken in de Klompenwaard waargenomen. Dit zou dus een goed geschikte locatie zijn. Ook andere locaties zullen worden bepaald door literatuuronderzoek.

Ten tweede moet worden bepaald welke en hoeveel informatie er zal moeten worden verzameld uit metingen in de nevengeulen. De sub-vraag is:

- *Welke kwantiteit van experimenten moeten worden uitgevoerd op de locatie om de benodigde informatie te verzamelen?*



Deze sub-vraag is gerelateerd aan wat voor type data zal worden verzameld. Dit zal ook in deze sub-vraag worden beantwoord. Het bepalen van welke metingen zullen worden gedaan zal in consultatie worden gedaan met Mr. van Denderen en Mrs. Quartel.

Met de vorige sub-vraag beantwoordt, kunnen de monsters worden genomen en worden onderzocht. Nu moet de compositie van het sediment in de vorm van korrelgrootte worden bepaald. Dus de sub-vraag is:

- *Wat is de samenstelling van het sediment in de nevengeul?*

Deze vraag zal worden beantwoord door middel van de informatie die komt uit het zeven van de monsters. Hiervoor zal beide de verdeling en de D10, D50 en D90 worden uitgerekend. Door dit te onderzoeken is de hoop dat er meer bekend wordt over de samenstelling van het sediment in de nevengeulen.

Verder wordt de spreiding van de korrelgroottes van het sediment in de nevengeulen bepaald. Deze vraag is direct gerelateerd aan de vorige sub-vraag. Het verschil is dat er naast de gemiddelde korrelgroottes ook wordt gekeken naar de spreiding van de korrelgroottes in de nevengeulen. Het is ook nuttig te weten hoe de gemiddelde korrelgrootte verandert over de nevengeul in de lengte en breedte. Dit is omdat fijner sediment al bij erg traag stromend water neervalt, en bij een lagere watersnelheid nodig is om genoeg liftkracht te veroorzaken om het deeltje weer in suspensie te krijgen (Ribberink, 2011). Dit is in tegenstelling met de bodemtransport, waarbij grover materiaal wordt verplaatst. Om te kijken wat voor transport er allemaal in de nevengeul plaatsvindt, zal er dus gekeken worden naar de spreiding van sediment groottes in de nevengeulen.

- *Hoe zijn de verschillende korrelgroottes verspreidt over de nevengeul?*

Tot slot moet de sediment grootte in de moedergeul worden bepaald. Dit zal worden gebruikt om de sediment grootte te vergelijken met de sediment grootte in de moedergeul. De hoofdvraag draait deels om het verschil tussen de sediment grootte in de nevengeul en de sediment grootte in de moedergeul. Dus moet de sediment grootte in de rivier voor de bifurcatie ook worden bepaald. De karakteristieken van het sediment in de rivier zal dus ook worden onderzocht:

- *Wat is de verhouding tussen de sediment grootte in de moedergeul voor de bifurcatie en in de nevengeul?*

### 3.4 leeswijzer

Het verslag zal de volgorde van de sub-vragen opvolgen. Zo zullen dus eerst de eigenschappen rivieren worden bepaald die invloed hebben op de sedimentatie, en hoe sedimentatie te werk gaat. Vervolgens zal de aanpak van het onderzoek worden uitgelegd, en de resultaten zullen worden gepresenteerd. Ten slotte zullen de resultaten worden besproken en worden er conclusies getrokken. De gebruikte termen worden beschreven in de Appendix (Terminologie)

## 4. Literatuuronderzoek

### 4.1 Sedimentatie karakteristieke rivieren

Sediment verplaatst zich doordat de stroom krachten uitoefent op de sedimentkorrels. Als de krachten groter zijn dan de kritieke waarde van het sediment, begint het deeltje te bewegen. Hoe hoger de snelheid van de stroom, hoe groter de kracht die de stroom op de deeltjes uitoefent. Dus hoe hoger de snelheid, hoe meer deeltjes zich zullen verplaatsen. (Ribberink, 2011).

Er zijn twee type verplaatsing van sediment. Dit zijn bodemtransport en suspensietransport. De bodemtransport is het transport van sediment dat zich al rollend en schuivend over de bodem verplaatst. Deze deeltjes bevinden zich maar voor korte tijdsperioden in suspensie. De suspensietransport is het transport van uiterst fijne sediment dat van stroomopwaarts door de rivier wordt meegenomen. Dit fijn sediment wordt nauwelijks op de bodem gevonden, dus er vindt geen uitwisseling met de bodem plaats. Dit fijne sediment wordt dus alleen door de rivier aangevoerd. Zo wordt zand meestal aangevoerd via bodemtransport, en wordt het slib aangevoerd via suspensie, wat pas neerslaat bij een stroomsnelheid van naar schatting kleiner dan 0,3 m/s, afhankelijk van de omgeving (Klop, 2009).

Verder zijn er nog twee type rivieren die sediment transporteren. Er zijn rivieren waarbij sediment van verschillende sediment diameters aanwezig is, en de rivieren waar alleen een bepaalde categorie van sediment grootte van diameter aanwezig is. De Rijn is een van de tweede categorie, waarin niet alle verschillende groottes van sediment diameter aanwezig is (Ribberink, 2011). Dit is gerelateerd aan dit project omdat de Rijn de oorspronkelijke rivier is voor de rivieren waarop de nevengeulen zijn aangesloten. Er zal dus worden verwacht als de samenstelling van het sediment in de nevengeulen gelijk is aan de samenstelling van de moedergeul, dat deze verdeling van sediment hierin terug te vinden is.

### 4.2 processen sedimentatie nevengeulen

Er zijn verschillende processen die de sedimentatie in de nevengeulen bepalen. Om beter inzicht te krijgen in de sedimentele processen die plaatsvinden, zal kwalitatief gekeken worden naar welke processen effect hebben op het proces, en hoe de factoren de sedimentatie beïnvloeden. De processen kunnen worden opgedeeld in drie categorieën (Klop, 2009). Deze categorieën zijn factoren zonder uiterwaardstroming, factoren met uiterwaardstroming, en ontwerpfactoren. Deze factoren zullen in dit onderdeel worden behandeld. De factoren zonder uiterwaardstroming hebben betrekking op gelijkwaardige nevengeulen, maar alle aangelegde nevengeulen zijn tot nu toe ongelijkwaardig aangelegd. Het verschil hiertussen zal bekeken worden in ontwerpfactoren.

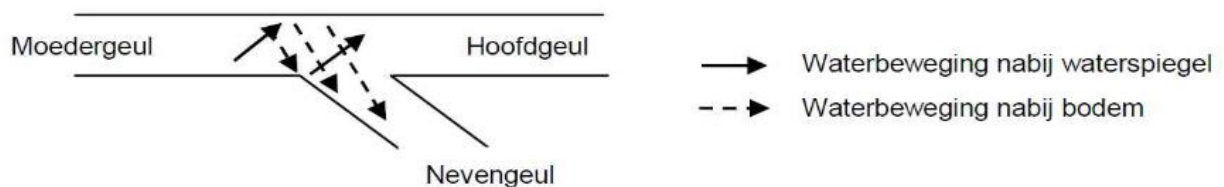
#### processen zonder uiterwaardstroming

Allereerst zullen de processen die bij laag water effect hebben op de sedimentatiesplitsing van de nevengeulen. De desbetreffende factoren zijn de bifurcatiehoek, de primaire waterstroming en Bulle-effect, de neervorming, de spiraalvorming, de dwarshelling, bodemvormen bij het splitsingspunt en de transportcapaciteit

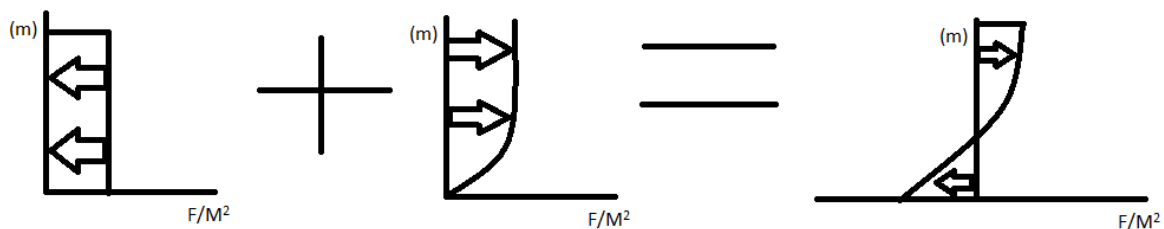
De bifurcatiehoek is de hoek die de nevengeul heeft ten opzichte van de hoofdgeul bij de instroomopening. Het effect van de bifurcatiehoek is afhankelijk van de primaire waterstroming en de bulle-effect, doordat deze twee processen de stroming van het water richting de nevengeul

beïnvloeden. Het effect van de bifurcatiehoek op de sedimentatie zal dan ook worden verklaard aan de hand van deze processen.

Het Bulle-effect is een effect dat ervoor zorgt dat de bodemtransport richting de nevengeul groter is dan door de verdeling van stromingen bij de bifurcatie te verwachten is. Doordat de nevengeul een bepaalde hoeveelheid water aan de moedergeul onttrekt, ontstaat er een denkbeeldige scheidingslijn tussen water dat naar de hoofdgeul stroomt en water dat naar de nevengeul stroomt. Deze scheidingslijn wordt de primaire stroming genoemd (Heer, 2003). Deze scheidingslijn bepaalt hoeveel water er naar de nevengeul keert, en is lineair met de debietverhouding tussen de hoofdgeul en de nevengeul. Naast de primaire waterstroming ontstaat er ook een secundaire waterstroming bij de bifurcatie, die richting de hoofdgeul stroomt. De stroming heeft door traagheid de neiging om zijn bestaande weg te vervolgen (van Putten, 2011). Dit veroorzaakt een centrifugale kracht in de stroming, die het water richting de buitenzijde duwt. Hierdoor vormt er verhang in de waterspiegel in de dwarsrichting rond het splitsingspunt. Door het verhang en zwaartekracht ontstaat er ook een drukkracht die tegen de centrifugale kracht gaat. Deze kracht duwt de stroom richting de aftakking. De krachten verschillen van kracht per waterhoogte. De centrifugale kracht is afhankelijk van de stroomsnelheid, en doordat de stroomsnelheid het hoogst is aan het wateroppervlak is daar de centrifugale kracht het grootst. De drukkracht is juist het grootst aan de waterbodem. Deze krachten zijn weergegeven in Figuur 2 Hierdoor ontstaat er een waterbeweging zoals te zien is in Figuur 1. Deze waterbewegingen kunnen zich tot een spiraalstroming vormen. Hierdoor vindt er uitwisseling van water tussen de primaire stroming en de stroming richting de hoofdgeul, die relatief sedimentrijk water via de bodem naar de nevengeul gestuurd (Klop, 2009). Het relatief sedimentarme water vervolgt zijn weg naar de hoofdgeul. Een schematisatie van dit proces is te vinden in de appendix '11.3 Bulle effect schematisatie'



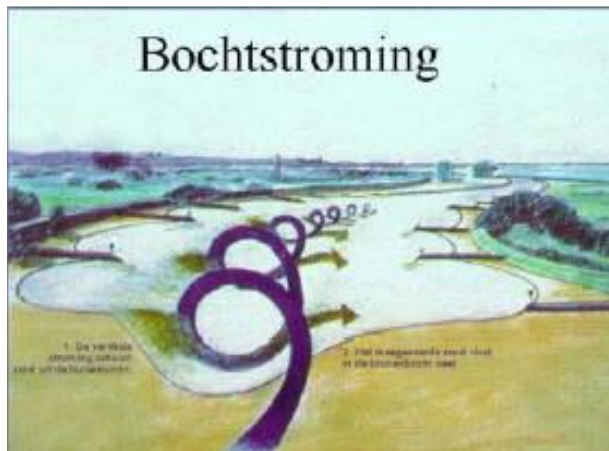
Figuur 1 visualisatie Bulle-effect



Figuur 2 schematisatie krachten die plaatsvinden door het Bulle-effect

Een ander proces dat plaatsvindt rond het splitsingspunt. Zo vormen er drie neren rond het splitsingspunt die ook de afvoerverdeling beïnvloeden (Heer, 2003). Een van de neren ontstaat bovenstrooms aan de oeverkant van de aftakking, als gevolg van de traagheid in het afbuigen van de stroom richting de nevengeul. De omvang van deze neer is sterk afhankelijk van de bifurcatiehoek, en bepaald de effectieve doorstroming door de aftakking. Ook ontstaat er een neer benedenstrooms van de aftakking, aan de overkant van de nevengeul. Deze neer ontstaat doordat de stroomsnelheid zich nog moet aanpassen aan de lagere afvoer van water na de nevengeul. Hierdoor beweegt de stroming benedenstrooms zich van de oever af, waardoor aan de oever een neer kan ontstaan. Ten slotte kan er zich nog een neer vormen op de bodem, bovenstrooms van de aftakking maar dan aan de kop van de aftakking. Deze neer bevindt zich afwisselend dan wel in de hoofdgeul, dan wel in de nevengeul.

Naast de spiraalvorming door het Bulle-effect, kunnen spiralen zich ook vormen door de ligging van de rivier. Als gevolg van deze spiralen wordt sedimentrijk water richting de binnenbocht en sedimentarm water naar de buitenbocht gestuwd (Rozovskij, 1957). Dus als een nevengeul zich in de binnenbocht bevindt, zou deze spiraal meer sediment richting de nevengeul transporteren. Dit is weergegeven in Figuur 3.



Figuur 3 spiraalstroming in de bocht van een rivier (Nooijer, 2006)

Het kan voorkomen dat het sedimenttransport bij de splitsing in verhouding te veel naar een van de nevengeulen kan verplaatsen. Als dit lang genoeg plaatsvindt, kunnen er dwarshellingen op de bodem van de rivier vormen. Dit verhindert de bodemtransport van sediment, aangezien het sediment over de helling moet worden vervoerd. Dit kan de spiraalvorming in de rivieren tegengaan, aangezien de spiralen vooral het bodemtransport vergroten (Kleinhans, 2008). Ook kan er barvorming plaatsvinden. Dit gebeurt als er backwash ontstaat, en dit met de stroming botst. Hierdoor verliest het sediment zijn momentum, en kunnen er ophopingen vormen. Zo vinden er in de rivier, vooral bij hogere afvoeren, constant morfologische ontwikkelingen plaats.

Ten slotte speelt de transportcapaciteit van de nevengeul een rol. De transportcapaciteit is afhankelijk van de stroomsnelheid in de geul. Een hogere stroomsnelheid betekent dat de nevengeul meer sediment kan transporteren zonder dat het neervalt. Dit komt doordat er bij een hogere stroomsnelheid er een grotere tilkracht op de deeltjes werkt. De stroomsnelheid in de geul hangt weer af van het verhang in de geul en de bodemweerstand.

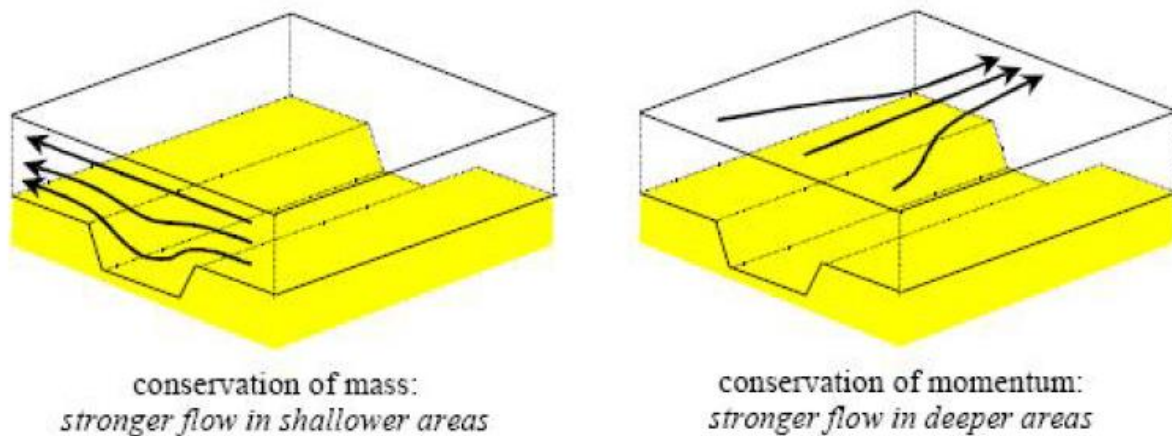
### processen hoogwater

De bovenstaande processen zijn alleen van toepassing wanneer het water zich binnen de geulen verplaatst. Nu is het ook mogelijk dat de waterstand zo hoog is dat de uiterwaarden onder water komen te staan. In dit geval zijn er weer andere processen die effect hebben op de verplaatsing van sediment. Zo beïnvloeden nu de oriëntatiehoek van de nevengeul en de afzettingen die zich aan de oevers vormen de sedimenttransport.

De oriëntatiehoek van de nevengeul is de gemiddelde hoek tussen de nevengeul en de uiterwaardstroming. Er zijn twee uitersten voor de oriëntatiehoek bij uittreding van water over de waarden in de nevengeulen (zie Figuur 4). Allereerst is er een situatie met een grote oriëntatiehoek. Hierbij is de massabalans de dominante balans die behouden moet worden. Doordat verlaging van de rivierbodem in de stroom van de rivier wordt de stroomsnelheid verlaagd, wat de transportcapaciteit van de rivier verkleint (Baptist, 2002). Dit veroorzaakt samen met de natuurlijke verzanding die plaatsvindt bij overstroming van de uiterwaarden voor extra aanzanding in de nevengeulen.

De balans van krachten is het belangrijkste als de oriëntatiehoek klein is. In dit geval leidt de verdieping van de nevengeul tot een versnelling van de stroomsnelheid, doordat de nevengeul opeens dieper is en daardoor minder last van de bodemweerstand ondervindt. Dit vergroot weer de transportcapaciteit, en de kracht die de sedimentkorrels op de bodem van de nevengeul ondervinden. Hierdoor wordt eerder erosie verwacht in nevengeulen met een lage oriëntatiehoek.

De oriëntatiehoek heeft vooral effect op fijn sediment. Dit komt doordat het grove sediment bij uittreding van de waarden het grove sediment zich vrij snel ophoopt in oeverwallen. Alleen het fijne sediment wordt over lange afstanden in de nevengeulen getransporteerd.



Figuur 4 links: een nevengeul met een grote oriëntatiehoek. rechts: een nevengeul met een kleine oriëntatiehoek.

Ten slotte moet er rekening worden gehouden met de afzetting van de oeversloten bij het uittreden van de waarden. De stroomsnelheid in de uiterwaarden is relatief gezien veel lager dan de stroomsnelheid in de geul. Hierdoor valt meer sediment neer in de uiterwaarden. Zo is er een onderscheid te maken tussen waar het grove sediment neerstrijkt en waar het fijne sediment neerstrijkt. Het grovere zand valt net voorbij het zomerbed neer, doordat de oeverwal het bodemtransport tegenhoudt. Het sediment zet zich hier dan ook af. Het fijne sediment wordt verder over de uiterwaarden verspreid.

### Ontwerp factoren

De bovenstaande factoren zijn de algemene factoren die de sedimenttransport door de nevengeul bepalen. Naast deze factoren moeten ook de factoren die voortkomen uit het ontwerp van de nevengeul. De ontwerpfactoren zijn de breedte van de nevengeul, het niveau van aantakking, de aanwezigheid van drempels en kribben, en het verhang in de nevengeul (Klop, 2009).

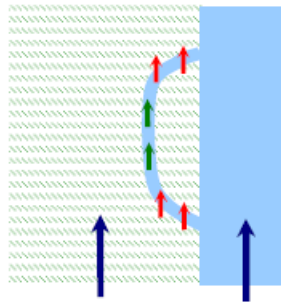
De meeste nevengeulen in Nederland zijn ongelijkwaardig aangesloten aan de hoofdgeul. Daarnaast zijn ze zo ontworpen dat de nevengeul niet meer dan 3% van de totale afvoer van de moederrivier op zich neemt (Mosselmans, 2001). Hierdoor ligt de primaire stroming relatief gezien dicht bij de instroomopening dan dat die zou liggen onder natuurlijke omstandigheden bij een aftakking omdat er minder water naar de nevengeulen afbuigt. Hierdoor heeft het Bulle-effect minder effect op een aangelegde nevengeul dan bij een natuurlijke bifurcatie.

Verder bepaald de breedte van de nevengeul wat de afvoercapaciteit van de nevengeul zou zijn. Hoe groter de afvoer van de nevengeul, hoe verder de primaire scheidingslijn ligt en hoe groter het Bulle-effect. Dit betekent niet direct dat er meer sedimentatie plaatsvindt, sinds ook de afvoer en dus de transportcapaciteit toeneemt. Wel wordt het Bulle-effect steeds groter in vergelijking met als de afvoer steeds groter wordt, waardoor dus de kans op sedimentatie groter wordt bij een grotere afvoer.

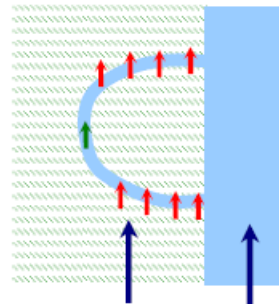
Bij veel van de nevengeulen zijn ook kribben haaks op de rivier aangelegd. Dit wordt gedaan om het debiet van de nevengeul kleiner te maken doordat er een neer ontstaat in het kribvak. De neerstroming vormt een tegenkracht tegen de stroming naar de nevengeul, waardoor de stroomsnelheid afneemt. Door de aanwezigheid van de kribben loopt ook de primaire scheidingslijn langs de top van de kribben hier kunnen ook de eerder beschreven dwarshellingen ontstaan, maar die zullen zich dan vormen in het kribvak of in de nevengeul zelf (Klop, 2009). Verder zijn bij sommige nevengeulen ook drempels aangelegd. Drempels verhinderen sedimenttransport op meerder manieren. Allereerst kan een drempel voorkomen dat de nevengeul permanent doorstroomt. En ook kunnen drempels het bodemtransport richting de nevengeul verhinderen,

Ten slotte is er nog het verhang in de nevengeul. Het verhang is afhankelijk van de lengte van de nevengeul, de afstand tussen het in- en uitstroompunt van de nevengeul en het verhang in de hoofdgeul. met een kleiner verhang wordt de stroomafvoer in de nevengeul afnemen. Dit vermindert het sedimenttransport. Echter wanneer het verhang kleiner wordt dan de oriëntatiehoek kan dit voor een toename van sedimentatie veroorzaken tijdens uittreding van de uiterwaarden (zie Figuur 5).

Nevengeul met relatief groot verhang



Nevengeul met relatief klein verhang



- ➡ uiterwaardstroming tijdens hogere afvoercondities
- ➡ stroming volgens massabalans (verlaging transportcapaciteit)
- ➡ stroming volgens krachtenbalans (verhoging transportcapaciteit)

Figuur 5 verhang nevengeulen (Klop, 2009)



## 5. Methode

Het vorige hoofdstuk beschreef wat er verwacht wordt met dit onderzoek te bereiken. In dit onderdeel zal worden besproken hoe dit doel bereikt gaat worden. De focus zal liggen op de methode en locaties.

### 5.1 Methodologie

De eerste stap was het bepalen van de criteria die gebruikt konden worden om de nevengeulen die zouden worden onderzocht te bepalen. Er waren vier mogelijke nevengeulen voor dit onderzoek. Dat waren de nevengeulen bij Gameren, Bakenhof, de Klompenwaard en de Vreugderijker Waard. Er moest gekeken worden naar of het nuttig was en genoeg tijd was om naar welke nevengeulen te kijken. Omdat het onwaarschijnlijk was dat alle locaties geanalyseerd zouden worden, zijn de meest geschikte locaties uitgezocht. Dit is uiteindelijk gedaan op basis van de karakteristieken van nevengeulen, beschreven in het hoofdstuk 'factoren sedimentatie nevengeulen'. Met gebruik van de criteria zijn de drie onderzocht nevengeulen gekozen.

Ten tweede is de aanpak voor het veldwerk bepaald. Het is te tijdrovend om van elke vierkante meter een monster te nemen om de samenstelling van het sediment te bepalen in de nevengeul. In plaats daarvan moet er naar de locatie gekeken worden en een meetplan worden opgesteld over waar monsters genomen moeten worden om tot een redelijke representatie te komen. Het doel van het meetplan was om een patroon te ontwikkelen die beide de samenstelling van sediment in de lengte en de breedte accuraat kon weergeven, wat binnen de tijdlimiet van het onderzoek verricht kon worden. Ook moest worden bepaald welk type monsters nuttig waren voor het onderzoek. Dit was afhankelijk van de beschikbare gereedschappen, en hoe nuttig de data zou zijn voor het onderzoek. Doordat het type monsters dat genomen wordt de nevengeulen bepaald wat voor nieuwe informatie gebruikt kan worden voor het onderzoek is het noodzakelijk om de aanpak te bekijken voordat het veldwerk werd verricht.

Hierna kan het veldwerk verricht worden. Dit is met twee man uitgevoerd. Voordat de monsters werden genomen werd de kans genomen om bekend te worden met hoe de gereedschappen gebruikt moeten worden. De monsters worden genomen op de voorgaand gespecificeerde locaties. Het is alleen ook waarschijnlijk noodzakelijk om op de locatie zelf aanpassingen te maken door obstructies of lastig terrein. Ook moet er rekening gehouden worden met de waterhoogte, doordat hoog water het nemen van monsters kan verhinderen. Voor het nemen van monsters werd een Van Veen Happer gebruikt. De Happer neemt een gemixt monster van de toplaag van het sediment. De exacte positie en hoogte werd ook bepaald. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van een GPS. De monsters werden genomen vanaf het instroompunt en dan verder werkend naar het uitstroompunt. De posities van waar monsters genomen werden is bepaald aan de hand van het meetplan, de GPS, en de lokale situatie. De ene deelnemer gebruikte de happer om een monster te nemen, terwijl de tweede persoon een meting nam met de GPS.

De verzamelde monsters werden teruggebracht voor analyse. Hiervoor werd de positie waaruit elk monster genomen was bijgehouden. De monsters zijn twee uur in een hoogoven verhit om het vocht uit de monsters te verwijderen. Hierna zijn de monsters gezeefd om de variatie in korrelgrootte te bepalen. De zeefgrootte werd bepaald door verschillende zeefmaten te testen, en de beste verdeling van zeefmaten werd hieruit gekozen. Om de korrelgrootte te bepalen werden de zeven voor en na het zeven



gewogen om het gewicht te bepalen van elke soort grootte van het sediment. Hierdoor werd het gewicht van de hoeveelheid deeltjes met een korrelgrootte die groter was dan de zeefgrootte bepaald. Hieruit is de verdeling van korrelgrootte bepaald.

Ten slotte konden de data gebruikt worden om de variatie van korrelgrootte in de nevengeulen te analyseren. Dit werd gedaan door de verdeling van korrelgrootte weer te geven en de D10, D50 en D90 te berekenen. Deze getallen houden in bij onder welke korrelgrootte 10%, 50% of 90% vallen. e.g. D10=0.04 betekent dat 10% van het gewicht van de korrels bestaat uit sediment met een korrelgrootte van 0.04 of kleiner. Dit is vervolgens gecombineerd. in combinatie met hoogtekarten van de nevengeulen, en de gegevens die beschikbaar waren van de moederrivier. Deze data is verzameld in het literatuuronderzoek. Zo kon de variatie in korrelgrootte in beide nevengeulen zelf en het verschil tussen de moederrivier en de nevengeul geanalyseerd worden.

## 5.2 Meetlocaties

In dit hoofdstuk zullen de gebruikte onderzoek locaties beschreven worden. Er zijn drie nevengeulen gebruikt om metingen te verrichten. Deze zijn de Oost geul in Gameren, de Klompenwaard en de nevengeul bij Bakenhof.

### Gameren

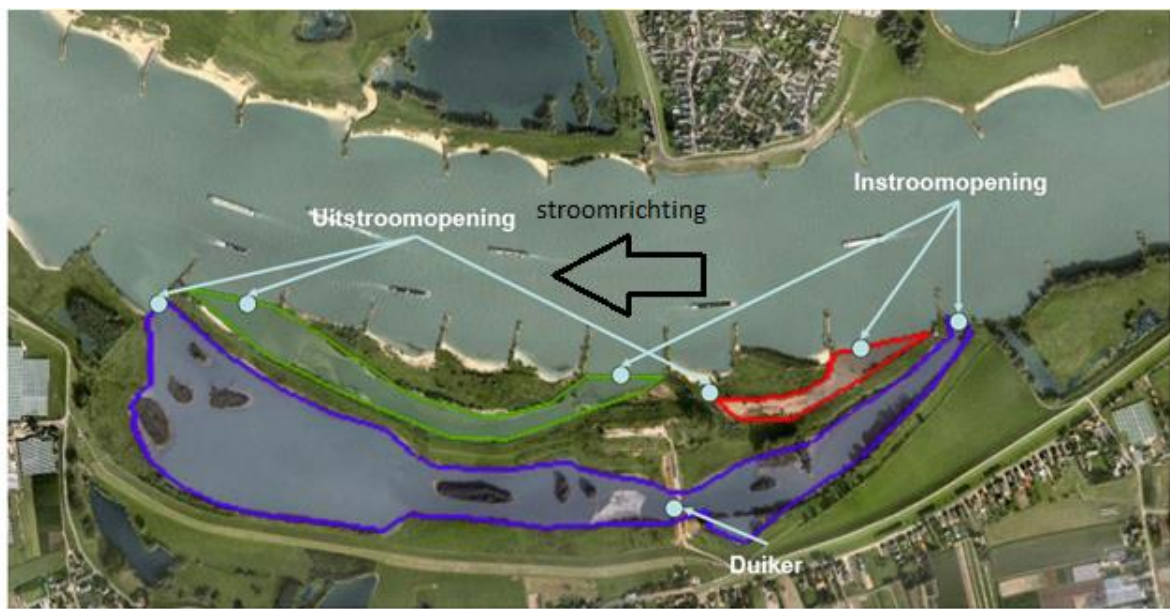
De nevengeul bij Gameren bestaat uit drie geulen die zijn aangesloten op de Waal. De kleinere Oost geul stroomt periodiek mee, terwijl de grote geul en de West geul grotendeels van het jaar mee stroomt. Het doel van de geul is om als bron van zand en klei te dienen voor de Waal, de watercapaciteit te verhogen en om natuur te ontwikkelen in het gebied. De aanwezige regelwerken zijn weergegeven in Tabel 1

|                                          |                                                                                                                    |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Gameren West<br>Instroomopening          | Drempel, hoogte 0.95 m +NAP (1135 m <sup>3</sup> /s bij Lobith), 40 m breed<br>Vrij                                |
| Uitstroomopening                         |                                                                                                                    |
| Gameren Oost<br>Instroomopening          | Drempel, hoogte 2.04 m +NAP (2294 m <sup>3</sup> /s bij Lobith), 35 m breed<br>Vrij                                |
| Uitstroomopening                         |                                                                                                                    |
| Gameren Grote geul<br>Halverwege de geul | Gameren grote geul brug, bodemhoogte 0.88 m + NAP, 10 m breed; weg, hoogteligging 4.32 m+ NAP, 100 m breed<br>Vrij |
| Uitstroomopening                         |                                                                                                                    |

*Tabel 1 aanwezige constructies Gameren (Jans, 2004)*

Voor het onderzoek zijn alleen metingen gedaan in de Oostgeul van Gameren. Dit komt doordat de grote geul een zandwinplaats is die onlangs nog ondiep gemaakt is, waardoor hier geen betrouwbare meting kan worden gedaan. De Westgeul is niet meegenomen door de hoge waterstand en de hoge watersnelheid dit onmogelijk maakte. De lay-out van de geulen is te zien in Figuur 6

De karakteristieken van de Oostgeul zijn weergegeven in Tabel 2

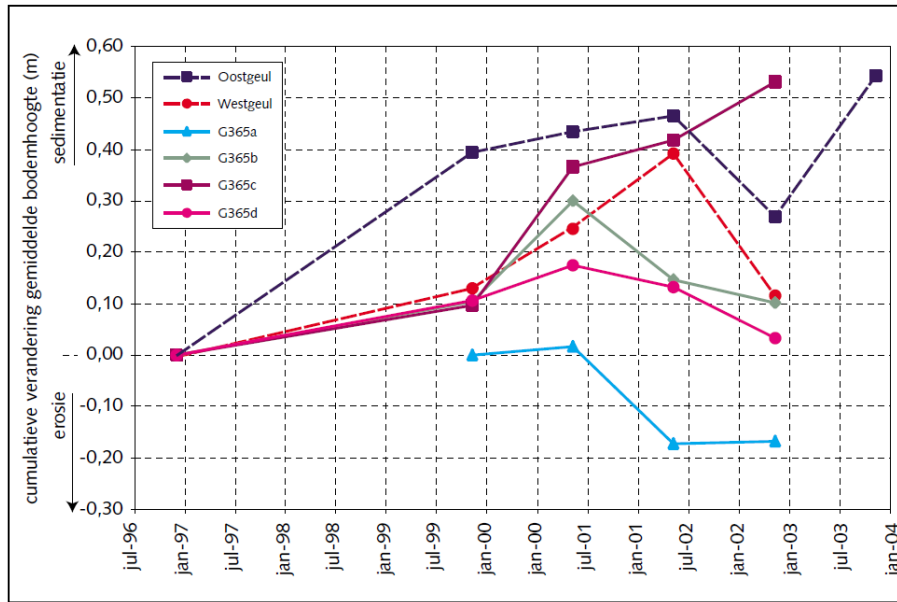


Figuur 6 luchtfoto Gameren

| Oost geul                                               |      |
|---------------------------------------------------------|------|
| <b>Secchi diepte</b><br>(m, maat voor<br>doorzicht)     | -    |
| <b>Kritieke afvoer</b><br><b>(m<sup>3</sup>/s)</b>      | 2300 |
| <b>Aantal dagen meestromen</b>                          |      |
| Jaarlijks                                               | 129  |
| Zomer                                                   | 39   |
| Winter                                                  | 90   |
| Paaiseizoen                                             | 81   |
| <b>Gemid. Stroomsnelheid (cm/s, standaard deviatie)</b> |      |
| Voorjaar                                                | -1)  |
| Zomer                                                   | -1)  |
| <b>Water oppervlak (Ha)</b>                             |      |
| Voorjaar                                                | 0,6  |
| Zomer                                                   | 0    |

Tabel 2 hydraulische en morfologische aspecten Gameren (Geerling, 2010)

- 1) Van de gemiddelde stroomsnelheid zijn geen betrouwbare gegevens.



