

## **Verantwoord samenvoegen en splitsen van grondpartijen**

**Kansen op overschrijdingen van kwaliteitsnormen  
bij variabele partijgrootte**



# **Verantwoord samenvoegen en splitsen van grondpartijen**

**Kansen op overschrijdingen van kwaliteitsnormen bij variabele partijgrootte**

Frans Roelofsen  
Jos Vink

1210870-000

**Titel**

Verantwoord samenvoegen en splitsen van grondpartijen

<b>Opdrachtgever</b>	<b>Project</b>	<b>Kenmerk</b>	<b>Pagina's</b>
Rijkswaterstaat WVl	1210870-000	1210870-000-BGS-0003	26

**Trefwoorden**

Bodemkwaliteit; Beoordelingsrichtlijn; BRL 9335; grondbank; gronddepot; grondverzet; modellering; normtoetsing; partijkeuring; statistische analyse; verontreiniging.

**Samenvatting**

Partijen grond worden volgens een voorgeschreven systematiek gekeurd op milieuchemische kwaliteit. Afhankelijk van de gekeurde partijgrootte biedt de bestaande beoordelingsrichtlijn BRL 9335 beperkte mogelijkheden voor het opsplitsen van partijen grond in kleinere deelpartijen. Omdat niet kan worden uitgesloten dat delen van een samengestelde partij meer verontreinigd zijn dan de rest van de partij is het opsplitsen van deelpartijen uit samengestelde partijen grond in beginsel risicovol. Het doel van deze studie is het kwantificeren van deze risico's.

Voor deze studie is gebruik gemaakt van dezelfde modellen van partijen grond die ook aan de basis hebben gestaan van de huidige toetsingsregels. De modellen zijn indertijd verkregen door ruimtelijke simulaties met opgelegde correlatiestructuren, waarbij op basis van drie reële partijen grond een set van tien modellen per partij is gesimuleerd (totaal 30 modelpartijen).

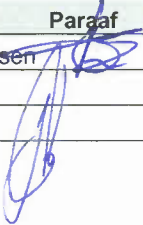
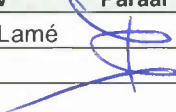

In de huidige studie zijn uit die oorspronkelijke modelpartijen eerst samengestelde partijen grond van 2000 ton samengesteld. Vervolgens zijn hieruit deelpartijen afgesplitst van 50, 100, 200, 250 en 500 ton. Om een beeld te krijgen van de invloed van de heterogeniteit op de kwaliteit van de af te splitsen partijen werd het afsplitsen een groot aantal keer uitgevoerd (5000 maal).

De resultaten zijn cumulatief in grafieken weergegeven, waarbij de hoogte van de kans is uitgezet tegen de mate van mogelijke overschrijding van de gemiddelde kwaliteit (de zogenaamde opsplitsfactoren). In zijn algemeenheid geldt dat bij een afname van het tonnage van de afgesplitste deelpartij, de variatie in het gemiddelde van die deelpartij toeneemt.

De keuze van de gewenste betrouwbaarheid – welk risico op een deelpartij die wezenlijk afwijkt van de kwaliteit van de totale partij is acceptabel – is van directe invloed op de grootte van de opsplitsfactor. Om opsplitsfactoren vast te stellen moet een (beleidsmatige) keuze worden gemaakt met betrekking tot die gewenste betrouwbaarheid. Vervolgens kan in dit rapport worden vastgesteld welke opsplitsfactor zou moeten worden gehanteerd. Alternatief voor het hanteren van (een) opsplitsfactor(en) is het generiek vaststellen van de mate van opsplitsing die nog acceptabel is zonder een opsplitsfactor te introduceren.

**Referentie**

Roelofsen, F., J.P.M. Vink, 2015. Verantwoord samenvoegen en splitsen van grondpartijen. Kansen op overschrijdingen van kwaliteitsnormen bij variabele partijgrootte. Deltares rapport 1210870, Utrecht.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	13-05-2015	Frans Roelofsen Jos Vink		Frank Lamé		Hilde Passier	

**Status**

definitief

## Inhoud

<b>1 Inleiding</b>	<b>1</b>
<b>2 Basisgegevens: grondmodellen op basis van gronddepots</b>	<b>2</b>
2.1 Beschrijving oorspronkelijke partijen grond	2
2.2 Beschrijving grondmodellen	2
2.3 Representativiteit van de grondmodellen	4
<b>3 Werkwijze</b>	<b>6</b>
3.1 Samenstellen van grondpartijen van 2000 ton	6
3.2 Splitsen partijen grond met variabele grootte	7
<b>4 Resultaten en discussie</b>	<b>10</b>
4.1 Resultaten	10
4.2 Opsplitsfactoren	11
<b>5 Conclusies</b>	<b>14</b>
<b>6 Referenties</b>	<b>15</b>
<b>Bijlage(n)</b>	
<b>A Resultaten depot A</b>	<b>A-1</b>
<b>B Resultaten Gaslaan</b>	<b>B-1</b>
<b>C Resultaten Rokkeveen</b>	<b>C-1</b>
<b>D Statistische kengetallen van de beschikbare grondmodellen</b>	<b>D-1</b>

## 1 Inleiding

Partijen grond worden volgens een voorgeschreven systematiek gekeurd op milieuchemische kwaliteit. Afhankelijk van de partijgrootte die is gekeurd biedt de bestaande beoordelingsrichtlijn 9335 en onderliggende protocollen (SIKB, 2013) beperkte mogelijkheden voor het opsplitsen van grondpartijen in kleinere deelpartijen met de bedoeling om te voldoen aan marktvragen.

Zowel bij het samenstellen van grote grondpartijen als het splitsen in deelpartijen speelt bodemheterogeniteit een belangrijke rol. Heterogeniteit is aan de orde bij de individuele partijen maar kan potentieel in nog sterkere mate optreden bij samengevoegde partijen waaruit potentieel weer deelpartijen worden gesplitst. Bij de huidige beoordeling kan niet worden uitgesloten dat delen van zo'n samengestelde partij qua concentraties sterk afwijken van de rest van de partij. Dit maakt dat het opsplitsen van deelpartijen uit samengestelde partijen grond in beginsel als risicovol moet worden beschouwd. Hoe groot die risico's precies zijn is onvoldoende bekend. Er is daarom meer concreet inzicht nodig in de kansen op kwaliteitsoverschrijdingen in die gevallen dat er deelpartijen worden afgesplitst van partijen grond die eerder door het samenvoegen van partijen grond zijn opgebouwd.

Deltares heeft verschillende onderzoeken uitgevoerd die zijn gericht op het verkrijgen van meer inzicht in de heterogeniteit van partijen grond (o.a. Lamé et al., 2003). Op basis hiervan zijn procedures ontwikkeld voor de wijze waarop de strategie van bemonstering, voorbehandeling en omgang met splitsen van partijen moet worden uitgevoerd. Op dit moment wordt de BRL 9335 echter herzien. Een belangrijk onderdeel van die herziening zijn de regels voor het al dan niet mogen opsplitsen van partijen samengevoegde grond. Aan Deltares is de vraag gesteld om, in aanvulling op het eerdere onderzoek, vast te stellen wat de risico's zijn bij het opeenvolgend samenvoegen en daarna weer opsplitsen van partijen grond.

## 2 Basisgegevens: grondmodellen op basis van gronddepots

### 2.1 Beschrijving oorspronkelijke partijen grond

De basis voor dit onderzoek wordt gevormd door drie partijen grond waarvan de samenstelling nauwkeurig ruimtelijk is vastgelegd. Deze partijen grond zijn ook beschreven door Lamé et al., 2003 en zijn hieronder kort toegelicht.

#### *Depot A*

Deze gegevens zijn afkomstig van een partij bovengronds opgeslagen grond in Den Haag. De partij bestond uit de verwijderde bovengrond van een gasfabrieksterrein, maar werd in principe geacht schoon te zijn. De partij had een grootte van naar schatting 3.000 ton. Van de partij zijn aselect 60 monsters genomen waarbij de ruimtelijke coördinaten van de bemonsterde locaties zijn vastgelegd (Lamé en Bosman, 1987). De 60 monsters zijn geanalyseerd op cyanide (totaal).

Gerelateerd aan de streefwaarde voor cyanide is de partij op basis van de gemiddelde gehalten verontreinigd. Er komen binnen de partij extremen voor, met een maximum van 100 mg/kg. .

#### *Gaslaan*

De voormalige gasfabriek Den Haag betreft een saneringslocatie (Lamé, 1988). Voor dit gegevensbestand geldt dat er in een regelmatig raster onderzoek is gedaan naar cyanide. Voor een deel van de locatie geldt dat het cyanidegehalte rond of onder streefwaardeniveau lag. Er komen echter ook overschrijdingen van de interventiewaarde voor. Door het maken van een gerichte selectie van een aaneengesloten deel van de saneringslocatie, is een gegevensset op streefwaardeniveau gedefinieerd. Het geselecteerde deelgebied had een totale hoeveelheid grond circa 3.400 ton. In de verticaal zijn steeds drie metingen beschikbaar, met in totaal bijna 300 metingen.

#### *Rokkeveen*

De gegevensset bestaat uit metingen die door IWACO zijn uitgevoerd aan de zware metalen lood, koper en zink in een gebied van circa 1,5 bij 2 km bij Zoetermeer. Op 76 punten zijn de gehalten gemeten, variërend over een diepte tot circa 1,5 m-mv. De monsterlocaties zijn bekend. Het onderzochte terrein heeft een oppervlak van circa 300 ha, de partijgrootte bedraagt circa 480 ton. De partij wordt als licht verontreinigd beschouwd op basis van gehalten aan lood en zink.

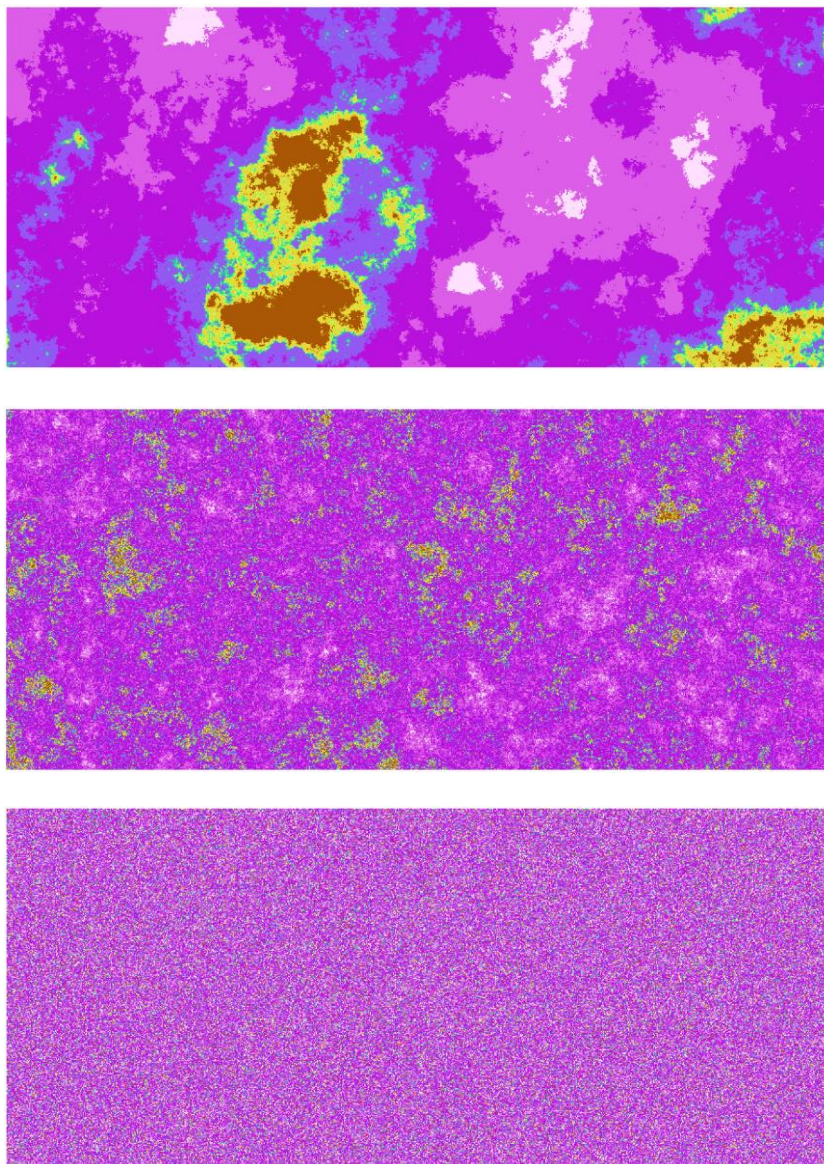
### 2.2 Beschrijving grondmodellen

Op basis van de gegevens van de drie oorspronkelijke partijen grond zijn drie sets van 10 grondmodellen opgesteld met behulp van 'conditionele simulatie'. Bij de conditionele simulatie wordt een ruimtelijk patroon van de verontreiniging gesimuleerd op basis van de werkelijke meetresultaten, de positie van de meting in het depot en een wiskundige beschrijving van de ruimtelijke correlatiestructuur (de wijze waarop de gegevens in de ruimte aan elkaar zijn gerelateerd).

