



Hydrofysische gegevens van de bodem in de Basisregistratie Ondergrond (BRO) en het Bodemkundig Informatie Systeem (BIS)

Update 2018

G. Bakker, M. Heinen, W.J.M. de Groot, F.B.T. Assinck & E.W.J. Hummelink

| WOt-technical report 149



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

**Hydrofysische gegevens van de bodem in de Basisregistratie Ondergrond (BRO) en
het Bodemkundig Informatie Systeem (BIS)**

Dit Technical report is gemaakt conform het Kwaliteitsmanagementsysteem (KMS) van de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, onderdeel van Wageningen University & Research.

De WOT Natuur & Milieu voert wettelijke onderzoekstaken uit op het beleidsterrein natuur en milieu. Deze taken worden uitgevoerd om een wettelijke verantwoordelijkheid van de minister van Economische Zaken te ondersteunen. De WOT Natuur & Milieu werkt aan producten van het Planbureau voor de Leefomgeving, zoals de Balans van de Leefomgeving en de Natuurverkenning. Verder brengen we voor het ministerie van Economische Zaken adviezen uit over (toelating van) meststoffen en bestrijdingsmiddelen, en zorgen we voor informatie voor Europese rapportageverplichtingen over biodiversiteit.

Disclaimer WOt-publicaties

De reeks 'WOt-technical reports' bevat onderzoeksresultaten van projecten die kennisorganisaties voor de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu hebben uitgevoerd.

WOt-technical report 149 is het resultaat van een onderzoeksopdracht van en gefinancierd door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV).

Hydrofysische gegevens van de bodem in de Basisregistratie Ondergrond (BRO) en het Bodemkundig Informatie Systeem (BIS)

Update 2018

G. Bakker, M. Heinen, H.P.A. Gooren, W.J.M. de Groot, F.B.T. Assinck, E.W.J. Hummelink

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu

Wageningen, April 2019

WOt-technical report 149

ISSN 2352-2739

DOI: 10.18174/474161

Referaat

Bakker, G., M. Heinen, H.P.A. Gooren, W.J.M. de Groot, F.B.T. Assinck & E.W.J. Hummelink (2019). *Hydrofysische gegevens van de bodem in de Basisregistratie Ondergrond (BRO) en het Bodemkundig Informatie Systeem (BIS); Update 2018*. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WUR. WOT-technical report 149. 120 blz.; 5 fig.; 6 tab.; 53 ref; 12 Bijlagen.

Hydrofysische eigenschappen van de bodem zijn de eigenschappen die de interactie tussen water en bodem beschrijven. Water vormt het voornaamste transportmedium van opgeloste stoffen in de bodem, zoals nitraten, fosfaten, zouten, pesticiden, antibiotica, organisch materiaal. Daarom zijn hydrofysische bodemgegevens ook voor het transportgedrag voor deze stoffen van groot belang. Voorbeelden hiervan zijn onder meer waterretentie, waterdoorlatendheid, krimp en zwel, organisch stofgehalte, korrelgrootteverdeling (textuur), bodemaggregatie en macroporiën (structuur), dichtheid, en capillaire opstijging. Hydrofysische bodemgegevens zijn bepalend in toepassingsgebieden die te maken hebben met de bodem-waterconditie: voedselzekerheid (droogte- en waterschade), landbouw (precisiedrainage, irrigatie), bodemverzilting en bodemalkalinisatie (verdamping en capillaire opstijging), broeikasgasemissies vanuit de bodem (N₂O, CO₂), natuurbehoud (natte en droge natuurtypen), duurzaam landgebruik en 'healthy soils' (functie allocatie), waterkwaliteit (nutriënten, contaminanten, antibiotica, uit- en afspoeling naar grond- en oppervlaktewater), overstromingen en plasmavorming (dijkstabiliteit, infiltratie, waterafstotendheid), en infrastructurele schade door bodemdaling (zwel en krimp en oxidatie van veen als gevolg van ontwatering). Omdat er groeiende behoefte is aan actuele gegevens van hoge kwaliteit en omdat de huidige databases nog onvoldoende opschalingsmogelijkheden bieden, worden in onderhavig project jaarlijks aanvullende kwalitatief hoogwaardige gegevens gegenereerd. De hydrofysische gegevens van de bodem en de bijbehorende beschrijvende gegevens zijn ondergebracht in het Bodemkundig Informatie Systeem (BIS) en worden vanaf 2019 ook ondergebracht in de Basisregistratie Ondergrond (BRO). Momenteel zijn er 217 monsters, gekoppeld aan profielbeschrijvingen en andere meta-informatie, in BIS opgenomen.

Trefwoorden: bodemfysica, hydrofysisch, SHP, bodemfysisch, BIS, BRO, retentie, pF-curve, waterdoorlatendheid, dichtheid

Abstract

Bakker, G., M. Heinen, H.P.A. Gooren, W.J.M. de Groot, F.B.T. Assinck, E.W.J. Hummelink (2019). *Soil Hydro-Physics properties in BRO and BIS; Update 2018*. Wageningen, Statutory Research Tasks Unit for Nature & the Environment, WUR. WOT-technical report 149. 120 p.; 5 fig.; 6 tab.; 53 ref; 12 Appendices.