Figuur 7 De cumulatieve verandering in bodemhoogte van de nevengeulen in Gameren (Jans, 2004)

De instroomopening van de nevengeul bevindt zich vlak achter een krib in een kribvak. Dit maakt de bifurcatiehoek gelijk aan 90 graden. Zoals beschreven is in 'Factoren sedimentatie nevengeulen', zal dit de effectieve doorstroming verminderen. De Gamerensche waard bevindt zich in het midden van een buitenbocht van de waal. Hierdoor zal er door spiraalstroming sedimentrijker water over de bodem naar de nevengeul stromen (Rozovskij, 1957).

Er zijn al eerdere metingen verricht bij de Gamerensche Waard, waarbij de hoogte van het rivierbed is bijgehouden. Deze resultaten zijn weergegeven in Figuur 7. Hieruit is gebleken dat de gemiddelde bodemhoogte in de Oostgeul met ongeveer 0,50m is gestegen tussen 96-04. Hieruit is op te maken dat de sedimentaanbod hier groter is dan de nevengeul kan transporteren.

## Bakenhof

De Bakenhof is een nevengeul bij de Neder-Rijn onder Arnhem, En is bijna permanent doorstromend met water. De Bakenhof wordt beschreven als zeer slibrijk en enigszins troebel. Een luchtweergave is te zien in Figuur 8.



Figuur 8 luchtfoto Bakenhof

De instroom vindt plaats bij een duiker met een instroomhoogte van 8m+ NAP en 10 meter breed. De uitstroom vindt plaats bij een duiker waarvan de uitstroomhoogte 6.7m+ NAP is en met een breedte van 8 meter. De hydraulische en morfologische aspecten zijn weergegeven in Tabel 3

| Eigenschappen geul                                      |         |
|---------------------------------------------------------|---------|
| <b>Secchi diepte</b> (m, maat voor doorzicht)           | 0,35    |
| <b>Kritieke afvoer</b> (m <sup>3</sup> /s)              | 850     |
| <b>Aantal dagen meestromen</b>                          |         |
| Jaarlijks                                               | 364     |
| Zomer                                                   | 183     |
| Winter                                                  | 181     |
| Paaiseizoen                                             | 180     |
| <b>Gemid. Stroomsnelheid</b> (cm/s, standaard deviatie) |         |
| Voorjaar                                                | 10 (20) |
| Zomer                                                   | 3 (12)  |
| <b>Water stromend oppervlak</b> (Ha)                    |         |
| Voorjaar                                                | 0,6     |
| Zomer                                                   | 0       |
| <b>Waterstandvariatie</b>                               |         |
| Jaar                                                    | 4,5     |
| Zomer                                                   | 2,4     |
| Winter                                                  | 4,4     |
| Paaiseizoen                                             | 3,4     |

Tabel 3 hydraulische en morfologische aspecten Bakenhof (Geerling, 2010)

Het instroompunt van de nevengeul bevindt zich in een kribvak, wat de effectieve stroming verlaagd. Verder bevindt het instroompunt zich aan het begin van een bocht in de rivier. Hierdoor zal de spiraalstroming sedimentarme stroom over het oppervlak richting de nevengeul duwen. De samenstelling van deze stroom bevat grotendeels fijn sediment. In de nevengeul wordt dus vooral fijn sediment verwacht.

### Klompenwaard

Klompenwaard is een oud landbouwgebied wat tegenwoordig dienst doet als natuurgebied. De Nevengeul is verbonden aan de Neder-Rijn, vlak na de splitsing bij de Pannersche kop. Het doel van de aangelegde nevengeul was om zand en klei op te vangen om de Neder-Rijn open te houden voor scheepvaart. Om permanente doorstroming te voorkomen is er een stortstenen regelwerk aangelegd met een hoogte van 11+ meter NAP. De hydraulische en morfologische zijn weergegeven in Tabel 4

| <i>Eigenschappen geul</i>                               |      |
|---------------------------------------------------------|------|
| <b>Secchi diepte</b> (m, maat voor doorzicht)           | 0,21 |
| <b>Kritieke afvoer</b> (m <sup>3</sup> /s)              | 4500 |
| <b>Aantal dagen meestromen</b>                          |      |
| Jaarlijks                                               | 18   |
| Zomer                                                   | 0    |
| Winter                                                  | 18   |
| Paaiseizoen                                             | 11   |
| <b>Gemid. Stroomsnelheid</b> (cm/s, standaard deviatie) |      |
| Voorjaar                                                | -    |
| Zomer                                                   | -    |
| <b>Stromend oppervlak (Ha)</b>                          |      |
| Voorjaar                                                | 0    |
| Zomer                                                   | 0    |
| <b>Waterstandvariatie</b>                               |      |
| Jaar                                                    | 6,3  |
| Zomer                                                   | 3,6  |
| Winter                                                  | 6,0  |
| Paaiseizoen                                             | 5,0  |

*Tabel 4 hydraulische en morfologische aspecten Klompenwaard (Geerling, 2010)*

De instroomopening van de nevengeul bevindt zich vlak achter een krib in een kribvak. Dit maakt de bifurcatiehoek gelijk aan 90 graden. Hierdoor kunnen er neren vormen in het kribvak die de effectieve stroming verminderd. Dit in combinatie met de stortstenen drempel bij het uitstroompunt zorgen ervoor dat de Klompenwaard maar een paar dage in het jaar doorstromen (Geerling, 2010).

De Klompenwaard bevindt zich in het midden van een buitenbocht van de waal. Hierdoor zal er door spiraalstroming sedimentrijker water over de bodem naar de nevengeul stromen (Rozovskij, 1957). Er zal dan ook relatief veel sediment richting de nevengeul stromen.



*Figuur 9 luchtfoto Klompenwaard*

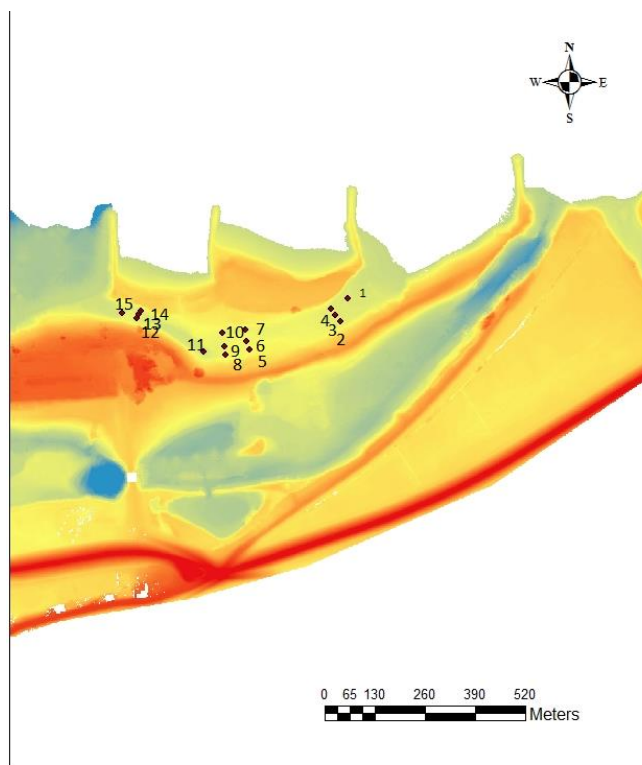


## 6. Resultaten sediment samenstelling in de nevengeulen

Aan de hand van de sediment monsters die genomen zijn uit de nevengeulen, kan de variatie van korrelgrootte worden bepaald. Dit wordt gedaan aan de hand van de resultaten van het zeven van de genomen monsters in de gespecificeerde locaties. Voor betere weergave zijn de grafieken weergegeven in een logaritmische schaal van 2.

### 6.1 Variatie van korrelgrootte Gameren

Allereerst zullen de resultaten van de monsters die genomen zijn in de Oostgeul in Gameren geanalyseerd worden. Hierbij zal gekeken worden naar de variatie van korrelgrootte over de breedte en over de lengte van de nevengeul. Naast de monster van het sediment is ook de rivierprofiel gemeten met behulp van GPS. Hiervan zal gebruik worden gemaakt om een vergelijking te maken met de resultaten van de gevonden korrelgroottes in de nevengeul.



#### Legend

• meetlocaties Gameren

Singlebeam Gameren+laser 2009 geïnterpoleerd\_asc\_1.0m

#### Value

High : 944.06  
Low : -969.75

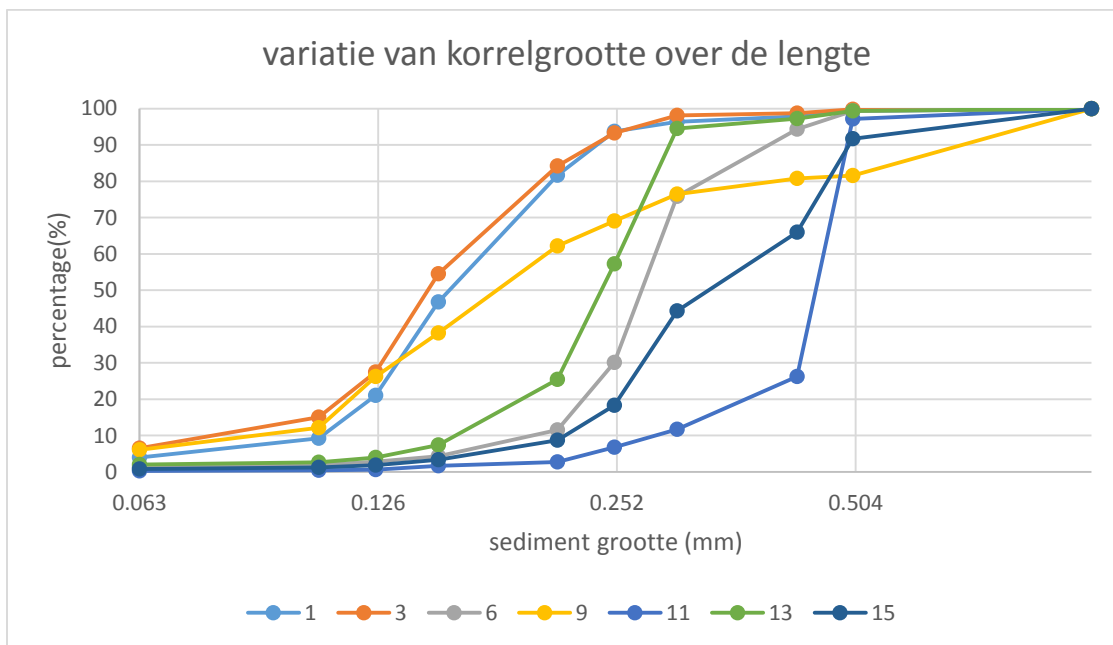
Figuur 10 locaties genomen monsters Gameren (Rijkswaterstaat, Singlebeam Gameren+laser 2009 geïnterpoleerd, 2009)

Voor het zeven van de monsters van Gameren zijn de gebruikte zeefgroottes te zien in Tabel 5

| D(mm) |
|-------|
| 0     |
| 0.063 |
| 0.106 |
| 0.125 |
| 0.15  |
| 0.212 |
| 0.25  |
| 0.3   |
| 0.425 |
| 0.5   |
| 1     |

Tabel 5 gebruikte zeefmaten bij Gameren

### Variatie van korrelgrootte over de lengte van Gameren

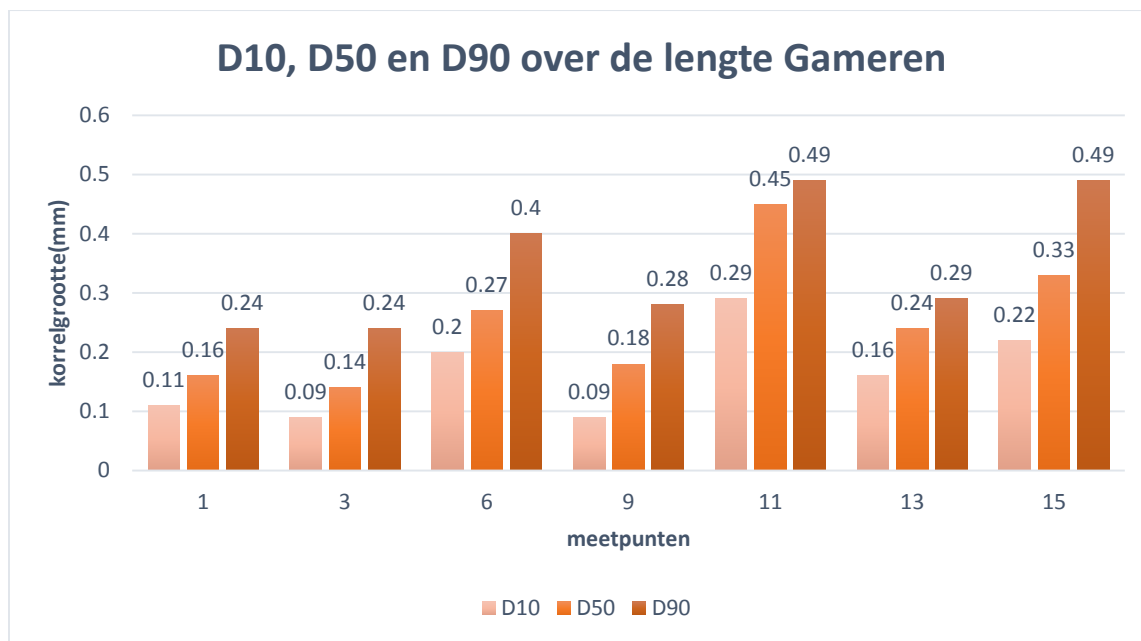


Figuur 11 variatie van korrelgrootte over de lengte van Gameren



| Nummer serie | Hoogte ten opzichte van NAP (m) | D10 (mm) | D50 (mm) | D90 (mm) |
|--------------|---------------------------------|----------|----------|----------|
| 1            | 2.5                             | 0.11     | 0.16     | 0.24     |
| 3            | 3.12                            | 0.09     | 0.14     | 0.24     |
| 6            | 2.92                            | 0.20     | 0.27     | 0.40     |
| 9            | 2.69                            | 0.09     | 0.18     | 0.28     |
| 11           | 2.01                            | 0.29     | 0.45     | 0.49     |
| 13           | 2.35                            | 0.16     | 0.24     | 0.29     |
| 15           | 2                               | 0.22     | 0.33     | 0.49     |

Tabel 6 data meetpunten over de lengte



Figuur 12 D10, D50 en D90 over de lengte Gameren

Er zijn bij Gameren in totaal 7 monsters in de lengte genomen. In welke volgorde deze monsters genomen zijn is te zien in Figuur 10. De volgorde van de monsters is 1-15, met 1 bij het instroompunt en 15 bij het uitstroompunt van de nevengeul. De resultaten van het zeven van de monsters zijn te zien in Figuur 11. Vervolgens zijn ook de D10, D50 en D90 van de monsters berekend. Deze resultaten zijn weergegeven in Figuur 12

Uit de resultaten is op te maken dat de gemiddelde korrelgrootte groter wordt naar mate je benedenstrooms van de nevengeul gaat. De gemiddelde D50 rond het uitstroompunt bij punten 11.13.15 is 0.34 mm, terwijl deze bij het instroompunt rond punten 1.3.6 0.19 mm is. Dit betekent dat de gemiddelde korrelgrootte bij het instroompunt kleiner is, doordat de korreldiameter waar 50% onder valt groter is. Nu kunnen daar verschillende factoren verantwoordelijk voor zijn.

Allereerst zou het regelwerk aan het instroompunt de bodemtransport kunnen tegenhouden. Om de bodemtransport van sediment tegen te gaan is een drempel aangelegd aan het instroompunt. Dit zou de bodemtransport verhinderen, en de waterhoogte die nodig is voor totale doorstroming verhogen.

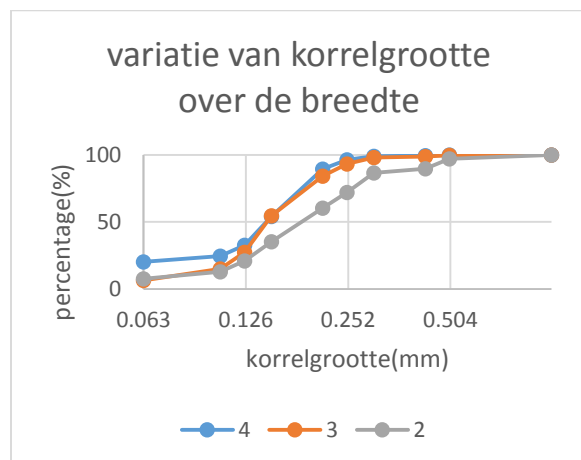
Hierdoor zou alleen fijn sediment kunnen doorstromen. Nu stroomt de Gamerensche Waard maar 1/3 van het jaar volledig door. Hierdoor staan alleen de laaggelegen delen van het uitstroompunt en het instroompunt langere tijd in het jaar onder water. Er bevindt zich alleen geen drempel aan het uitstroompunt, waardoor het daar een hogere kans heeft onder water te staan bij laag water. Het gebrek aan een drempel aan het uitstroompunt zou dus een mogelijke factor kunnen zijn voor een grotere gemiddelde korrelgrootte. Hierbij moet wel rekening worden gehouden dat de drempel bij de laatste hoogtemetingen nauwelijks hoogteverschil is waargenomen, en dat het effect dat de drempel nog kan hebben beperkt is.

Een andere verklaring zou kunnen zijn dat de grotere gemiddelde korrelgrootte wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van het instroompunt van de Westgeul in dezelfde kribvak als het uitstroompunt van de Oostgeul. Doordat het instroompunt zich in een kribvak bevindt, ontstaat er een neer in het kribvak zelf (Klop, 2009). Dit vermindert de effectieve doorstroming door het kribvak. Een mogelijke verklaring is dat doordat de aanstroom voor het instroompunt van de Westgeul wordt verhinderd door de neer in het kribvak, er vertraging van de stroomsnelheid bij het uitstroompunt ontstaat. Hierdoor zou het grove sediment dat door bodemtransport werd verplaatst hier neervallen. Zoals eerder was gesteld is er geen drempel aanwezig bij het uitstroompunt, dus zou de neer de stroom richting het uitstroompunt zou kunnen stuwen waar het sediment neervalt. Dit zou de grotere gemiddelde sedimentgrootte bij het instroompunt kunnen beïnvloeden.

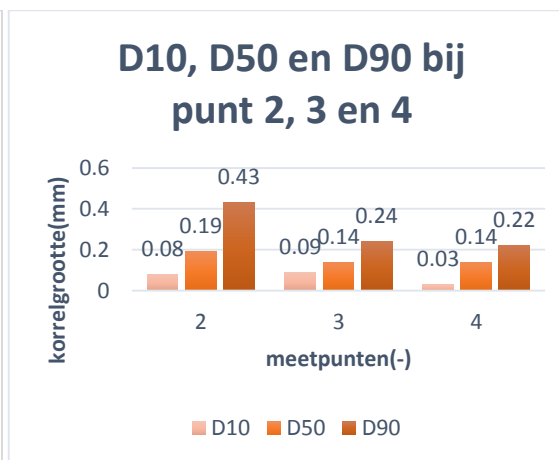
## Resultaten variatie van korrelgrootte over de breedte van Gameren

In dit onderdeel zullen de resultaten van de metingen over de breedte van de Oostgeul bij Gameren. Er zijn in totaal drie metingen over de breedte uitgevoerd.

### Resultaten over punt 2,3 en 4



Figuur 13 variatie van korrelgrootte over de breedte



Figuur 14 D10, D50 en D90 bij punt 2, 3 en 4

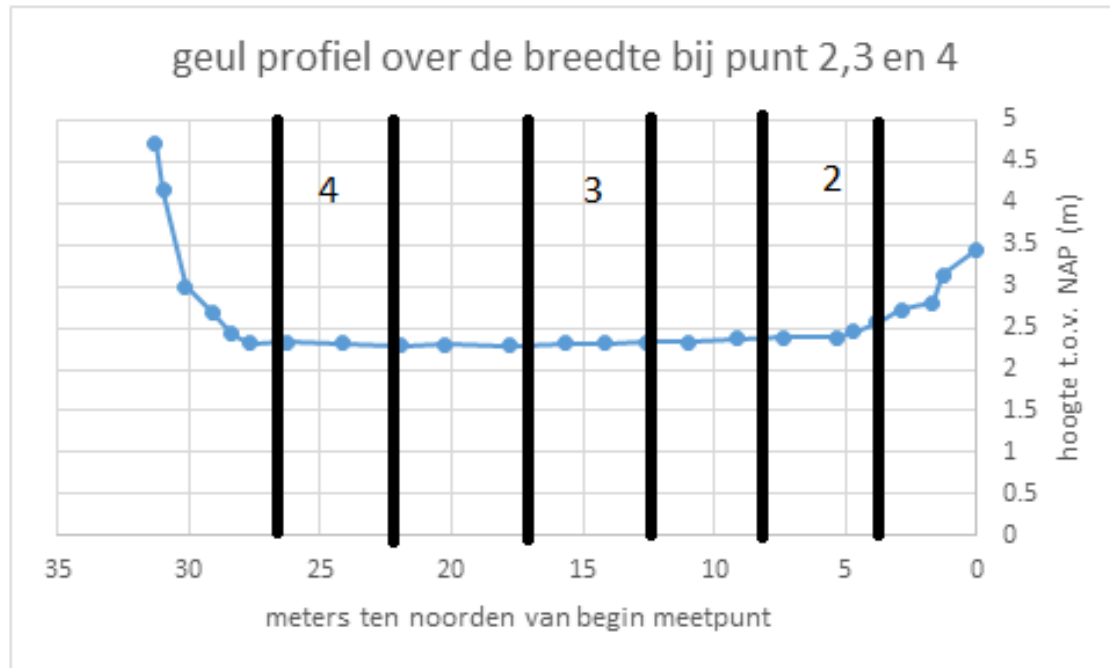
| Nummer serie | Hoogte ten opzichte van NAP (m) | D10 (mm) | D50 (mm) | D90 (mm) |
|--------------|---------------------------------|----------|----------|----------|
| 4            | 2.51                            | 0.03     | 0.14     | 0.22     |
| 3            | 2.5                             | 0.09     | 0.14     | 0.24     |
| 2            | 2.52                            | 0.08     | 0.19     | 0.43     |

Tabel 7 data meetpunten 4,3 en 2

Dicht bij het instroompunt zijn er drie monsters genomen. De resultaten daarvan zijn weergegeven in Figuur 13. Voor referentie, punt 4 is het meest noordelijke punt terwijl punt 2 het meest zuidelijke punt is. De bijbehorende D10, D50 en D90 zijn weergegeven in Figuur 14. Naast de monsters zijn er ook hoogtemetingen gemaakt over het profiel van de rivierbodem met een GPS. Deze is ook weergegeven van noord (35 m) naar zuid (0 m).

Er is geen duidelijk verschil tussen punt 4 en 3, maar de gemiddelde korrelgrootte is relatief groter dan bij punt 2 dan bij 3 en 4. Dit kan worden verklaard worden aan de hand van het Bulle-effect bij de aftakking. Zoals is weergegeven in Figuur 1, stuwt het Bulle effect sediment-rijk water richting de nevengeul. Doordat de Gamerensche Waard zich na het instroompunt zich weer kromt, zou deze stroom in de buitenbocht van de nevengeul aankomen. Dit zou wel betekenen dat de drempel de

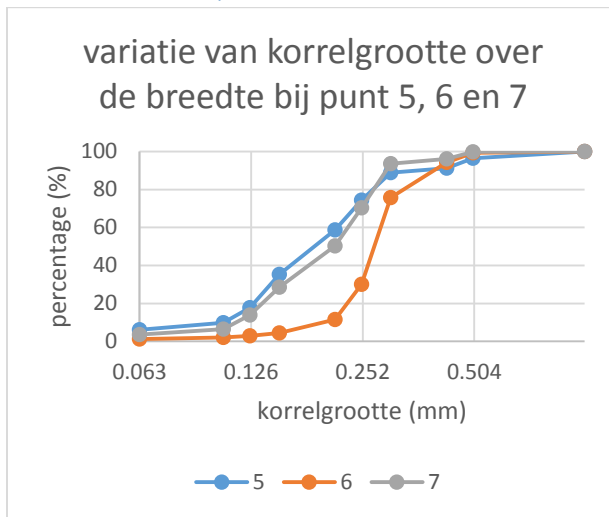
bodemtransport niet compleet verhinderd, aangezien het bulle-effect werkt via bodemtransport richting de nevengeul. In hoeverre drempels de bodemtransport tegenhouden is nog onbekend (Mosselmans, 2001), dus het is mogelijk dat het bulle-effect toch bodemtransport over de drempel heen veroorzaakt.



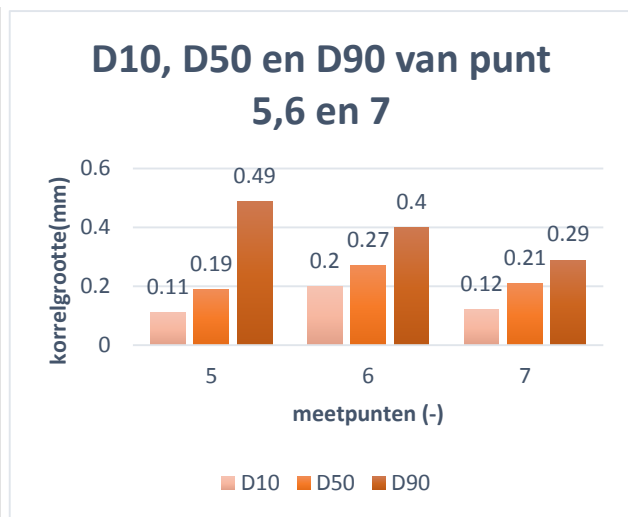
*Figuur 15 rivierprofiel bij instroompunt*

De locaties van de punten zijn weergegeven in Figuur 15. De monsters zijn genomen binnen het aangegeven segment.