Wanneer de conditionele simulatie ideaal zou zijn verlopen zou zowel de gemiddelde concentratie als de variatiecoëfficiënt (VC) ( $VC = \text{standaarddeviatie} / \text{gemiddelde} \times 100\%$ ) van elk van de 10 grondmodellen exact gelijk moeten zijn aan het gemiddelde en de VC van de oorspronkelijke partij. Bij de indertijd uitgevoerde modellering is dit in redelijke mate, maar niet volledig gelukt.

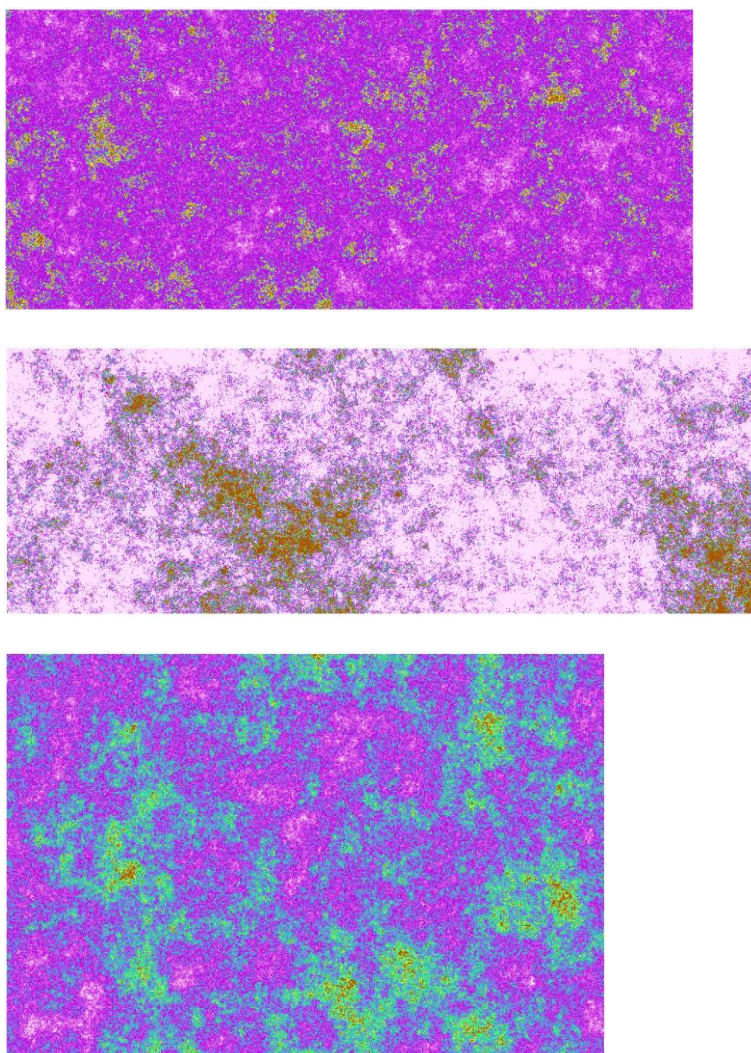
Voor elke set van 10 grondmodellen geldt dat in de modellering de aan elk van de modellen opgelegde ruimtelijke correlatie sterk is gevarieerd. Daarmee ontstaan, ondanks dat het

gemiddelde en de VC dus nagenoeg gelijk blijft, grondmodellen die sterk van elkaar afwijken wanneer het gaat om de 'grootschalige heterogeniteit'. De heterogeniteit op het niveau van de individuele grepen (VC) is dus binnen een set van 10 modellen min of meer gelijk, maar door meer (model 1) of minder (model 10) clustering van de gegevens ontstaan er modellen met duidelijke 'hot spots' (model 1) en modellen die homogeen (model 10) voorkomen. Zie Figuur 2.1.



*Figuur 2.1: Voorbeeld 'grootschalige heterogeniteit' voor simulatiemodellen 1, 4 en 10 (boven, midden, onder) voor Depot A.*

Elk van de 3 x 10 gesimuleerde grondmodellen heeft een omvang van 2.000 ton en is opgebouwd uit 5,9 miljoen datapunten (elk datapunt komt overeen met een greepgrootte van 340 gram). Gegeven de onderliggende gegevens (zie paragraaf 2.1) zijn de afmetingen (aantal gegevenspunten in x-, y- en z-richting) van de drie partijen onderling wat verschillend. In Figuur 2.2 is één modellaag van één simulatie variant (model 4) voor de drie verschillende modelsets weergegeven. Elk model bestaat uit 15 of 16 lagen; ook in de diepte (z-richting) is er sprake van ruimtelijke correlatie.



Figuur 2.2: Voorbeelddoorsnede Depot A, Gaslaan en Rokkeveen (model 4)

#### *Variatiecoëfficiënt*

De hoogtes van de stofconcentraties in de drie uitgangsdepots verschillen onderling. Toch is het mogelijk om de variabiliteit onderling te vergelijken, namelijk op basis van de variatiecoëfficiënt (VC) doordat in de variatiecoëfficiënt de variabiliteit concentratie-onafhankelijk wordt uitdrukt. Dit dus onafhankelijk van de vraag op welk concentratieniveau het gemiddelde gehalte van de partij ligt. Op basis van de variatiecoëfficiënt (zie bijlage D) van alle uitgangsdepots is de conclusie dat Rokkeveen het depot met de minste variabiliteit is, gevolgd door Depot A. Gaslaan heeft de hoogste variabiliteit.

### **2.3 Representativiteit van de grondmodellen**

De in deze studie gebruikte grondmodellen zijn gevalideerd in een eerdere rapportage (Lamé en Derksen, 2000). Dat rapport geeft de resultaten van een statistische analyse van verzamelde gegevens van 2570 keuringen van partijen grond. De partijen zijn onderzocht op basis van de monsternemingsstrategie van BRL 9308. Dat betekent dat van elke partij 100 grepen zijn genomen die voor analyse zijn samengevoegd tot 2 mengmonsters van elk 50 grepen. Het doel was om de monsternemingsstrategie te valideren. De centrale vraagstelling daarbij was of de monsternemingsstrategie leidt tot een voldoende betrouwbaar toetsingsresultaat. De heterogeniteit van de partijen is daarbij de bepalende factor.



Op basis van de 2570 uitgevoerde partijkeuringen kon, onder een aantal aannames, de heterogeniteit in de oorspronkelijke partijen worden berekend. Uit de studie bleek dat:

- 90% van de partijen een maximale heterogeniteit had van 94% (anorganisch) of 410% (organisch)
- De gebruikte grondmodellen hadden een  $P_{90}$ -variatiecoëfficiënt van 351%.

De variatie in de grondmodellen komt daarmee overeen met de variatie zoals die in de daadwerkelijk getoetste partijen grond is vastgesteld.

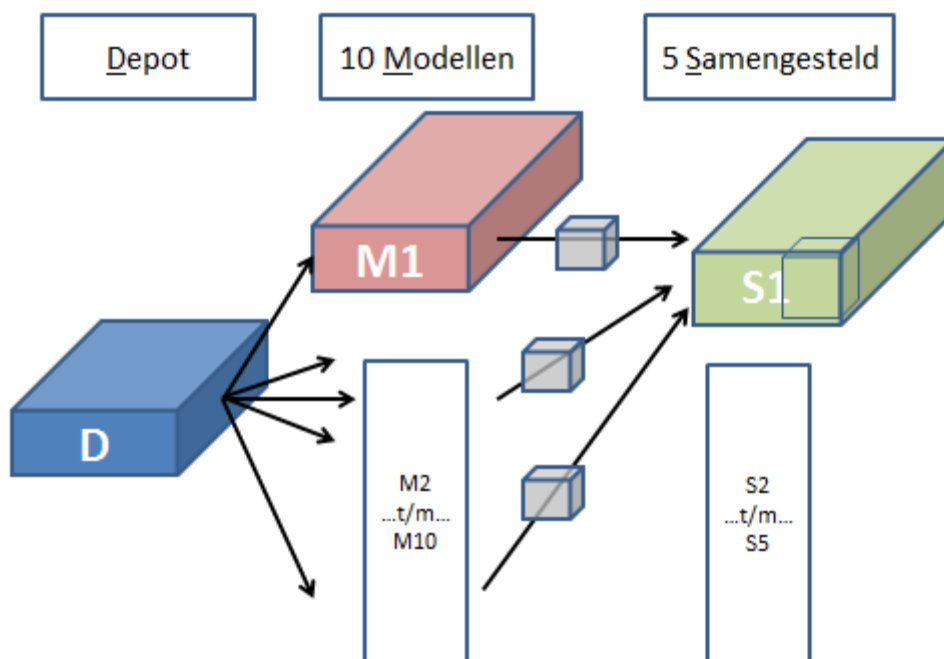
Onder de aanname dat de indertijd getoetste 2570 partijen grond nog steeds maatgevend mogen worden geacht voor de partijen grond in Nederland, kan dus ook worden gesteld dat de modellen representatief mogen worden geacht voor de variabiliteit in de partijen grond zoals die in Nederland beschikbaar komen.

### 3 Werkwijze

#### 3.1 Samenstellen van grondpartijen van 2000 ton

Het onderzoek richt zich op het verkrijgen van inzicht in het effect van opsplitsen van partijen samengevoegde grond op de kwaliteit van de opgesplitste delen. Omdat de ook in het verleden toegepaste digitale grondmodellen beschikbaar zijn, kan het samenvoegen en vervolgens opsplitsen van (deel)partijen met de computer worden gesimuleerd.