Soil Hydro-Physics (SHP) properties are the key properties that determine soil-water interactions. As water is the primary transport medium for dissolved compounds, such as nitrogen, phosphates, pesticides, antibiotics, organic matter, etc., Therefore SHP-properties are also important for the transport behaviour of these substances. Examples of these properties are water retention, -(un)saturated hydraulic conductivity, shrinkage and swelling, organic matter content, texture (particle distribution), structure (soil aggregation/pore structure), density and capillary rise. SHP-properties are determinants in research areas related to soil-water conditions: food security (drought and water damage), agricultural development (precision drainage, irrigation), soil salinisation and sodification (evaporation and capillary rise equilibrium), soil greenhouse gas emissions (N₂O, CO₂), nature conservation (wet and dry ecosystem types), sustainable land use and healthy soils (function allocation), water quality (nutrients, contaminants, antibiotics, percolation, leaching and run-off to groundwater and surface water), flooding and ponding (dike stability, infiltration, soil water repellency) and infrastructural damage (soil shrinkage). Given the increasing demand for current data of high quality and the fact that existing databases lack sufficient potential for upscaling, this project serves as a means to generate additional high quality data each year. The SHP-properties and related meta information are implemented in the BIS (*Bodem Informatie Systeem*) and from 2019 will be implemented in the BRO database (*Basisregistratie Ondergrond*) as well. Currently there are 217 samples linked to profile descriptions and other meta information in the BIS-database.

Keywords: soil physics, soil hydro-physics, BIS, BRO, retention, pF curve, soil hydraulic conductivity, density

© 2019 **Wageningen Environmental Research**

Postbus 47, 6700 AA Wageningen

Tel: (0317) 48 07 00; e-mail: gerben.bakker@wur.nl

De reeks WOT-technical reports is een uitgave van de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, onderdeel van Wageningen University & Research. Dit technical report is verkrijgbaar bij het secretariaat. De publicatie is ook te downloaden via www.wur.nl/wotnatuurenmilieu.

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, Postbus 47, 6700 AA Wageningen

Tel: (0317) 48 54 71; e-mail: info.wnm@wur.nl; Internet: www.wur.nl/wotnatuurenmilieu.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Woord vooraf

Dit onderzoek voor de verzameling van hydrofysische gegevens van de bodem voor het Bodemkundig Informatie Systeem (BIS) en de Basisregistratie Ondergrond (BRO) is onderdeel van het programma Bodem Informatie Systeem (WOT-04-013-06). Het onderzoek is gefinancierd door het ministerie van van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. Wij zijn Frans Lips van dit ministerie erkentelijk voor zijn nuttige inbreng. Gegevens die binnen andere projecten worden verkregen en geschikt zijn voor opname in BIS en BRO worden eveneens in de database en deze rapportage opgenomen. Vanwege privacy-overwegingen zijn alle gegevens geanonimiseerd en worden hier daarom niet bij naam genoemd. Desondanks zijn wij ook deze partijen zeer erkentelijk voor hun bijdragen.

Gerben Bakker, Marius Heinen, Harm Gooren, Willy de Groot, Falentijn Assinck en Eduard Hummelink

Wageningen, april 2019

Inhoud

Woord vooraf	5
Samenvatting	9
Summary	11
1 Inleiding	13
1.1 Algemeen	13
1.2 Aanleiding en probleemstelling	13
1.3 Projectdoelstelling	14
1.4 Leeswijzer	14
2 Geschiedenis, toekomst en impact van hydrofysische bodemgegevens	15
2.1 Nut en noodzaak van hydrofysische bodemgegevens	15
2.1.1 Hydrofysische gegevens van de bodem als basis	15
2.1.2 Gezonde bodems (Eng: healthy soils)	16
2.1.3 Beleidsmodellen en operationele modellen	16
2.2 Geschiedenis en toekomst van hydrofysische bodemgegevens	16
2.2.1 Achtergrond	16
2.2.2 Staringreeks	17
2.2.3 Priapus	17
2.2.4 Vooronderzoek hydrofysische bodemgegevens voor BIS-Nederland	18
2.2.5 De bredere context: BIS en DINO komen gezamenlijk in de BRO	19
2.2.6 INSPIRE – Infrastructure for Spatial Information in the European Community	20
2.2.7 SOPHIE – Soil Program on Hydro-Physics via International Engagement	21
2.2.8 Innovatie in het verzamelen van bodemgegevens	22
2.3 Impact van het project	22
2.3.1 Bijdrage aan BRO-doelstellingen	22
2.3.2 Bijdrage aan 'Key Recommendations' van het UN Data Revolution rapport	22
2.3.3 Bijdrage aan Sustainable Development Goals	23
3 Materialen en methoden	25
3.1 Gegevenskeuze, kwaliteit en presentatie	25
3.1.1 Welke hydrofysische bodemgegevens in BIS	25
3.1.2 Kwaliteitscriteria	25
3.2 Selectiewijze monsterlocaties	27
3.2.1 Latin hypercube sampling	27
3.2.2 Selectiewijze bemonsteringslocaties	27
3.3 Bemonsteringswijze	28
3.4 Analysemethoden	29
3.4.1 Textuur c.q. korrelgrooteverdeling	29
3.4.2 Gloeiverlies	30
3.4.3 Retentie- en onverzadigde waterdoorlatendheidskarakteristiek	30
3.4.4 Verzadigde waterdoorlatendheid	32
3.5 Afgeleide gegevens	33
3.5.1 Ontwikkeling van filter en rekensheet in Excel	33
3.5.2 Het Mualem-Van Genuchten-concept: huidige werkwijze	34
3.5.3 Het PDI-concept: Uitbreiding op het MvG-concept	35