## Resultaten over punt 5,6 en 7



Figuur 16 korrelgrootte over de breedte bij Gameren

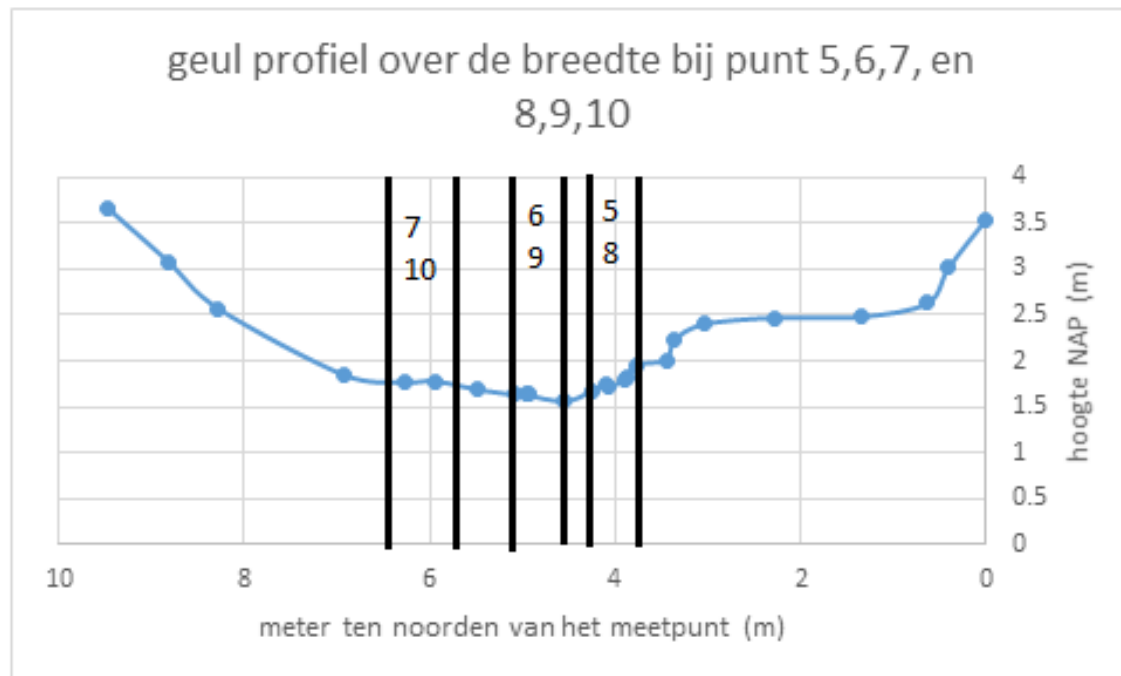


Figuur 17 D10, D50 en D90 van punt 5,6 en 7

| Nummer serie | Hoogte ten opzichte van NAP (m) | D10 (mm) | D50 (mm) | D90 (mm) |
|--------------|---------------------------------|----------|----------|----------|
| 5            | 2.83                            | 0.11     | 0.19     | 0.49     |
| 6            | 2.92                            | 0.20     | 0.27     | 0.40     |
| 7            | 2.69                            | 0.12     | 0.21     | 0.29     |

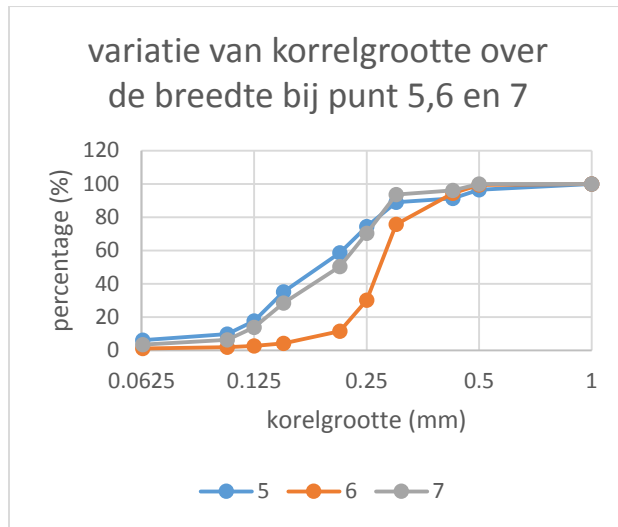
Tabel 8 data meetpunten 5,6 en 7

De resultaten over punt 5, 6 en 7 zijn hierboven weergegeven. Ook hier is te zien dat de gemiddelde korrelgrootte hoger is in de buitenbocht dan in de rest van de nevengeul. Zoals is uitgelegd in 'resultaten over punt 2,3 en 4' stuwt het Bulle-effect het sediment-rijke water hier richting de buitenbocht. Bij punt 5,6 en 7 lijkt dat nog steeds het geval. Wel is de spreiding van sediment relatief groter, aangezien de gemiddelde korrelgrootte van deze punten nu gemiddeld groter zijn en het verschil tussen de gemiddelde korrelgrootte van de meting in het midden van de nevengeul en de buitenbocht kleiner is geworden. Een verklaring voor dat het verschil kleiner is geworden kan worden gegeven door het hoogteprofiel van de nevengeul. Uit metingen met een GPS is het rivierprofiel gemeten. De resultaten zijn te zien in Figuur 18. Daaruit blijkt dat het laagste punt zich nu in het midden van de geul bevindt, terwijl voorheen de geul uniform van hoogte was. Dit kan ervoor zorgen dat het water naar de lageregelegen deel van de geul verplaatst, en daardoor de bodemtransport zich verder verspreidt.

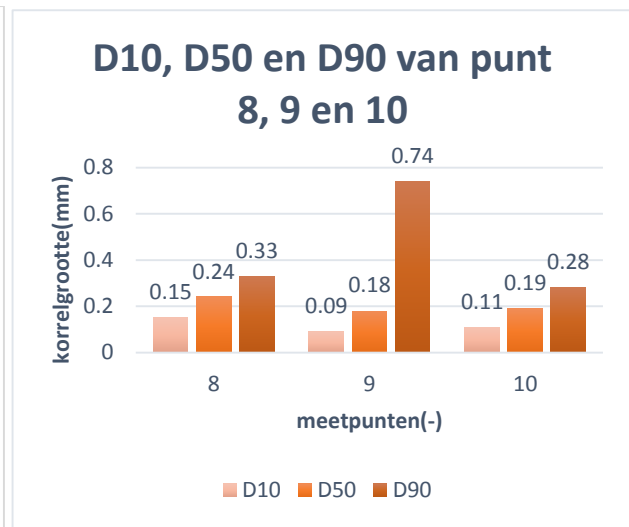


Figuur 18 geul profiel over de breedte bij punt 5,6,7, en 8,9,10

## Resultaten over punt 8,9 en 10



Figuur 19 variatie van korrelgrootte over de breedte



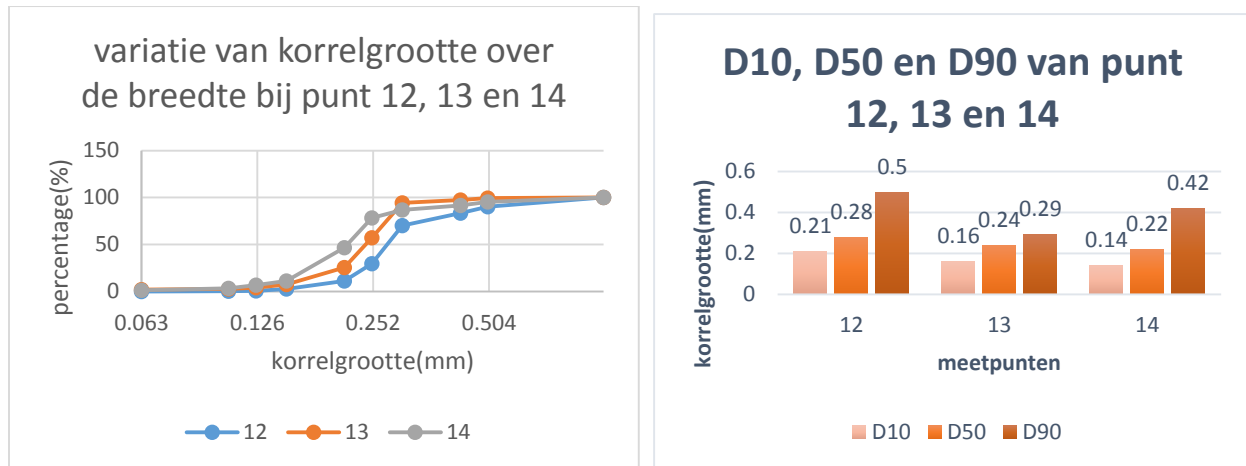
Figuur 20 D10, D50 en D90 van punt 8, 9 en 10

| Nummer serie | Hoogte ten opzichte van NAP (m) | D10 (mm) | D50 (mm) | D90 (mm) |
|--------------|---------------------------------|----------|----------|----------|
| 8            | 2.74                            | 0.15     | 0.24     | 0.33     |
| 9            | 2.69                            | 0.09     | 0.18     | 0.74     |
| 10           | 2.74                            | 0.11     | 0.19     | 0.28     |

Tabel 9 data meetpunten 8, 9 en 10

De resultaten over de breedte bij punt 8, 9 en 10 zijn te zien in Figuur 19 en Figuur 20. Hieruit blijkt dat de gemiddelde korrelgrootte nu het grootst is in het midden van de nevengeul, bij punt 9. Hierin zal de bodemprofiel van de geul een factor hebben gespeeld. Uit Figuur 18 is gebleken dat het dieptepunt van de geul zich nu in het midden van de geul bevindt. Dit betekent dat de stroom zich naar het midden zal verplaatsen. Doordat de stroming voor bodemtransport veroorzaakt, zal hierdoor grof sediment naar punt 9 zijn verplaatst.

## Resultaten over punt 12, 13 en 14



Figuur 21 variatie van korrelgrootte over de breedte bij punt 12, 13 en 14

| Nummer serie | Hoogte ten opzichte van NAP (m) | D10 (mm) | D50 (mm) | D90 (mm) |
|--------------|---------------------------------|----------|----------|----------|
| 12           | 2.39                            | 0.21     | 0.28     | 0.50     |
| 13           | 2.35                            | 0.16     | 0.24     | 0.29     |
| 14           | 2.44                            | 0.14     | 0.22     | 0.42     |

Tabel 10 data meetpunten 12,13 en 14

Figuur 22 D10, D50 en D90 van punt 12, 13 en 14

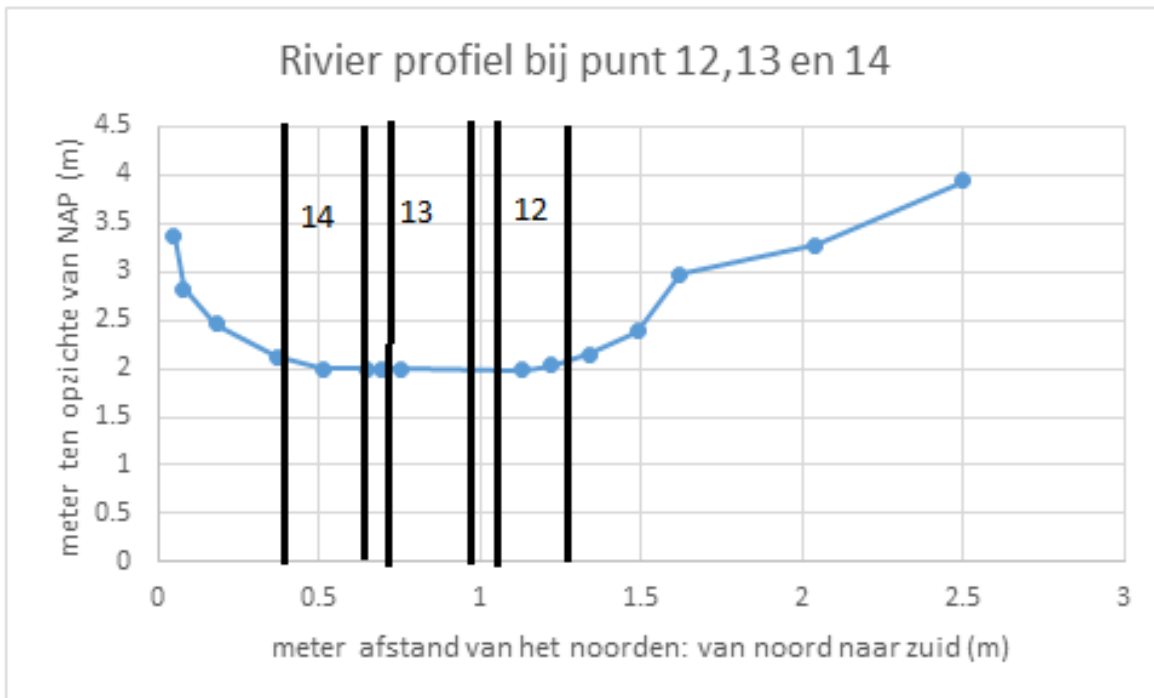
Dicht bij het uitstroompunt zijn er ook weer drie monsters genomen. De resultaten daarvan zijn weergegeven in Figuur 21. Voor referentie, punt 14 is het meest noordelijke punt terwijl punt 12 het meest zuidelijke punt is. De bijbehorende D10, D50 en D90 zijn weergegeven in Figuur 22.

De resultaten bij het uitstroompunt tonen weer een ander patroon dan bij de vorige metingen in de breedte. Uit Figuur 22 Lijkt vooral de oeverwallen het grovere sediment te bevatten. Waar wel rekening mee moet worden gehouden is Figuur 21 en Figuur 22 een verschillend patroon tonen. Zo is er in Figuur 21 voor de waardes lager dan 0.25mm dat het van zuid naar noord steeds fijner zand in de breedte te vinden is. Maar op punt 13 is weinig sediment grover dan 0.30 mm te vinden, waardoor dit verschil niet terug te zien is in de D90.

Voor het feit dat er bij deze punten van zuid naar noord fijner sediment bevindt is te verklaren door spiraalstroming. Bij bochtige rivieren wordt sediment-rijk water over de bodem naar de buitenbocht getransporteerd, terwijl sediment-arm water naar de binnenbocht wordt getransporteerd (Rozovskij, 1957). Nu ligt punt 12 in de buitenbocht van de nevengeul, en punt 14 in de binnenbocht.



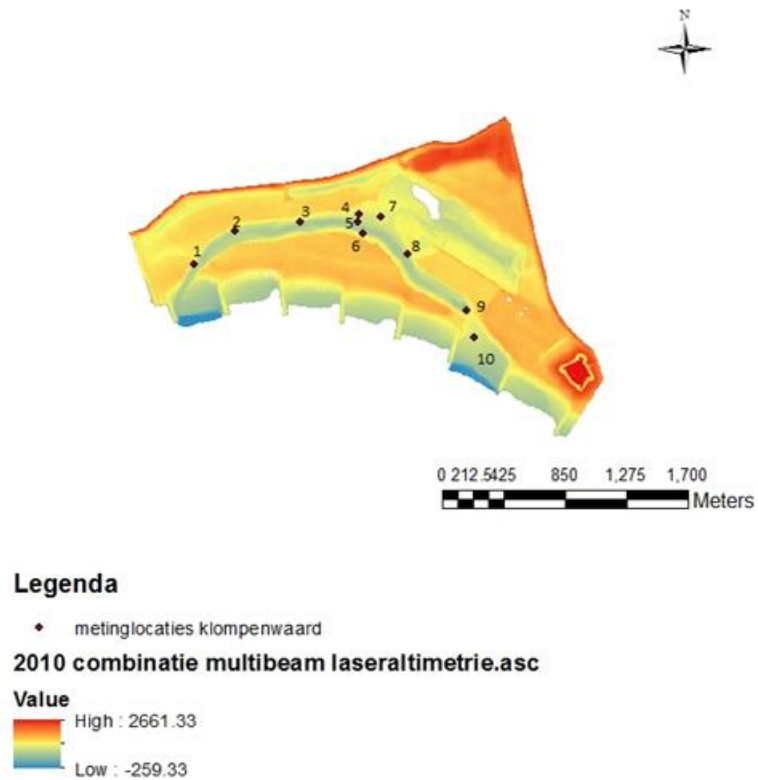
Voor het verschil in korrelgrootte tussen punt 13 en punt 12 en 14 kan gekeken worden naar het rivierprofiel. Zo is de geul waar het water stroomt in de vorm van een kom. Dit kan betekenen dat er oeverwal afzettingen vormen op deze plekken bij hoog water (Klop, 2009). Als het water uit deze bak treedt zal het bodemtransport hier tegen een obstakel oplopen. Daardoor zal het grof sediment zich aan de oevers van de rivier afzetten.



Figuur 23 Rivier profiel bij punt 12,13 en 14

## 6.2 Klompenwaard

Er zijn in totaal 10 monsters genomen in de Klompenwaard. Er zal worden gekeken naar de lengte, de breedte, en de afstroom naar een aanliggend meer.



Figuur 24 locaties genomen monsters Klompenwaard (Rijkswaterstaat, klompenwaard combinatie multibeam en laseraltimetrie, 2010)

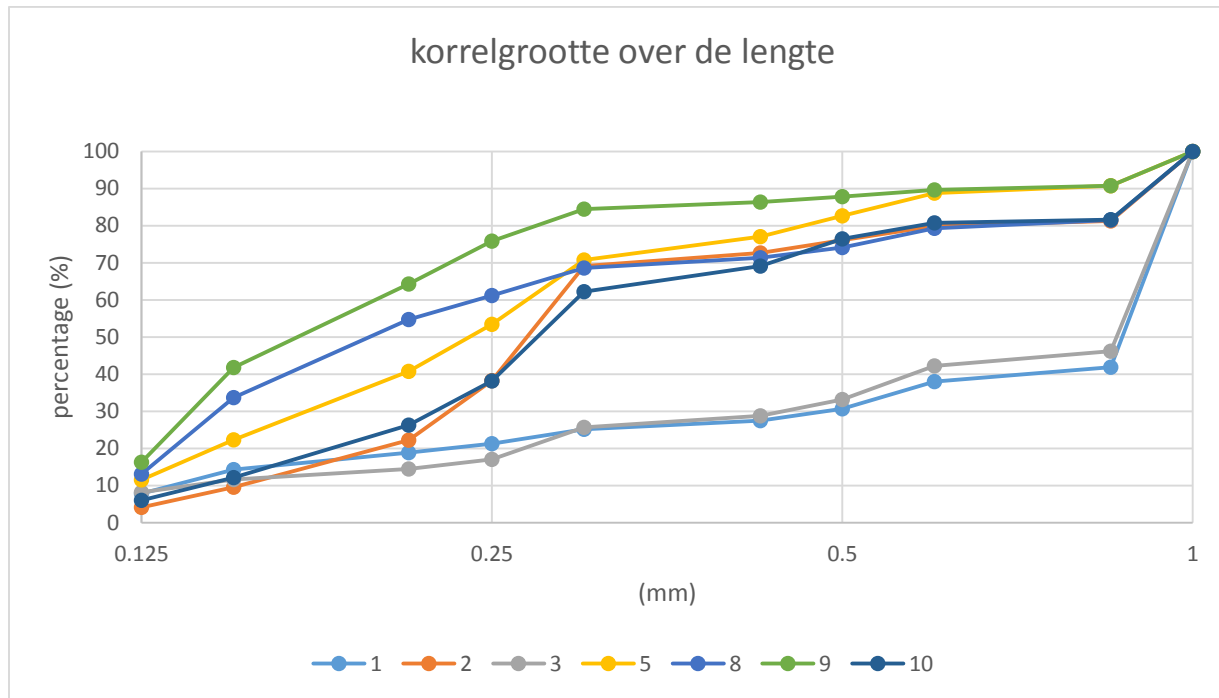
De gebruikte zeefgroottes zijn weergegeven in Tabel 11

| D(mm) |
|-------|
| 0     |
| 0.125 |
| 0.15  |
| 0.212 |
| 0.25  |
| 0.3   |
| 0.425 |
| 0.5   |
| 0.6   |
| 0.85  |
| 1     |

Tabel 11 zeefgroottes gebruikt bij monster van Klompenwaard

## Variatie van korrelgrootte over de lengte

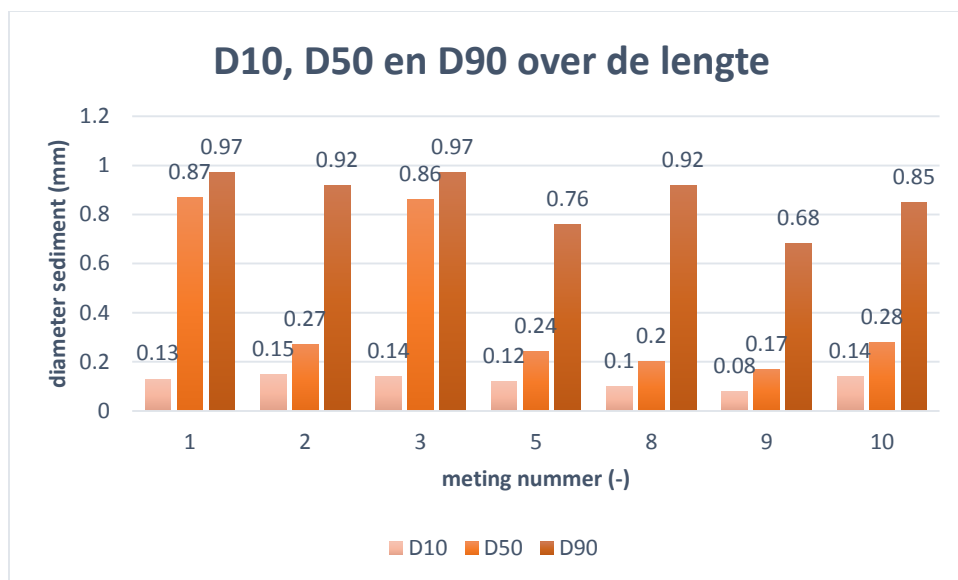
De resultaten van het zeven van de monsters zijn weergegeven in Figuur 25. Op het oog ziet het eruit dat de monsters genomen bij de instroom van de nevengeul gemiddeld grotere korrels bevat. Vooral het eerste en het derde monster bevatten gemiddeld uitzonderlijk grotere korrelgrootte.



Figuur 25 korrelgrootte over de lengte

| Nummer serie | Hoogte ten opzichte van NAP (m) | D10 (mm) | D50 (mm) | D90 (mm) |
|--------------|---------------------------------|----------|----------|----------|
| 1            | 8.63                            | 0.13     | 0.87     | 0.97     |
| 2            | 8.47                            | 0.15     | 0.27     | 0.92     |
| 3            | 8.39                            | 0.14     | 0.86     | 0.97     |
| 5            | 8.54                            | 0.12     | 0.24     | 0.76     |
| 8            | 8.53                            | 0.10     | 0.20     | 0.92     |
| 9            | 8.66                            | 0.08     | 0.17     | 0.68     |
| 10           | 9.36                            | 0.14     | 0.28     | 0.85     |

Tabel 12 data meetpunten over de lengte

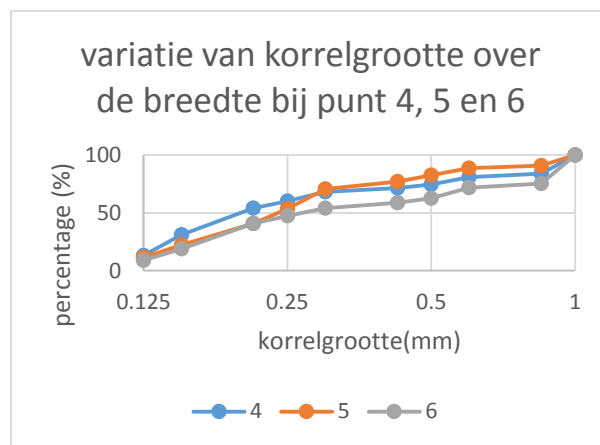


Figuur 26 D10, D50 en D90 over de lengte

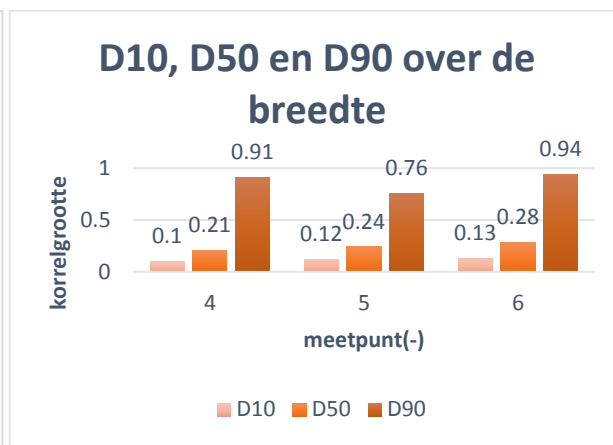
Er zijn 7 monsters genomen over de lengte van de Klompenwaard. De resultaten van het zeven van de monsters zijn weergegeven in Figuur 25 en Figuur 26. Uit deze grafieken is te lezen dat de korrelgrootte kleiner wordt naarmate de monster verder benedenstrooms de nevengeul genomen werden. Een mogelijke oorzaak hiervan is dat de nevengeul maar 18 dagen in het jaar volledig mee stroomt door de hoge drempel die aanwezig is bij het instroompunt (Geerling, 2010). De geul staat gewoonlijk wel onder water, doordat er bij het uitstroompunt geen drempel is. Dit betekent dat de stroomsnelheid snel afneemt bij het uitstroompunt van de geul. Hierdoor zal het de stroming al snel te weinig liftkracht genereren om de deeltjes nog over de bodem te transporteren, waardoor het sediment rond het uitstroompunt neervalt. Hierdoor zal de bodemtransport steeds minder sediment verplaatsen hoe verder stroomafwaarts de stroom gaat.

De uitzonderingen zijn punt 2 en punt 10. Deze twee punten passen niet in dit patroon. Voor punt 2 wordt dit waarschijnlijk veroorzaakt doordat het punt zich in de buitenbocht bevindt. Zoals eerder is beschreven wordt sediment-arm water naar de buitenbocht gestuwd door de spiraalstroming die zich vormt in een bocht van een rivier (Rozovskij, 1957). Doordat punt 2 zich in de buitenbocht bevindt, heeft het een kleiner gemiddelde korrelgrootte dan punt 1 en 3. Punt 10 is genomen achter de stortstenen drempel, en geldt dus vooral als een monster om de samenstelling van het kribvak achter de drempel te bepalen.

## Resultaten korrelgrootte over de breedte



Figuur 27 korrelgrootte over de breedte bij punt 4, 5 en 6



Figuur 28 D10, D50 en D90 over de breedte

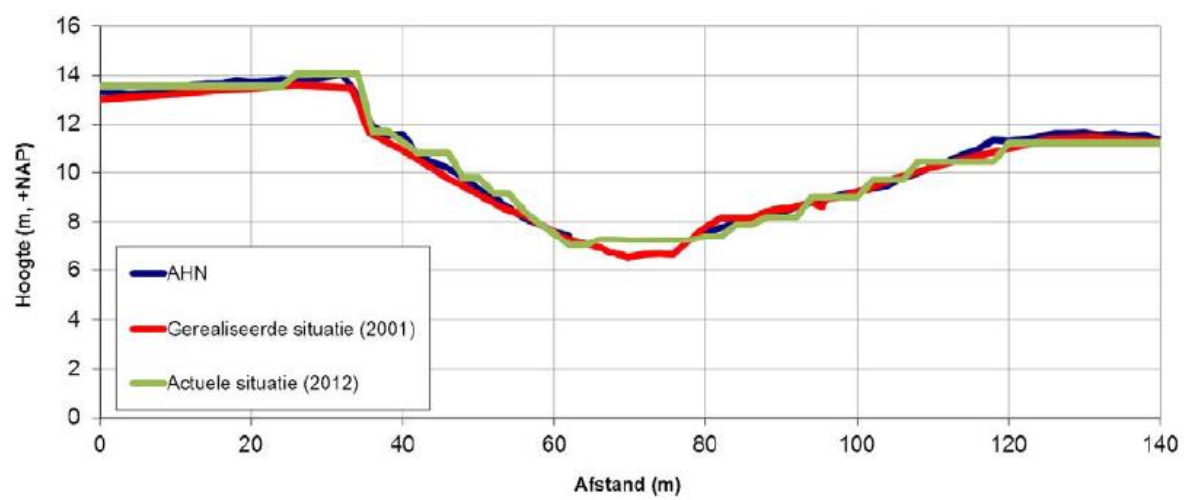
| Nummer serie | Hoogte ten opzichte van NAP (m) | D10 (mm) | D50 (mm) | D90 (mm) |
|--------------|---------------------------------|----------|----------|----------|
| 4            | 8.93                            | 0.10     | 0.21     | 0.91     |
| 5            | 8.54                            | 0.12     | 0.24     | 0.76     |
| 6            | 8.78                            | 0.13     | 0.28     | 0.94     |

Tabel 13 data meetpunten 4, 5 en 6

Er is een meting over de breedte uitgevoerd bij de Klompenwaard. De resultaten zijn weergegeven in Figuur 28. Hieruit zijn kleine verschillen op te maken. Uit de metingen is gebleken dat vooral in het midden van de geul een kleinere gemiddelde korrelgrootte aanwezig is. Er zijn meerdere factoren die hier verantwoordelijk voor kunnen zijn.

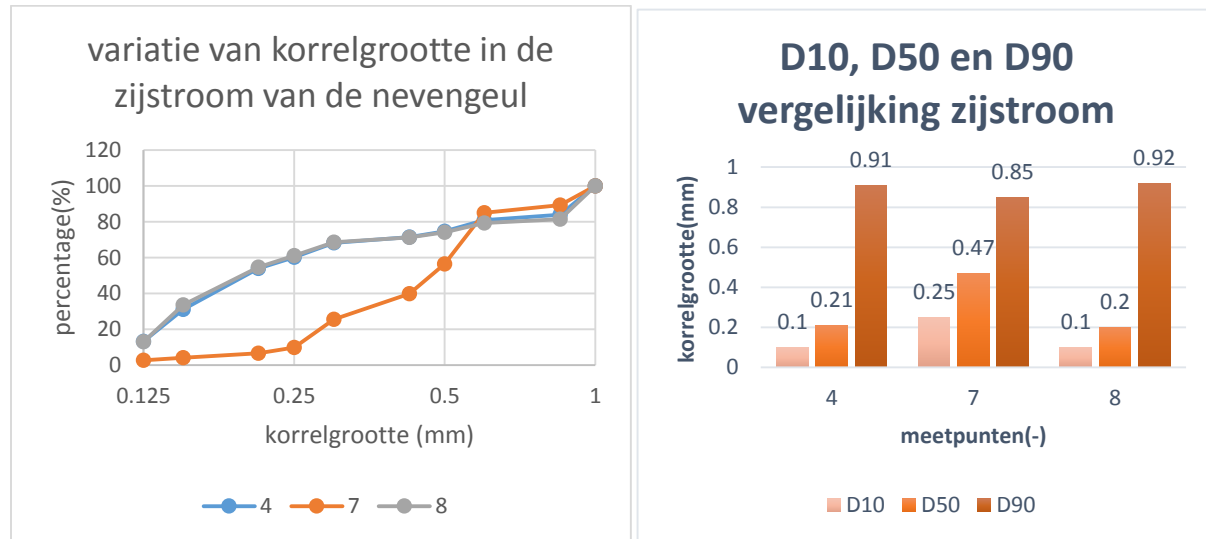
Allereerst zou het profiel van de rivier ervoor kunnen hebben gezorgd dat de gemiddelde korrelgrootte kleiner is in het midden dan het is aan de oeverwallen. Punt 6 bevindt zich in de binnenbocht van de nevengeul, en de spiraalstroming zorgt er dan voor dat hier grover sediment naar wordt verplaatst. Bij punt 4 bevindt zich een eindje benedenstrooms nog een zijstroom. Hierdoor zou er door een stroming in de richting van de zijstroom ook nog bodemtransport kunnen plaatsvinden.

Verder zou de afzetting bij de oeverwal nog voor dezelfde resultaten kunnen zorgen. Als de uiterwaarden overstromen, wordt het grove sediment net voorbij het zomerbed van de nevengeul afgezet (Klop, 2009). Dit zou betekenen dat er op punt 4 en 6 oeverwallen gevormd hebben, wat de hogere gemiddelde korrelgrootte zou verklaren. Hiermee moet wel rekening worden gehouden dat de uiterwaarden van de Klompenwaard vrij hoog liggen, om er voor te zorgen dat de Klompenwaard zelden volledig doorstroomt. Hierdoor zijn de uiterwaarden niet vaak geïnundeerd Figuur 29.