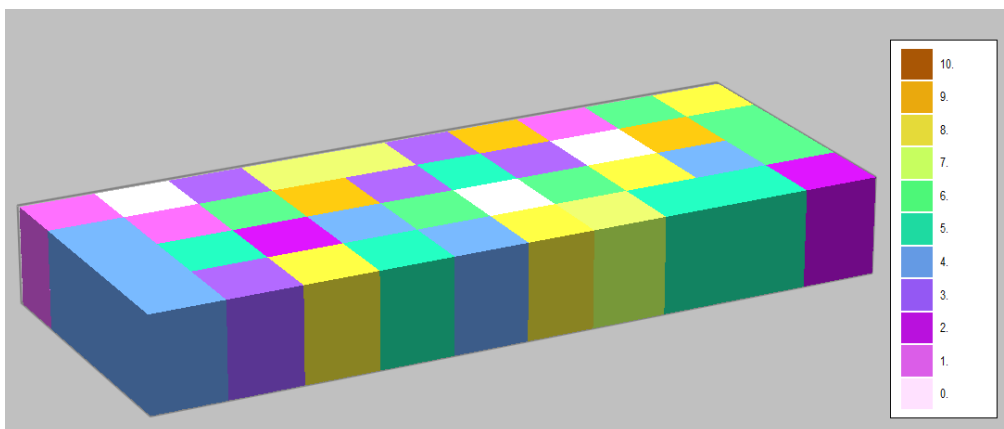
Deze paragraaf beschrijft de eerste stap in de opsplitsanalyse: het samenvoegen van deelpartijen uit elke set van 10 beschikbare modellen tot nieuwe samengestelde partijen. Figuur 3.1 bevat een schets van de stappen die zijn doorlopen om tot een samengestelde partij te komen.



Figuur 3.1: Proces van één basisdepot (D) via 10 gesimuleerde modellen (M) naar 5 random samengestelde partijen (S)

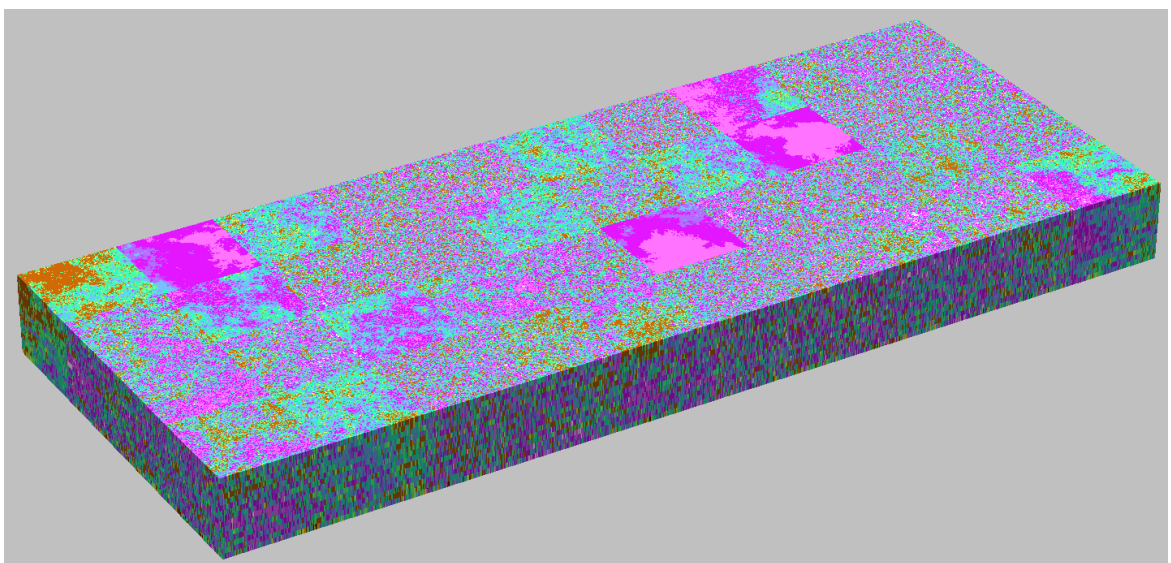
Voor elk van de drie uitgangspartijen worden 5 nieuwe grondpartijen (S1 t/m S5) samengesteld. Het samenstellen van deze partijen is een random proces waarbij uit *verschillende* modellen (M) deelpartijen van 50 ton worden 'geknipt'. De locatie waar de deelpartij uit het model wordt geknipt is ook random bepaald. De deelpartij is rechthoekig van vorm en wordt over de hele hoogte van het uitgangsmodel 'gestoken'.

Door deze 40 deelpartijen van 50 ton samen te voegen ontstaat een samengestelde grondpartij (S) die net als het uitgangsdépot een omvang van 2000 ton heeft (zie Figuur 3.2).



Figuur 3.2: Samengestelde partij (S) opgebouwd uit deelpartijen (50 ton) uit een van de 10 modellen. De kleur geeft in deze figuur niet de concentratie weer, maar het model waaruit de deelpartij is getrokken

Deze manier van samenstellen zorgt ervoor dat in de samengestelde partij zowel deelpartijen kunnen voorkomen die grootschalig (sterk) heterogeen zijn, als deelpartijen die grootschalig (sterk) homogeen zijn. Voor de grootschalig (sterk) heterogene deelpartijen geldt bovendien dat de concentraties in die deelpartij zowel relatief hoog als relatief laag kunnen zijn. Een voorbeeld van de resulterende concentratieverdeling in een op deze manier gemaakt model van een samengestelde partij is weergegeven in Figuur 3.3.



Figuur 3.3: Voorbeeld van concentratieverdeling in (deel van) samengestelde partij, bestaande uit deelpartijen met een grootte van 50 ton.

Op de manier zoals hierboven beschreven zijn voor zowel voor Depot A, Gaslaan als Rokkeveen de vijf samengestelde partijen opgebouwd. Totaal zijn er daarmee dus 15 modellen van samengestelde partijen grond beschikbaar voor dit onderzoek.

### 3.2 Splitsen partijen grond met variabele grootte

De essentie van de in het verleden (Lamé et al, 2003) gedefinieerde opsplitsfactor is dat het gemiddelde gehalte van een mogelijke afgesplitste partij van grootte  $x$  die uit een totale partij wordt gehaald nog voldoet aan de eis, zolang het gemiddelde van die totale partij maal de betreffende opsplitsfactor nog voldoet aan de eis. Bij een opsplitsfactor van bijvoorbeeld 2

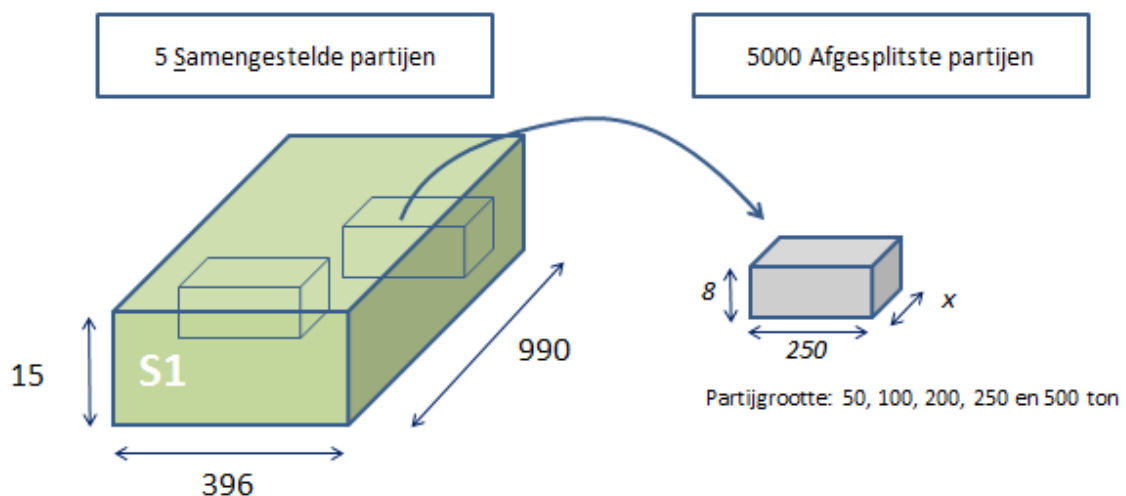
moet het gemiddelde van de totale partij dus kleiner zijn dan 0,5 maal de eis om te garanderen dat de afgesplitste partij nog voldoet.

Een aantal aspecten is van belang om de relatie tussen de grootte van de afgesplitste partij en de opsplitsfactor te kunnen definiëren:

- Grootte van de afgesplitste partij;
- Mate van grootschalige heterogeniteit;
- Locatie van de afgesplitste partij.

In dit onderzoek is besloten om verschillende groottes van af te splitsen deelpartijen te onderzoeken, namelijk 50, 100, 200, 250 en 500 ton. Om een beeld te krijgen van de invloed van de grootschalige heterogeniteit op de kwaliteit van de af te splitsen partijen wordt het afsplitsen een groot aantal keer uitgevoerd namelijk 5000 keer. Elke afsplitsing vindt random in het model plaats en op basis van het volledige model; er is dus sprake van een zogenaamde *trekking met teruglegging*.

De vorm van de afgesplitste partij is uiteraard afhankelijk van het gekozen tonnage. Figuur 3.4 laat zien hoe de afgesplitste partij zich verhoudt tot de volledige partij. De hoogte en breedte liggen vast (respectievelijk 8x250 datapunten), de bijbehorende lengte is variabel en wordt bepaald door het tonnage waarvoor op dat moment de splitsing plaatsvindt.



Figuur 3.4: Opsplitsmethode: 5000 trekking voor verschillende tonnages op random locaties per samengestelde partij

Deze analyse op basis van 5000 trekkingen is uitgevoerd voor elke samengestelde partij afzonderlijk. Omdat voor elk van de drie oorspronkelijke partijen vijf samengevoegde partijen zijn samengesteld, komt daarmee het totale aantal analyses op 15 (3 x 5). Het volgende hoofdstuk beschrijft de resultaten.

#### Rekencode

Voor het proces van het random samenvoegen en opsplitsen heeft Deltares een eigen rekencode ontwikkeld. Daarvoor is gebruik gemaakt van de open source programmeertaal Python (versie 2.7.5, released op 15 mei 2013). De code is gebaseerd op de code die is gebruikt bij de voorloper van dit onderzoek (Lamé et al, 2003). De code stelt de gebruiker in staat om zowel de vorm van de samen te stellen partij (nu 1x4x10 partijen van 50 ton) als de vorm van de te trekken deelpartij (nu 8x250x' lengte') zelf te definiëren. Ook de grootte van de te trekken deelpartij en het aantal trekkingen is vrij te bepalen.

Rekentijden nemen sterk toe wanneer het aantal te trekken deelpartijen toeneemt, de grootte van de te trekken deelpartijen toeneemt en wanneer eventueel zou worden gevarieerd in de vorm van de te trekken deelpartijen. Dit laatste is in dit onderzoek niet gedaan. Om de rekentijd in te korten is het parallel doorrekenen van meerdere modellen mogelijk. Het programma houdt de statistiek van alle uitgevoerde trekkingen bij. Deze worden vervolgens geplot in een of meerdere grafieken.