4	Resultaten	37
4.1	Indeling detailresultaten	37
4.1.1	Algemeen	37
4.1.2	De 38 opschalingseenheden	37
4.1.3	Belangrijkste Veldgegevens	38
4.1.4	Belangrijkste hydro-fysische bodemgegevens	38
4.1.5	Aansluiting bij oudere Staringreeks	39
4.2	Aantallen monsters	39
5	Discussie	41
5.1	Rapport en database	41
5.2	Gebruiksadvies	41
5.2.1	Aandachtspunten	41
5.2.2	Fuzzy-classificatie	42
5.3	Raadplegen bodemfysische data in BIS	42
6	Conclusies	43
	Literatuur	45
	Verantwoording	49
Bijlage 1	Afhankelijke beleids- en operationele modellen	51
Bijlage 2	Excel-programma: filter en fit	53
Bijlage 3	De 38 Opschalingseenheden	59
Bijlage 4	Bodemkundige Basisgegevens	61
Bijlage 5	Afgeleide bodemkundige gegevens	65
Bijlage 6	Belangrijkste veldgegevens	69
Bijlage 7	Textuurgegevens	73
Bijlage 8	Gemeten dichtheden en Ksat, Staringbouwsteen en Gefitte MvG-parameters	77
Bijlage 9	Grafieken waterretentie en -doorlatendheid	83
Bijlage 10	Bodemkundige Karakterisering: BoKa (Geo)-codes	111
Bijlage 11	Indeling Staringreeks	113
Bijlage 12	Aantal BIS-monsters voor de 38 opschalingseenheden	115

Samenvatting

Hydrofysische parameters van de bodem zijn de belangrijkste fundamentele parameters die de bodem-water-interacties beschrijven:

- watertransport en waterretentie, en
- samen met watertransport, het transport van opgeloste stoffen zoals stikstof, fosfaat, pesticiden, antibiotica, organische verbinden, etc.

Het is daarom vanzelfsprekend dat deze grondsoort-afhankelijke parameters als basisinformatie worden gebruikt bij een groot aantal onderzoeksdisciplines.

Het verzamelen en interpreteren van fundamentele gegevens over de bodem die een directe relatie hebben met de stroming en retentie van water en stoffen, de luchthuishouding en de beschikbaarheid van organische stof, is het domein van de bodemfysica, of specifiek, de hydrofysica van de bodem. Het brede toepassingsgebied resulteert in grote behoefte aan actuele gegevens van hoge kwaliteit. Omdat de huidige databases nog onvoldoende opschalingsmogelijkheden bieden, worden in dit project elk jaar systematisch nieuwe, kwalitatief hoogwaardige gegevens toegevoegd aan BIS (Bodemkundig Informatie Systeem). Vanwege het grote maatschappelijke belang, worden de hydrofysische bodemgegevens in de nabije toekomst ook aan de BRO (Basisregistratie Ondergrond) toegevoegd. Hiervan is het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat bronhouder.

Alleen gegevens waarvan de kwaliteit voldoet aan de in onderhavig rapport gegeven eisen, zijn in BIS/BRO opgenomen. In onderstaande tabel zijn de aantallen monsters in BIS weergegeven.

Jaar	Totaal	MvG	Textuur*	LOI,Ksm,Rd	Compleet
1969-2004	44	42	32	0	0
2004-2012	10	10	10	10	10
> 2012	163	159	147	138	138
Totaal	217	211	189	148	148

- Van negen monsters kon in het jaar 2018 de textuur niet worden bepaald in verband met verhuizing van het lab. Deze worden in 2019 alsnog gerapporteerd.

Waarbij:

- Totaal = totaal aantal monsters in BIS over de aangegeven tijdsperiode.
- MvG = aantal monsters waarvan een Mualem-Van Genuchten-fit beschikbaar is die is afgeleid met de huidige uitwerkingsmethode
- Textuur = aantal monsters met een gemeten textuur over de gehele range van 0-2000 μm in tenminste vijf klassen
- LOI, Ksm, Rd = aantal monsters waarvan tenminste het gloeiverlies, èn de verzadigde waterdoorlatendheid èn de droge bulkdichtheid is gemeten
- Compleet = aantal monsters dat tenminste alle van de vorige drie genoemde items bevat

Totaal: 217 monsters.