Figuur 29 rivierprofiel Klompenwaard (Nieuwhof, 2012)

## Resultaten zijstroom klompenwaard



Figuur 30 korrelgrootte in de zijstroom van de nevengeul

Figuur 31 D10, D50 en D90 van de zijstroom in de Klompenwaard

| Nummer serie | Hoogte ten opzichte van NAP (m) | D10 (mm) | D50 (mm) | D90 (mm) |
|--------------|---------------------------------|----------|----------|----------|
| 4            | 7.84                            | 0.10     | 0.21     | 0.91     |
| 7            | 9.43                            | 0.25     | 0.47     | 0.85     |
| 8            | 8.53                            | 0.10     | 0.20     | 0.92     |

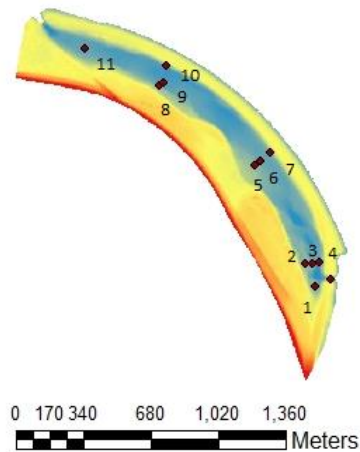
Tabel 14 data meetpunten zijstroom

Naast de lengte en de breedte over de geul is er bij de Klompenwaard een extra monster meegenomen. Er heeft zich op de locatie namelijk een aftakking gevormd naar een vijver dat vlak bij de nevengeul lag. De aftakking is periodiek, dus stroomt alleen door bij hoog water. Om te kijken of er verschil zou zijn tussen de nevengeul en de aftakking van de nevengeul is er een monster hiervan mee teruggenomen. De resultaten zijn te zien in Figuur 30 en Figuur 31.

Uit de resultaten valt te zien dat de aftakking van de nevengeul relatief meer fijn sediment bevat. Zo is de D50 twee keer zo groot als bij de monsters genomen bij nabijgelegen punten. Een reden hiervoor zou kunnen zijn dat er over punt 7 periodiek een trage stroom vloeit. Doordat de stroom bij laag water doodliep, was de watersnelheid in de aftakking erg laag. Ook veroorzaakte de scheepvaart in de hoofdgeul voor golven die zich door de geul verplaatste, en zich dan weer terugtrok. Doordat de watersnelheid hier zo laag is, vindt er meer suspensietransport plaats naar de aftakking. Terwijl de stroming juist sterker is bij punt 4 en 8, waardoor er hier minder suspensie neervalt. Dit zou kunnen verklaren waarom er meer fijn sediment in de aftakking aanwezig is.

### 6.3 Bakenhof

Bij de nevengeul van Bakenhof zijn er in totaal 11 monsters genomen. De eerste monsters zijn genomen rond het instroompunt, en er is verdergaan met monsters nemen richting het uitstroompunt. De resultaten daarvan worden hieronder weergegeven.



#### Legend

##### 2009 Bakenhof combinatie Laseraltimetrie Singlebeam

##### Value



♦ meetlocaties bakenhof

*Figuur 32 genomen monsters Bakenhof (Rijkswaterstaat, Bakenhof combinatie Laseraltimetrie Singlebeam, 2009)*

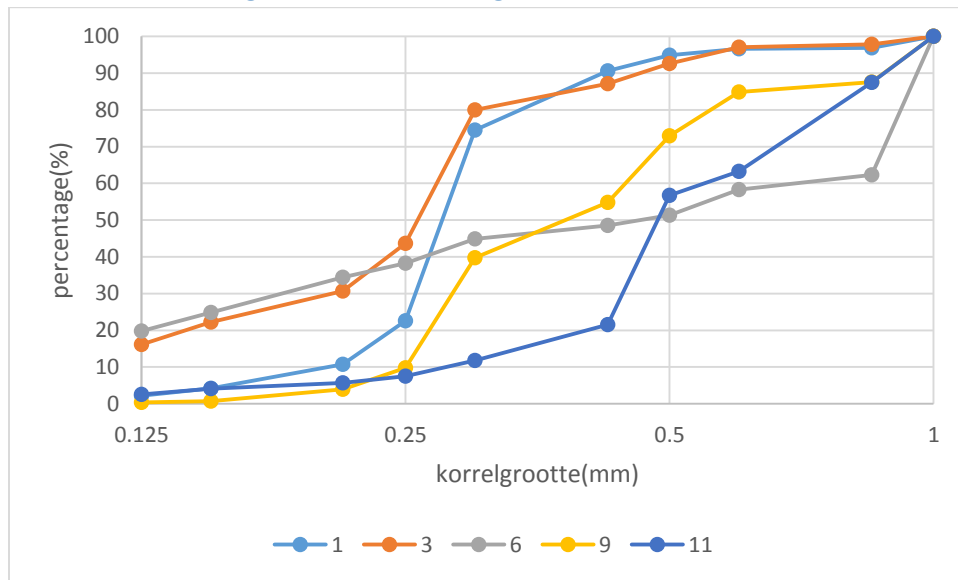
De gebruikte zeefmaten zijn weergegeven in Tabel 15

| D(mm) |
|-------|
| 0     |
| 0.125 |
| 0.15  |
| 0.212 |
| 0.25  |
| 0.3   |
| 0.425 |
| 0.5   |
| 0.6   |
| 0.85  |
| 1     |

*Tabel 15 gebruikte zeefmaten voor de mosnters van Bakenhof*



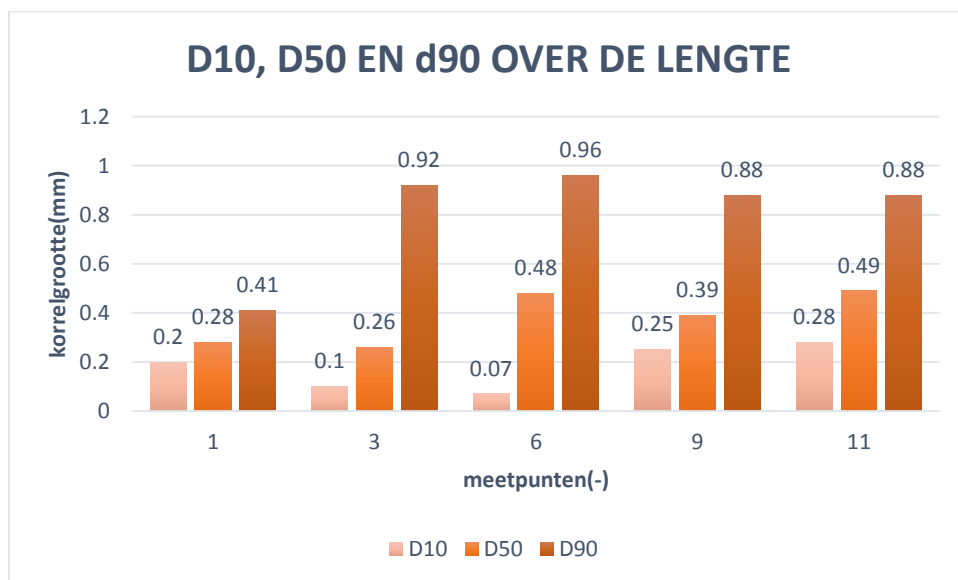
## Variatie van korrelgrootte over de lengte van Bakenhof



Figuur 33 korrelgrootte over de lengte van Bakenhof

| Nummer serie | Hoogte ten opzichte van NAP (m) | D10 (mm) | D50 (mm) | D90 (mm) |
|--------------|---------------------------------|----------|----------|----------|
| 1            | 6.42                            | 0.20     | 0.28     | 0.41     |
| 3            | 6.29                            | 0.10     | 0.26     | 0.92     |
| 6            | 7.46                            | 0.07     | 0.48     | 0.96     |
| 9            | 7.27                            | 0.25     | 0.39     | 0.88     |
| 11           | 7.27                            | 0.28     | 0.49     | 0.88     |

Tabel 16 data meetpunten over de lengte



Figuur 34 D10, D50 EN d90 OVER DE LENGTE

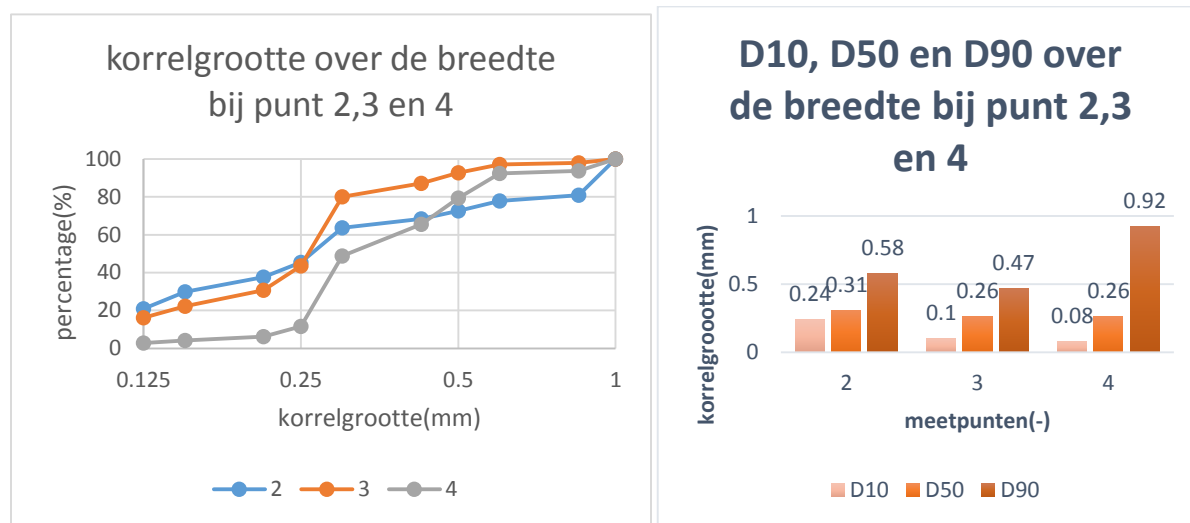
De zeefresultaten van de monsters genomen over de lengte zijn weergegeven in Figuur 33 en Figuur 34. Uit deze figuren blijkt dat vooral bij punt 1 een gemiddeld lagere korrelgrootte gevonden kan worden. Dit kan worden uitgelegd aan de hand van de ligging van punt 1 en de richting van het bodemtransport. Zoals bij Figuur 32 te zien is, bevindt punt 1 zich ten zuiden van het instroompunt, terwijl de stroom richting het noorden doorgaat. Er kan dan ook worden aangenomen dat er bijna geen stroming naar punt 1 staat. Hierdoor zal er geen bodemtransport naar punt 1 plaatsvinden, maar alleen maar suspensietransport. Hierdoor bevatte het monster van punt 1 waarschijnlijk alleen maar fijn sediment, terwijl er grover sediment in de nevengeul gevonden werd.

De overige monsters lijken erg op elkaar als er gekeken wordt naar de D-waarden. Ook is er geen duidelijk verschil waar te nemen tussen de verschillende monsters uit Figuur 33. Een mogelijke verklaring is de afwezigheid van een drempel. Bij beide de in- en uitstroomopening zijn duikers aanwezig, die geen obstructie geven aan de stroom. Hierdoor zijn er geen obstakels voor de bodemtransport van de moedergeul, waardoor bodemtransport door de gehele geul plaatsvindt. Hierdoor is de gemiddelde korrelgrootte ongeveer gelijk over de geul. Dit zou ook verklaren waarom er zich alleen op punt 1 een gemiddeld lagere korrelgrootte bevindt.

## Variatie van korrelgrootte over de breedte van Bakenhof

Er zijn drie verschillende metingen gedaan over de breedte van de nevengeul bij Bakenhof. Voor elk van deze meting zijn drie monsters geanalyseerd. De resultaten zullen hieronder worden besproken.

## Variatie van korrelgrootte over de breedte bij punt 2,3 en 4



Figuur 35 korrelgrootte over de breedte bij punt 2,3 en 4

Figuur 36 D10, D50 en D90 over de breedte bij punt 2,3 en 4

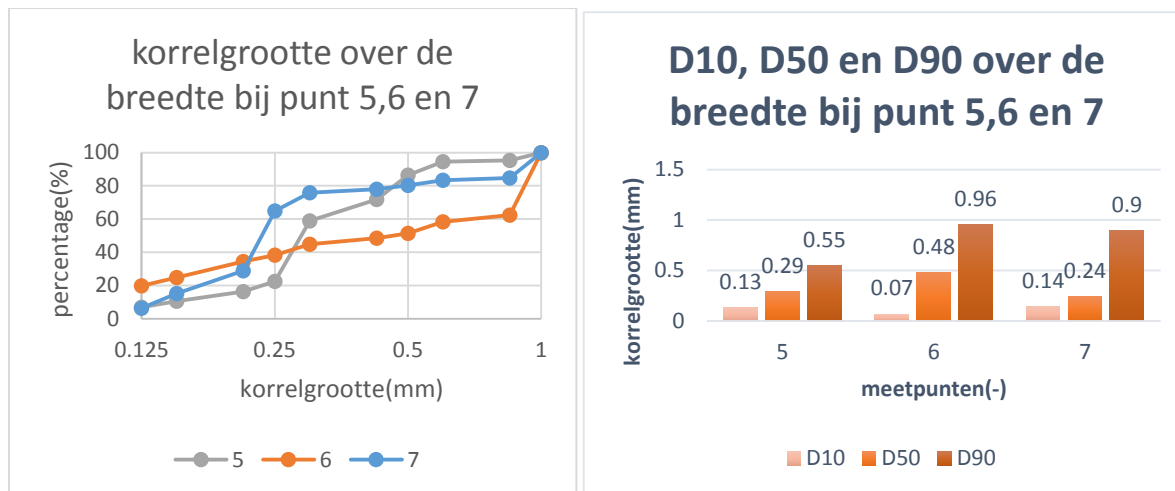
| Nummer serie | Hoogte ten opzichte van NAP (m) | D10 (mm) | D50 (mm) | D90 (mm) |
|--------------|---------------------------------|----------|----------|----------|
| 2            | 6.42                            | 0.24     | 0.31     | 0.58     |
| 3            | 6.29                            | 0.10     | 0.26     | 0.47     |
| 4            | 7.84                            | 0.08     | 0.26     | 0.92     |

Tabel 17 data meetpunten 2, 3 en 4

De resultaten van de monsters die genomen zijn bij het instroompunt zijn te zien in de figuren hierboven. Hierbij zijn de posities van de monsters te zien in Figuur 32. Hier is te zien dat punt vier in het westen van de geul ligt, en punt 4 in het oosten van de geul.

In Figuur 36 is te zien dat de gemiddelde korrelgrootte relatief gezien groter is bij punt 4 dan bij de andere punten. Dit is waarschijnlijk het gevolg van de spiraalstroming in de geul. Punt 4 ligt in de binnenbocht van de stroming op het punt waar stroom de nevengeul binnenkomt. Hierdoor zal de spiraalstroming sediment-rijk water over de bodem richting punt 4 transporteren (Rozovskij, 1957). Hierdoor is er grover sediment gevonden op punt 4, terwijl er fijner sediment over de breedte in dit stuk nevengeul gevonden.

## Variatie van korrelgrootte over de breedte bij punt 5,6 en 7



Figuur 37 korrelgrootte over de breedte bij punt 5,6 en 7

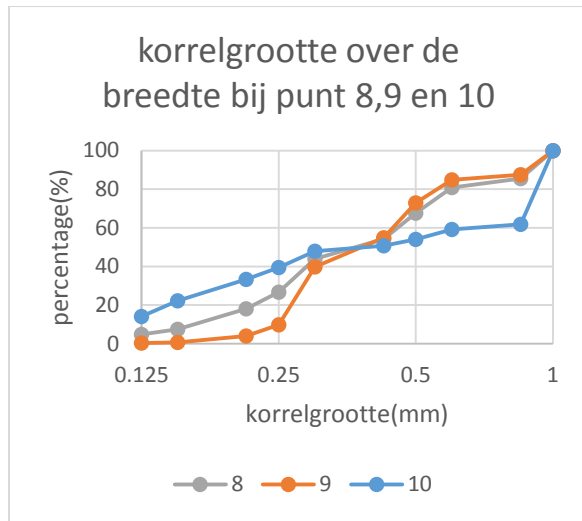
Figuur 38 D10, D50 en D90 over de breedte bij punt 5,6 en 7

| Nummer serie | Hoogte ten opzichte van NAP (m) | D10 (mm) | D50 (mm) | D90 (mm) |
|--------------|---------------------------------|----------|----------|----------|
| 5            | 8.21                            | 0.13     | 0.29     | 0.55     |
| 6            | 7.46                            | 0.07     | 0.48     | 0.96     |
| 7            | 7.99                            | 0.14     | 0.24     | 0.90     |

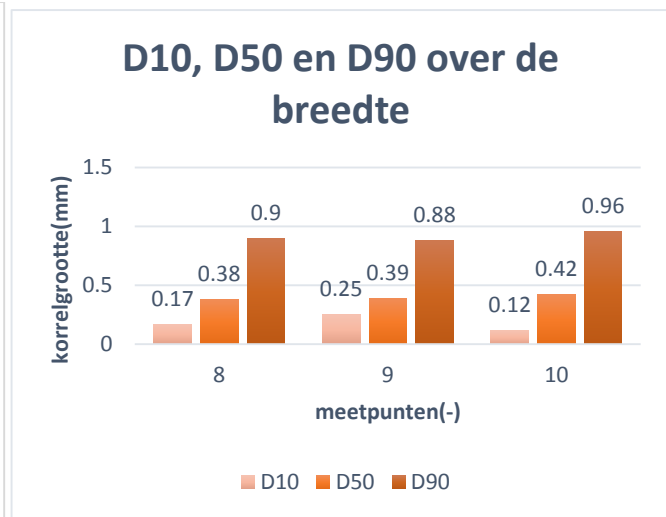
Tabel 18 data meetpunten 5, 6 en 7

De resultaten van punt 5, 6 en 7 zijn weergegeven in Figuur 37 en Figuur 38. Hieruit is op te maken dat de bodemtransport nu ook rond het midden van de nevengeul plaatsvindt. Een factor hierin kan het rivierprofiel zijn. De nevengeul is in het stuk rond 5,6 en 7 dieper in het midden dan dat het aan de randen is. Hierdoor zal de stroming zich richting het midden van de geul stromen. Zo zal ook de bodemtransport nu sediment laten neervallen in het midden van de geul.

## Variatie van korrelgrootte over de breedte bij punt 8,9 en 10



Figuur 39 korrelgrootte over de breedte bij punt 8,9 en 10



Figuur 40 D10, D50 en D90 over de breedte bij punt, 8, 9 en 10

| Nummer serie | Hoogte ten opzichte van NAP (m) | D10 (mm) | D50 (mm) | D90 (mm) |
|--------------|---------------------------------|----------|----------|----------|
| 8            | 7.79                            | 0.17     | 0.38     | 0.90     |
| 9            | 7.27                            | 0.25     | 0.39     | 0.88     |
| 10           | 7.31                            | 0.12     | 0.42     | 0.96     |

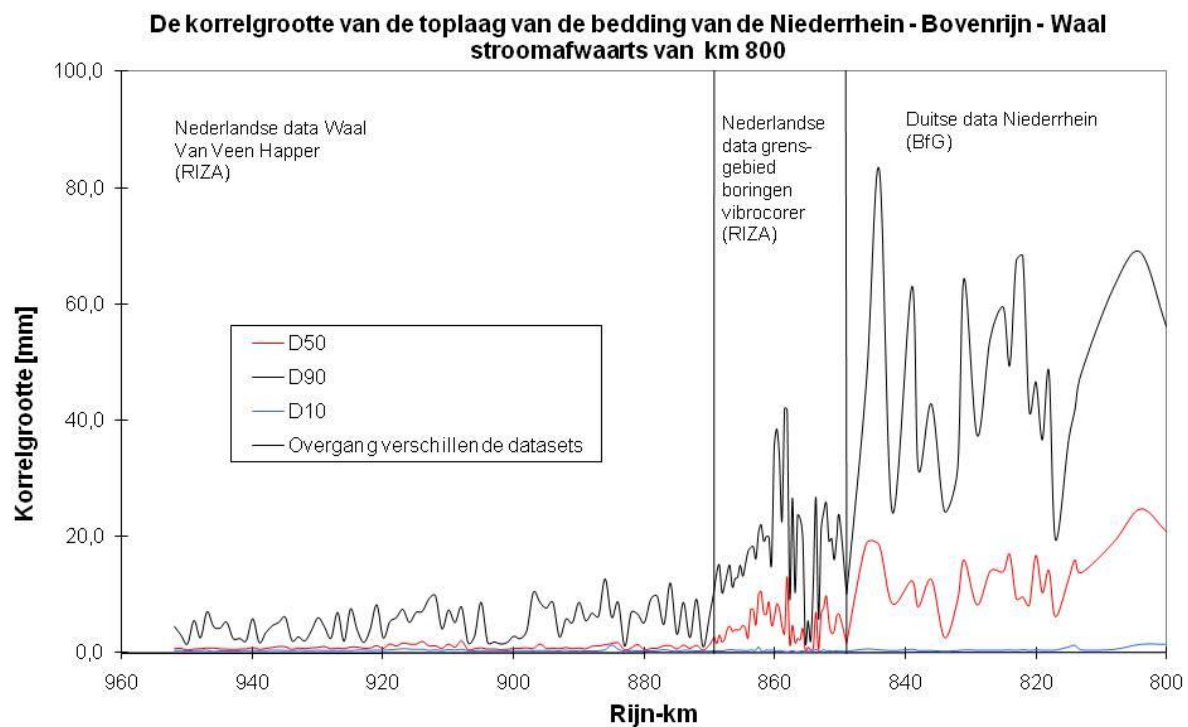
Tabel 19 data meetpunten 8, 9 en 10

Er zijn bij voor uitstroompunt weer drie monsters genomen, om de breedte te analyseren. De resultaten zijn te zien in Figuur 39 en Figuur 40. Uit de grafieken valt op te maken dat de verdeling van sediment hier over de breedte ongeveer gelijk is. Dit zou betekenen dat de bodemtransport nu gelijk is verdeeld over de nevengeul.

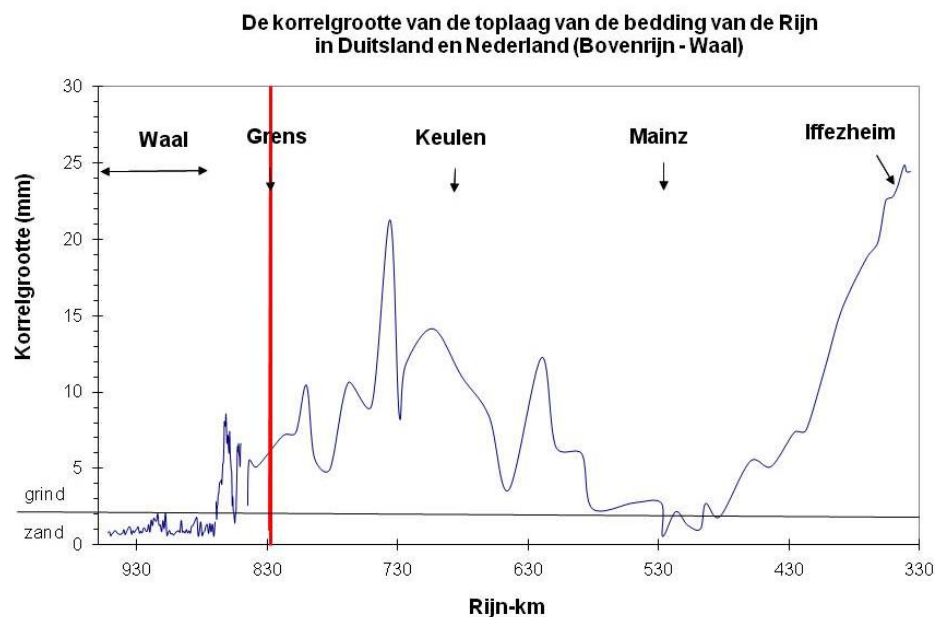
## 6.4 Vergelijking hoofdgeul

Om inzicht te krijgen in wat voor sedimenttransport naar de nevengeulen plaatsvindt, is er ook een vergelijking worden gemaakt van de variatie van korrelgroottes tussen de moedergeul en de bijbehorende nevengeulen. De resultaten hiervan zijn hieronder weergegeven. Als vergelijking met de moedergeul wordt een monster van bij het instroompunt, een monster van bij het midden van de nevengeul en een monster van bij het uitstroompunt worden gebruikt. Dit wordt gedaan om te zien hoe de samenstelling van het sediment veranderd over de nevengeul in vergelijking tot de moedergeul

### Vergelijking hoofdgeul Gameren



Figuur 41 D10, D50 en D90 over de lengte van de Rijn/Waal



Figuur 42 gemiddelde korrelgrootte over de lengte van de Rijn/Waal

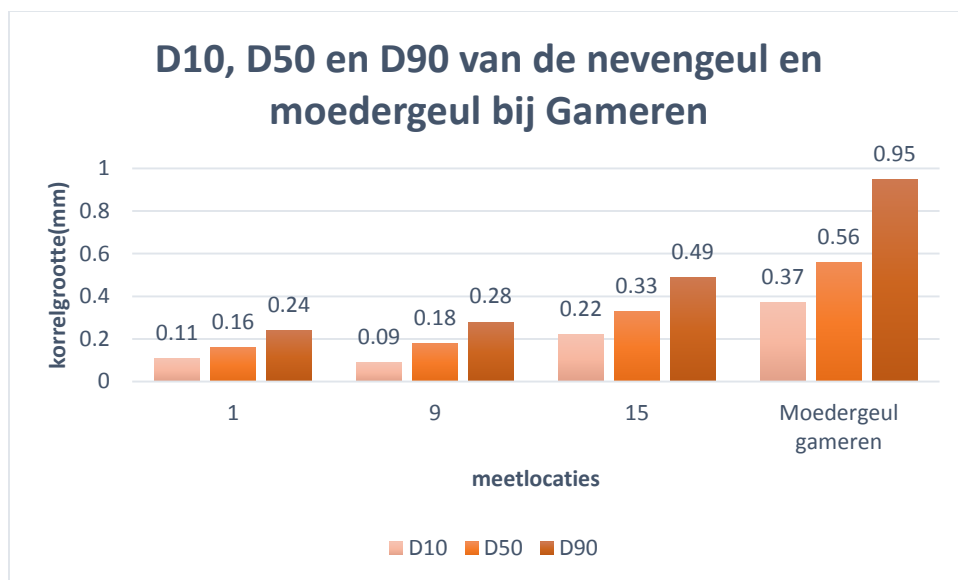
<sup>1)</sup> De kilometerraai bij Gameren is 938 km.

<sup>2)</sup> De grafieken komen uit Brinke, W.B.M., 1997. De bodemsamenstelling van Waal en IJssel in de jaren 1966, 1976, 1984 en 1995. RIZA rapport 97.009.

| Nummer serie          | Hoogte ten opzichte van NAP (m) | D10 (mm) | D50 (mm) | D90 (mm) |
|-----------------------|---------------------------------|----------|----------|----------|
| 1                     | 2.5                             | 0.11     | 0.16     | 0.24     |
| 9                     | 2.69                            | 0.09     | 0.18     | 0.28     |
| 15                    | 2                               | 0.22     | 0.33     | 0.49     |
| Moedergeul<br>gameren | -                               | 0.37     | 0.56     | 0.95     |

Tabel 20 vergelijking moedergeul en nevengeul Gameren

Voor de vergelijking met de hoofdgeul is er gebruik gemaakt van de datasets van Brinke, W.B.M., 1997. Hiervoor zijn er over de jaren heen verschillende metingen verricht van de Nederlandse rivieren. De gebruikte D10, D50 en D90 zijn afkomstig uit 'De bodemsamenstelling van Waal en IJssel in de jaren 1966, 1976, 1984 en 1995'. Hieruit zijn de gegevens van 1995 gebruikt. De gegevens zijn weergegeven in Tabel 20 en Figuur 43. Ook is de korrelgrootte over de gehele rivier weergegeven in Figuur 41 en Figuur 42



Figuur 43 verschil D10, D50 en D90 tussen nevengeul en moedergeul bij Gameren

Uit Figuur 43 is op te maken dat de korrelgrootte relatief gezien veel groter is dan het sediment dat van de nevengeulen is gemeten. Een groot verschil is te zien tussen het sediment genomen bij het instroompunt en de gegevens van de moedergeul. Om te analyseren wat dit resultaat heeft veroorzaakt, moet er rekening worden gehouden met verschillende factoren.

Allereerst is Gameren aangelegd in een buitenbocht van de Waal. Door de spiraalstroming die ontstaat in bochtige rivieren, wordt sediment-arm water aan het wateroppervlak richting de buitenbocht getransporteerd. Dit zou betekenen dat het water dat richting de nevengeul stroomt minder sediment bevat dan de rivier gemiddeld bevat. Het aanbod van sediment is dus beperkt (Akkerman, 1993).

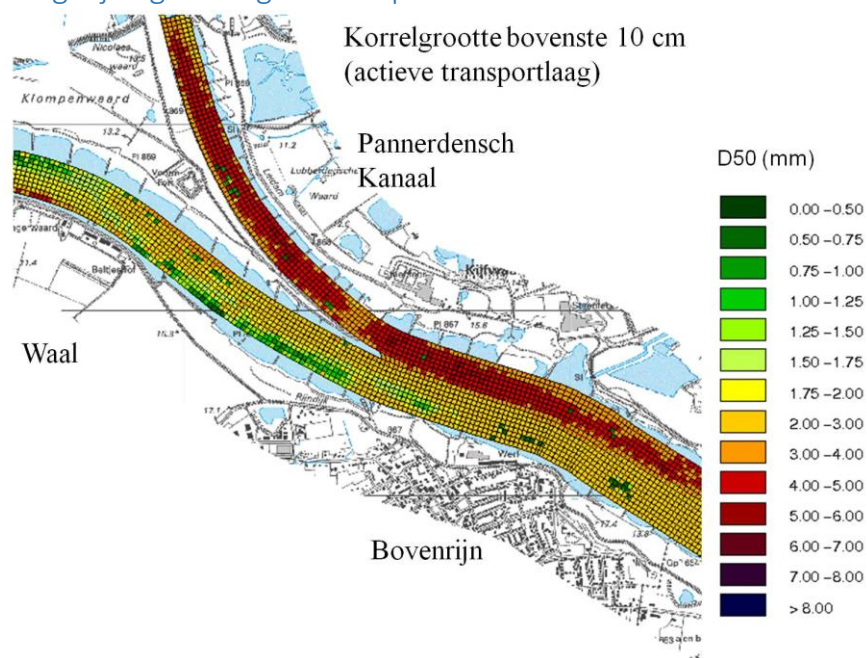
Ook zijn er kribben aangelegd bij de instroomopening en de uitstroomopening. De kribben hebben als functie om ervoor te zorgen dat de rivierbodem blijft liggen, en dat er dus geen sedimentatie optreedt. In het geval van de nevengeulen verhinderen ze ook de effectieve doorstroming van het water in de geul. Hierdoor is er ook minder sedimentaanbod naar de nevengeul. Verder verkleint de aanwezigheid van kribben ook de primaire scheidingslijn. Hierdoor kunnen er zich dwarsellingen in het kribvak vormen. Deze dwarsellingen kunnen een obstructie vormen voor de bodemtransport (Klop, 2009)

Ten slotte is er een drempel aanwezig bij de instroomopening. De drempel is aangelegd om de bodemtransport van sediment naar de nevengeul te verminderen. Dit zou ook verklaren waarom de gemiddelde sedimentgrootte kleiner is aan het instroompunt van de nevengeul dan bij het uitstroompunt.

Er zijn dus meerdere factoren die meespelen bij de korrelgrootte in de nevengeul. In werkelijkheid zal de gemiddeld kleinere korrelgrootte in de nevengeul waarschijnlijk worden veroorzaakt door een combinatie van deze factoren.