## 4 Resultaten en discussie

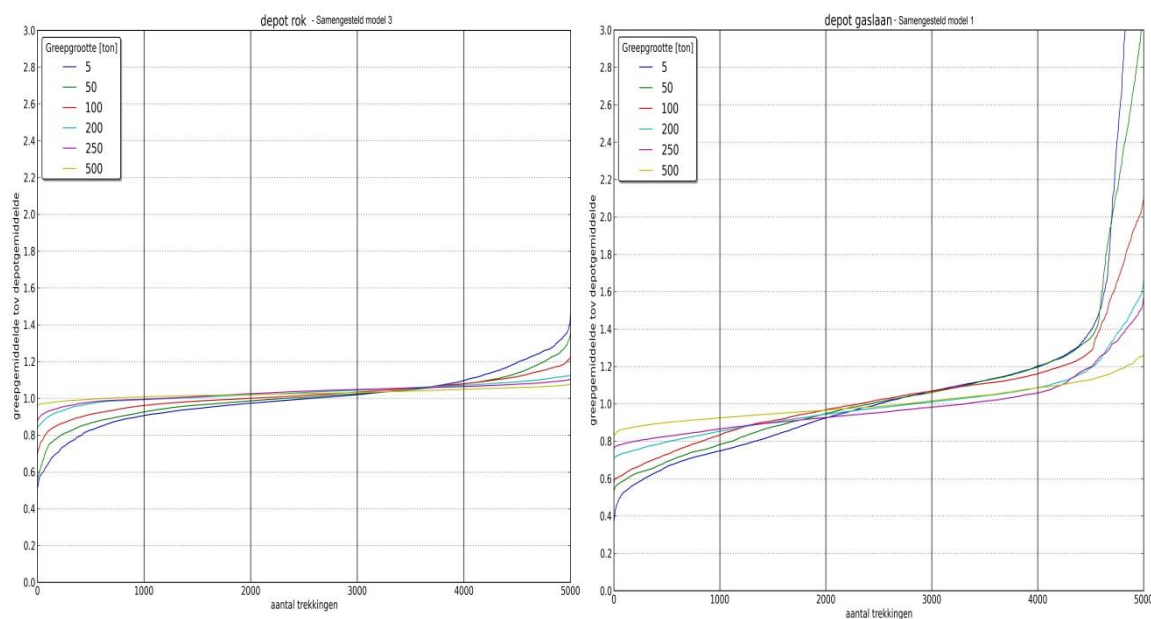
Dit hoofdstuk beschrijft de uitkomsten van de simulaties en berekeningen zoals in het vorige hoofdstuk zijn toegelicht.

### 4.1 Resultaten

In eerste instantie is op basis van steeds 5.000 trekkingen per gekozen tonnage van de te trekken deelpartij de relatie tussen het werkelijke gemiddelde van de getrokken deelpartij en het werkelijke gemiddelde van het volledige samengestelde model berekend. Door de resultaten relatief uit te drukken ten opzichte van het gemiddelde van het totale model worden dimensieloze getallen verkregen die direct iets zeggen over de mate waarin het gemiddelde van een deelpartij afwijkt van het gemiddelde van de totale partij (de horizontale lijn  $y=1$ ). De getallen kunnen dus worden beschouwd als de toe te passen zekerheidsfactor bij een bepaalde partijgrootte.

Vervolgens zijn deze waarden gesorteerd op grootte en in een grafiek uitgezet. Dit is gedaan voor grepen 5, 50, 100, 200, 250 en 500 ton. De deelpartijgrootte van 5 ton valt op zich buiten de doelstelling van dit onderzoek, maar is meegenomen om te kunnen vaststellen of er in de simulatie onvoorziene afwijkingen optreden. Bijvoorbeeld ten gevolge van de scherpe overgangen tussen de deelpartijen waaruit de totale partij is samengesteld (zie Figuur 3.3).

Omdat voor elk van de drie oorspronkelijke partijen vijf samengevoegde partijen zijn samengesteld, komt daarmee het totale aantal analyses op 15 (3 x 5). Figuur 4.1 laat het resultaat van minst en de meest extreme analyse zien. De horizontale as geeft het aantal trekkingen weer, de verticale as toont het gemiddelde van de afgesplitse partij gedeeld door het gemiddelde van het totale model. De figuur bevat de uitkomsten voor alle 6 de verschillende getrokken deelpartijen (5 tot 500 ton).



Figuur 4.1: Greepgemiddelde t.o.v. partijgemiddelde voor 5000 trekkingen (minimale en maximale uitkomsten)

Uit de figuur is af te leiden dat bij afname van het tonnage van de getrokken deelpartij, de variatie in het gemiddelde van dat tonnage toeneemt. Er komen deelpartijen van 5 ton met erg lage concentraties voor, maar ook 5 tons-deelpartijen met een hoge concentratie.

Verder geldt: hoe groter de deelpartijen, hoe meer het gemiddelde van alle grepen het gemiddelde van de totale partij zal benaderen (waarde 1,0 op de y-as).

De heterogeniteit van de modellen heeft duidelijk invloed op de uitkomst. Gaslaan is veel heterogener dan Rokkeveen met als gevolg dat het gemiddelde van de grepen voor Gaslaan grotere uitersten kent. Er zijn uit de samengestelde modellen van Gaslaan deelpartijen van 5 ton getrokken waarvan de gemiddelde concentratie meer dan drie keer het gemiddelde is van de totale partij.

De grafieken voor de overige modellen Rokkeveen, DepotA en Gaslaan zijn te vinden in Bijlagen A t/m C.

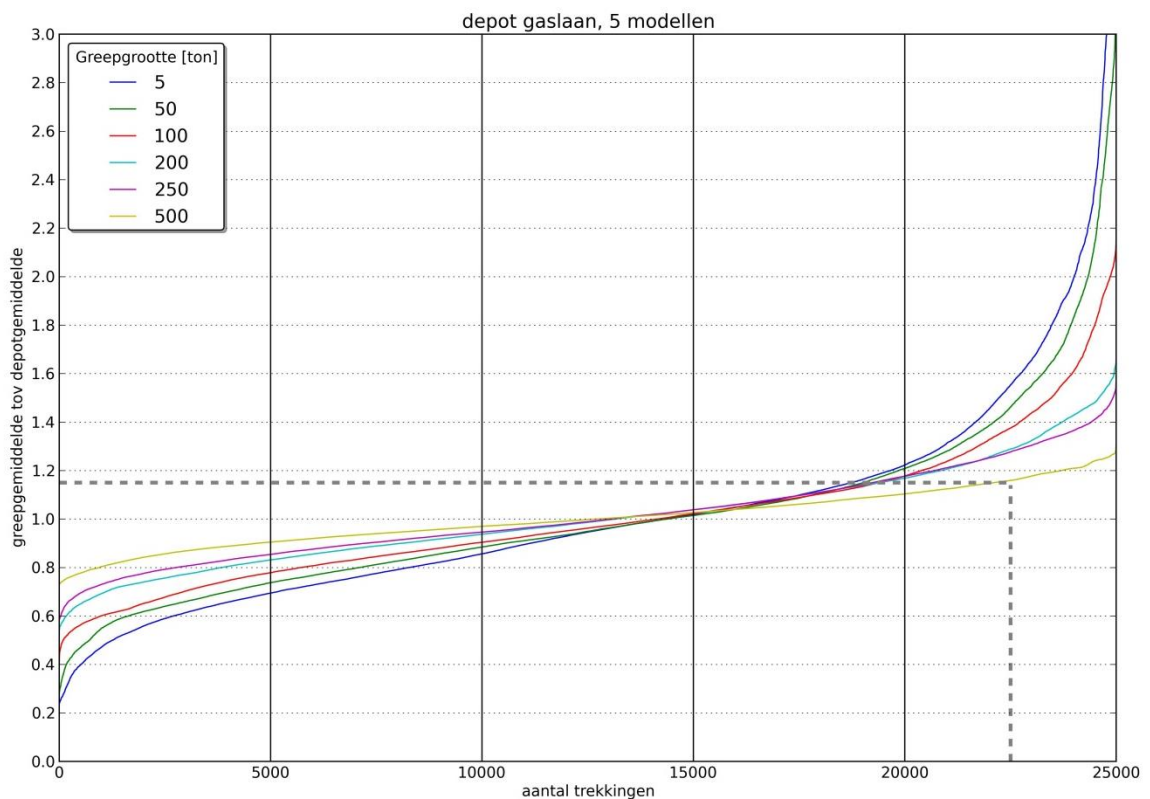
#### 4.2 Opsplitsfactoren

Zoals eerder aangegeven (paragraaf 3.1) zijn er per onderliggende partij (Gaslaan, Rokkeveen, Depot A) voor dit onderzoek steeds vijf samengestelde partijen gemaakt door random trekkingen uit de tien onderliggende oorspronkelijke modellen. Elk van de vijf samengestelde partijen heeft daarmee een even grote kans van voorkomen; of anders gezegd: de realiteitswaarde van elk van die vijf partijen is even groot. In Figuur 4.2 zijn daarom ook alle uitkomsten van de trekkingen uit de vijf samengestelde partijen samengevoegd. Dat levert een totaal van 25.000 trekkingen op.

Zoals aangegeven kan de te hanteren opsplitsfactor eenvoudig worden gerelateerd aan de verhouding tussen het werkelijke gemiddelde van het totale model en het gemiddelde van de deelpartij die daaruit wordt getrokken.

Om tot opsplitsfactoren te komen moet echter nog wel worden vastgesteld welke betrouwbaarheid op basis van de uitgevoerde modelberekeningen wordt beoogd. Of anders gezegd: hoe groot mag op basis van de modelberekeningen de kans zijn dat een getrokken deelpartij toch te veel afwijkt van het gemiddelde van de totale partij. Er is voor gekozen om uit te gaan van een betrouwbaarheid van 90%. Dus in 90% van de trekkingen is de verwachte concentratie van de deelpartij maximaal gelijk aan de concentratie in de oorspronkelijke samengestelde partij.

In Figuur 4.2 is een verticale lijn getrokken ter hoogte van 90% van de trekkingen. Wanneer nu de asafsnode van de verticale as wordt afgelezen op het punt waar de verticale lijn de curve van een bepaalde deelpartijgrootte snijdt, dan is de opsplitsfactor bekend. In Figuur 4.2 is dit gedaan voor de deelpartij grootte van 500 ton.



Figuur 4.2: Greepgemiddelde t.o.v. partijgemiddelde voor alle 5 modellen (25.000 trekkingen) voor Gaslaan.

Uit het voorbeeld van Figuur 4.2 is af te leiden dat:

- De opsplitsfactor voor partijen van 500 ton bedraagt 1,16;
- De opsplitsfactor voor partijen van 50 ton bedraagt 1,46.

NB: het voorbeeld gaat uit van een betrouwbaarheid van 90%. Deze zekerheid wordt ook gekozen in de protocollen van de BRL 9335. De keuze van deze betrouwbaarheid is van directe invloed op de grootte van de afsplitsfactor, hetgeen in de grafieken van bijlagen A t/m C is gepresenteerd.

Zoals toegelicht ligt de variatie van drie gronddepots aan de berekeningen ten grondslag. Het depot Gaslaan laat vanwege de inherente heterogeniteit de grootste variatie in opsplitsfactoren zien (zie uitlopende lijnen in de grafieken van bijlage A). Gaslaan mag derhalve worden beschouwd als worst-case voor een generieke beoordeling. Het depot Rokkeveen heeft de laagste variatie en geeft waarschijnlijk onvoldoende bescherming voor een generieke beoordeling.

In onderstaande tabellen zijn de relaties weergegeven van de deelpartijgrootte en de gekozen zekerheidsfactor. Om het effect van de onderliggende heterogeniteit te tonen is dit voor de drie gronddepots individueel uitgewerkt.



Tabel 4.1: Opsplitsfactoren als functie van de zekerheidsfactor en de deelpartijgrootte bij hoogste heterogeniteit (depot Gaslaan).