Bovenop deze 217 kwaliteitsmonsters resteren nog:

- 72 kwaliteitsmonsters van vóór 2012 waarvan geen profielbeschrijving in BIS aanwezig is. Ondanks dit hiaat, wordt de digitaal aanwezige informatie van deze 72 monsters van voldoende waarde geacht om in de nabije toekomst alsnog onder een 'dummy bodemprofiel' in BIS op te nemen. Overigens zijn van deze 72 monsters de bodemprofielen van 33 monsters via literatuur alsnog te achterhalen.
- Bovenop deze 72 monsters zijn er nog 19 kwaliteitsmonsters waarvan de digitale data onvoldoende informatie bevat voor BIS. Echter, de benodigde aanvullende gegevens zijn wel terug te vinden in de literatuur.

Het toevoegen van de aanvullende literatuurgegevens van de $33+19 = 52$ monsters aan BIS kost echter onevenredig veel tijd. Daarom is besloten om de monsters weliswaar in BIS te gaan opnemen, maar daarbij een verwijzing naar de literatuur te geven: de literatuurdata zelf wordt voorlopig niet gedigitaliseerd. In plaats van het digitaliseren van oude data wordt de voorkeur gegeven aan het bemonsteren en analyseren van nieuwe locaties.

Op basis van de huidige 217 monsters bevatten 34 van de 38 opschalingseenheden van Bijlage 3, nu tenminste drie monsters. Dit is de minimale vereiste waarde uitgaande van het feit dat vaak duplo-monsters worden genomen. De streefwaarde van minimaal twee monsterlocaties ($>$ drie monsters) per opschalingseenheid is daarmee gehaald, met uitzondering van de Organische eenheden 'zandig veen (0)' en 'venig zand (0)' en van de Niet-Eolische eenheden 'kleiarm silt (0)' en 'kleilig silt (0)'. Deze hiaten worden mede veroorzaakt doordat van een negental monsters geen textuurbepalingen konden worden uitgevoerd in verband met de verhuizing van het laboratorium naar een andere locatie. Deze gegevens worden in de volgende rapportage toegevoegd.

Dit geldt eveneens voor de Staringreeksbouwstenen. Van de 36 Staringreeksbouwstenen zijn er

- twee of meer monsters van zestien bovengronden en zeventien ondergronden,
- drie of meer monsters van twaalf bovengronden en zestien ondergronden,
- vijf of meer monsters van acht bovengronden en elf ondergronden.

In de nabije toekomst worden met name de nog ontbrekende opschalingseenheden en Staringreeksbouwstenen opgevuld. Daarna worden de aantallen per eenheid aangevuld tot tenminste tien locaties per eenheid, zodat inzicht wordt verkregen in de spreiding tussen de eenheden, en het opschalen of clusteren van resultaten beter mogelijk wordt. Ook daarna is het nodig om de data te blijven vernieuwen, omdat bodems in de tijd aan (meestal langzame) veranderingen onderhevig zijn.

De verwerking van de ruwe meetdata tot $K-h-\theta$ -data gebeurt met software die continu wordt verbeterd. Ook de software die gebruikt wordt om de $K-h-\theta$ -data te fitten tot bijvoorbeeld Mualem-Van Genuchten-parameters wordt steeds verbeterd. Een beschrijving van de software is terug te vinden in de bijlagen van dit rapport.

Summary

Soil Hydro-Physics properties are the most important fundamental parameters determining soil–water interactions:

- water transport and water retention, and
- together with water flow, the transport of dissolved compounds such as nitrogen, phosphates, pesticides, antibiotics, organic matter, etc.

It is evident that this soil-type-dependent information is used as basic information in many fields of research.

The acquisition and interpretation of fundamental soil data relating directly to the flow and retention of water and dissolved compounds and to soil air and organic matter content is the domain of soil physics, or more specifically, soil hydro-physics. This broad applicability of the data means there is a large and increasing demand for high quality data. However, existing databases still lack sufficient potential for upscaling. This project therefore serves as a means to generate additional high quality data each year. The Soil Hydro-Physics properties and related meta information are implemented in the BIS (*Bodem Informatie Systeem* [Soil Information System]) and from 2019 will be implemented in the BRO database (*Bodem Registratie Ondergrond* [Key Register of the Subsurface]) as well. The Dutch Minister of Agriculture, Nature and Food Quality is the formal owner of the data.

Only data which meet the quality requirements mentioned in this report are implemented in BIS/BRO. The table below shows the current number of samples in BIS.

Year	Total	MvG	Texture*	LOI, Ksm, Rd	Complete
1969–2004	44	42	32	0	0
2004–2012	10	10	10	10	10
> 2012	163	159	147	138	138
Total	217	211	189	148	148

- In 2018, soil texture could not be determined for 9 samples due to the relocation of the laboratory. These will be reported in 2019.