## Vergelijking hoofdgeul klompenwaard

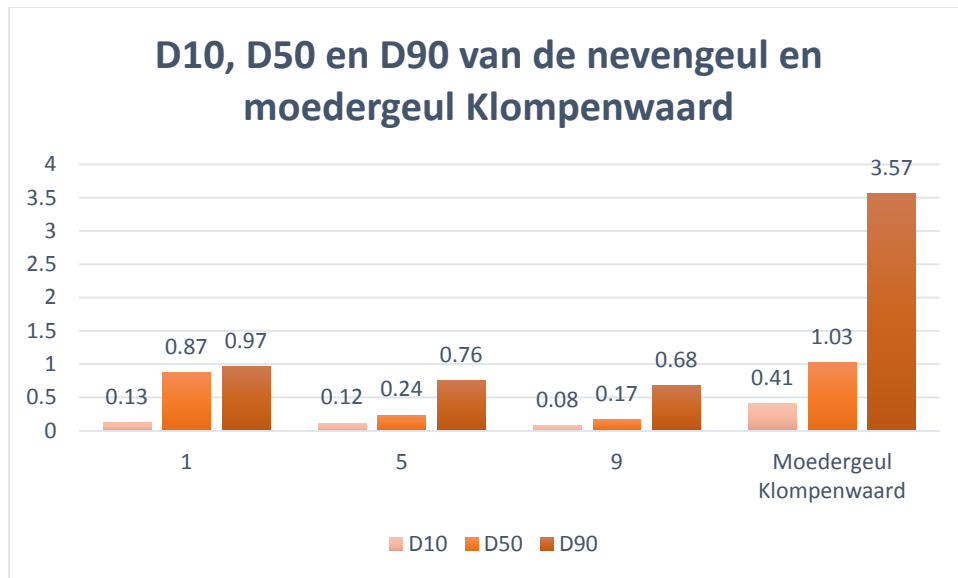


Figuur 44 korrelgrootte bovenste 10 cm (Grujters S. e., de lithologische en sedimentologische opbouw van de ondergrond van de Pannersche Kop, 2001)

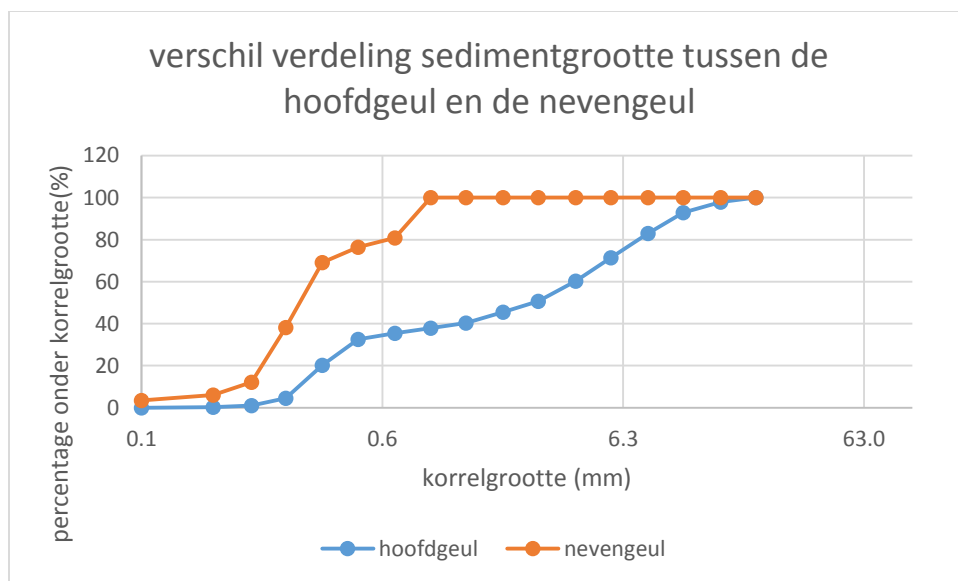
| Nummer serie | Hoogte ten opzichte van NAP (m) | D10 (mm) | D50 (mm) | D90 (mm) |
|--------------|---------------------------------|----------|----------|----------|
| 1            | 8.63                            | 0.13     | 0.87     | 0.97     |
| 5            | 8.54                            | 0.12     | 0.24     | 0.76     |
| 9            | 8.66                            | 0.08     | 0.17     | 0.68     |
| Moedergeul   |                                 | 0.41     | 1.03     | 3.57     |
| Klompewaard  | -                               |          |          |          |

Tabel 21 Vergelijking met de hoofdgeul bakenhof

Voor de vergelijking van de moedergeul en hoofdgeul met de nevengeul zijn twee verschillende datasets gebruikt. Allereerst zijn er de datasets van Brinke die zijn gepubliceerd in 1997. Daarvoor over de jaren heen verschillende metingen verricht van de Nederlandse rivieren. De gebruikte D10, D50 en D90 zijn afkomstig uit 'De bodemsamenstelling van Waal en IJssel in de jaren 1966, 1976, 1984 en 1995'. Hieruit zijn de gegevens van 1995 gebruikt. De gegevens zijn weergegeven in Tabel 21 en Figuur 45 Ook is de D50 van de moedergeul weergegeven in Figuur 44. Ten tweede is er gebruikt gemaakt van de datasets van Frings en Kleinhans. Deze zijn gepubliceerd in 2008. De resultaten hiervan zijn weergegeven in Figuur 46. Deze resultaten zijn weergegeven met een logaritmische factor 10. Beide metingen zijn verricht aan de rechteroever van de rivier, aan de zijde van de nevengeul.



Figuur 45 D10, D50 en D90 van de nevengeul en moedergeul Klompenwaard



Figuur 46 verschil verdeling sedimentgrootte tussen de hoofdgeul en de nevengeul (KLEINHANS, 2008)

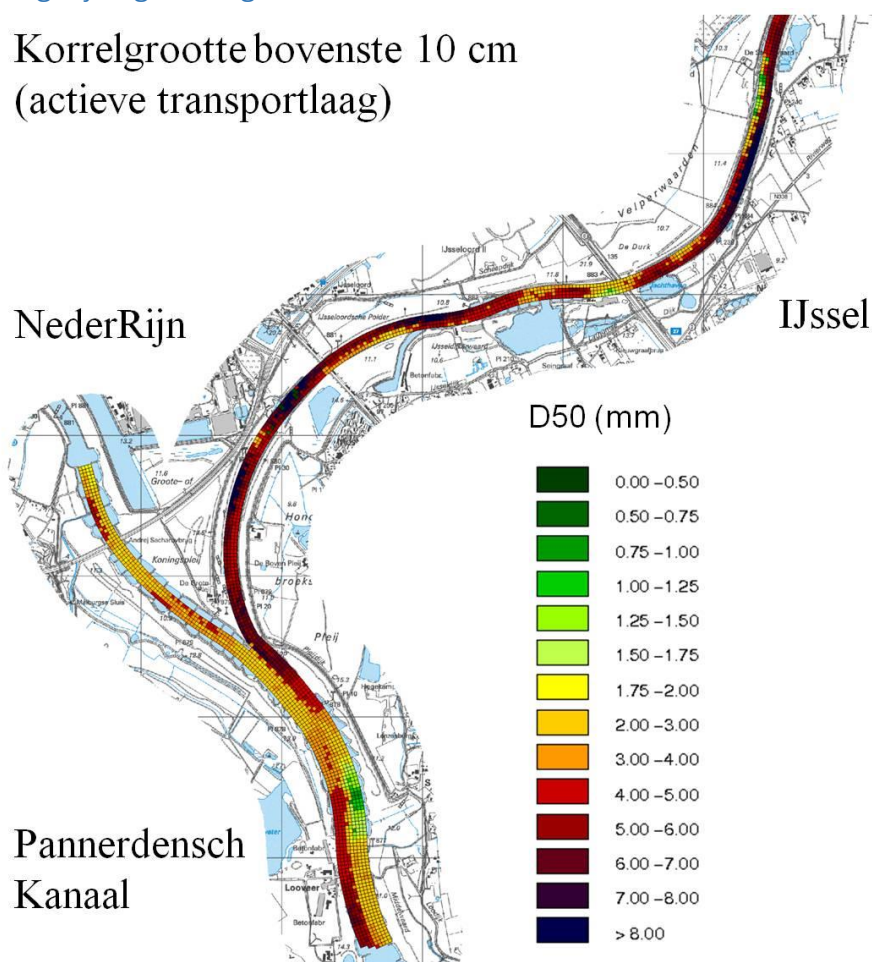
Zoals al eerder was opgevallen, is de gemiddelde korrelgrootte relatief gezien veel groter in de moedergeul dan in de nevengeul. Een paar factoren die zijn genoemd in 'vergelijking met hoofdgeul' gelden ook weer voor de Klompenwaard. Zo bevindt de Klompenwaard zich ook in de buitenbocht van de hoofdgeul, en zijn er ook weer kribben aanwezig. Een verschil met de nevengeul in Gameren is dat er zich geen drempel bevindt bij het instroompunt van de Klompenwaard. Er bevindt zich alleen een drempel bij het uitstroompunt van de Klompenwaard, die hoog genoeg is om alleen maar een paar dagen per jaar totale doorstroming van de nevengeul toelaat. Het gebrek aan doorstroming zou een verklaring kunnen zijn voor het relatief grote verschil in grootte van korrelgrootte. Doordat er grotendeels van het jaar geen doorstroming van de nevengeul plaatsvindt, zal de er weinig

bodemtransport plaatsvinden. Dit komt doordat er voor bodemtransport liftkracht nodig is van de stroming om de deeltjes op te tillen, wat bij een trage stroming minder snel zal gebeuren. Zo zal er in de nevengeul minder bodemtransport vinden, maar juist meer suspensietransport. De deeltjes die in suspensie door de stroom worden genomen vallen alleen neer bij een lage watersnelheid. Aangezien de Klompenwaard alleen maar 18 dagen in het jaar mee stroomt, zal deze situatie zich grotendeels van het jaar voordoen. Zo zal er dus meer suspensietransport plaatsvinden dan bodemtransport, wat de kleinere korrelgrootte in de nevengeulen in vergelijking met de moedergeul zou kunnen verklaren.

Verder valt er uit Figuur 46 op dat de samenstelling van de hoofdgeul en de nevengeul ongeveer hetzelfde patroon volgen, met het enige verschil tussen de geulen dat de nevengeul alleen het fijnere sediment bevat dat in de hoofdgeul voorkomt, maar niet het sediment met een grotere korrelgrootte van ongeveer 1mm. Dit betekent dat de samenstelling van het sediment dat gevonden is ongeveer gelijk is aan de fractie van fijn sediment van de samenstelling. Zo heeft het sediment in de nevengeulen ook de karakteristieken van de Rijn die beschreven zijn in 'sedimentatie karakteristieken rivieren'. Hierin werd beschreven dat de Rijn niet elke sedimentgrootte bevat. Dit is ook te zien in Figuur 46, waar het lijkt dat de samenstelling nauwelijks sediment van de korrelgrootte 0.5-0.6 bevat.

## Vergelijking hoofdgeul Bakenhof

Korrelgrootte bovenste 10 cm  
(actieve transportlaag)

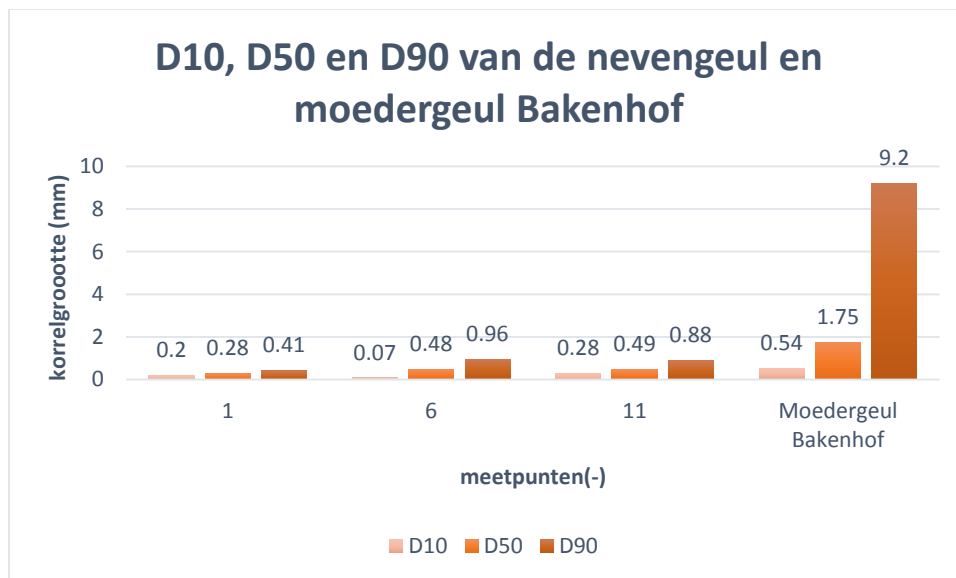


Figuur 47 Korrelgrootte bovenste 10 cm (Grujters, 2003)

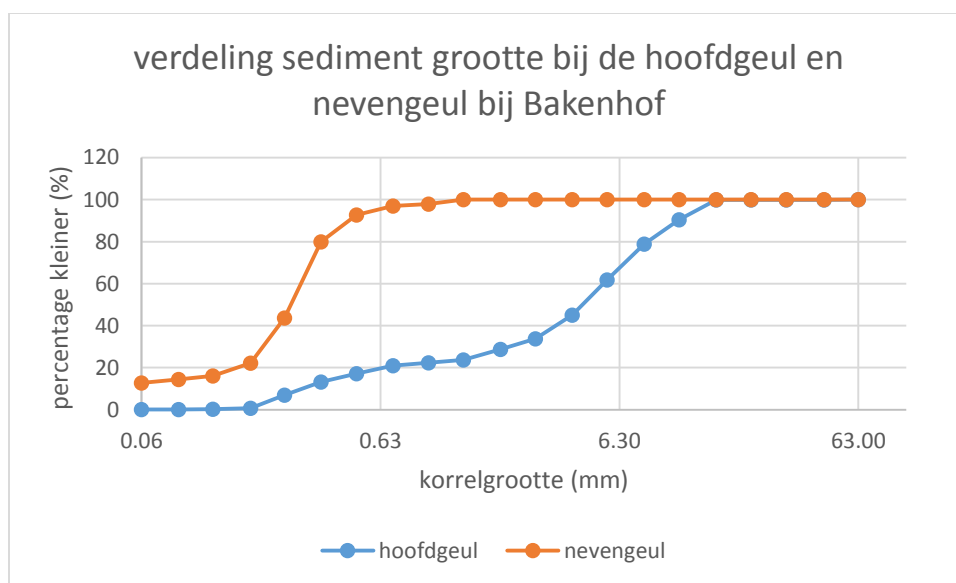
Er zijn twee datasets gebruikt voor de vergelijking bij Bakenhof. Als eerste zijn de gebruikte D10, D50 en D90 zijn afkomstig uit 'Enkele hydrologische en morfologische parameters van Nederlandse Rijntakken' van Grujters. Hieruit zijn de gegevens van 1988 gebruikt. De gegevens zijn weergegeven in Tabel 22 en Figuur 48. Ook is de D50 van de moedergeul weergegeven in Figuur 47. Ten tweede is er gebruikt gemaakt van de datasets van Frings en Kleinhans. Deze zijn gepubliceerd in 2008. De resultaten hiervan zijn weergegeven in Figuur 49. Deze resultaten zijn weergegeven met een logaritmische factor 10.

| Nummer serie        | Hoogte ten opzichte van NAP (m) | D10 (mm) | D50 (mm) | D90 (mm) |
|---------------------|---------------------------------|----------|----------|----------|
| 1                   | 6.42                            | 0.20     | 0.28     | 0.41     |
| 6                   | 7.46                            | 0.07     | 0.48     | 0.96     |
| 11                  | 7.27                            | 0.28     | 0.49     | 0.88     |
| Moedergeul Bakenhof | -                               | 0.54     | 1.75     | 9.2      |

Tabel 22 Data nevengeul in vergelijking met de moedergeul



Figuur 48 D10, D50 en D90 van de nevengeul en moedergeul Bakenhof



Figuur 49 verdeling sediment grootte bij de hoofdgeul en nevengeul bij Bakenhof

De resultaten van de nevengeul bij Bakenhof toont het grootste verschil tussen de nevengeul en de moedergeul. Zo is de gemeten D-waardes gemiddeld vele malen kleiner dan de resultaten van de metingen in de hoofdgeul.

Veel van de factoren die aanwezig waren bij de nevengeul bij Gameren en de Klompenwaard, zijn ook weer aanwezig bij de nevengeul van Bakenhof. Zo bevindt het instroompunt van de nevengeul bij Bakenhof zich in een kribvak, en in de buitenbocht van de hoofdgeul. Deze factoren zullen ook in deze nevengeul een kleinere korrelgrootte dan in de moedergeul hebben veroorzaakt. Ook de samenstelling van de nevengeul hetzelfde lijkt als de fractie van de verdeling dat zich in de hoofdgeul bevindt (Figuur 49). Deze fractie houdt weer in de samenstelling gelijk is behalve dat al het grote sediment afwezig is in de nevengeul.

Een van de interessante verschillen is dat de nevengeul bij Bakenhof geen drempels bevonden. De enige regelwerken die aanwezig zijn op de locatie zijn duikers, die geen obstakel vormen voor het sedimenttransport. Maar de afwezigheid van drempels correspondeert wel met een veel fijner sediment dat gevonden is in de nevengeul in vergelijking met de moedergeul dan in de andere nevengeulen. Dit zou suggereren dat de drempels bij het instroompunt weinig effect hebben op de bodemtransport, aangezien als de er geen drempel aanwezig is er toch weinig bodemtransport richting de nevengeul plaatsvindt. Om hier zeker van te zijn zou dit nader onderzocht moeten worden onder constante omstandigheden, waarbij alleen de aanwezigheid van duikers veranderd.

Een andere reden dat de gemiddelde korrelgrootte zo laag is, is dat de nevengeul het hele jaar doorstroomt. Dat betekent dat de nevengeul ook doorstroomt bij laag water. Als er laag water is, heeft de bodemweerstand groter effect op de stroomsnelheid, waardoor de stroomsnelheid dan bij laag water ook lager is. Dit betekent dat meer sediment dat zich in suspensie bevindt neervalt. Ook vindt er bij traag stromend water bijna geen bodemtransport voor. Hierdoor zal het aandeel van suspensietransport naar de nevengeulen aanzienlijk groter worden. Dit zou kunnen verklaren waardoor de gemiddelde sedimentgrootte zo klein is, doordat het sediment in suspensie zeer fijn is.

## 7. Discussie

Om de resultaten te analyseren, zullen de resultaten tussen de nevengeulen nog vergeleken worden. Hiervoor zal er gekeken worden naar de verdeling van korrelgrootte over de lengte, over de breedte en het verschil tussen de nevengeul en de moedergeul. Ook de validiteit van de data zal worden besproken.

### 7.1 Variatie van korrelgrootte over de lengte van de nevengeul

De meetresultaten over de lengte van de nevengeulen zijn alle drie van de locaties verschillend. Zo is de gemiddelde korrelgrootte bij Gameren kleiner bij het instroompunt, terwijl deze bij Klompenwaard kleiner is bij het uitstroompunt. En bij de nevengeul bij Bakenhof was de korrelgrootte weer gemiddeld ongeveer gelijk over de lengte van de nevengeul. Dit komt waarschijnlijk doordat de nevengeulen erg verschillend zijn in hoe ze zijn aangelegd.

Allereerst is er een verschil in de hoeveelheid dagen dat er totale doorstroming is in de nevengeul. Zo stroomt de Bakenhof bijna permanent door, terwijl de Klompenwaard maar een paar dagen per jaar doorstroomt. Dit betekent dat er doorgaans verschillende stromingen staan bij de nevengeulen bij elkaar. Dan zullen er ook verschillende soorten sedimenttransport plaatsvinden. Zo staat er bij Bakenhof bijna permanent stroming, waardoor er waarschijnlijk door de gehele geul bodemtransport plaatsvindt (afhankelijk van de bodemsnelheid) en ook veel suspensietransport. Terwijl er bij klompenwaard in vergelijking minder stroming zal staan, doordat de geul gewoonlijk niet kan doorstromen. Hierdoor zal er weinig bodemtransport plaatsvinden, maar zal er meer fijn sediment neervallen door suspensietransport. En bij Gameren is er weer een andere situatie waar grotendeels van de tijd alleen het instroompunt en het uitstroompunt blootstaan aan water. Ook de aanwezigheid van andere geulen bij de nevengeul waar metingen zijn verricht beïnvloedde de sedimenttransport van de geanalyseerde nevengeul. Zo is de verdeling van korrelgrootte dus afhankelijk van hoe de nevengeul is aangelegd.

Ook kunnen de aangelegde constructies invloed hebben gehad. Zo is het verschillend tussen de nevengeulen of er een drempel aanwezig was bij het instroompunt of geen drempels. Het is nog niet precies bekend in hoeverre de drempels nou daadwerkelijk voor effect hebben op de sedimenttransport in de nevengeul (Mosselmans, 2001). Uit de resultaten lijkt het erop dat de drempelconstructie vooral beïnvloeden hoeveel bodemtransport plaatsvindt. Zo is er geen drempel bij het uitstroompunt van de Klompenwaard maar wel bij het instroompunt, waar de gemiddelde korrelgrootte groter is bij het uitstroompunt. Dit is ook het geval bij Gameren. In deze gevallen leek er meer bodemtransport plaats te vinden door de afwezigheid van een drempel bij het uitstroompunt en de stromingen die zich bij het uitstroompunt vormen als de nevengeul niet in zijn geheel doorstroomt. Bij Bakenhof zijn de drempels compleet afwezig, En was de samenstelling van sediment grootte over de nevengeul gelijk. Hieruit lijkt het erop dat zonder drempels er over de hele nevengeul bodemtransport plaatsvindt.

Er zijn wel een paar kanttekeningen bij het bepalen van het effect van de drempelconstructies op de verdeling van korrelgrootte. Zo is er een groot verschil tussen de korrelgrootte van de moedergeul en de nevengeul bij Bakenhof. Als het gebrek van een drempel de bodemtransport over de gehele nevengeul veroorzaakt, zou dit betekenen dat de bodemtransport van de moedergeul ook naar de nevengeul gaat. Maar er is een groot verschil tussen de samenstelling van de nevengeul en de moedergeul. Dit suggereert dat er weinig bodemtransport naar de nevengeul plaatsvindt, en maakt het precieze effect van de afwezigheid van een drempel onduidelijk. Ook bij de nevengeul in Gameren is het onduidelijk dat

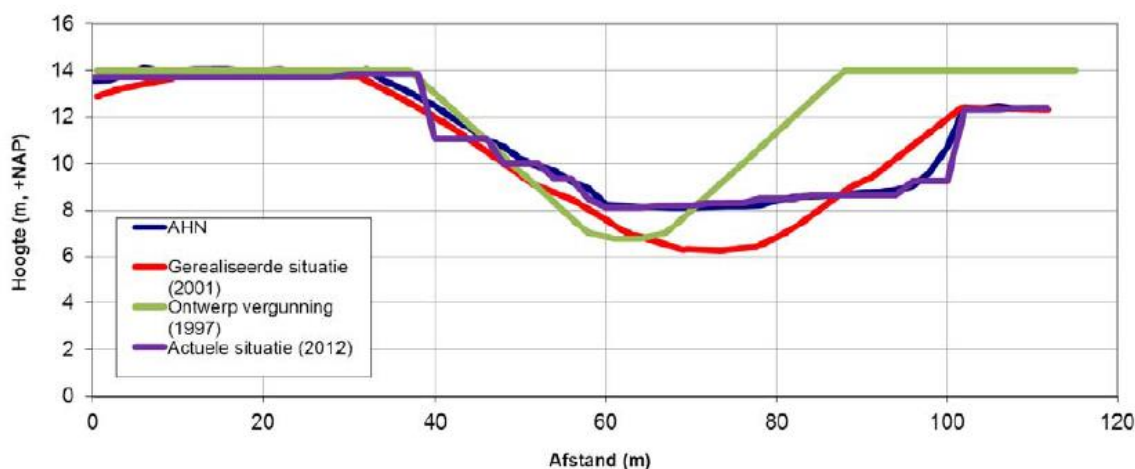
dit effect alleen wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van de drempel bij het instroompunt. Zo kon de gemiddeld grotere korrelgrootte bij het uitstroompunt wordt veroorzaakt door de ligging van de nevengeul en de aanwezigheid van nog een instroompunt in het kribvak bij het uitstroompunt van de geanalyseerde nevengeul bij Gameren. Om het precieze effect van de drempels bij nevengeulen te bepalen zal er dus meer onderzoek moeten worden verricht onder gespecificeerde omstandigheden. Ten slotte is er ook nog onzekerheid in wat de toestand is van de drempel bij Gameren. Zo is de drempel Niet waargenomen op de hoogtemetingen, waaruit blijkt dat er nauwelijks hoogteverschil is tussen waar aangenomen werd dat de drempel lag en de rest van de nevengeul. Het kan dus zijn dat door morfologische ontwikkelingen de drempel is verdwenen.

Verschillen in de samenstelling van het sediment op de bodem van de nevengeul wordt dus vooral veroorzaakt door het ontwerp van de nevengeul in hoeveel dagen de nevengeul doorstroomt en de aanwezige constructies. Hoe groot de effecten relatief van elkaar zijn zou nog nader moeten worden onderzocht.

## 7.2 Verschillen van korrelgrootte over de breedte van de nevengeulen

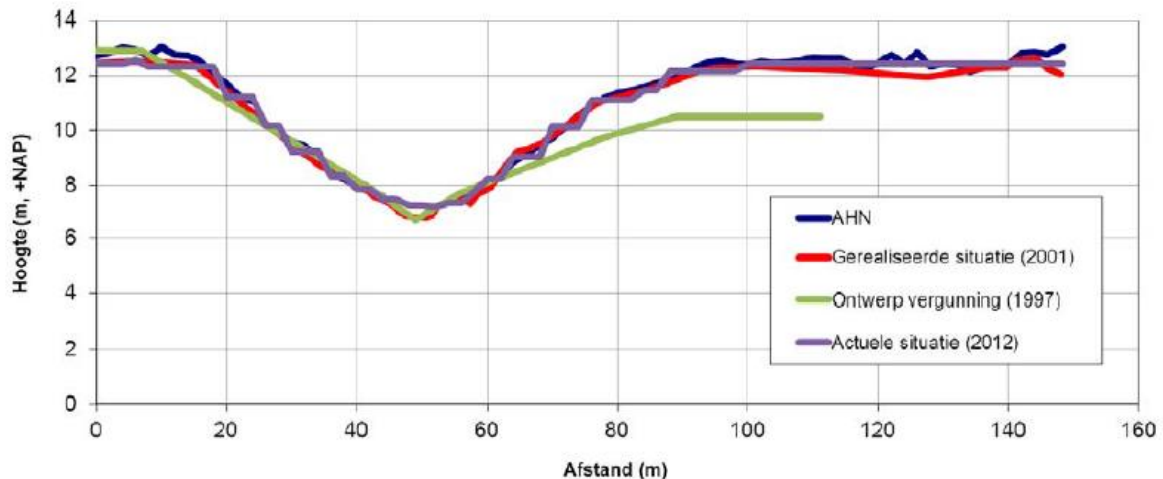
De samenstelling van het sediment in de nevengeulen lijkt een patroon te volgen. Zo is de gemiddelde korrelgrootte bij het instroompunt in beide gevallen groter in de binnenbocht van de stroom door de spiraalstroming. Dit trekt zich benedenstrooms weer recht naarmate de stroom vordert door het rivierprofiel van de nevengeulen. Dit patroon is beide te zien bij Bakenhof en Gameren, en in mindere mate ook bij de Klompenwaard. Bij de Klompenwaard is dit patroon ook te zien, maar ook is er een zijstroom in de buurt van aftakking naar een naburig meertje. Hierdoor is er ook in de binnenbocht grover sediment aanwezig, in plaats van alleen in de binnenbocht.

Dit proces heeft effect op het rivierprofiel van de nevengeulen. Zo wordt de rivierprofiel bij de bochten van de nevengeul afgevlakt en opgehoogd. (zie Figuur 50). In contrast daarvan verandert er weinig aan het rivierprofiel buiten de bochten van de nevengeulen (zie Figuur 51). Hier verandert de bodemtransport dus actief de rivierprofiel van de nevengeulen.



Figuur 50 rivierprofiel bij instroompunt van de Klompenwaard ( (Nieuwhof, 2012)





Figuur 51 rivierprofiel in het midden van de Klompenwaard ( (Nieuwhof, 2012)

### 7.3 Vergelijking tussen de moedergeulen en nevengeulen

Tot slot zullen de resultaten van het verschil tussen de moedergeul en de bijbehorende nevengeulen besproken worden. Uit alle resultaten bleek dat de sediment groottes die in de moedergeul worden gevonden relatief veel groter zijn dan van het sediment dat aanwezig is in de nevengeulen. Dit suggereert dat er grotendeels suspensietransport plaatsvindt in de nevengeulen, maar weinig bodemtransport. Dit zou ook verklaren waarom grotendeels van het gevonden sediment een kleine diameter heeft, niet groter dan 0.5 tot 1mm.

Een karakteristiek dat de drie nevengeulen alle drie hebben is dat de nevengeulen zich alle drie in een buitenbocht bevinden. Hierdoor zal alleen het sediment-arm water door de nevengeul stromen. Ook de neervorming veroorzaakt door de kribben bij de instroompunten werkt de bodemtransport van sediment tegen. Doordat de doorstroming bij het instroompunt wordt vertraagd gaat de watersnelheid omlaag. Dit kan betekenen dat het sediment dat door bodemtransport richting de nevengeul stroomt, strandt in het kribvak. Om dit te bewijzen zouden er metingen moeten worden gedaan in het kribvak.

Alleen in hoeverre de drempels een factor zijn in het verhinderen van de bodemtransport is nog onduidelijk. Zo zijn er in de nevengeulen observaties gedaan die beide zouden kunnen aantonen dat de drempel geen factor is en dat de drempel wel een factor is. Ook in Gameren is er een lagere gemiddelde korrelgrootte bij het instroompunt dan bij het uitstroompunt, en alleen bij het instroompunt een drempel. De vraag bij Gameren is alleen in hoeverre deze drempel nog effect heeft , aangezien de drempel op de tijd van onderzoek vrij laag lag, en bijna Maar dit staat tegenover de Bakenhof, waar zonder drempel er alsnog een veel kleinere gemiddelde korrelgrootte is gevonden in de nevengeul dan in de moedergeul. De onzekerheid komt ook doordat er meerdere factoren tegelijkertijd de sedimenttransport beïnvloeden. Hier zou dus nader onderzoek naar moeten worden verricht.

## 7.4 validiteit data

Tot slot is er nog de vraag over hoe valide de data is en de conclusies die eruit worden getrokken. Dit zal in dit hoofdstuk worden besproken.