Deelpartij (ton)	Opsplitsfactor		
	P80	P90	P95
50	1,21	1,46	1,72
100	1,18	1,37	1,56
200	1,17	1,29	1,40
250	1,18	1,28	1,35
500	1,10	1,16	1,20

Tabel 4.2: Opsplitsfactoren als functie van de zekerheidsfactor en de deelpartijgrootte bij laagste heterogeniteit (depot Rokkeveen).

Deelpartij (ton)	Opsplitsfactor		
	P80	P90	P95
50	1,07	1,12	1,20
100	1,06	1,11	1,15
200	1,06	1,08	1,10
250	1,05	1,07	1,09
500	1,04	1,05	1,06

Tabel 4.3: Opsplitsfactoren als functie van de zekerheidsfactor en de deelpartijgrootte bij laagste heterogeniteit (depot Depot A).

Deelpartij (ton)	Opsplitsfactor		
	P80	P90	P95
50	1,10	1,22	1,51
100	1,10	1,25	1,42
200	1,08	1,16	1,22
250	1,06	1,12	1,16
500	1,05	1,09	1,14

## 5 Conclusies

De rekenkundige exercities zijn uitgevoerd op basis van drie gronddepots waarvan gedetailleerde gegevens over de samenstelling bekend zijn. Er zijn in het verleden per gronddepot tien basismodellen opgesteld, op basis waarvan in dit onderzoek vijf samengestelde partijen zijn opgebouwd. Totaal gaat het dus in dit onderzoek om vijftien gemodelleerde samengestelde partijen grond. Per samengestelde partij zijn willekeurig vijfduizend trekkingen gedaan van uiteenlopende tonnages ((5), 50, 100, 200, 250 en 500 ton).

Uit de resultaten kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

### *Modellen en systematiek*

1. De gebruikte wiskundige modellen zijn bruikbaar voor de analyse van het samenvoegen en splitsen van grond. De modellen mogen representatief worden geacht voor de variabiliteit in de partijen grond zoals die in Nederland beschikbaar komen.
2. Het effect van de grootte van de deelpartijen kon op een inzichtelijke manier worden gekwantificeerd. In zijn algemeenheid geldt dat bij een afname van het tonnage van de af te splitsen partij de variatie in het gemiddelde gehalte van die partij toeneemt.

### *Resultaten*

3. Hoe groter de afgesplitste deelpartij, hoe meer de gemiddelde kwaliteit van de deelpartij de gemiddelde kwaliteit van de totale samengestelde partij benadert.
4. Samengevoegde modellen met een grote heterogeniteit laten een grote spreiding zien in de kwaliteit van de getrokken deelpartijen.

### *Opsplitsfactor en betrouwbaarheid*

5. Door een grens te kiezen (betrouwbaarheid) in het deel van de getrokken deelpartijen (90%) waarvoor de modeluitkomsten nog bepalend moeten worden geacht voor de praktijk, kan een aan de deelpartijgrootte gerelateerde opsplitsfactor worden bepaald.
6. Op basis van de gekozen betrouwbaarheid zijn opsplitsfactoren bepaald die afhankelijk zijn van de af te splitsen partijgrootte. Een generieke worst-case kan worden afgeleid voor het meest heterogene gronddepot.

## 6 Referenties

Lamé, F.P.J. (1988). Evaluatie van de toepassing van het TNO-veldlaboratorium bij de sanering van het voormalige gasfabrieksterrein aan de Gaslaan te Den Haag, deel 1 en 2, TNO rapport MT R 88/131.

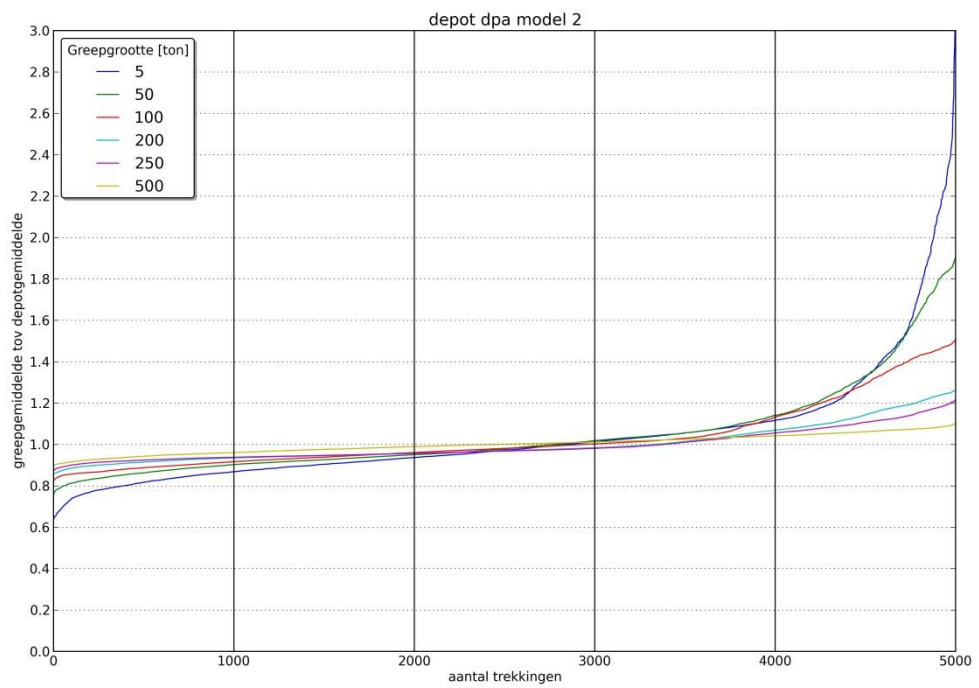
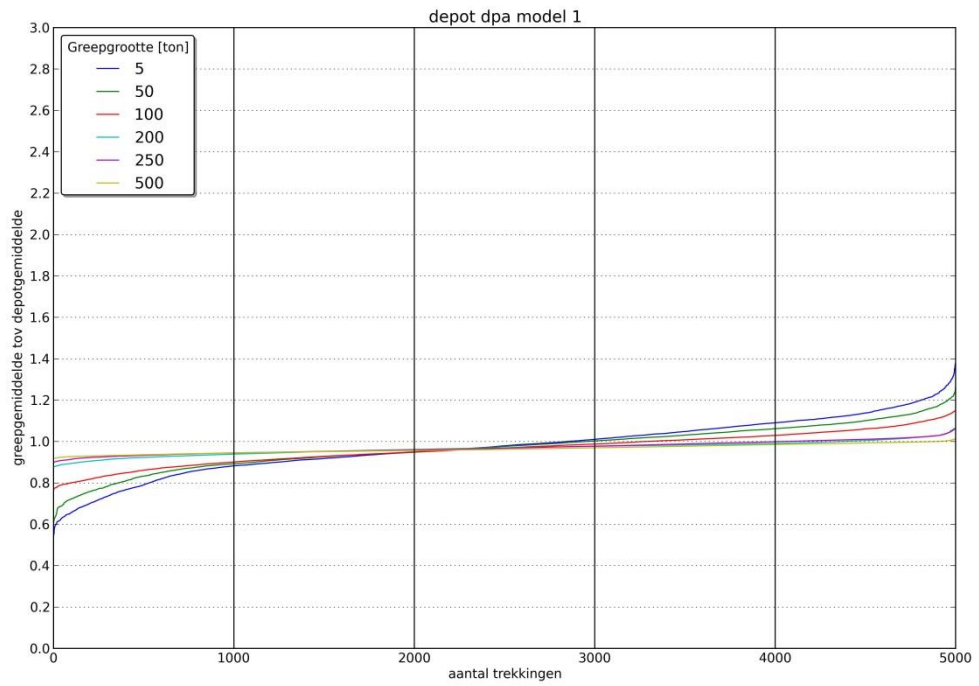
Lamé, F.P.J., R. Bosman (1987). Bepaling van cyanide, polycyclische aromatische koolwaterstoffen en vluchtige aromatische koolwaterstoffen in een partij grond, bovengronds opgeslagen op het voormalig gasfabrieksterrein aan de Gaslaan te 's-Gravenhage, TNO rapport MT R 87/075.

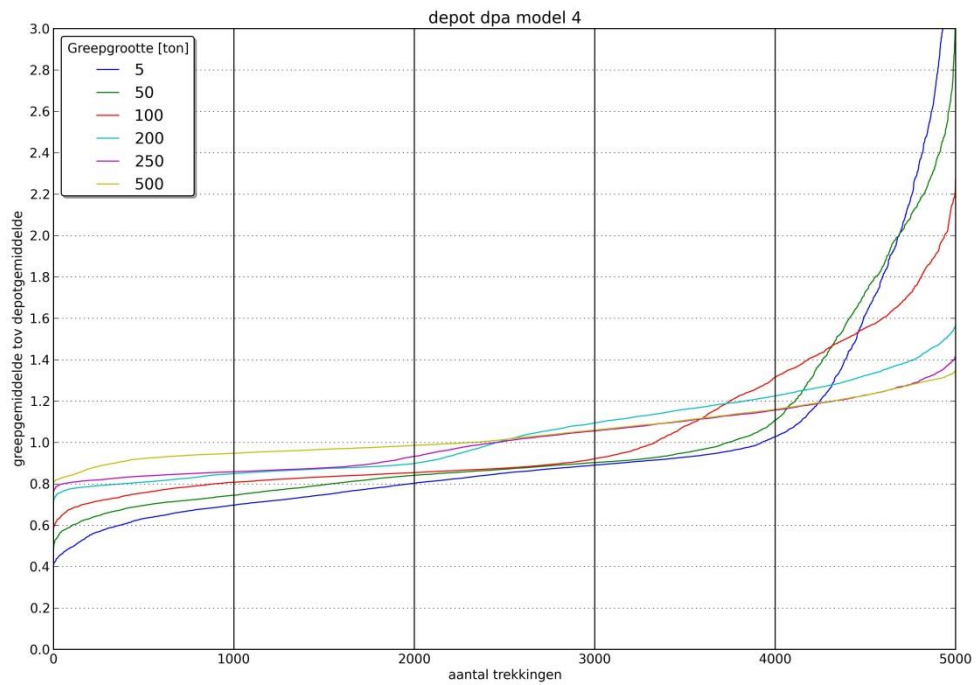
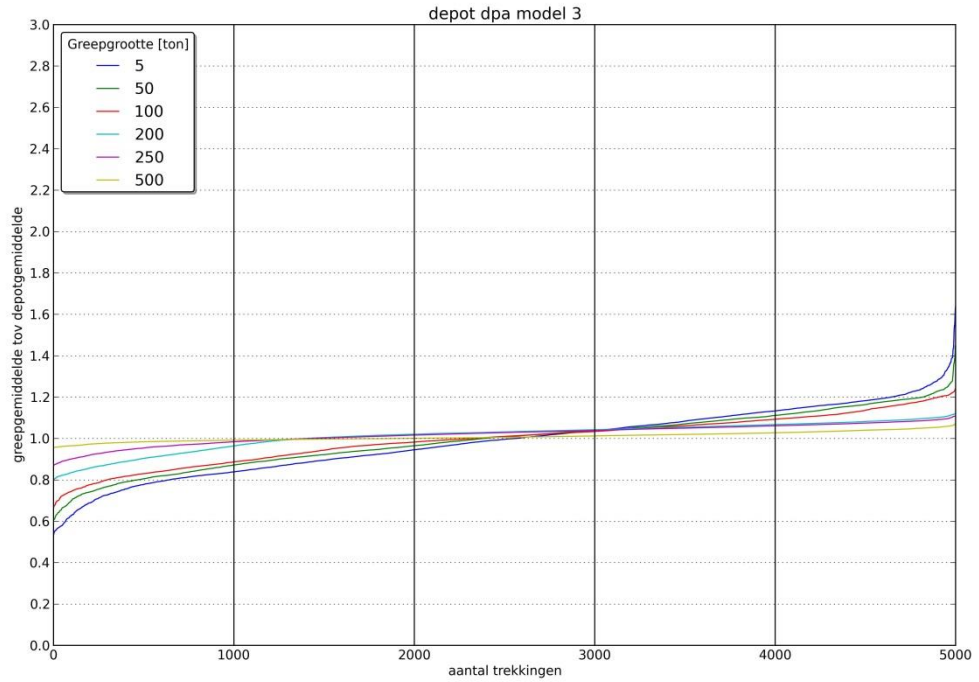
Lamé, F.P.J., G. Derksen (2000). Validatie van de monsternemingsstrategie voor het toetsen van grond conform BRL 9308 – Statistische analyse van het SCG / CHG gegevensbestand, NITG-TNO rapport NITG-0071-B, Utrecht.