Total	=	total number of samples in BIS over the indicated time period
MvG	=	number of samples with Mualem-van Genuchten fitting parameters, derived using the current method
Texture	=	number of samples with a measured texture (particle size distribution) in the 0–2000 µm range in at least 5 texture classes
LOI, Ksm, Rd	=	number of samples for which at least LOI (loss on ignition) <i>and</i> the saturated water conductivity <i>and</i> the dry bulk density have been measured
Complete	=	number of samples that contain at least all of the above 3 items

Total: 217 samples.

In addition to these 217 quality samples, there are:

- 72 quality samples from before 2012 for which no profile description is available in BIS. Nevertheless, the available digital information on these 72 samples is valuable enough to implement them in BIS under a 'dummy soil profile'. The soil profile for 33 of these 72 samples can be found in the literature.
- In addition to these 72 samples, there are 19 quality samples with insufficient information for BIS. However, the necessary additional data can also be found in the literature.

As obtaining the additional data on these $33 + 19 = 52$ samples from the literature would take a disproportionate amount of time, only the available digital data for these samples has been implemented in BIS, but with reference to the literature sources. The older data from the literature will not be digitised; samples from new locations will be analysed instead.

With respect to the current 217 samples, 34 out of the 38 possible scaling entities in Appendix 3 are covered by at least 3 samples. This is the minimum required assuming that most samples are taken in duplicate. The target value of at least 2 sampling locations (> 3 samples) per scaling entity has therefore been reached, with the exception of the organic entities 'sandy peat (0)' and 'peaty sand (0)' and of the non-aeolian entities 'kleiarm silt (0)' and 'kleiig silt (0)' (Remark: these Dutch entities together form the overlapping but not completely interchangeable international USDA and FAO entities 'silt loam' and 'silt'). These 'empty' scaling entities also result from the lack of texture determinations for 9 samples due to the relocation of the laboratory in 2018. These data will be presented in 2019.

This also applies to the 36 *Staringreeksbouwstenen*, including:

- 2 or more samples of 16 surface soil types available, and 17 subsoil types,
- 3 or more samples of 12 surface soil types available, and 16 subsoil types,
- 5 or more samples of 8 surface soil types available, and 11 subsoil types.

In the near future we will focus on acquiring data for the scaling entities and the *Staringreeks* entities that contain fewer than 3 samples. Thereafter the numbers per entity will be increased to at least 10 samples in order to provide information on the spread between the entities and to better support the upscaling and clustering of results. These data will subsequently need to be regularly refreshed, because soils change over time (mostly slowly).

The raw measured data is processed to produce $K_h\theta$ data using software that is regularly upgraded. The software that is used to fit the $K_h\theta$ data, for example to Mualem-VanGenuchten parameters, is also regularly upgraded. A description of the software can be found in the appendices to this report.

1 Inleiding

1.1 Algemeen

Hydrofysische parameters van de bodem zijn de belangrijkste fundamentele parameters die de bodem-water-interacties beschrijven:

- watertransport en waterretentie, en
- samen met watertransport, het transport van opgeloste stoffen zoals stikstof, fosfaat, pesticiden, antibiotica, organische verbindingen, etc.

Het is daarom vanzelfsprekend dat deze grondsoort-afhankelijke parameters als basisinformatie worden gebruikt bij een groot aantal onderzoeksdisciplines. Het verzamelen en interpreteren van fundamentele gegevens over de bodem die een directe relatie hebben met de stroming en retentie van water en stoffen, de luchthuishouding en de beschikbaarheid van organische stof, is het domein van de bodemfysica of, specifiek, hydrofysica van de bodem.

Het brede toepassingsgebied resulteert in grote behoefte aan actuele gegevens van hoge kwaliteit. Omdat de huidige databases nog onvoldoende opschalingsmogelijkheden bieden, worden in dit project elk jaar systematisch kwalitatief hoogwaardige gegevens toegevoegd aan BIS (Bodemkundig Informatie Systeem). Vanwege het grote maatschappelijke belang, worden de hydrofysische bodemgegevens in de nabije toekomst ook aan de BRO toegevoegd (Basisregistratie Ondergrond). Hiervan is het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat bronhouder.

Alleen gegevens waarvan de kwaliteit voldoet aan de in dit rapport gegeven eisen (Hoofdstuk 3), zijn in BIS/BRO opgenomen.

1.2 Aanleiding en probleemstelling

Het huidige totaal aantal betrouwbare hydrofysische bodemgegevens voor een bodemkundig informatiesysteem is niet toereikend om landsdekkende dan wel regionale studies uit te kunnen voeren. De Staringreeks (Wösten *et al.*, 1987, 1994, 2001) geeft weliswaar gemiddelden van de hydraulische karakteristieken, maar bevat geen gegevens van afzonderlijke monsters. Het bevat ook geen beschrijvende gegevens, omdat de gegevens van verschillende monsterplekken zijn geclusterd tot gemiddelde bouwstenen. Bovendien zijn de gegevens voor een groot deel gebaseerd op data van meer dan 30 jaar geleden en zijn deels bepaald met methoden die tegenwoordig niet meer worden gebruikt.