Allereerst is er de discussie over hoe valide de data is die is verzameld. Hierbij kan vooral worden gekeken naar of er genoeg monsters zijn genomen om accurate data te vergaren. Want voor de verzameling van monsters is aangenomen dat het sediment geen grote variatie in samenstelling van sediment over korte afstanden bevat. Deze aanname was gedaan vanuit praktisch opzicht om het veldonderzoek binnen de gegeven tijd af te kunnen ronden. Met deze aanname zijn de monsters dus representatief zijn over het stuk van de bodem van de nevengeul waar het monster is genomen, behalve alleen de locatie van het meetpunt. Uit de resultaten is wel gebleken dat er inderdaad geen grote variatie van korrelgroottes over korte afstanden bevinden, dus de aanname lijkt te kloppen. Hieruit wordt dus aangenomen dat er op genoeg punten is gemeten om samenstelling van sediment in de nevengeul accuraat weer te geven.

Een nadeel is wel dat er tot het moment van schrijven nog geen andere data over de samenstelling van sediment in de nevengeulen beschikbaar is. Er is dus nog geen referentiemateriaal om de resultaten mee te vergelijken. De enige referentie die nu beschikbaar is voor de data uit de nevengeulen is de data uit de hoofdgeulen. Hiervoor zijn wel verschillende data sets beschikbaar om mee te vergelijken. Hieruit lijkt er wel overeenkomsten te zijn tussen de fractie van klein sediment (0.063mm-1mm) van de samenstelling in de hoofdgeulen en wat er in de nevengeulen is aangetroffen, maar om er echt zeker van te zijn dat de resultaten kloppen zou het handiger zijn om te kunnen vergelijken met andere metingen.

Ten tweede is er nog de validiteit van de conclusies die worden getrokken die ter discussie staat. Veel van de conclusies die gemaakt worden zijn gebaseerd op waarnemingen van sedimentatie in rivieren. Maar doordat er verschillende processen tegelijkertijd in de nevengeulen plaatsvinden, kan er niet worden bepaald in welke kwantiteit de processen de sedimentatie in de nevengeulen beïnvloeden. Zo kan er voor dit onderzoek alleen een approximatie worden gemaakt in hoeverre de processen invloed hebben door de drie nevengeulen met elkaar te vergelijken.

Voor het effect van de drempels valt te betwijfelen of hier een conclusie kan worden getrokken. Zo konden de resultaten bij Gameren door verschillende redenen worden uitgelegd in plaats van dat het zou worden veroorzaakt door de drempel. Ook is bij drempel bij Gameren geen groot hoogteverschil in vergelijking met de omgeving waargenomen, waardoor het onzeker is in welke staat de drempel nu verkeerd. Ook bij de Klompenwaard was het onduidelijk dat het waargenomen fenomeen kwam door de drempel of door het gebrek aan doorstroming, omdat de Klompenwaard maar een paar dagen per jaar meestroomt. Hier is dus moeilijk uitspraak over te doen.

## 8. Conclusie

In conclusie zal gekeken worden naar de sub-vragen, en het antwoord dat is gevonden voor deze vragen. Om te beginnen wordt er gekeken naar de karakteristieken van de nevengeulen die de spreiding en variatie van de korrelgrootte beïnvloeden.

Allereerst zijn de karakteristieken van de nevengeulen die invloed hebben op de spreiding en variatie van de korrelgrootte bepaald. Uit literatuuronderzoek zijn er veel verschillende karakteristieken gevonden. Sommige karakteristieken zijn alleen een factor bij laag water, sommige weer alleen bij hoog water, en andere karakteristieken kwamen weer voort uit het ontwerp van de nevengeul zelf. Bij laag water zijn de bifurcatiehoek, het Bulle-effect, neervorming, spiraalstroming, bodemvormen en de transportcapaciteit van belang. Bij hoog water zijn juist de oriëntatiehoek en de afzetting bij oevervallen van belang. Ook de aanwezigheid van kribben en drempels, het verhang, de ligging van de stroomopening en de breedte van de nevengeul zijn factoren waar rekening mee moet worden gehouden. Uit het onderzoek waren vooral de effecten van spiraalstroming en de ligging van de stroomopening erg duidelijk.

Verder zijn de samenstelling van het sediment en de spreiding van de verschillende korrelgroottes over de nevengeulen bepaald. De samenstelling van het sediment in de nevengeul staat weergegeven in de resultaten. Hieruit is het vooral duidelijk geworden dat het sediment dat in de nevengeulen vooral fijn sediment bevat. De D90 van het sediment kwam in geen van de nevengeulen op een hogere waarde dan 1mm. Zo is ook te zien dat de samenstelling van de sedimentgrootte gelijk was aan de fractie die alleen fijn sediment bevat van de samenstelling van sedimentgrootte in de hoofdgeul, en dat er zich geen bijna grote korrelgroottes (>1mm) in de nevengeulen bevindt. Hoe de korrelgroottes verspreidt zijn ligt aan de eigenschappen van de nevengeul zelf. Over de lengte ligt de spreiding aan het ontwerp van de nevengeul. Zo ligt er bij Gameren en bij de Klompenwaard een grotere korrelgrootte bij het uitstroompunt, terwijl de korrelgrootte over de lengte van de Bakenhof vrijwel gelijk is. De spreiding van verschillende korrelgroottes over de breedte van de nevengeulen volgen wel een duidelijk patroon. Zo bevindt de grootste gemiddelde korrelgrootte zich bij het instroompunt in de binnenbocht, waarna het grove sediment zich benedenstrooms door het rivierprofiel beter verspreidt. Dit is bij alle drie van de nevengeulen waargenomen.

## 9. Recommandaties

Uit dit onderzoek zijn er nog verschillende ideeën opgekomen aan wat er voor verder onderzoek en uitgebreidere informatie nodig is deze ideeën zullen in dit hoofdstuk worden behandeld.

#### a. recommandaties verder onderzoek

Er zijn twee verschillende recommandaties die kunnen gemaakt worden over verder onderzoek. Allereerst wordt er in dit onderzoek is er beschreven welke processen invloed kunnen hebben op de samenstelling van het sediment in de nevengeulen. Wat alleen nog onbekend is in hoeverre welk proces effect heeft op de samenstelling. Dit komt doordat er per meetlocatie verschillende processen tegelijkertijd plaatsvinden, waardoor er geen processen kunnen worden uitgezonderd worden om het kwantitatieve aspect van het proces kan worden geanalyseerd. Om een proces uit te zonderen zal er waarschijnlijk een model van een nevengeul worden gebouwd, waarbij het proces dat in het model zal worden getest uitgezonderd is van de andere processen. Zo kan worden bepaald in welke mate elk proces invloed heeft op de samenstelling van het sediment.

Ten tweede is het onduidelijk of de drempels bij de nevengeulen effect hebben of niet. De resultaten van het onderzoek laten verschillende conclusies trekken, waarbij het bij de ene nevengeul lijkt dat de drempel geen effect heeft en bij de andere nevengeul het wel degelijk effect lijkt te hebben. Een idee voor verder onderzoek zou zijn om uit te zoeken wat nou precies het effect is dat de drempel heeft in de nevengeul, en welke ontwerpfactoren van de drempel hierbij belangrijk zijn.

#### b. recommandaties verder informatie verzamelen

Verder is er ook nog meer te leren over de processen in de nevengeulen door te meer informatie te verzamelen. Zo zijn er tot nu alleen onregelmatig hoogtemetingen gedaan in de nevengeulen, met een grote tijdsperiode tussen de metingen. Als er vaker metingen worden gemaakt, kunnen de morfologische veranderingen die plaatsvinden in de nevengeulen beter worden bijgehouden en geanalyseerd. Ook zou er over tijd bijgehouden kunnen worden wat de sedimentsamenstelling is in de nevengeulen. Zoals het er nu voor staat zijn er naast deze metingen nog geen metingen verricht van de sedimentgrootte in de nevengeulen. Als er in de toekomst ook wordt bijgehouden wat de samenstelling van het sediment is in de nevengeulen, kan er gekeken worden naar of er veranderingen optreden over de tijd. Als er bijgehouden zal worden welke veranderingen in de nevengeulen plaatsvinden en welke verandering in samenstelling van het sediment hierbij correspondeert, kan er meer inzicht worden verkregen in de processen die plaatsvinden in de nevengeulen.

## 10. Bibliografie

Akkerman, G. (1993). *Zandverdeling bij splitsingspunten; Literatuurinventarisatie voor inlaten van nevengeulen.*

Baptist, M. e. (2002). *biogeomorphological modelling of secondary channels in the Waal river.*

- Brinke. (1997). *De bodemsamenstelling van de Rijn en Waal in de jaren 1966, 1976, 1984 en 1995*.
- Duel, H. B. (2001). *Cyclic Floodplain Rejuvenation: a new strategy base on floodplain measures for both flood risk management and enhancement of the biodiversity of the river Rhine*.
- Geerling, G. (2010). *evaluatie nevengeulen*. Rijkswaterstaat.
- global Geotech. (2011). Opgehaald van <http://www.globalgeotech.co.uk/piston-sampler.htm>
- Grujters. (2003). *Kartering Ondergrond IJsselkop*.
- Grujters, S. e. (2001). *de lithologische en sedimentologische opbouw van de ondergrond van de Pannersche Kop*. TNO.
- Grujters, S. e. (2001). *De lithologische en sedimentologische opbouw van de ondergrond van de Bovenrijn/Niederrhein*. TNO.
- Heer, A. (2003). *Sedimentverdeling bij riviersplitsingen*.
- Jans, L. (2004). *Evaluatie nevengeulen Gamerensche waard 1996-2002*.
- Kleinhans, M. J. (2008). *bifurcation dynamics and avulsion duration in meandering rivers by one-dimensional and three-dimensional models*.
- KLEINHANS, R. F. (2008). *Complex variations in sediment transport at three large river bifurcations, during discharge waves in the river Rhine*.
- Klop, E. (2009). *morfolologische veranderingen in sedimenterende nevengeulen*. Universiteit Twente.
- Mosselmans, E. (2001). *Morphological development of side channels*.
- Nieuwhof, R. (2012). *Nevengeul Klompenwaard Beoordeling rivierkundige effecten*.
- Nooijer. (2006). *Invloed van een nevengeul op morfologie en sedimentverdeling bij een riviersplitsing*.
- R.M Frings, M. K. (2002). *Sedimentsortering en transportlaagdynamiek. Geologische, antropogene en alluviale invloeden op de beddingssamenstelling van de Rijn rond de Pannersche kop*.
- Ribberink, R. (2011). *River dynamics*. Enschede: Universiteit Twente.
- Rijkswaterstaat. (2009). *Bakenhof combinatie Laseraltimetrie Singlebeam*. Gelderland, Nederland: Rijkswaterstaat.
- Rijkswaterstaat. (2009). *Singlebeam Gameren+laser 2009 geïnterpoleerd*. Gelderland, Nederland: Rijkswaterstaat.
- Rijkswaterstaat. (2010). *klompenwaard combinatie multibeam en laseraltimetrie*.
- Rozovskij, I. (1957). *Flow of water in bends of open channels*. Kiev.
- Schoor, M. G. (2011). *Een nevengeul vol leven*.
- van Putten, D. (2011). *Morfologisch modelleren van nevengeulen in 2D*.
- Zeekant. (1983). *Hydrologische en morfologische parameters van de nederlandse rijntakken*.

## 11. Appendix

### 11.1 Terminologie

| Word | Definition |
|------|------------|
|------|------------|

|                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bifurcatie              | Een geografisch fenomeen waarbij de rivier splitst in twee of meer stromen. Dit kan permanent zijn of tijdelijk, afhankelijk van de afvoer van de stromen en de obstakels die de aftakkingen.                                                                                                    |
| Aftakking, of nevengeul | Een aparte stroom benedenstrooms van een bifurcatie. In het geval van het onderzoek is het de benaming voor de geulen die zijn aangelegd parallel aan de grote rivieren.                                                                                                                         |
| Samenvloeiing           | Het punt van samenkomen van twee of meer rivieren, tussen een grote stroom bij twee of meer kleinere rivieren of twee grote rivierstromen om een nieuwe stroom te vormen.                                                                                                                        |
| Bifurcatie hoek         | De hoek die de nevengeul maakt ten opzichte van de hoofdgeul                                                                                                                                                                                                                                     |
| Moedergeul              | De geul die zich bovenstrooms bevindt van de bifurcatie, waar de stroom vandaan komt                                                                                                                                                                                                             |
| hoofdgeul               | De geul waar na de bifurcatie het leeuwendeel van de rivier door stroomt, in tegenstelling tot de kleinere aftakking die de nevengeul vormt.                                                                                                                                                     |
| neer                    | Een werveling, of kolk van water                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Van Veen Happer         | A certain type of tool which is used to collect sediment samples. Consists of two bins connected to hinges, which close when they touch the bottom of the river. (global Geotech, 2011)                                                                                                          |
| Primaire waterstroming  | De denkbeeldige scheidingslijn van de verdeling van stromen tussen de nevengeul en de hoofdgeul. De afvoer verdeelt zich typisch in twee stromen, waar in de geul een lijn kan worden getrokken die de twee stromingen verdeelt. Deze denkbeeldige lijn wordt de primaire waterstroming genoemd. |

| RIVIER : PANN. KANAAL, NEDERRIJN EN LEK<br>TRAJECT: PANN. KOP - DOORNENBURG |                                |                            |                              |                           |                              |                               |                             |                                |                                |                            |                      |                                  |                     |  |
|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------|------------------------------|---------------------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------|----------------------|----------------------------------|---------------------|--|
| AFVOER                                                                      | DEBIET<br>LOBIETH<br>(M3/S)    | DEBIET<br>TPL.<br>(M3/S)   | DIEPTE<br>(M)                | VERHANG<br>*10-4<br>(-)   | STROOM-<br>SNELHEID<br>(M/S) | CHEZY-<br>VAARDE<br>(M1/2/S)  | K-WAARDE<br>(M)             | DARCY-<br>WEISBACH<br>(-)      | N-FACT.<br>MANNING<br>(S/M1/3) | FROUDE<br>(-)              | REYNOLDS<br>(-)      | KRITISCHE<br>SCHUIFSF.<br>(N/M2) | SCHUIFSF.<br>(N/M2) |  |
| Q 90%                                                                       | 1100                           | 246                        | 3.40                         | .243                      | .54                          | 59.85                         | .019                        | .0219                          | .0205                          | .094                       | 1621055.             | 2.1991                           | .8105               |  |
| Q 50%                                                                       | 1950                           | 615                        | 4.71                         | .752                      | .98                          | 52.17                         | .071                        | .0288                          | .0248                          | .144                       | 4052638.             | 2.4344                           | 3.4746              |  |
| Q 10%                                                                       | 3200                           | 1050                       | 6.43                         | .996                      | 1.23                         | 48.52                         | .156                        | .0333                          | .0281                          | .155                       | 6919138.             | 2.4344                           | 6.2826              |  |
| Q 1%                                                                        | 6400                           | 2138                       | 9.00                         | 1.460                     | 1.67                         | 46.00                         | .301                        | .0371                          | .0314                          | .177                       | 13152623.            | 2.4344                           | 12.8903             |  |
| Q .3%                                                                       | 7800                           | 2662                       | 9.76                         | 1.836                     | 1.92                         | 45.25                         | .359                        | .0383                          | .0323                          | .196                       | 16384908.            | 2.4344                           | 17.5789             |  |
| Q EXT                                                                       | 16450                          | 6100                       | 12.10                        | 2.389                     | 2.29                         | 42.59                         | .625                        | .0433                          | .0356                          | .210                       | 24284838.            | 2.4344                           | 28.3577             |  |
| AFVOER                                                                      | SCHUIFSF.<br>SNELHEID<br>(M/S) | STROOM-<br>VERM.<br>(N/MS) | DIM.LOZE<br>SCHUIFSF.<br>(-) | TAU-STER<br>ACCENT<br>(-) | KR.SCH.<br>SNELH.<br>(M/S)   | REYNOLDS-<br>SCHUIFSN.<br>(-) | REYNOLDS-<br>KORREL<br>(-)  | REYNOLDS-<br>U*DSO/VISK<br>(-) | H-ACCENT<br>ENGELUND<br>(M)    | H-ACCENT<br>MANNING<br>(M) | RIB.FAC.<br>ME-PE+MU | PARAM.<br>"Y"<br>(-)             |                     |  |
| Q 90%                                                                       | .0285                          | .4409                      | .0156                        | .0140                     | .0469                        | 84834.                        | 701.                        | 80.                            | 3.04                           | 2.35                       | .901                 | 70.902                           |                     |  |
| Q 50%                                                                       | .0589                          | 3.4112                     | .0671                        | .0451                     | .0493                        | 243326.                       | 701.                        | 165.                           | 3.17                           | 2.44                       | .692                 | 21.548                           |                     |  |
| Q 10%                                                                       | .0793                          | 7.7138                     | .1213                        | .0883                     | .0493                        | 446678.                       | 701.                        | 222.                           | 3.62                           | 2.76                       | .588                 | 14.020                           |                     |  |
| Q 1%                                                                        | .1135                          | 21.4941                    | .2489                        | .1206                     | .0493                        | 895548.                       | 701.                        | 318.                           | 4.36                           | 3.28                       | .513                 | 7.828                            |                     |  |
| Q .3%                                                                       | .1326                          | 33.6722                    | .3394                        | .1577                     | .0493                        | 1134122.                      | 701.                        | 372.                           | 4.53                           | 3.40                       | .494                 | 5.961                            |                     |  |
| Q EXT                                                                       | .1684                          | 64.9391                    | .5475                        | .2213                     | .0493                        | 1785809.                      | 701.                        | 472.                           | 4.89                           | 3.65                       | .436                 | 4.188                            |                     |  |
| AFVOER                                                                      | G*DM3/<br>/VISK2<br>(-)        | U* DM/<br>/VISK<br>(-)     | U*W50<br>(-)                 | U*/W50<br>(-)             | DIEPTE<br>/D50<br>(-)        | SNELH./<br>V(G*DSO)<br>(-)    | SCH.SP./<br>ROL*G*DM<br>(-) | C-90<br>(M1/2/S)               | *****ZANDTRANSPORT*****        |                            |                      |                                  |                     |  |
| Q 90%                                                                       | 1627614.                       | 150.                       | 2.2                          | .11                       | 1062.                        | 3.07                          | .0083                       | 64.14                          | .000000                        | .000000                    | .000000              | .000000                          | .000000             |  |
| Q 50%                                                                       | 1627614.                       | 310.                       | 3.9                          | .24                       | 1472.                        | 5.54                          | .0358                       | 66.69                          | .000000                        | .000000                    | .000020              | .000013                          | .000009             |  |
| Q 10%                                                                       | 1627614.                       | 417.                       | 4.9                          | .32                       | 2009.                        | 6.93                          | .0647                       | 69.12                          | .000003                        | .000000                    | .000075              | .000050                          | .000106             |  |
| Q 1%                                                                        | 1627614.                       | 597.                       | 6.7                          | .45                       | 2812.                        | 9.41                          | .1327                       | 71.75                          | .000077                        | .000077                    | .000404              | .000185                          | .000466             |  |
| Q .3%                                                                       | 1627614.                       | 697.                       | 7.7                          | .53                       | 3050.                        | 10.81                         | .1810                       | 72.38                          | .000228                        | .000218                    | .000850              | .000311                          | .000739             |  |
| Q EXT                                                                       | 1627614.                       | 886.                       | 9.2                          | .67                       | 3781.                        | 12.92                         | .2920                       | 74.06                          | .000667                        | .000568                    | .002489              | .000562                          | .001330             |  |
| GEMIDDELD SEDIMENTTRANSPORT PER JAAR :                                      |                                |                            |                              |                           |                              |                               |                             |                                |                                |                            |                      |                                  |                     |  |
| FRIJLINK : 25000. M3/JAAR                                                   |                                |                            |                              |                           |                              |                               |                             |                                |                                |                            |                      |                                  |                     |  |
| ME-PE+MU : 23000. M3/JAAR                                                   |                                |                            |                              |                           |                              |                               |                             |                                |                                |                            |                      |                                  |                     |  |
| ENG+HANS : 201000. M3/JAAR                                                  |                                |                            |                              |                           |                              |                               |                             |                                |                                |                            |                      |                                  |                     |  |
| ACK+WHIT : 105000. M3/JAAR                                                  |                                |                            |                              |                           |                              |                               |                             |                                |                                |                            |                      |                                  |                     |  |
| KALINSKE : 218000. M3/JAAR                                                  |                                |                            |                              |                           |                              |                               |                             |                                |                                |                            |                      |                                  |                     |  |
| TRAJECTGEGEVENS:                                                            |                                |                            |                              |                           |                              |                               |                             |                                |                                |                            |                      |                                  |                     |  |
| TRAJECTLENGTE = 4520 M                                                      |                                |                            |                              |                           |                              |                               |                             |                                |                                |                            |                      |                                  |                     |  |
| NORMAALBREEDTE = 133 M                                                      |                                |                            |                              |                           |                              |                               |                             |                                |                                |                            |                      |                                  |                     |  |
| BODEMVERHANG = 1,504 *10-4                                                  |                                |                            |                              |                           |                              |                               |                             |                                |                                |                            |                      |                                  |                     |  |
| VALSNELHEID D=50 = .25 M/S                                                  |                                |                            |                              |                           |                              |                               |                             |                                |                                |                            |                      |                                  |                     |  |
| DICHTHEID WATER = 1000. KG/M3                                               |                                |                            |                              |                           |                              |                               |                             |                                |                                |                            |                      |                                  |                     |  |
| MINDERING TEV TRANSPORT. BREEDTE = 25. M                                    |                                |                            |                              |                           |                              |                               |                             |                                |                                |                            |                      |                                  |                     |  |
| D=10 = .00085 M                                                             |                                |                            |                              |                           |                              |                               |                             |                                |                                |                            |                      |                                  |                     |  |
| D=35 = .00226 M                                                             |                                |                            |                              |                           |                              |                               |                             |                                |                                |                            |                      |                                  |                     |  |
| D=50 = .00322 M                                                             |                                |                            |                              |                           |                              |                               |                             |                                |                                |                            |                      |                                  |                     |  |
| D=65 = .00490 M                                                             |                                |                            |                              |                           |                              |                               |                             |                                |                                |                            |                      |                                  |                     |  |
| D=90 = .01115 M                                                             |                                |                            |                              |                           |                              |                               |                             |                                |                                |                            |                      |                                  |                     |  |
| D=M = .00600 M                                                              |                                |                            |                              |                           |                              |                               |                             |                                |                                |                            |                      |                                  |                     |  |
| KINEMATISCHE VISCOSITEIT = 1.141 *10-6 M2/S                                 |                                |                            |                              |                           |                              |                               |                             |                                |                                |                            |                      |                                  |                     |  |
| DICHTHEID SEDIMENT = 2650. KG/M3                                            |                                |                            |                              |                           |                              |                               |                             |                                |                                |                            |                      |                                  |                     |  |
| WATERTEMPERATUUR = 15.C GRADEN CELSIUS                                      |                                |                            |                              |                           |                              |                               |                             |                                |                                |                            |                      |                                  |                     |  |

Figuur 52 kenmerken van de rivier bij de Klompenwaard



## 11.2 Gebruikte D10, D50 en D90 locaties

RIVIER : PAVN. KANIA. , NEDERRIJN EN LEK  
TRAJECT : JJS&LKP - ARNHEM

| AFVOER | DEBIET<br>LOBITH<br>(M3/S) | DEBIET<br>TBL.<br>(M3/S) | DEPTE<br>(M) | VERHANG<br>*10-4<br>(-) | STROOM-<br>SNEIHEID<br>(M/S) | CHEZY-<br>WAARDE<br>(M1/2/S) | K-WAARDE<br>(M) | DARCY-<br>WEISBACH<br>(-) | H-FACT.<br>MANNING<br>(S/M1/3) | FROUDE<br>(-) | REYNOLDS<br>(-) | KRITISCHE<br>SCHUIFS.<br>(N/M2) | SCHUIFS.<br>(N/M2) |
|--------|----------------------------|--------------------------|--------------|-------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------|---------------------------|--------------------------------|---------------|-----------------|---------------------------------|--------------------|
| Q 90%  | 1100                       | 25                       | 3.64         | .010                    | .07                          | 36.00                        | .437            | .0506                     | .0345                          | .011          | 219106.         | .9348                           | .0357              |
| Q 50%  | 1950                       | 319                      | 4.19         | .733                    | .76                          | 43.44                        | .194            | .0416                     | .0292                          | .119          | 2795793.        | 1.2160                          | 3.0129             |
| Q 10%  | 3200                       | 584                      | 5.44         | 1.416                   | 1.07                         | 38.68                        | .463            | .0525                     | .0343                          | .147          | 5118517.        | 1.3313                          | 7.3507             |
| Q 1%   | 6400                       | 1275                     | 7.69         | 1.593                   | 1.37                         | 39.25                        | .609            | .0509                     | .0350                          | .198          | 9258730.        | 1.3313                          | 12.0174            |
| Q .1%  | 7800                       | 1614                     | 8.30         | 1.871                   | 1.56                         | 39.50                        | .637            | .0503                     | .0360                          | .173          | 11323103.       | 1.3313                          | 15.2342            |
| Q EXT  | 16450                      | 3700                     | 10.61        | 1.315                   | 1.49                         | 40.00                        | .753            | .0490                     | .0371                          | .146          | 11893456.       | 1.3313                          | 13.6871            |

| AFVOER | SCHUIFS.<br>SNEIHEID<br>(M/S) | STROOM-<br>VERM.<br>(N/M3) | DIM.LOZE<br>SCHUIFS.<br>(-) | TAU-SYER<br>ACCENT<br>(-) | KR.SCH.<br>SNEIHEID<br>(M/S) | REYNOLDS-<br>SCHUIFSN.<br>(-) | REYNOLDS-<br>KORREL<br>(-) | REYNOLDS<br>U*DS0/VISK<br>(-) | H-ACCENT<br>ENGELUND<br>(M) | H-ACCENT<br>MANNING<br>(M) | RIB.FAC.<br>ME-PE+MU<br>(-) | PARAM.<br>"V"<br>(-) |
|--------|-------------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|------------------------------|-------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------|
| Q 90%  | .0060                         | .0025                      | .0013                       | .0005                     | .0326                        | 19063.                        | 276.                       | 9.                            | 1.38                        | .99                        | .401                        | 1977.190             |
| Q 50%  | .0549                         | 2.2733                     | .1064                       | .0325                     | .0349                        | 201308.                       | 276.                       | 84.                           | 2.07                        | 1.46                       | .519                        | 18.119               |
| Q 10%  | .0869                         | 8.1123                     | .2608                       | .1040                     | .0365                        | 414456.                       | 276.                       | 133.                          | 2.12                        | 1.49                       | .417                        | 8.993                |
| Q 1%   | .1096                         | 16.5090                    | .4242                       | .1581                     | .0365                        | 738833.                       | 276.                       | 168.                          | 2.80                        | 1.98                       | .402                        | 5.839                |
| Q .1%  | .1234                         | 23.7134                    | .3378                       | .1994                     | .0365                        | 89749.                        | 276.                       | 189.                          | 3.08                        | 2.11                       | .401                        | 4.635                |
| Q EXT  | .1170                         | 20.4499                    | .4832                       | .1744                     | .0365                        | 1087890.                      | 276.                       | 179.                          | 3.83                        | 2.59                       | .393                        | 5.265                |

| AFVOER | G*DM3/<br>/VISK2<br>(-) | U* DM/<br>/VISK<br>(-) | U*/W50<br>(-) | U*/W50<br>(-) | DEPTE<br>/W50<br>(-) | SNEIHEID<br>VIG*DS0<br>(-) | SCH.SP./<br>ROL*G*DM<br>(-) | C-90<br>(M1/2/S) | *****ZANDTRANSPORT*****                      |
|--------|-------------------------|------------------------|---------------|---------------|----------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------|----------------------------------------------|
| Q 90%  | 733451.                 | 24.                    | .4            | .03           | 2080.                | .52                        | .0005                       | 66.18            | FRIJLINK ME-PE+MU ENG+HANS ACK+WHIT KALINSKE |
| Q 50%  | 733451.                 | 221.                   | 4.2           | .30           | 2391.                | 5.81                       | .0405                       | 67.28            | FRIJLINK ME-PE+MU ENG+HANS ACK+WHIT KALINSKE |
| Q 10%  | 733451.                 | 357.                   | 6.7           | .48           | 3109.                | 8.19                       | .1013                       | 69.32            | FRIJLINK ME-PE+MU ENG+HANS ACK+WHIT KALINSKE |
| Q 1%   | 733451.                 | 442.                   | 7.0           | .61           | 4394.                | 10.48                      | .1614                       | 72.02            | FRIJLINK ME-PE+MU ENG+HANS ACK+WHIT KALINSKE |
| Q .1%  | 733451.                 | 498.                   | 8.5           | .69           | 4743.                | 11.88                      | .2046                       | 72.62            | FRIJLINK ME-PE+MU ENG+HANS ACK+WHIT KALINSKE |
| Q EXT  | 733451.                 | 472.                   | 8.3           | .65           | 6063.                | 11.40                      | .1838                       | 74.54            | FRIJLINK ME-PE+MU ENG+HANS ACK+WHIT KALINSKE |

GENIDDELD SEDIMENTTRANSPORT PER JAAR :

FRIJLINK : 12000. M3/JAAR  
ME-PE+MU : 7000. M3/JAAR  
ENG+HANS : 174000. M3/JAAR  
ACK+WHIT : 94000. M3/JAAR  
KALINSKE : 222000. M3/JAAR

TRAJECTGEGEVENS:

TRAJECTLENGTE = 3955 M  
NORMAALBREEDTE = 109 M  
BODEMVERHANG = 1.26 \*10-4  
VALSNEIHEID C-50 = 1.8 M/S  
DICHTHEID WATER = 1000. KG/M3  
MINSTERING TON TRANSPORT. BREEDTE = 25. M

D-10 = .00054 M      D-65 = .00287 M      D\* = 107.  
D-35 = .00123 M      D-90 = .00220 M  
D-50 = .00175 M      D-M = .00463 M  
KINEMATISCHE VISCOSITEIT = 1.141 \*10-6 M2/S  
DICHTHEID SEDIMENT = 2650. KG/M3  
WATERTEMPERAATUUR = 15.0 GRADEN CELSIUS