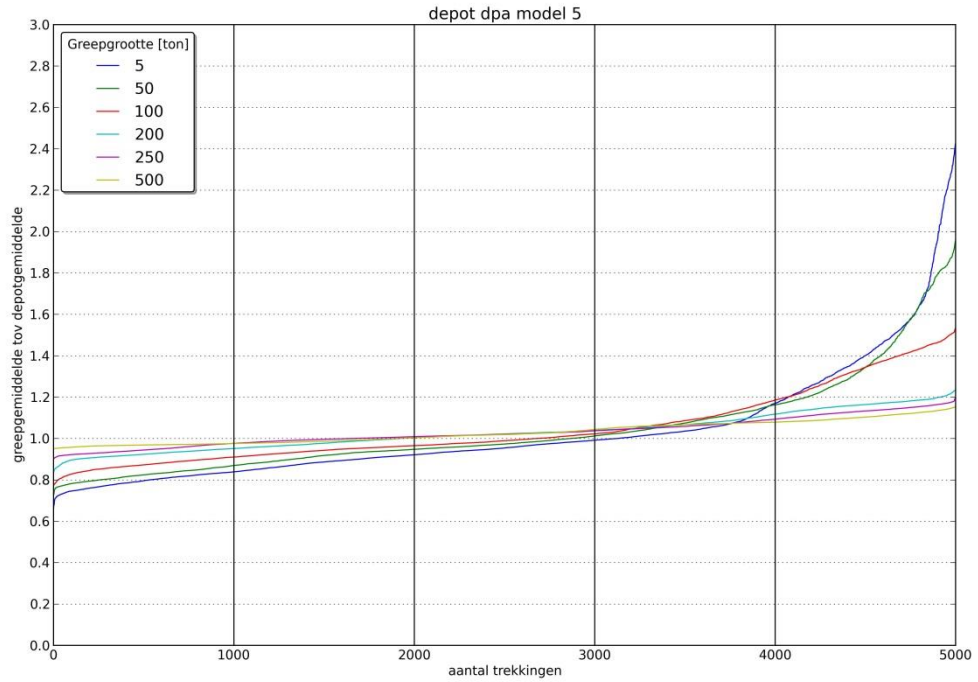
Lamé, F.P.J., F.J. Roelofsen, G.B. Derksen (2003). Opsplitsregels ten behoeve van het leveren van partijen grond. TNO rapport NITG 03-102-A.

SIKB (2013). BRL 9335. Nationale beoordelingsrichtlijn voor het KOMO productcertificaat en het NL BSB productcertificaat voor grond. [www.sikb.nl](http://www.sikb.nl), Gouda.

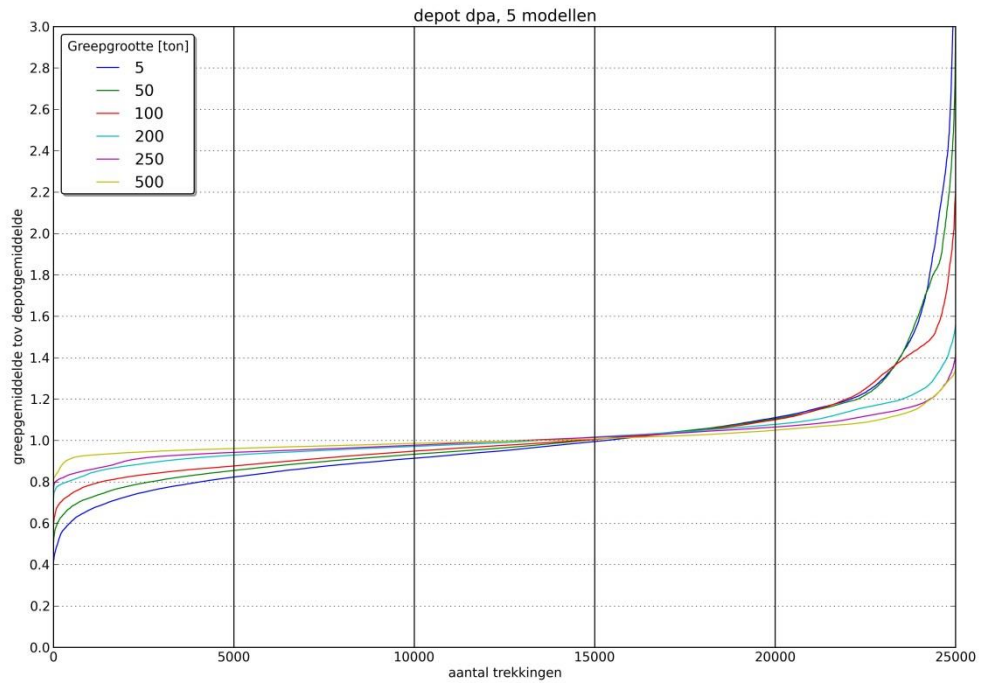
## A Resultaten depot A



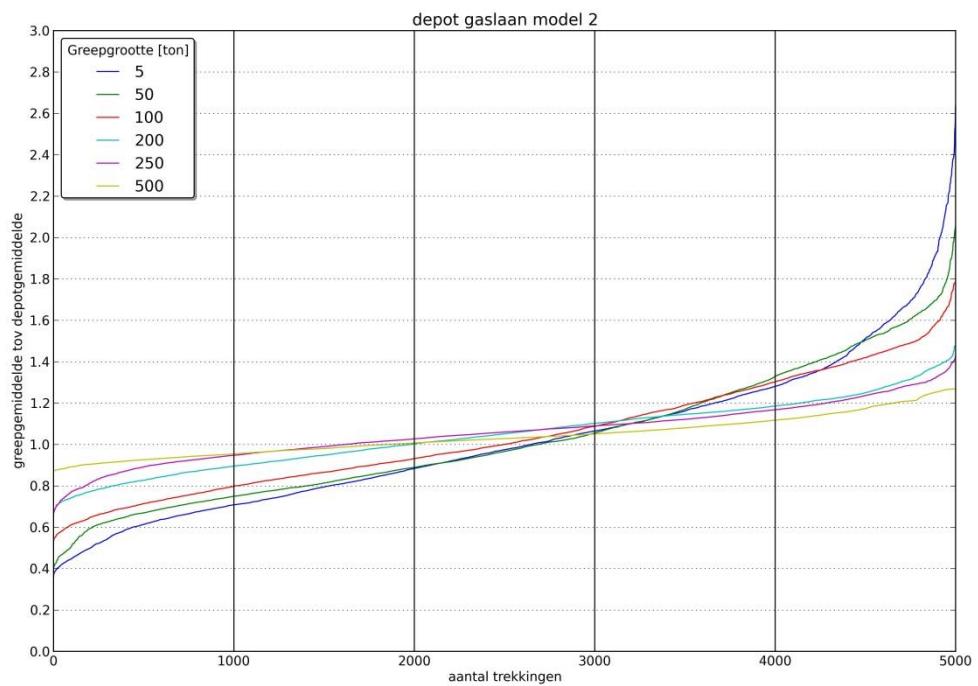
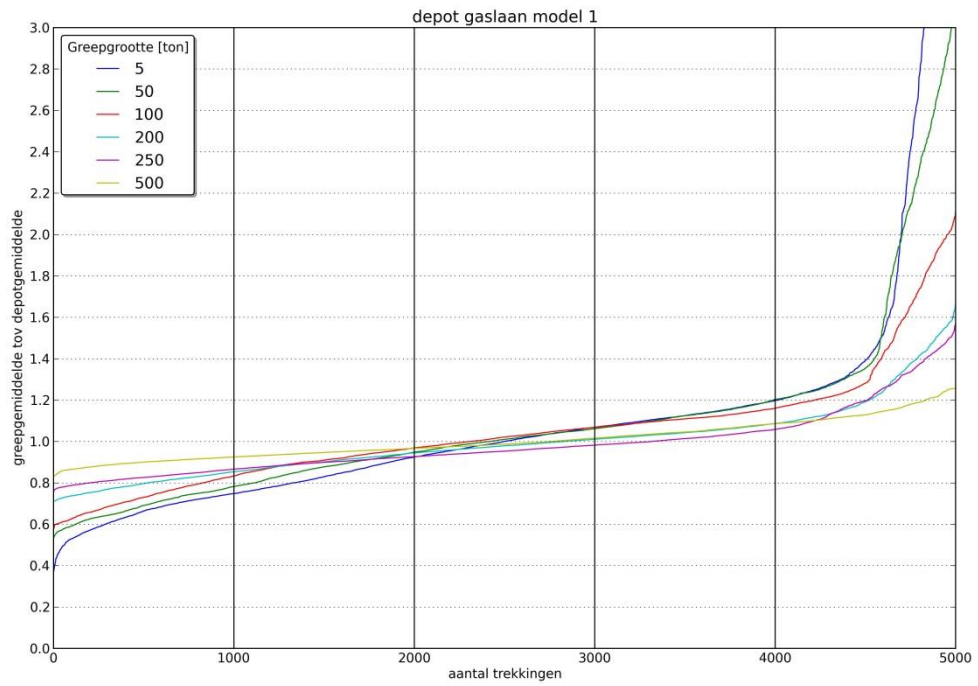