Gebruikers van hydrofysische bodemgegevens hebben behoefte aan meer differentiatie, recentere gegevens, een hogere betrouwbaarheid van de gemiddelde karakteristieken per bouwsteen en aan de beschrijvende gegevens per monsterlocatie. Met de Priapus-database is daartoe een eerste aanzet gedaan: het maakt een bredere toepassing van de data mogelijk dan de Staringreeks, omdat op monsterniveau eigenschappen zijn te vergelijken. Bovendien hebben de afgeleide data, die uit verschillende bronnen zijn verzameld, een strenge kwaliteitsslag ondergaan. Er is echter behoefte aan veel meer kwalitatief hoogwaardige en recente hydrofysische bodemdata, die tevens geschikt zijn voor opschaling op basis van meerdere criteria, zoals boven- en ondergrond, gehalte aan organische stof, textuur en afzettingmilieu.

Behalve aan de afgeleide gegevens is er ook behoefte aan de meetdata die aan de afgeleide data ten grondslag liggen, zodat nieuwe wetenschappelijke inzichten optimaal gebruikt kunnen worden, resulterend in bijvoorbeeld verbeterde afgeleide datasets. De meetdata zijn niet aanwezig in de Staringreeks en Priapus. Daarom is in de periode 2012-2014 een start gemaakt met het overbrengen van oude Priapus-data naar de BIS-omgeving. Het overbrengen gebeurt gefaseerd, om essentiële ontbrekende data uit de literatuur alsnog toe te kunnen voegen. De prioriteit ligt bij het jaarlijks verzamelen van nieuwe kwalitatief hoogwaardige HF-bodemdata om aan BIS toe te kunnen voegen.

1.3 Projectdoelstelling

Het hoofddoel van dit project is het aanvullen van BIS-gegevens met nieuwe, kwalitatief hoogwaardige hydrofysische bodemdata die voldoen aan de eisen zoals hierboven zijn omschreven. De nieuw verkregen afgeleide data alsook de meetdata worden in dit project ondergebracht in BIS en kunnen daardoor op eenvoudige en eenduidige wijze gebruikt worden, ook in combinatie met andere in BIS opgeslagen bodemkundige gegevens. Door eenduidige ontsluiting in BIS kan het vervolgens relatief eenvoudig ondergebracht worden in het Nederlandse BRO en het Europese INSPIRE: systemen die beleidsmakers en andere gebruikers helpt bij het beantwoorden van lokale, nationale en grensoverschrijdende vraagstukken.

1.4 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 wordt voornamelijk aandacht besteed aan het belang van hydrofysische bodemgegevens voor onderzoek en aan de geschiedenis en toekomst van hydrofysische bodemdata. Hoofdstuk 3 geeft een overzicht van de gebruikte veld- en laboratoriummethoden. Hoofdstuk 4 is een vrij uitgebreide presentatie van de belangrijkste componenten van de veld-, laboratorium- en deskgegevens in tabelvorm. Voor verdere details wordt verwezen naar de BIS-database. Hoofdstuk 5 geeft een korte terugblik op de resultaten, het gebruik van de resultaten en een doorkijk naar de toekomst. Ten slotte bevat hoofdstuk 6 de belangrijkste conclusies.

In de bijlagen is een overzicht gegeven van de modellen die gebruik maken van hydrofysische gegevens. Verder is het voor dit onderzoek ontwikkelde analyseprogramma voor hydrofysische eigenschappen toegelicht, en is een overzicht gegeven van de 38 opschalingseenheden. Ook is gedetailleerde informatie opgenomen over de veldwaarnemingen en de analyseresultaten van de bodemmonsters. Tot slot zijn de codes voor de Bodemkundige Karakterisering opgenomen, de indeling van de Staringreeks en een overzicht van het aantal monsters per opschalingseenheid en per Staringreeksbouwsteen.

2 Geschiedenis, toekomst en impact van hydrofysische bodemgegevens

2.1 Nut en noodzaak van hydrofysische bodemgegevens

2.1.1 Hydrofysische gegevens van de bodem als basis

Overheden en diverse nationale en internationale organisaties maken zich steeds meer zorgen over bodemdegradatie en klimaatverandering als gevolg van de intensivering en veranderingen van landgebruik. De voedselvoorziening, biodiversiteit en natuurlijke ecosystemen worden beïnvloed en samenlevingen worden bedreigd. Het gevolg daarvan is dat er toenemende behoefte is aan inzichten, methoden en technieken om te komen tot 'duurzaam en gezond bodemgebruik'. De wetenschap die zich bezig houdt met de hydrofysica van de bodem speelt een grote rol bij maatschappelijke onderwerpen die te maken hebben met oogstopbrengsten, effecten van de bodemeigenschappen op klimaatverandering door broeikasgasemissies, uitspoeling en retentie van nutriënten en contaminanten, natuurwaarden, bodemverdichting, erosie, efficiëntie van watergebruik en de invloed van de bodem op de veiligheid van dijken. Voor het faciliteren van gedegen onderzoeken zijn landsdekkende gegevens nodig van goede kwaliteit (figuur 2.1).