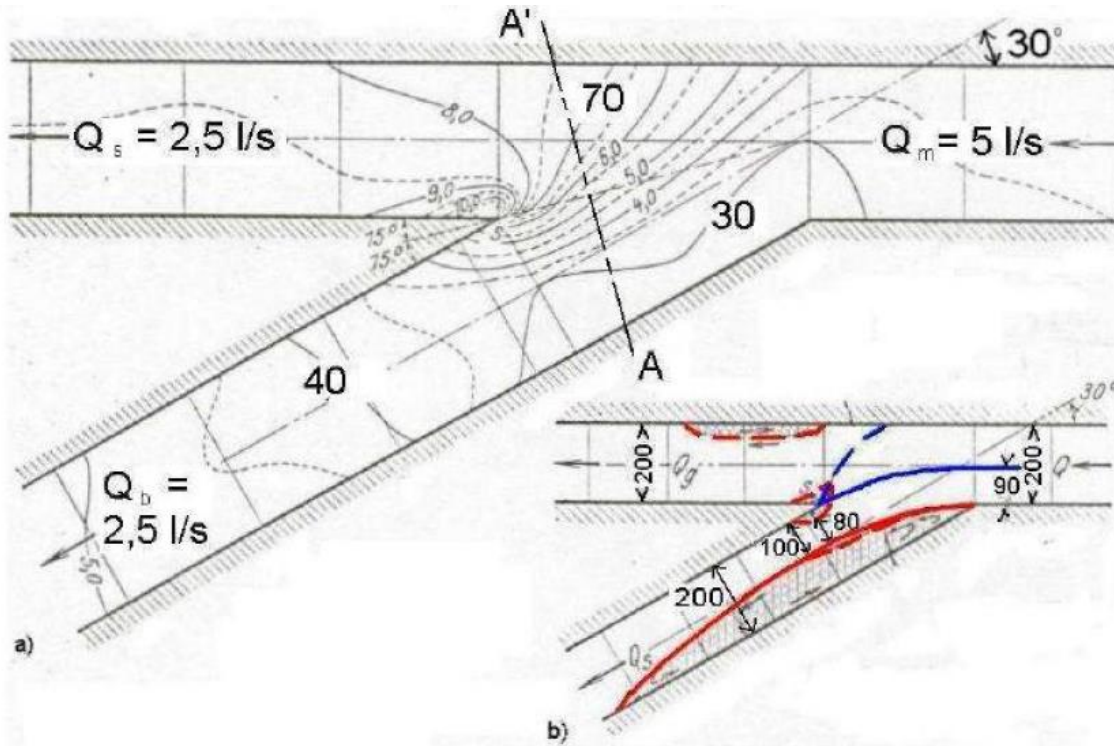
Figuur 53 kenmerken van de rivier bij Bakenhof

| RIVIER : BOVENRIJN EN MAAL<br>TRAJECT : ZALTBONNEL - MEERWIJKE                                       |                               |                            |                              |                           |                              |                              |                              |                                |                                                                                                                        |                            |                             |                                 |                    |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|------------------------------|---------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------------|--------------------|--|
| AFVOER                                                                                               | DEBIET<br>LCBITH<br>(M3/S)    | DEBIET<br>TBL<br>(M3/S)    | DIEPTE<br>(M)                | VERHANG<br>*10-4<br>(-)   | STROOM-<br>SNELHEID<br>(M/S) | CHELT-<br>VAARDE<br>(M1/2/S) | K-<br>WAARDE<br>(M)          | DARCY-<br>WEISBACH<br>(-)      | H-FACT.<br>MANNING<br>(S/M1/3)                                                                                         | FROUDE<br>(-)              | REYNOLDS<br>(-)             | KRITISCHE<br>SCHUIFS.<br>(N/M2) | SCHUIFS.<br>(N/M2) |  |
| Q 90%                                                                                                | 1100                          | 834                        | 4.20                         | .420                      | .57                          | 30.36                        | .080                         | .0209                          | .0252                                                                                                                  | .104                       | 1849382.                    | .4768                           | 1.2305             |  |
| Q 50%                                                                                                | 1950                          | 1335                       | 4.93                         | .781                      | .89                          | 45.40                        | .178                         | .0381                          | .0287                                                                                                                  | .128                       | 2891012.                    | .5030                           | 3.7722             |  |
| Q 10%                                                                                                | 3200                          | 2149                       | 6.11                         | 1.171                     | 1.16                         | 43.25                        | .280                         | .0419                          | .0313                                                                                                                  | .149                       | 4623772.                    | .5287                           | 7.0189             |  |
| Q 1%                                                                                                 | 6400                          | 4263                       | 8.13                         | 1.493                     | 1.55                         | 44.50                        | .329                         | .0396                          | .0319                                                                                                                  | .174                       | 8297895.                    | .5324                           | 11.9075            |  |
| Q .1%                                                                                                | 7800                          | 5138                       | 8.72                         | 1.728                     | 1.74                         | 44.75                        | .342                         | .0392                          | .0321                                                                                                                  | .188                       | 9571991.                    | .5050                           | 14.7819            |  |
| Q EXT                                                                                                | 16450                         | 13330                      | 11.53                        | 1.464                     | 1.39                         | 46.00                        | .385                         | .0371                          | .0327                                                                                                                  | .178                       | 14345462.                   | .5717                           | 76.5592            |  |
| AFVOER                                                                                               | SCHUIFS.<br>SNELHEID<br>(M/S) | STROOM-<br>VERM.<br>(N/M2) | DIJ-LEZIE<br>SCHUIFS.<br>(-) | TRU-SIER<br>ACCENT<br>(-) | KR-SCH.<br>SNELH.<br>(M/S)   | REYNOLDS-<br>SCHUIFS.<br>(=) | REYNOLDS-<br>KORREL<br>(-)   | REYNOLDS-<br>U+D50/VISK<br>(-) | H-ACCENT<br>ENGELUND<br>(M)                                                                                            | H-ACCENT<br>MANNING<br>(M) | RIB-FAG.<br>ME-PE-MU<br>(-) | PARAM.<br>"Y"<br>(-)            |                    |  |
| Q 90%                                                                                                | .0615                         | 1.1575                     | .1258                        | .0630                     | .0218                        | 113021.                      | .62.                         | 23.                            | 2.10                                                                                                                   | 1.52                       | .533                        | 14.913                          |                    |  |
| Q 50%                                                                                                | .0615                         | 3.3646                     | .2745                        | .1126                     | .0225                        | 199468.                      | .62.                         | 34.                            | 2.02                                                                                                                   | 1.42                       | .445                        | 8.130                           |                    |  |
| Q 10%                                                                                                | .0538                         | 8.1206                     | .5101                        | .1960                     | .0230                        | 336992.                      | .62.                         | 47.                            | 2.02                                                                                                                   | 1.42                       | .401                        | 4.887                           |                    |  |
| Q 1%                                                                                                 | .1391                         | 18.4610                    | .8658                        | .3143                     | .0235                        | 584047.                      | .62.                         | 61.                            | 2.05                                                                                                                   | 2.08                       | .402                        | 2.677                           |                    |  |
| Q .1%                                                                                                | .1215                         | 25.6775                    | 1.0744                       | .3891                     | .0238                        | 657948.                      | .62.                         | 68.                            | 3.16                                                                                                                   | 2.21                       | .401                        | 2.322                           |                    |  |
| Q EXT                                                                                                | .1287                         | 31.2955                    | 1.2036                       | .4348                     | .0239                        | 976763.                      | .62.                         | 72.                            | 4.17                                                                                                                   | 2.83                       | .402                        | 2.048                           |                    |  |
| AFVOER                                                                                               | G+DMS/<br>/VISK2<br>(-)       | U+DN/<br>/VISK<br>(-)      | U+D50<br>(-)                 | U+D50<br>(-)              | DIER-<br>E<br>(-)            | SNELH./<br>V(D50)<br>(-)     | SCH.SP./<br>ROL-LEZIE<br>(-) | C-90<br>(M1/2/S)               | *****ZANDTRANSPORT*****<br>FRILINK ME-PE+MU ENG+HANS ACK+WHIT KALINSKE<br>(M3/M/S) (M3/M/S) (M3/M/S) (M3/M/S) (M3/M/S) |                            |                             |                                 |                    |  |
| Q 90%                                                                                                | 10461.                        | 37.                        | 6.1                          | .38                       | 4941.                        | 7.32                         | .0792                        | 76.39                          | .000001                                                                                                                | .000000                    | .000012                     | .000008                         | .000026            |  |
| Q 50%                                                                                                | 10461.                        | 55.                        | 8.1                          | .58                       | 5800.                        | 9.75                         | .1729                        | 77.85                          | .000084                                                                                                                | .000014                    | .000069                     | .000061                         | .000094            |  |
| Q 10%                                                                                                | 10461.                        | 74.                        | 10.5                         | .75                       | 7185.                        | 12.67                        | .3212                        | 79.33                          | .000073                                                                                                                | .000062                    | .000095                     | .000026                         | .000198            |  |
| Q 1%                                                                                                 | 10461.                        | 97.                        | 14.1                         | .97                       | 9565.                        | 16.98                        | .5449                        | 81.76                          | .000226                                                                                                                | .000189                    | .000169                     | .000086                         | .000337            |  |
| Q .1%                                                                                                | 10461.                        | 108.                       | 15.8                         | 1.11                      | 1289.                        | 19.04                        | .6765                        | 82.31                          | .000320                                                                                                                | .000282                    | .000269                     | .000105                         | .000447            |  |
| Q EXT                                                                                                | 10461.                        | 114.                       | 17.2                         | 1.17                      | 1555.                        | 20.76                        | .7378                        | 84.49                          | .000378                                                                                                                | .000348                    | .000284                     | .000137                         | .000510            |  |
| GEMIDDELD SEDIMENTTRANSPORT PER JAAR :                                                               |                               |                            |                              |                           |                              |                              |                              |                                |                                                                                                                        |                            |                             |                                 |                    |  |
| FRILINK : 337000. M3/JAAR                                                                            |                               |                            |                              |                           |                              |                              |                              |                                |                                                                                                                        |                            |                             |                                 |                    |  |
| ME-PE+MU : 291000. M3/JAAR                                                                           |                               |                            |                              |                           |                              |                              |                              |                                |                                                                                                                        |                            |                             |                                 |                    |  |
| ENG+HANS : 1602000. M3/JAAR                                                                          |                               |                            |                              |                           |                              |                              |                              |                                |                                                                                                                        |                            |                             |                                 |                    |  |
| ACK+WHIT : 1090000. M3/JAAR                                                                          |                               |                            |                              |                           |                              |                              |                              |                                |                                                                                                                        |                            |                             |                                 |                    |  |
| KALINSKE : 993000. M3/JAAR                                                                           |                               |                            |                              |                           |                              |                              |                              |                                |                                                                                                                        |                            |                             |                                 |                    |  |
| TRAJECTEGEGEVENS:                                                                                    |                               |                            |                              |                           |                              |                              |                              |                                |                                                                                                                        |                            |                             |                                 |                    |  |
| TRAJECTLENGTE = 10245 M                                                                              |                               |                            |                              |                           |                              |                              |                              |                                |                                                                                                                        |                            |                             |                                 |                    |  |
| NORMAALBREEDTE = 304 M                                                                               |                               |                            |                              |                           |                              |                              |                              |                                |                                                                                                                        |                            |                             |                                 |                    |  |
| BODENVERRANG = .537 *10-4                                                                            |                               |                            |                              |                           |                              |                              |                              |                                |                                                                                                                        |                            |                             |                                 |                    |  |
| WALSNELHEID D-50 = .11 M/S                                                                           |                               |                            |                              |                           |                              |                              |                              |                                |                                                                                                                        |                            |                             |                                 |                    |  |
| DICHTHEID WATER = 1000. KG/M3                                                                        |                               |                            |                              |                           |                              |                              |                              |                                |                                                                                                                        |                            |                             |                                 |                    |  |
| MINDERING TBN TRANSPORT, BREEDTE = 55. M                                                             |                               |                            |                              |                           |                              |                              |                              |                                |                                                                                                                        |                            |                             |                                 |                    |  |
| D-10 = .00047 M      D-43 = .00121 M      D-50 = .00069 M      D-90 = .00280 M      D-100 = .00435 M |                               |                            |                              |                           |                              |                              |                              |                                |                                                                                                                        |                            |                             |                                 |                    |  |
| KLEEMATISCHE VISCOSITEIT = 1.519 *10-6 M2/S                                                          |                               |                            |                              |                           |                              |                              |                              |                                |                                                                                                                        |                            |                             |                                 |                    |  |
| DICHTHEID SEDIMENT = 2550. KG/M3                                                                     |                               |                            |                              |                           |                              |                              |                              |                                |                                                                                                                        |                            |                             |                                 |                    |  |
| WATERTEMPERATUUR = 5.0 GRADEN CELSIUS                                                                |                               |                            |                              |                           |                              |                              |                              |                                |                                                                                                                        |                            |                             |                                 |                    |  |

Figuur 54 kenmerken van de rivier bij Gameren

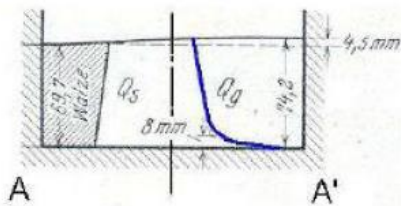
(Zeekant, 1983)

### 11.3 Bulle effect schematisatie

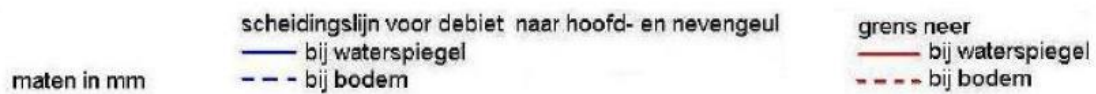


2.5a: Verloop hoogte waterspiegel.

2.5b: Stroombeeld.

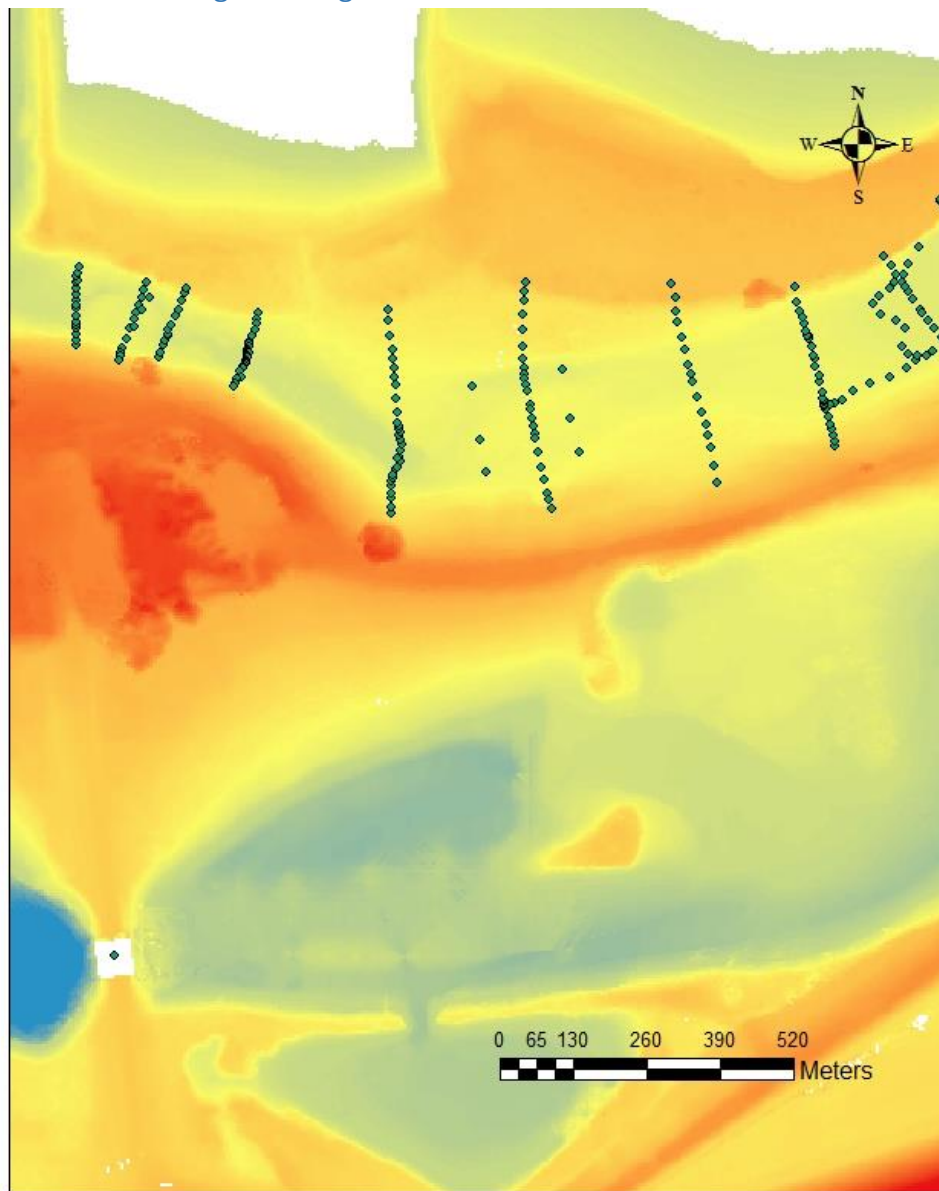


2.5c: Dwarsdoorsnede A-A'.



Figuur 55 Schematisatie van de waterbeweging bij splitsingspunten volgens Bulle (1926). Uit de Heer (2003). Verkregen van (Klop, 2009).

#### 11.4 Verrichte dwarsmetingen Oostgeul Gamarén



#### Legend

◆ 160615 data gameren.txt Events

**Singlebeam Gamarén+laser 2009 geinterpoleerd\_asc\_1.0m**

**Value**

High : 944.06  
Low : -969.75

### 11.5 Zeefresultaten oostgeul gameren

| 1           |                  |                |         |          |          |
|-------------|------------------|----------------|---------|----------|----------|
| zeefgrootte | gewicht voor (g) | gewicht na (g) | som (g) |          |          |
| 1           | 501.1            | 503.2          | 2.1     | 0.668151 | 0.668151 |
| 0.5         | 461.9            | 466.6          | 4.7     | 1.495387 | 2.163538 |
| 0.425       | 325.3            | 329.9          | 4.6     | 1.46357  | 3.627108 |
| 0.3         | 423.3            | 431.6          | 8.3     | 2.640789 | 6.267897 |
| 0.25        | 425              | 463            | 38      | 12.09036 | 18.35826 |
| 0.212       | 419              | 528.6          | 109.6   | 34.87114 | 53.2294  |
| 0.15        | 402.7            | 483.6          | 80.9    | 25.73974 | 78.96914 |
| 0.125       | 410.4            | 447.4          | 37      | 11.77219 | 90.74133 |
| 0.106       | 395.1            | 411.8          | 16.7    | 5.313395 | 96.05472 |
| 0.063       | 300.7            | 311.9          | 11.2    | 3.563474 | 99.6182  |
| 0           | 273.7            | 274.9          | 1.2     | 0.381801 | 100      |
|             |                  |                | 314.3   |          |          |

| 2           |                  |                |         |          |          |
|-------------|------------------|----------------|---------|----------|----------|
| zeefgrootte | gewicht voor (g) | gewicht na (g) | som (g) |          |          |
| 1           | 501.2            | 509            | 7.8     | 2.830189 | 2.830189 |
| 0.5         | 461.5            | 482.1          | 20.6    | 7.474601 | 10.30479 |
| 0.425       | 325.9            | 334.7          | 8.8     | 3.193033 | 13.49782 |
| 0.3         | 423              | 462.5          | 39.5    | 14.33237 | 27.83019 |
| 0.25        | 424.6            | 457.2          | 32.6    | 11.82874 | 39.65893 |
| 0.212       | 418.2            | 487.4          | 69.2    | 25.10885 | 64.76778 |
| 0.15        | 401.6            | 441            | 39.4    | 14.29608 | 79.06386 |
| 0.125       | 409.8            | 432.1          | 22.3    | 8.091437 | 87.1553  |
| 0.106       | 394.6            | 409            | 14.4    | 5.224964 | 92.38026 |
| 0.063       | 299.9            | 318.3          | 18.4    | 6.676343 | 99.0566  |
| 0           | 273.1            | 275.7          | 2.6     | 0.943396 | 100      |
|             |                  |                | 275.6   |          |          |

| 3           |                  |                |         |          |          |
|-------------|------------------|----------------|---------|----------|----------|
| zeefgrootte | gewicht voor (g) | gewicht na (g) | som (g) |          |          |
| 1           | 501.2            | 501.7          | 0.5     | 0.182017 | 0.182017 |
| 0.5         | 461.5            | 464.4          | 2.9     | 1.055697 | 1.237714 |
| 0.425       | 325.9            | 327.7          | 1.8     | 0.65526  | 1.892974 |
| 0.3         | 423              | 436.2          | 13.2    | 4.805242 | 6.698216 |
| 0.25        | 424.6            | 449.7          | 25.1    | 9.137241 | 15.83546 |

|       |       |       |       |          |          |
|-------|-------|-------|-------|----------|----------|
| 0.212 | 418.2 | 499.6 | 81.4  | 29.63233 | 45.46778 |
| 0.15  | 401.6 | 475.9 | 74.3  | 27.04769 | 72.51547 |
| 0.125 | 409.8 | 444   | 34.2  | 12.44995 | 84.96542 |
| 0.106 | 394.6 | 418.1 | 23.5  | 8.554787 | 93.5202  |
| 0.063 | 299.9 | 313.8 | 13.9  | 5.060066 | 98.58027 |
| 0     | 273.1 | 277   | 3.9   | 1.419731 | 100      |
|       |       |       | 274.7 |          |          |

|             |                     |                   |         |          |          |
|-------------|---------------------|-------------------|---------|----------|----------|
| 4           |                     |                   |         |          |          |
| zeefgrootte | gewicht voor<br>(g) | gewicht na<br>(g) | som (g) |          |          |
| 1           | 501.2               | 501.2             | 0       | 0        | 0        |
| 0.5         | 461.5               | 463.1             | 1.6     | 0.481928 | 0.481928 |
| 0.425       | 325.9               | 327.2             | 1.3     | 0.391566 | 0.873494 |
| 0.3         | 423                 | 432.1             | 9.1     | 2.740964 | 3.614458 |
| 0.25        | 424.6               | 447.6             | 23      | 6.927711 | 10.54217 |
| 0.212       | 418.2               | 535.2             | 117     | 35.24096 | 45.78313 |
| 0.15        | 401.6               | 473               | 71.4    | 21.50602 | 67.28916 |
| 0.125       | 409.8               | 436.9             | 27.1    | 8.162651 | 75.45181 |
| 0.106       | 394.6               | 408.7             | 14.1    | 4.246988 | 79.6988  |
| 0.063       | 299.9               | 366.2             | 66.3    | 19.96988 | 99.66867 |
| 0           | 273.1               | 274.2             | 1.1     | 0.331325 | 100      |
|             |                     |                   | 332     |          |          |

|             |                  |                |         |          |          |
|-------------|------------------|----------------|---------|----------|----------|
| 5           |                  |                |         |          |          |
| zeefgrootte | gewicht voor (g) | gewicht na (g) | som (g) |          |          |
| 1           | 501.2            | 509            | 7.8     | 3.497758 | 3.497758 |
| 0.5         | 461.5            | 473            | 11.5    | 5.156951 | 8.654709 |
| 0.425       | 325.9            | 331.2          | 5.3     | 2.376682 | 11.03139 |
| 0.3         | 423              | 455.3          | 32.3    | 14.4843  | 25.5157  |
| 0.25        | 424.6            | 459.9          | 35.3    | 15.8296  | 41.34529 |
| 0.212       | 418.2            | 470.5          | 52.3    | 23.45291 | 64.79821 |
| 0.15        | 401.6            | 440.7          | 39.1    | 17.53363 | 82.33184 |
| 0.125       | 409.8            | 427.3          | 17.5    | 7.847534 | 90.17937 |
| 0.106       | 394.6            | 402.8          | 8.2     | 3.67713  | 93.8565  |
| 0.063       | 299.9            | 311            | 11.1    | 4.977578 | 98.83408 |
| 0           | 273.1            | 275.7          | 2.6     | 1.165919 | 100      |
|             |                  |                | 223     |          |          |

|             |                  |                |         |          |          |
|-------------|------------------|----------------|---------|----------|----------|
| 6           |                  |                |         |          |          |
| zeefgrootte | gewicht voor (g) | gewicht na (g) | som (g) |          |          |
| 1           | 501.2            | 504.1          | 2.9     | 0.668511 | 0.668511 |
| 0.5         | 461.5            | 483.3          | 21.8    | 5.025357 | 5.693868 |
| 0.425       | 325.9            | 406.1          | 80.2    | 18.48778 | 24.18165 |
| 0.3         | 423              | 621.3          | 198.3   | 45.71231 | 69.89396 |
| 0.25        | 424.6            | 505.2          | 80.6    | 18.57999 | 88.47395 |
| 0.212       | 418.2            | 449.4          | 31.2    | 7.192254 | 95.66621 |
| 0.15        | 401.6            | 408.2          | 6.6     | 1.521438 | 97.18764 |
| 0.125       | 409.8            | 413.5          | 3.7     | 0.852928 | 98.04057 |
| 0.106       | 394.6            | 397.8          | 3.2     | 0.737667 | 98.77824 |
| 0.063       | 299.9            | 304.3          | 4.4     | 1.014292 | 99.79253 |
| 0           | 273.1            | 274            | 0.9     | 0.207469 | 100      |
|             |                  |                | 433.8   |          |          |

|             |                  |                |         |          |          |
|-------------|------------------|----------------|---------|----------|----------|
| 7           |                  |                |         |          |          |
| zeefgrootte | gewicht voor (g) | gewicht na (g) | som (g) |          |          |
| 1           | 502.7            | 503.1          | 0.4     | 0.112013 | 0.112013 |
| 0.5         | 461.3            | 474.7          | 13.4    | 3.75245  | 3.864464 |
| 0.425       | 325.5            | 334.2          | 8.7     | 2.436292 | 6.300756 |
| 0.3         | 422.3            | 505.5          | 83.2    | 23.2988  | 29.59955 |
| 0.25        | 423.6            | 495.4          | 71.8    | 20.10641 | 49.70596 |
| 0.212       | 417.3            | 495            | 77.7    | 21.75861 | 71.46458 |
| 0.15        | 401.1            | 453.3          | 52.2    | 14.61775 | 86.08233 |
| 0.125       | 409.8            | 436.6          | 26.8    | 7.504901 | 93.58723 |
| 0.106       | 394.2            | 404.4          | 10.2    | 2.856343 | 96.44357 |
| 0.063       | 299.9            | 309.3          | 9.4     | 2.632316 | 99.07589 |
| 0           | 273.1            | 276.4          | 3.3     | 0.924111 | 100      |
|             |                  |                | 357.1   |          |          |

|             |                  |                |         |          |          |
|-------------|------------------|----------------|---------|----------|----------|
| 8           |                  |                |         |          |          |
| zeefgrootte | gewicht voor (g) | gewicht na (g) | som (g) |          |          |
| 1           | 501.2            | 502.3          | 1.1     | 0.410754 | 0.410754 |
| 0.5         | 461.5            | 476.9          | 15.4    | 5.75056  | 6.161314 |
| 0.425       | 325.9            | 339            | 13.1    | 4.89171  | 11.05302 |
| 0.3         | 423              | 510.6          | 87.6    | 32.71098 | 43.764   |
| 0.25        | 424.6            | 522.6          | 98      | 36.59447 | 80.35848 |
| 0.212       | 418.2            | 445.8          | 27.6    | 10.3062  | 90.66468 |
| 0.15        | 401.6            | 417.4          | 15.8    | 5.899925 | 96.5646  |
| 0.125       | 409.8            | 416.2          | 6.4     | 2.389843 | 98.95444 |
| 0.106       | 394.6            | 395.8          | 1.2     | 0.448096 | 99.40254 |
| 0.063       | 299.9            | 301.3          | 1.4     | 0.522778 | 99.92532 |
| 0           | 273.1            | 273.3          | 0.2     | 0.074683 | 100      |
|             |                  |                | 267.8   |          |          |



|             |                     |                   |         |          |          |
|-------------|---------------------|-------------------|---------|----------|----------|
| 9           |                     |                   |         |          |          |
| zeefgrootte | gewicht voor<br>(g) | gewicht na<br>(g) | som (g) |          |          |
| 1           | 501.1               | 502.7             | 1.6     | 0.424291 | 0.424291 |
| 0.5         | 461.9               | 487.3             | 25.4    | 6.735614 | 7.159905 |
| 0.425       | 325.3               | 344               | 18.7    | 4.958897 | 12.1188  |
| 0.3         | 423.3               | 542.5             | 119.2   | 31.60965 | 43.72845 |
| 0.25        | 425                 | 484.1             | 59.1    | 15.67224 | 59.40069 |
| 0.212       | 419                 | 451.8             | 32.8    | 8.697958 | 68.09865 |
| 0.15        | 402.7               | 419.3             | 16.6    | 4.402015 | 72.50066 |
| 0.125       | 410.4               | 496               | 85.6    | 22.69955 | 95.20021 |
| 0.106       | 395.1               | 404.5             | 9.4     | 2.492708 | 97.69292 |
| 0.063       | 300.7               | 307.6             | 6.9     | 1.829753 | 99.52267 |
| 0           | 273.7               | 275.5             | 1.8     | 0.477327 | 100      |
|             |                     |                   | 377.1   |          |          |

|             |                     |                   |         |          |          |
|-------------|---------------------|-------------------|---------|----------|----------|
| 10          |                     |                   |         |          |          |
| zeefgrootte | gewicht voor<br>(g) | gewicht na<br>(g) | som (g) |          |          |
| 1           | 501.2               | 503               | 1.8     | 0.650054 | 0.650054 |
| 0.5         | 461.5               | 466.5             | 5       | 1.805706 | 2.45576  |
| 0.425       | 325.9               | 329.9             | 4       | 1.444565 | 3.900325 |
| 0.3         | 423                 | 458.7             | 35.7    | 12.89274 | 16.79307 |
| 0.25        | 424.6               | 496.8             | 72.2    | 26.0744  | 42.86746 |
| 0.212       | 418.2               | 490.9             | 72.7    | 26.25497 | 69.12243 |
| 0.15        | 401.6               | 444.4             | 42.8    | 15.45684 | 84.57927 |
| 0.125       | 409.8               | 427.2             | 17.4    | 6.283857 | 90.86313 |
| 0.106       | 394.6               | 401.8             | 7.2     | 2.600217 | 93.46334 |
| 0.063       | 299.9               | 313.9             | 14      | 5.055977 | 98.51932 |
| 0           | 273.1               | 277.2             | 4.1     | 1.480679 | 100      |
|             |                     |                   | 276.9   |          |          |

|             |                  |                |         |          |          |
|-------------|------------------|----------------|---------|----------|----------|
| 11          |                  |                |         |          |          |
| zeefgrootte | gewicht voor (g) | gewicht na (g) | som (g) |          |          |
| 1           | 501.2            | 510.7          | 9.5     | 2.889294 | 2.889294 |
| 0.5         | 461.5            | 694.5          | 233     | 70.86375 | 73.75304 |
| 0.425       | 325.9            | 373.7          | 47.8    | 14.53771 | 88.29075 |
| 0.3         | 423              | 439.2          | 16.2    | 4.927007 | 93.21776 |
| 0.25        | 424.6            | 437.9          | 13.3    | 4.045012 | 97.26277 |
| 0.212       | 418.2            | 421.6          | 3.4     | 1.034063 | 98.29684 |
| 0.15        | 401.6            | 405.1          | 3.5     | 1.064477 | 99.36131 |
| 0.125       | 409.8            | 410.6          | 0.8     | 0.243309 | 99.60462 |
| 0.106       | 394.6            | 395            | 0.4     | 0.121655 | 99.72628 |
| 0.063       | 299.9            | 300.7          | 0.8     | 0.243309 | 99.96959 |
| 0           | 273.1            | 273.2          | 0.1     | 0.030414 | 100      |
|             |                  |                | 328.8   |          |          |