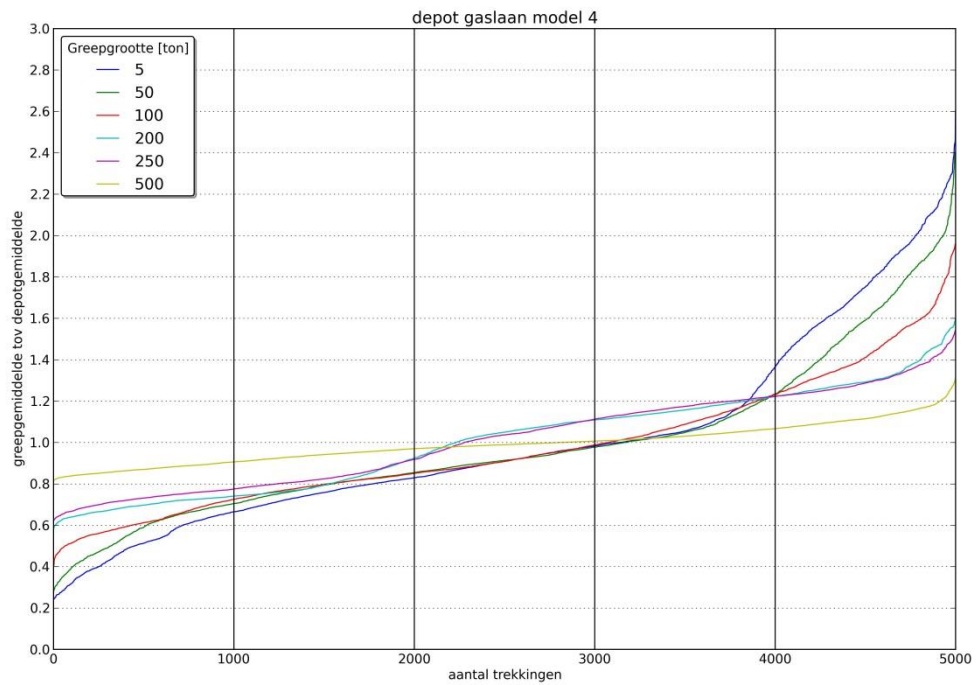
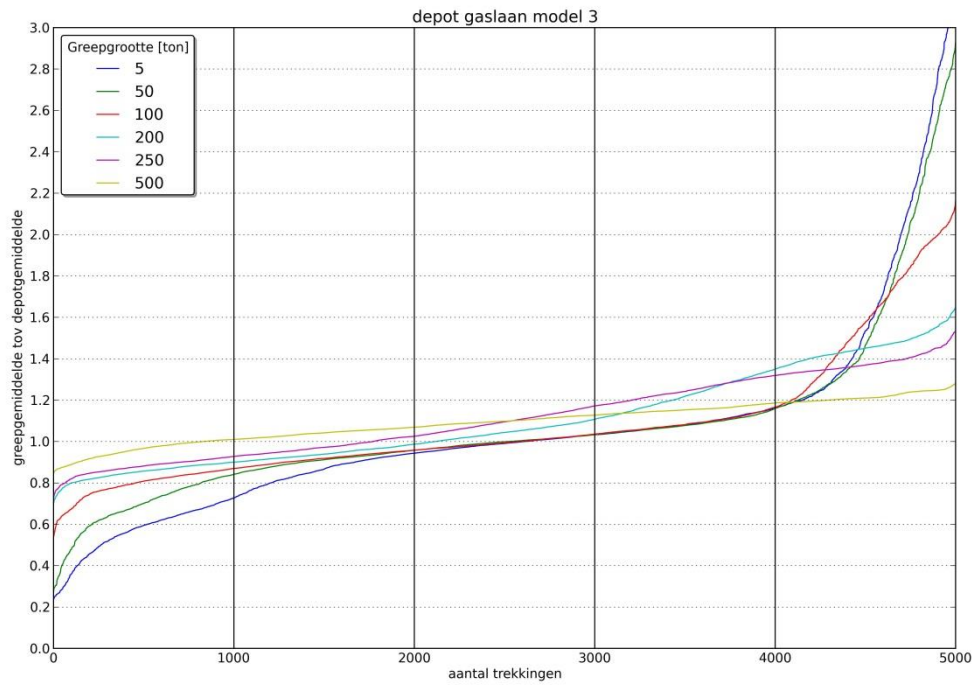


Resultaat 5 modellen samengevoegd in 1 grafiek  
(5x5.000=25.000 grepen)

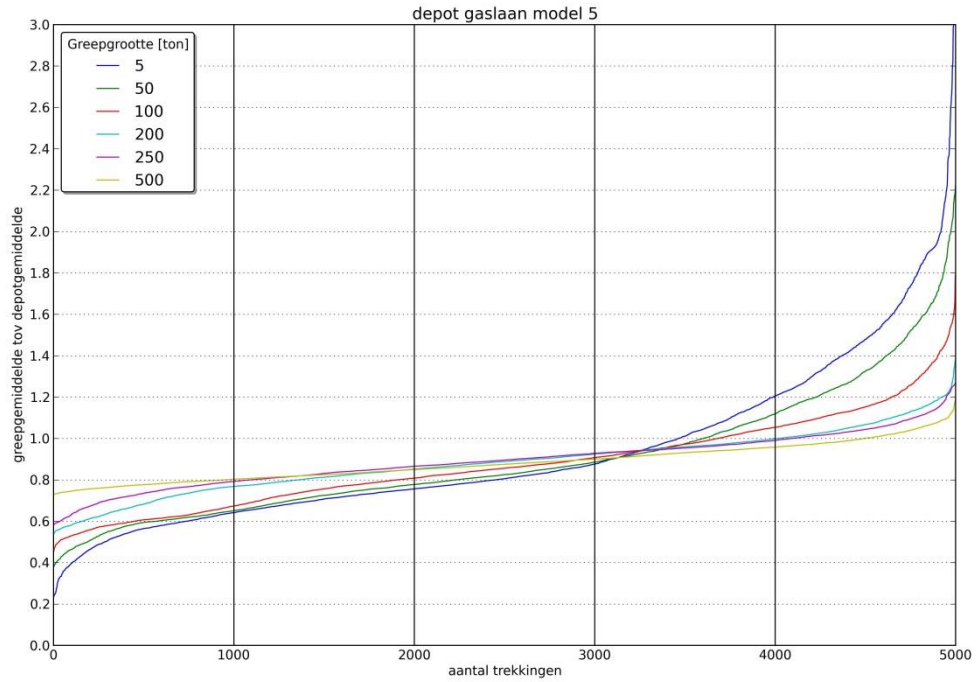


## B Resultaten Gaslaan

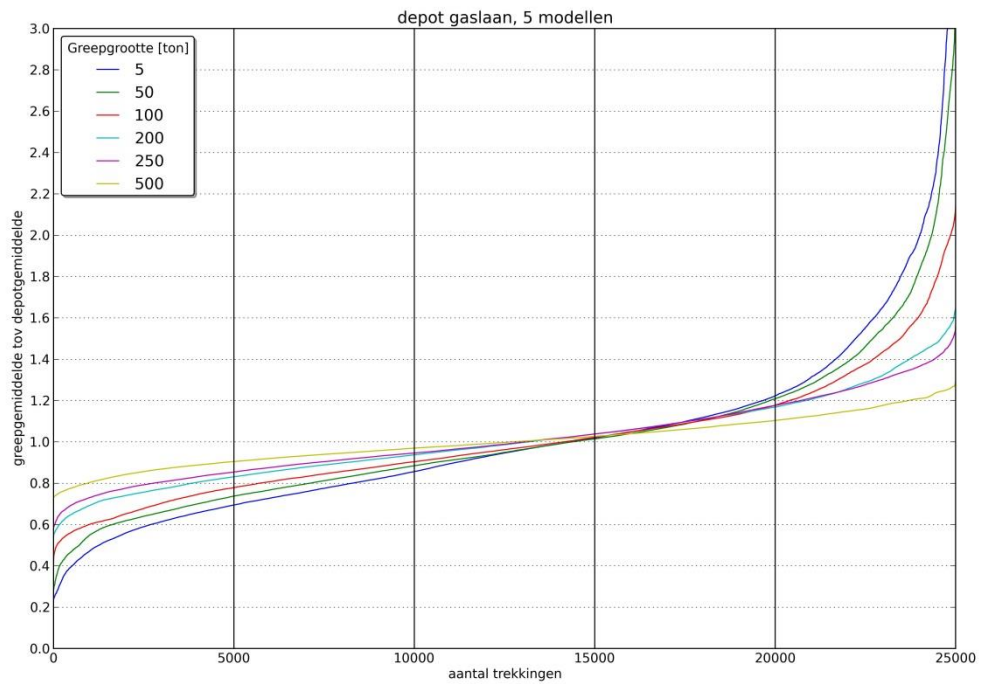




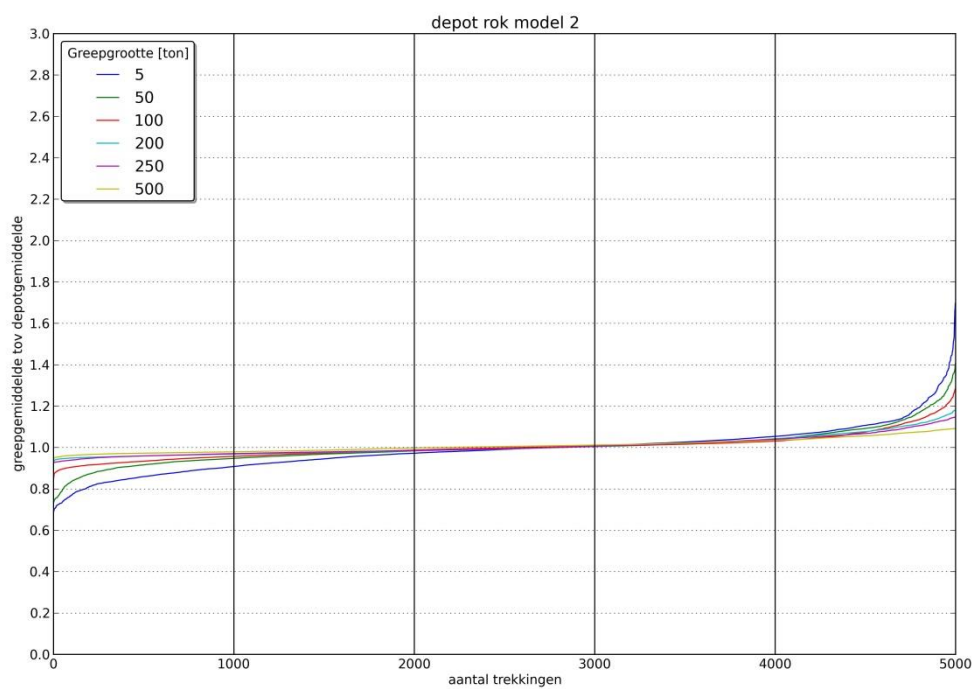
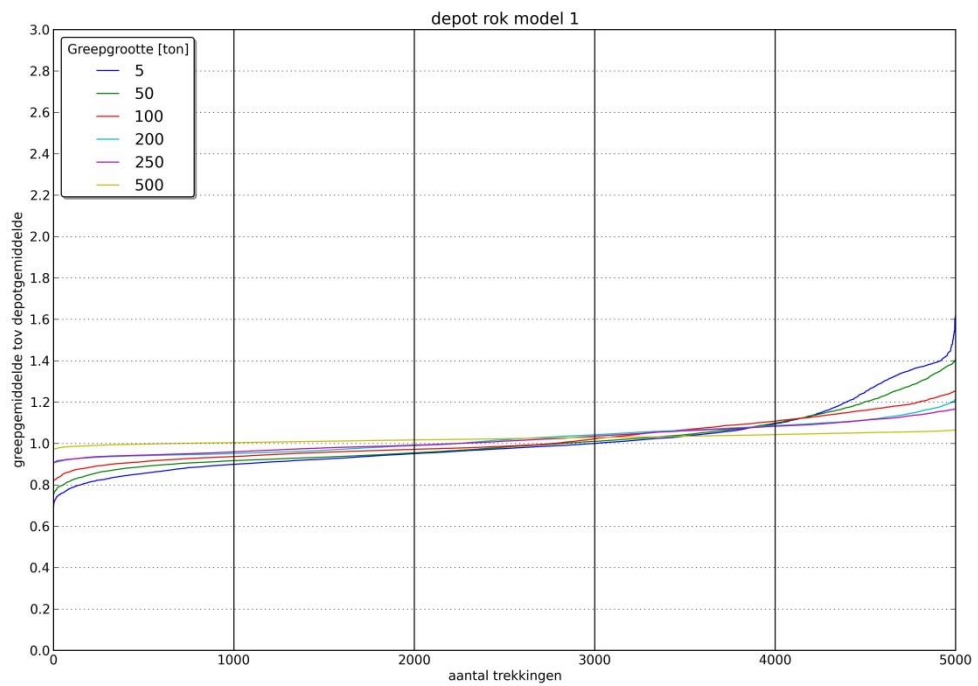