Figuur 2.1 Scheuren in een kleigrond door krimp beïnvloeden duidelijk de fysische eigenschappen. Er wordt gewerkt aan modellen die dit gedrag kunnen beschrijven. Daarom is data van goede kwaliteit nodig om hierin voortgang te kunnen boeken.

Voorbeelden van belangrijke hydrofysische gegevens van de bodem zijn het organische stofgehalte van de bodem, textuur, structuur, dichtheid, krimp- en zweileigenschappen van klei- en veengronden, waterafstotende eigenschappen in bijvoorbeeld dijken of na bosbranden, maar vooral ook de waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken, die direct gebruikt kunnen worden voor het modelleren van transport van water en opgeloste stoffen in de onverzadigde zone.

De bodem kent verschillende gebruiksvormen of gebruiksfuncties. Vaak zijn deze bodemfuncties bewust aan een bepaalde locatie gekoppeld, omdat de bodemeigenschappen daar geschikt zijn voor de functie. De dynamiek in het bodemvocht speelt daarin een cruciale rol. De bodem is een belangrijke parameter in de waterkringloop tussen atmosfeer, grondwater en rivieren. Grondwater, bodem en waterdamp zijn media die zich gedragen als paden waarlangs stoffen worden getransporteerd. De systemen zijn sterk gekoppeld met de uitwisseling van energie en warmte tussen het aardoppervlak en atmosfeer en zijn daarom belangrijk in weersvoorspellingen en voorspellingen van klimaatverandering op regionale en wereldschaal. De wisselwerking tussen fysische en biochemische processen, nutriënten, organische en toxische stoffen, (de)nitrificatie of de emissie of absorptie van broeikasgassen uit of in de grond komt ook tot uitdrukking in de in Nederland nog vrij onbekende term 'bodemgezondheid'. De term is echter sterk in opkomst en past in deze tijd van integrale benaderingen.

2.1.2 Gezonde bodems (Eng: healthy soils)

Bodemgezondheid wordt vaak geassocieerd met schone grond, ofwel met grond die geen verontreinigingen bevat, en aan de directe relatie met gezondheid van mens en dier. De term 'gezonde bodem' poogt echter vooral aan te duiden dat de bodem zelf gezond, ofwel van goede kwaliteit is, en dat is breder dan alleen een goede chemische gezondheid. Een gezonde bodem is in staat om duurzaam goed te functioneren, uiteindelijk resulterend in een gezonde leefomgeving voor mens en dier. Hoewel een dergelijke omschrijving van een gezonde bodem in Nederland nog weinig gebruikt wordt, is hij elders in de wereld al veel toegepast. De driehoek Fysisch-Chemisch-Biologisch omspannt de eigenschappen van de bodem die bepalend zijn voor de bodemgezondheid.

De hydrofysische gegevens van de BRO maken deel uit van de fysische bodemkwaliteit binnen de driehoek. De term is in het leven geroepen omdat de bodem nu te vaak vanuit eenzijdig perspectief wordt gezien. De bodem is echter een complex systeem dat een integrale benadering vraagt. Alleen met een integrale benadering kunnen grote vraagstukken die betrekking hebben op bijvoorbeeld voedselzekerheid en het verminderen van effecten van een veranderend klimaat, op een duurzame wijze worden opgelost. De bodemgezondheid wordt momenteel bedreigd door klimaatverandering, resulterend in bijvoorbeeld intensere regens en overvloedige erosie of, door verkeerd landgebruik, het uitmijnen van organische stof en essentiële nutriënten. Hierdoor staan ook de kwantiteit en de kwaliteit van de gewassen die verbouwd worden onder druk.

2.1.3 Beleidsmodellen en operationele modellen

Beleids effecten worden meestal gekwantificeerd met behulp van rekenmodellen. De hydrofysische gegevens van de bodem, die als basisinvoer voor deze modellen nodig zijn, hebben grote invloed op de uitkomsten van de modellen. Het belang van een goede dataset wordt daarmee onderstreept. Belangrijke beleidsmodellen die in Nederland bij omgevingsgericht onderzoek gebruikt worden zijn weergegeven in Bijlage 1. In deze bijlage zijn eveneens de diverse (experimentele) modellen weergegeven die worden gebruikt op projectbasis. Ook deze modellen zijn afhankelijk van de hydrofysische bodemgegevens als basis.

2.2 Geschiedenis en toekomst van hydrofysische bodemgegevens

2.2.1 Achtergrond

Al sinds het ontstaan van de bodemfysische wetenschap kort na WOII is men bezig om hydrofysische gegevens van de bodem systematisch te rangschikken en is men op zoek naar mogelijke generalisaties (figuur 2.2). In Nederland heeft deze systematiek voor het eerst vorm gekregen in de Staringreeks. In de loop van de tijd zijn regelmatig aanvullingen uitgevoerd en updates uitgebracht:

- Staringreeks 1987 (Wösten *et al.*, 1987);
- Staringreeks 1994 (Wösten *et al.*, 1994);
- Staringreeks 2001 (Wösten *et al.*, 2001);
- Priapus 2010 (Verzandvoort *et al.*, 2012);
- Bodemfysische gegevens in BIS 2014 (Bakker *et al.*, 2015);
- Bodemhydrofysische gegevens in BIS – Update 2016 (Bakker *et al.*, 2017).