|             |                  |                |         |          |          |
|-------------|------------------|----------------|---------|----------|----------|
| 12          |                  |                |         |          |          |
| zeefgrootte | gewicht voor (g) | gewicht na (g) | som (g) |          |          |
| 1           | 501.1            | 543.6          | 42.5    | 9.648127 | 9.648127 |
| 0.5         | 461.9            | 491.7          | 29.8    | 6.76504  | 16.41317 |
| 0.425       | 325.3            | 384.4          | 59.1    | 13.41657 | 29.82974 |
| 0.3         | 423.3            | 602.1          | 178.8   | 40.59024 | 70.41998 |
| 0.25        | 425              | 506            | 81      | 18.3882  | 88.80817 |
| 0.212       | 419              | 456            | 37      | 8.399546 | 97.20772 |
| 0.15        | 402.7            | 411.9          | 9.2     | 2.088536 | 99.29625 |
| 0.125       | 410.4            | 412            | 1.6     | 0.363224 | 99.65948 |
| 0.106       | 395.1            | 396            | 0.9     | 0.204313 | 99.86379 |
| 0.063       | 300.7            | 301.3          | 0.6     | 0.136209 | 100      |
| 0           | 273.7            | 273.7          | 0       | 0        | 100      |
|             |                  |                | 440.5   |          |          |

|             |                     |                   |         |          |          |
|-------------|---------------------|-------------------|---------|----------|----------|
| 13          |                     |                   |         |          |          |
| zeefgrootte | gewicht voor<br>(g) | gewicht na<br>(g) | som (g) |          |          |
| 1           | 501.1               | 503.3             | 2.2     | 0.614697 | 0.614697 |
| 0.5         | 461.9               | 469.5             | 7.6     | 2.123498 | 2.738195 |
| 0.425       | 325.3               | 335.2             | 9.9     | 2.766136 | 5.504331 |
| 0.3         | 423.3               | 556.6             | 133.3   | 37.24504 | 42.74937 |
| 0.25        | 425                 | 538.8             | 113.8   | 31.79659 | 74.54596 |
| 0.212       | 419                 | 483.7             | 64.7    | 18.07768 | 92.62364 |
| 0.15        | 402.7               | 414.8             | 12.1    | 3.380833 | 96.00447 |
| 0.125       | 410.4               | 415.3             | 4.9     | 1.369098 | 97.37357 |
| 0.106       | 395.1               | 397.2             | 2.1     | 0.586756 | 97.96032 |
| 0.063       | 300.7               | 307.1             | 6.4     | 1.788209 | 99.74853 |
| 0           | 273.7               | 274.6             | 0.9     | 0.251467 | 100      |
|             |                     |                   | 357.9   |          |          |

|             |                     |                   |         |          |          |
|-------------|---------------------|-------------------|---------|----------|----------|
| 14          |                     |                   |         |          |          |
| zeefgrootte | gewicht voor<br>(g) | gewicht na<br>(g) | som (g) |          |          |
| 1           | 501.1               | 519.5             | 18.4    | 4.658228 | 4.658228 |
| 0.5         | 461.9               | 475.9             | 14      | 3.544304 | 8.202532 |
| 0.425       | 325.3               | 344.2             | 18.9    | 4.78481  | 12.98734 |
| 0.3         | 423.3               | 457.6             | 34.3    | 8.683544 | 21.67089 |
| 0.25        | 425                 | 550.3             | 125.3   | 31.72152 | 53.39241 |
| 0.212       | 419                 | 558.8             | 139.8   | 35.39241 | 88.78481 |
| 0.15        | 402.7               | 419.7             | 17      | 4.303797 | 93.08861 |
| 0.125       | 410.4               | 424.1             | 13.7    | 3.468354 | 96.55696 |
| 0.106       | 395.1               | 402.8             | 7.7     | 1.949367 | 98.50633 |
| 0.063       | 300.7               | 306.4             | 5.7     | 1.443038 | 99.94937 |
| 0           | 273.7               | 273.9             | 0.2     | 0.050633 | 100      |
|             |                     |                   | 395     |          |          |

|             |                  |                |         |          |          |
|-------------|------------------|----------------|---------|----------|----------|
| 15          |                  |                |         |          |          |
| zeefgrootte | gewicht voor (g) | gewicht na (g) | som (g) |          |          |
| 1           | 501.1            | 539.9          | 38.8    | 8.311911 | 8.311911 |
| 0.5         | 461.9            | 581.8          | 119.9   | 25.68552 | 33.99743 |
| 0.425       | 325.3            | 426.5          | 101.2   | 21.67952 | 55.67695 |
| 0.3         | 423.3            | 544.5          | 121.2   | 25.96401 | 81.64096 |
| 0.25        | 425              | 470.1          | 45.1    | 9.661525 | 91.30249 |
| 0.212       | 419              | 443.9          | 24.9    | 5.33419  | 96.63668 |
| 0.15        | 402.7            | 409.9          | 7.2     | 1.542416 | 98.17909 |
| 0.125       | 410.4            | 413            | 2.6     | 0.556984 | 98.73608 |
| 0.106       | 395.1            | 397.4          | 2.3     | 0.492716 | 99.22879 |
| 0.063       | 300.7            | 303.8          | 3.1     | 0.664096 | 99.89289 |
| 0           | 273.7            | 274.2          | 0.5     | 0.107112 | 100      |
|             |                  |                | 466.8   |          |          |

## 11.6 Zeefresultaten bakenhof

|             |       |       |       |          |          |
|-------------|-------|-------|-------|----------|----------|
| 1           |       |       |       |          |          |
| zeefgrootte |       |       |       |          |          |
| 1           | 503.3 | 520   | 16.7  | 3.063658 | 3.063658 |
| 0.85        | 491.4 | 493.2 | 1.8   | 0.330215 | 3.393873 |
| 0.6         | 468   | 477.4 | 9.4   | 1.724454 | 5.118327 |
| 0.5         | 463.2 | 486.6 | 23.4  | 4.29279  | 9.411117 |
| 0.425       | 326.6 | 414.2 | 87.6  | 16.07045 | 25.48156 |
| 0.3         | 423.8 | 707.1 | 283.3 | 51.97212 | 77.45368 |
| 0.25        | 424.9 | 489.2 | 64.3  | 11.796   | 89.24968 |
| 0.212       | 418.7 | 454.7 | 36    | 6.604293 | 95.85397 |
| 0.15        | 402   | 412.5 | 10.5  | 1.926252 | 97.78022 |
| 0.125       | 409.1 | 412.5 | 3.4   | 0.623739 | 98.40396 |
| 0           | 273.1 | 281.8 | 8.7   | 1.596037 | 100      |
|             |       |       | 545.1 |          |          |

|             |       |       |      |          |          |
|-------------|-------|-------|------|----------|----------|
| 2           |       |       |      |          |          |
| zeefgrootte |       |       |      |          |          |
| 1           | 503.3 | 528.4 | 25.1 | 6.265602 | 6.265602 |
| 0.85        | 491.4 | 496.7 | 5.3  | 1.323015 | 7.588617 |
| 0.6         | 468   | 520.7 | 52.7 | 13.15527 | 20.74388 |
| 0.5         | 463.2 | 518.1 | 54.9 | 13.70444 | 34.44833 |
| 0.425       | 326.6 | 393.9 | 67.3 | 16.7998  | 51.24813 |

|       |       |       |       |          |          |
|-------|-------|-------|-------|----------|----------|
| 0.3   | 423.8 | 572.2 | 148.4 | 37.04443 | 88.29256 |
| 0.25  | 424.9 | 446.5 | 21.6  | 5.391912 | 93.68447 |
| 0.212 | 418.7 | 426.8 | 8.1   | 2.021967 | 95.70644 |
| 0.15  | 402   | 407.5 | 5.5   | 1.372941 | 97.07938 |
| 0.125 | 409.1 | 411.1 | 2     | 0.499251 | 97.57863 |
| 0     | 273.1 | 282.8 | 9.7   | 2.421368 | 100      |
|       |       |       | 400.6 |          |          |

|             |       |       |       |          |          |
|-------------|-------|-------|-------|----------|----------|
| 3           |       |       |       |          |          |
| zeefgrootte |       |       |       |          |          |
| 1           | 503.3 | 506.1 | 2.8   | 2.165507 | 2.165507 |
| 0.85        | 491.4 | 492.4 | 1     | 0.773395 | 2.938902 |
| 0.6         | 468   | 473.7 | 5.7   | 4.408353 | 7.347254 |
| 0.5         | 463.2 | 470.3 | 7.1   | 5.491106 | 12.83836 |
| 0.425       | 326.6 | 335.9 | 9.3   | 7.192575 | 20.03094 |
| 0.3         | 423.8 | 470.8 | 47    | 36.34957 | 56.38051 |
| 0.25        | 424.9 | 441.6 | 16.7  | 12.9157  | 69.29621 |
| 0.212       | 418.7 | 429.7 | 11    | 8.507347 | 77.80356 |
| 0.15        | 402   | 409.8 | 7.8   | 6.032483 | 83.83604 |
| 0.125       | 409.1 | 413.6 | 4.5   | 3.480278 | 87.31632 |
| 0           | 273.1 | 289.5 | 16.4  | 12.68368 | 100      |
|             |       |       | 129.3 |          |          |

|             |       |       |       |          |          |
|-------------|-------|-------|-------|----------|----------|
| 4           |       |       |       |          |          |
| zeefgrootte |       |       |       |          |          |
| 1           | 502.3 | 557.1 | 54.8  | 19.21459 | 19.21459 |
| 0.85        | 490.5 | 499.1 | 8.6   | 3.015428 | 22.23001 |
| 0.6         | 467.4 | 482.2 | 14.8  | 5.189341 | 27.41935 |
| 0.5         | 465.1 | 477.2 | 12.1  | 4.242637 | 31.66199 |
| 0.425       | 326   | 339.4 | 13.4  | 4.698457 | 36.36045 |
| 0.3         | 423.4 | 475.3 | 51.9  | 18.19776 | 54.5582  |
| 0.25        | 424.9 | 447.1 | 22.2  | 7.784011 | 62.34222 |
| 0.212       | 418.3 | 440.3 | 22    | 7.713885 | 70.0561  |
| 0.15        | 402   | 427.5 | 25.5  | 8.941094 | 78.99719 |
| 0.125       | 409.2 | 422.2 | 13    | 4.558205 | 83.5554  |
| 0           | 273.3 | 320.2 | 46.9  | 16.4446  | 100      |
|             |       |       | 285.2 |          |          |

|             |       |       |       |          |          |
|-------------|-------|-------|-------|----------|----------|
| 5           |       |       |       |          |          |
| zeefgrootte |       |       |       |          |          |
| 1           | 502.3 | 512.7 | 10.4  | 4.647006 | 4.647006 |
| 0.85        | 490.5 | 492.4 | 1.9   | 0.848972 | 5.495979 |
| 0.6         | 467.4 | 485.5 | 18.1  | 8.087578 | 13.58356 |
| 0.5         | 465.1 | 497.8 | 32.7  | 14.61126 | 28.19482 |
| 0.425       | 326   | 354.8 | 28.8  | 12.86863 | 41.06345 |
| 0.3         | 423.4 | 505.1 | 81.7  | 36.50581 | 77.56926 |
| 0.25        | 424.9 | 438.7 | 13.8  | 6.16622  | 83.73548 |
| 0.212       | 418.3 | 431.2 | 12.9  | 5.764075 | 89.49955 |
| 0.15        | 402   | 410.3 | 8.3   | 3.708668 | 93.20822 |
| 0.125       | 409.2 | 412.9 | 3.7   | 1.653262 | 94.86148 |
| 0           | 273.3 | 284.8 | 11.5  | 5.138517 | 100      |
|             |       |       | 223.8 |          |          |

|             |       |       |       |          |          |
|-------------|-------|-------|-------|----------|----------|
| 6           |       |       |       |          |          |
| zeefgrootte |       |       |       |          |          |
| 1           | 502.3 | 566.4 | 64.1  | 37.68372 | 37.68372 |
| 0.85        | 490.5 | 497.4 | 6.9   | 4.056437 | 41.74015 |
| 0.6         | 467.4 | 479.2 | 11.8  | 6.937096 | 48.67725 |
| 0.5         | 465.1 | 469.9 | 4.8   | 2.821869 | 51.49912 |
| 0.425       | 326   | 332.2 | 6.2   | 3.644915 | 55.14403 |
| 0.3         | 423.4 | 434.6 | 11.2  | 6.584362 | 61.7284  |
| 0.25        | 424.9 | 431.4 | 6.5   | 3.821282 | 65.54968 |
| 0.212       | 418.3 | 434.7 | 16.4  | 9.641387 | 75.19106 |
| 0.15        | 402   | 410.6 | 8.6   | 5.05585  | 80.24691 |
| 0.125       | 409.2 | 412.6 | 3.4   | 1.998824 | 82.24574 |
| 0           | 273.3 | 303.5 | 30.2  | 17.75426 | 100      |
|             |       |       | 170.1 |          |          |

|             |       |       |       |          |          |
|-------------|-------|-------|-------|----------|----------|
| 7           |       |       |       |          |          |
| zeefgrootte |       |       |       |          |          |
| 1           | 502.3 | 527.5 | 25.2  | 12.41991 | 12.41991 |
| 0.85        | 490.5 | 496   | 5.5   | 2.710695 | 15.13061 |
| 0.6         | 467.4 | 491.6 | 24.2  | 11.92706 | 27.05766 |
| 0.5         | 465.1 | 501.8 | 36.7  | 18.08773 | 45.14539 |
| 0.425       | 326   | 356.7 | 30.7  | 15.13061 | 60.276   |
| 0.3         | 423.4 | 484.1 | 60.7  | 29.91621 | 90.19221 |
| 0.25        | 424.9 | 436.9 | 12    | 5.914243 | 96.10646 |
| 0.212       | 418.3 | 424.8 | 6.5   | 3.203549 | 99.31    |
| 0.15        | 402   | 402.7 | 0.7   | 0.344998 | 99.655   |
| 0.125       | 409.2 | 409.3 | 0.1   | 0.049285 | 99.70429 |
| 0           | 273.3 | 273.9 | 0.6   | 0.295712 | 100      |
|             |       |       | 202.9 |          |          |

|             |       |       |       |          |          |
|-------------|-------|-------|-------|----------|----------|
| 8           |       |       |       |          |          |
| zeefgrootte |       |       |       |          |          |
| 1           | 502.3 | 529.7 | 27.4  | 12.55153 | 12.55153 |
| 0.85        | 465.1 | 517.8 | 52.7  | 24.14109 | 36.69262 |
| 0.6         | 326   | 340.4 | 14.4  | 6.596427 | 43.28905 |
| 0.5         | 423.4 | 500.2 | 76.8  | 35.18094 | 78.47    |
| 0.425       | 424.9 | 446.2 | 21.3  | 9.757215 | 88.22721 |
| 0.3         | 418.3 | 427.6 | 9.3   | 4.260192 | 92.4874  |
| 0.25        | 402   | 406   | 4     | 1.832341 | 94.31974 |
| 0.212       | 409.2 | 412.7 | 3.5   | 1.603298 | 95.92304 |
| 0.15        | 394.4 | 397.7 | 3.3   | 1.511681 | 97.43472 |
| 0.125       | 299.9 | 304.5 | 4.6   | 2.107192 | 99.54191 |
| 0           | 273.3 | 274.3 | 1     | 0.458085 | 100      |
|             |       |       | 218.3 |          |          |

|             |       |       |       |          |          |
|-------------|-------|-------|-------|----------|----------|
| 9           |       |       |       |          |          |
| zeefgrootte |       |       |       |          |          |
| 1           | 503.3 | 619.1 | 115.8 | 38.14229 | 38.14229 |

|       |       |       |       |          |          |
|-------|-------|-------|-------|----------|----------|
| 0.85  | 491.4 | 499.6 | 8.2   | 2.700922 | 40.84321 |
| 0.6   | 468   | 483.8 | 15.8  | 5.204216 | 46.04743 |
| 0.5   | 463.2 | 473   | 9.8   | 3.227931 | 49.27536 |
| 0.425 | 326.6 | 335.2 | 8.6   | 2.832675 | 52.10804 |
| 0.3   | 423.8 | 449.4 | 25.6  | 8.432148 | 60.54018 |
| 0.25  | 424.9 | 443.4 | 18.5  | 6.093544 | 66.63373 |
| 0.212 | 418.7 | 452.7 | 34    | 11.19895 | 77.83267 |
| 0.15  | 402   | 426.5 | 24.5  | 8.069829 | 85.9025  |
| 0.125 | 409.1 | 418.7 | 9.6   | 3.162055 | 89.06456 |
| 0     | 273.1 | 306.3 | 33.2  | 10.93544 | 100      |
|       |       |       | 303.6 |          |          |

|             |       |       |      |          |          |
|-------------|-------|-------|------|----------|----------|
| 10          |       |       |      |          |          |
| zeefgrootte |       |       |      |          |          |
| 1           | 502.3 | 548.3 | 46   | 14.51104 | 14.51104 |
| 0.85        | 490.5 | 505.2 | 14.7 | 4.637224 | 19.14826 |
| 0.6         | 467.4 | 509.3 | 41.9 | 13.21767 | 32.36593 |
| 0.5         | 465.1 | 507.7 | 42.6 | 13.43849 | 45.80442 |
| 0.425       | 326   | 358.8 | 32.8 | 10.347   | 56.15142 |
| 0.3         | 423.4 | 477.9 | 54.5 | 17.19243 | 73.34385 |
| 0.25        | 424.9 | 452.3 | 27.4 | 8.643533 | 81.98738 |
| 0.212       | 418.3 | 451.9 | 33.6 | 10.59937 | 92.58675 |
| 0.15        | 402   | 410.2 | 8.2  | 2.586751 | 95.1735  |
| 0.125       | 409.2 | 414.3 | 5.1  | 1.608833 | 96.78233 |
| 0           | 273.3 | 283.5 | 10.2 | 3.217666 | 100      |
|             |       |       | 317  |          |          |

|             |       |       |      |          |          |
|-------------|-------|-------|------|----------|----------|
| 11          |       |       |      |          |          |
| zeefgrootte |       |       |      |          |          |
| 1           | 503.3 | 570.1 | 66.8 | 15.28954 | 15.28954 |



|       |       |       |       |          |          |
|-------|-------|-------|-------|----------|----------|
| 0.85  | 491.4 | 497.1 | 5.7   | 1.304646 | 16.59419 |
| 0.6   | 468   | 481.5 | 13.5  | 3.089952 | 19.68414 |
| 0.5   | 463.2 | 473.2 | 10    | 2.288853 | 21.97299 |
| 0.425 | 326.6 | 336.1 | 9.5   | 2.174411 | 24.1474  |
| 0.3   | 423.8 | 472.1 | 48.3  | 11.05516 | 35.20256 |
| 0.25  | 424.9 | 582   | 157.1 | 35.95789 | 71.16045 |
| 0.212 | 418.7 | 478.2 | 59.5  | 13.61868 | 84.77913 |
| 0.15  | 402   | 440.6 | 38.6  | 8.834974 | 93.6141  |
| 0.125 | 409.1 | 416.8 | 7.7   | 1.762417 | 95.37652 |
| 0     | 273.1 | 293.3 | 20.2  | 4.623484 | 100      |
|       |       |       | 436.9 |          |          |

### 11.7 Zeefresultaten klompenwaard

|             |       |       |       |          |          |
|-------------|-------|-------|-------|----------|----------|
| 1           |       |       |       |          |          |
| zeefgrootte |       |       |       |          |          |
| 1           | 503.3 | 629.2 | 125.9 | 58.09875 | 58.09875 |
| 0.85        | 491.4 | 499.9 | 8.5   | 3.922473 | 62.02123 |
| 0.6         | 468   | 483.9 | 15.9  | 7.337333 | 69.35856 |
| 0.5         | 463.2 | 470   | 6.8   | 3.137979 | 72.49654 |
| 0.425       | 326.6 | 331.6 | 5     | 2.307337 | 74.80388 |
| 0.3         | 423.8 | 432.2 | 8.4   | 3.876327 | 78.6802  |
| 0.25        | 424.9 | 430.3 | 5.4   | 2.491924 | 81.17213 |
| 0.212       | 418.7 | 428.5 | 9.8   | 4.522381 | 85.69451 |
| 0.15        | 402   | 416   | 14    | 6.460545 | 92.15505 |
| 0.125       | 409.1 | 413.1 | 4     | 1.84587  | 94.00092 |
| 0           | 273.1 | 286.1 | 13    | 5.999077 | 100      |
|             |       |       | 216.7 |          |          |

|             |       |       |       |          |          |
|-------------|-------|-------|-------|----------|----------|
| 2           |       |       |       |          |          |
| zeefgrootte |       |       |       |          |          |
| 1           | 503.3 | 608.3 | 105   | 18.72993 | 18.72993 |
| 0.85        | 491.4 | 499   | 7.6   | 1.35569  | 20.08562 |
| 0.6         | 468   | 489.4 | 21.4  | 3.817339 | 23.90296 |
| 0.5         | 463.2 | 482.4 | 19.2  | 3.424902 | 27.32786 |
| 0.425       | 326.6 | 346.6 | 20    | 3.567606 | 30.89547 |
| 0.3         | 423.8 | 596.8 | 173   | 30.85979 | 61.75526 |
| 0.25        | 424.9 | 514.9 | 90    | 16.05423 | 77.80949 |
| 0.212       | 418.7 | 489.4 | 70.7  | 12.61149 | 90.42098 |
| 0.15        | 402   | 432.5 | 30.5  | 5.440599 | 95.86158 |
| 0.125       | 409.1 | 418   | 8.9   | 1.587585 | 97.44916 |
| 0           | 273.1 | 287.4 | 14.3  | 2.550838 | 100      |
|             |       |       | 560.6 |          |          |

|             |       |       |       |          |          |
|-------------|-------|-------|-------|----------|----------|
| 3           |       |       |       |          |          |
| zeefgrootte |       |       |       |          |          |
| 1           | 503.3 | 675.1 | 171.8 | 53.8052  | 53.8052  |
| 0.85        | 491.4 | 504   | 12.6  | 3.946132 | 57.75133 |
| 0.6         | 468   | 497.1 | 29.1  | 9.113686 | 66.86502 |
| 0.5         | 463.2 | 477.1 | 13.9  | 4.353273 | 71.21829 |
| 0.425       | 326.6 | 336.6 | 10    | 3.131851 | 74.35014 |
| 0.3         | 423.8 | 451.2 | 27.4  | 8.581272 | 82.93141 |
| 0.25        | 424.9 | 433.2 | 8.3   | 2.599436 | 85.53085 |
| 0.212       | 418.7 | 427.8 | 9.1   | 2.849984 | 88.38083 |
| 0.15        | 402   | 413.1 | 11.1  | 3.476355 | 91.85719 |
| 0.125       | 409.1 | 413.1 | 4     | 1.25274  | 93.10993 |
| 0           | 273.1 | 295.1 | 22    | 6.890072 | 100      |
|             |       |       | 319.3 |          |          |

|   |  |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|--|
| 4 |  |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|--|

|             |       |       |       |          |          |
|-------------|-------|-------|-------|----------|----------|
| zeefgrootte |       |       |       |          |          |
| 1           | 503.3 | 527.3 | 24    | 16.06426 | 16.06426 |
| 0.85        | 491.4 | 496   | 4.6   | 3.078983 | 19.14324 |
| 0.6         | 468   | 477.3 | 9.3   | 6.2249   | 25.36814 |
| 0.5         | 463.2 | 467.8 | 4.6   | 3.078983 | 28.44712 |
| 0.425       | 326.6 | 331.5 | 4.9   | 3.279786 | 31.72691 |
| 0.3         | 423.8 | 435.8 | 12    | 8.032129 | 39.75904 |
| 0.25        | 424.9 | 434.2 | 9.3   | 6.2249   | 45.98394 |
| 0.212       | 418.7 | 452.8 | 34.1  | 22.82463 | 68.80857 |
| 0.15        | 402   | 428.9 | 26.9  | 18.00535 | 86.81392 |
| 0.125       | 409.1 | 415.8 | 6.7   | 4.484605 | 91.29853 |
| 0           | 273.1 | 286.1 | 13    | 8.701473 | 100      |
|             |       |       | 149.4 |          |          |

|             |       |       |       |          |          |
|-------------|-------|-------|-------|----------|----------|
| 5           |       |       |       |          |          |
| zeefgrootte |       |       |       |          |          |
| 1           | 503.3 | 526.5 | 23.2  | 9.257781 | 9.257781 |
| 0.85        | 491.4 | 496.4 | 5     | 1.995211 | 11.25299 |
| 0.6         | 468   | 483.3 | 15.3  | 6.105347 | 17.35834 |
| 0.5         | 463.2 | 477.2 | 14    | 5.586592 | 22.94493 |
| 0.425       | 326.6 | 342.4 | 15.8  | 6.304868 | 29.2498  |
| 0.3         | 423.8 | 467.3 | 43.5  | 17.35834 | 46.60814 |
| 0.25        | 424.9 | 456.6 | 31.7  | 12.64964 | 59.25778 |
| 0.212       | 418.7 | 464.9 | 46.2  | 18.43575 | 77.69354 |
| 0.15        | 402   | 429   | 27    | 10.77414 | 88.46768 |
| 0.125       | 409.1 | 417.5 | 8.4   | 3.351955 | 91.81963 |
| 0           | 273.1 | 293.6 | 20.5  | 8.180367 | 100      |
|             |       |       | 250.6 |          |          |

|             |       |       |       |          |          |
|-------------|-------|-------|-------|----------|----------|
| 6           |       |       |       |          |          |
| zeefgrootte |       |       |       |          |          |
| 1           | 503.3 | 578.9 | 75.6  | 18.42105 | 18.42105 |
| 0.85        | 491.4 | 494.7 | 3.3   | 0.804094 | 19.22515 |
| 0.6         | 468   | 485.7 | 17.7  | 4.312865 | 23.53801 |
| 0.5         | 463.2 | 493.5 | 30.3  | 7.383041 | 30.92105 |
| 0.425       | 326.6 | 354.9 | 28.3  | 6.895712 | 37.81676 |
| 0.3         | 423.8 | 522.2 | 98.4  | 23.97661 | 61.79337 |
| 0.25        | 424.9 | 473.9 | 49    | 11.93957 | 73.73294 |
| 0.212       | 418.7 | 476.6 | 57.9  | 14.10819 | 87.84113 |
| 0.15        | 402   | 427   | 25    | 6.091618 | 93.93275 |
| 0.125       | 409.1 | 419.8 | 10.7  | 2.607212 | 96.53996 |
| 0           | 273.1 | 287.3 | 14.2  | 3.460039 | 100      |
|             |       |       | 410.4 |          |          |

|             |       |       |      |          |          |
|-------------|-------|-------|------|----------|----------|
| 7           |       |       |      |          |          |
| zeefgrootte |       |       |      |          |          |
| 1           | 503.3 | 542.1 | 38.8 | 24.55696 | 24.55696 |
| 0.85        | 491.4 | 497.4 | 6    | 3.797468 | 28.35443 |
| 0.6         | 468   | 482.4 | 14.4 | 9.113924 | 37.46835 |
| 0.5         | 463.2 | 469.3 | 6.1  | 3.860759 | 41.32911 |
| 0.425       | 326.6 | 333.7 | 7.1  | 4.493671 | 45.82278 |
| 0.3         | 423.8 | 434.4 | 10.6 | 6.708861 | 52.53165 |
| 0.25        | 424.9 | 435.6 | 10.7 | 6.772152 | 59.3038  |

|       |       |       |      |          |          |
|-------|-------|-------|------|----------|----------|
| 0.212 | 418.7 | 453.3 | 34.6 | 21.89873 | 81.20253 |
| 0.15  | 402   | 417.4 | 15.4 | 9.746835 | 90.94937 |
| 0.125 | 409.1 | 412.8 | 3.7  | 2.341772 | 93.29114 |
| 0     | 273.1 | 283.7 | 10.6 | 6.708861 | 100      |
|       |       |       | 158  |          |          |

|             |       |       |       |          |          |
|-------------|-------|-------|-------|----------|----------|
| 8           |       |       |       |          |          |
| zeefgrootte |       |       |       |          |          |
| 1           | 503.3 | 582.4 | 79.1  | 10.68919 | 10.68919 |
| 0.85        | 491.4 | 523.6 | 32.2  | 4.351351 | 15.04054 |
| 0.6         | 468   | 678.8 | 210.8 | 28.48649 | 43.52703 |
| 0.5         | 463.2 | 586.4 | 123.2 | 16.64865 | 60.17568 |
| 0.425       | 326.6 | 431.9 | 105.3 | 14.22973 | 74.40541 |
| 0.3         | 423.8 | 540.3 | 116.5 | 15.74324 | 90.14865 |
| 0.25        | 424.9 | 448.7 | 23.8  | 3.216216 | 93.36486 |
| 0.212       | 418.7 | 436.7 | 18    | 2.432432 | 95.7973  |
| 0.15        | 402   | 413.1 | 11.1  | 1.5      | 97.2973  |
| 0.125       | 409.1 | 413.5 | 4.4   | 0.594595 | 97.89189 |
| 0           | 273.1 | 288.7 | 15.6  | 2.108108 | 100      |
|             |       |       | 740   |          |          |

|             |       |       |       |          |          |
|-------------|-------|-------|-------|----------|----------|
| 9           |       |       |       |          |          |
| zeefgrootte |       |       |       |          |          |
| 1           | 503.3 | 562.5 | 59.2  | 18.46538 | 18.46538 |
| 0.85        | 491.4 | 498.7 | 7.3   | 2.276981 | 20.74236 |
| 0.6         | 468   | 484.4 | 16.4  | 5.115409 | 25.85777 |
| 0.5         | 463.2 | 472.2 | 9     | 2.807236 | 28.665   |
| 0.425       | 326.6 | 335.4 | 8.8   | 2.744853 | 31.40986 |
| 0.3         | 423.8 | 447.5 | 23.7  | 7.392389 | 38.80225 |
| 0.25        | 424.9 | 445.6 | 20.7  | 6.456644 | 45.25889 |
| 0.212       | 418.7 | 486.3 | 67.6  | 21.08546 | 66.34435 |
| 0.15        | 402   | 467.8 | 65.8  | 20.52402 | 86.86837 |
| 0.125       | 409.1 | 425.6 | 16.5  | 5.1466   | 92.01497 |
| 0           | 273.1 | 298.7 | 25.6  | 7.985028 | 100      |
|             |       |       | 320.6 |          |          |

|             |       |       |      |          |          |
|-------------|-------|-------|------|----------|----------|
| 10          |       |       |      |          |          |
| zeefgrootte |       |       |      |          |          |
| 1           | 503.3 | 554.2 | 50.9 | 9.288321 | 9.288321 |
| 0.85        | 491.4 | 497.2 | 5.8  | 1.058394 | 10.34672 |
| 0.6         | 468   | 478   | 10   | 1.824818 | 12.17153 |

|       |       |       |       |          |          |
|-------|-------|-------|-------|----------|----------|
| 0.5   | 463.2 | 471.5 | 8.3   | 1.514599 | 13.68613 |
| 0.425 | 326.6 | 336.9 | 10.3  | 1.879562 | 15.56569 |
| 0.3   | 423.8 | 471   | 47.2  | 8.613139 | 24.17883 |
| 0.25  | 424.9 | 488   | 63.1  | 11.5146  | 35.69343 |
| 0.212 | 418.7 | 542.2 | 123.5 | 22.5365  | 58.22993 |
| 0.15  | 402   | 541.8 | 139.8 | 25.51095 | 83.74088 |
| 0.125 | 409.1 | 447.8 | 38.7  | 7.062044 | 90.80292 |
| 0     | 273.1 | 323.5 | 50.4  | 9.19708  | 100      |
|       |       |       | 548   |          |          |