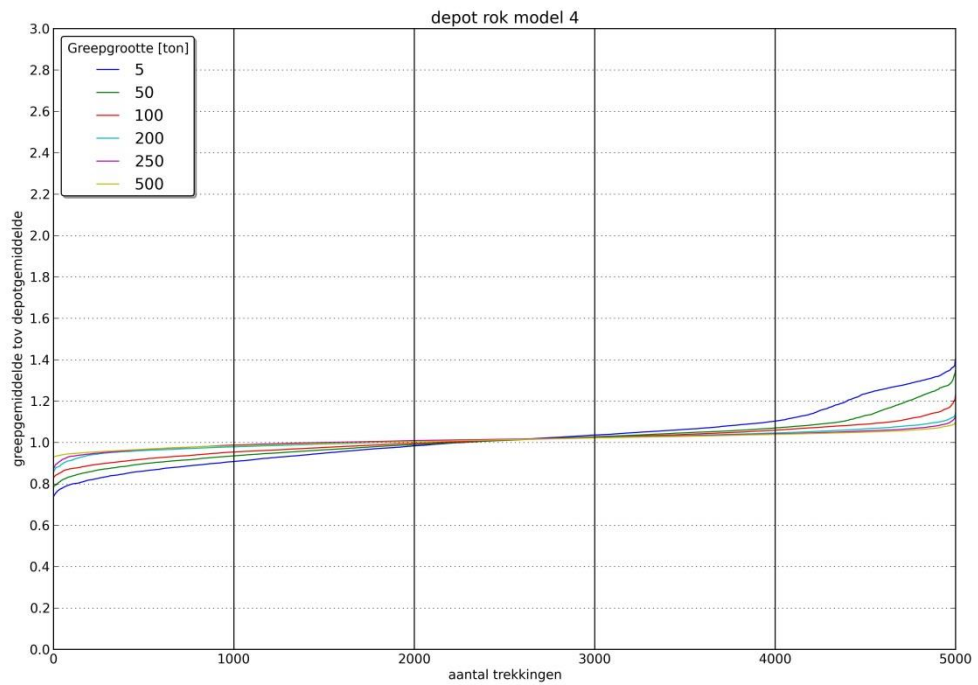
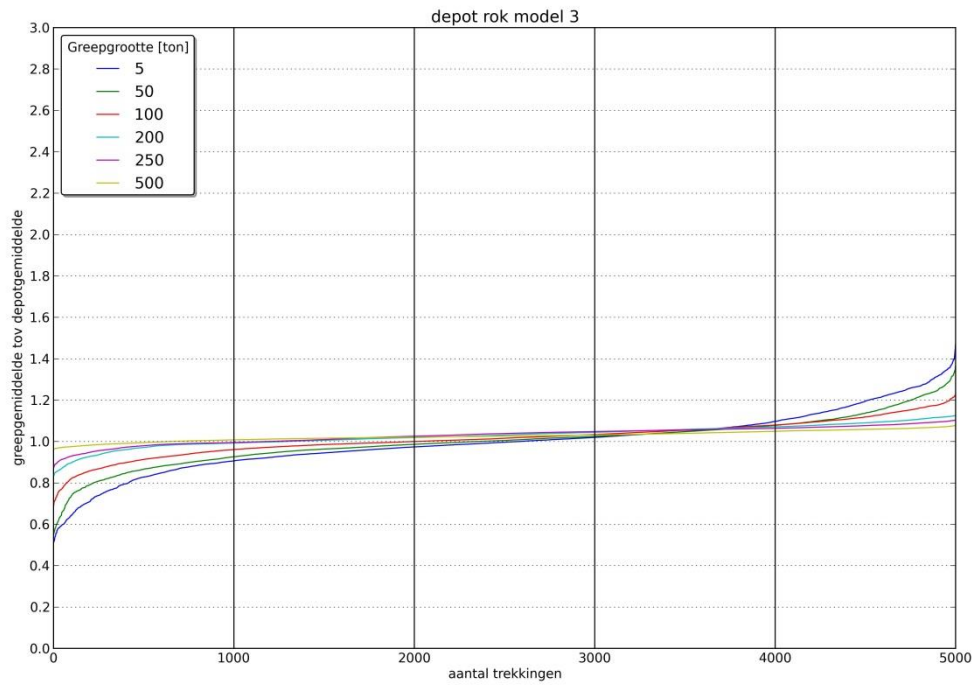


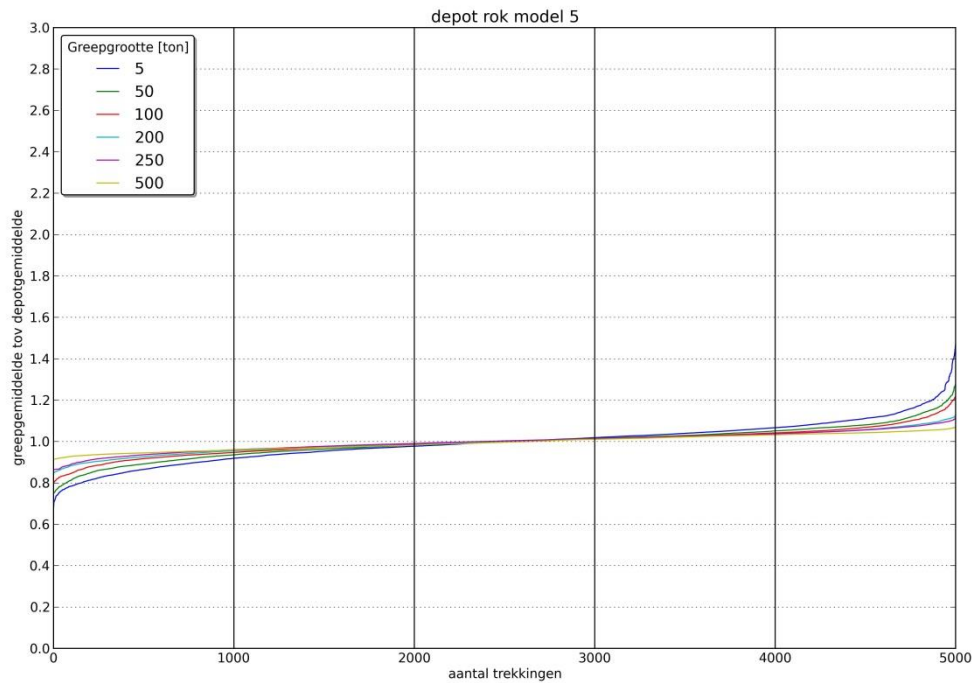
Resultaat 5 modellen samengevoegd in 1 grafiek  
(5x5.000=25.000 grepen)



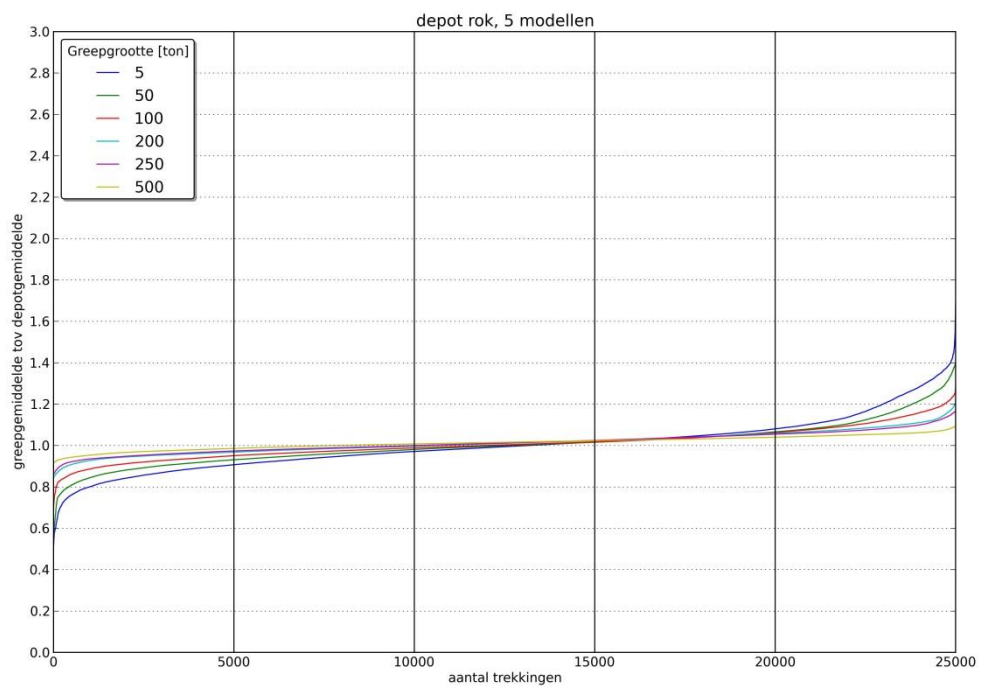
## C Resultaten Rokkeveen







Resultaat 5 modellen samengevoegd in 1 grafiek  
(5x5.000=25.000 grepen)



## D Statistische kengetallen van de beschikbare grondmodellen

	model	aantal	gemiddelde	minimum	maximum	Standaard- deviatie	Variatiecoëf- ficiënt
Depot A	Model01	5888000	7,05	0,70	230,00	10,12	143,42
	Model02	5888000	7,00	0,00	3026,90	13,11	187,35
	Model03	5888000	6,16	0,00	12703,70	12,44	202,05
	Model04	5888000	6,11	0,00	1700,60	7,46	122,13
	Model05	5888000	6,41	0,00	1920,30	10,89	169,82
	Model06	5888000	6,77	0,00	5880,20	13,38	197,59
	Model07	5888000	6,96	0,00	7661,50	14,34	206,04
	Model08	5888000	7,14	0,00	3970,30	14,34	200,80
	Model09	5888000	7,17	0,00	3064,90	14,34	200,03
	Model10	5888000	7,34	0,00	1647,50	15,19	206,88
Gaslaan	Model01	5865510	3,30	0,40	139,90	5,92	179,38
	Model02	5865510	3,02	0,00	774,10	5,43	179,89
	Model03	5865510	2,86	0,00	2047,40	5,37	187,32
	Model04	5865510	2,97	0,00	2904,50	6,78	228,76
	Model05	5865510	2,91	0,00	6463,70	8,14	279,48
	Model06	5865510	3,04	0,00	5443,40	10,83	356,57
	Model07	5865510	3,09	0,00	6411,30	9,56	309,27
	Model08	5865510	3,31	0,00	3213,50	11,47	346,63
	Model09	5865510	3,25	0,00	14700,30	17,68	543,27
	Model10	5865510	3,45	0,00	1609,40	13,36	386,91
Rokkeveen	Model01	5880000	43,41	0,30	646,20	21,29	49,04
	Model02	5880000	37,77	0,00	4375,80	21,37	56,58
	Model03	5880000	37,83	0,00	8617,80	29,54	78,09
	Model04	5880000	38,08	0,00	16104,40	25,38	66,66
	Model05	5880000	37,95	0,00	7682,00	22,88	60,31
	Model06	5880000	38,06	0,00	5397,60	25,24	66,33
	Model07	5880000	38,95	0,00	9970,90	30,29	77,77
	Model08	5880000	38,40	0,00	4377,20	26,25	68,36
	Model09	5880000	39,03	0,00	4691,10	28,28	72,45
	Model10	5880000	38,84	0,00	934,20	27,53	70,87