Hieronder wordt een beknopte geschiedenis van de hydrofysische bodemreeksen gegeven en de logische opvolgingen die vervolgens plaatsvonden. De laatste jaren wordt hard gewerkt om niet alleen hydrofysische gegevens van de bodem, maar ook veel andere gegevens over de bodem dusdanig te standaardiseren en te verzamelen dat zij onder te brengen zijn in BIS, maar ook in landelijke en vervolgens Europese databanken, zoals de Nederlandse BRO en het Europese INSPIRE. Het SOPHIE-platform probeert in een internationale setting richting te geven aan harmonisatie, standaardisatie en innovatie van hydrofysische veld- en laboratoriummetingen.



Figuur 2.2 Foto links: Proeflocatie in Salland – onderzoek naar de invloed van kortstondige inundatie van grasland op draagkracht, af- en uitspoeling van nutriënten en grasopbrengst. Foto rechts: Proeflocatie in Portugal – onderzoek naar de invloed van bosbranden op de relatie tussen hydrofysische bodemeigenschappen en erosie.

2.2.2 Staringreeks

In 1987 is de Staringreeks voor het eerst uitgebracht aan de hand van 273 grondmonsters (Wösten *et al.*, 1987). In 1994 en in 2001 heeft er een uitbreiding plaatsgevonden tot respectievelijk 620 en 832 monsters die ondergebracht zijn in 18 boven- en 18 ondergronden (Wösten *et al.*, 1994, 2001).

Uitgangspunt bij de opzet van de Staringreeks was de Bodemkaart van Nederland (1: 50 000). De textuurklassen van de daarop aangegeven bodemhorizonten zijn op diverse plekken in Nederland bemonsterd in zowel de boven- als ondergrond (wortelzone en daaronder). Vervolgens is van elke onderscheiden 18 bovengronden en 18 ondergronden een gemiddelde waterretentie- en waterdoorlatendheidskarakteristiek bepaald. De Staringreeks bevat geen gegevens van afzonderlijke monsters, maar geeft gemiddelden van de karakteristieken. Om het gebruik in simulatiemodellen te vereenvoudigen, zijn de karakteristieken behalve in tabelvorm ook beschreven met 'klassevertaalfuncties'. Dit zijn analytische vergelijkingen die beschreven worden met de Mualem-Van Genuchten-parameters (Mualem, 1976; Van Genuchten, 1980). Aanvullend zijn nog 'continue vertaalfuncties' (Eng.: pedotransfer functions) gegeven die de klassevertaalfuncties kunnen genereren op basis van lutumgehalte, leemgehalte, organische stofgehalte, M50, dichtheid en een boven- of ondergrondaanduiding.

Voor- en nadelen Staringreeks

Het grote voordeel van de Staringreeks is het overzichtelijke en snel toepasbare karakter. Dit heeft ervoor gezorgd dat het veel gebruikt wordt in modelstudies. Nadeel is echter dat de ruwe data en beschrijvende gegevens van de monsters onbekend zijn. Gebruikers van de Staringreeks hebben behoefte aan meer differentiatie van de hydrofysische bodemgegevens en aan een hogere betrouwbaarheid van de gemiddelde karakteristieken per bouwsteen. Dit inzicht is van belang om de betrouwbaarheid van uitkomsten van modellen te kunnen kwantificeren. De indeling van de Staringreeks is gemaakt op basis van textuur, aard van het moedermateriaal (groe indeling) en het organische stofgehalte (groe indeling). Er wordt niet of nauwelijks onderscheid gemaakt in dichtheid, bodemtype en afzettingsmilieu. De pakking, sortering en het organische stofgehalte van oude dekzanden zijn bijvoorbeeld beduidend anders dan bij de stuifzandgronden. Als gevolg hiervan verwacht men ook dat de hydrofysische bodemkarakteristieken verschillen. Hiermee is echter in de huidige Staringreeks geen rekening gehouden. De hydrofysische bodemkarakteristieken zijn gemiddelden binnen dezelfde bouwsteen, waardoor het hydraulische gedrag van alle bodemhorizonten binnen een bouwsteen hetzelfde is.

2.2.3 Priapus

In opdracht van het Project Kwaliteitsslag Databestanden & Modellen van de WOT Natuur & Milieu en de Helpdesk Vitaal Landelijk Gebied heeft er, als gevolg van de veranderde gebruikerswensen, een

kwaliteitsanalyse plaatsgevonden. Tussen 2006 en 2008 zijn afgeleide gegevens en beschrijvende gegevens van grondmonsters, waarop onder meer de Staringreeks is gebaseerd, opgezocht in de archieven van Stiboka, ICW, Staring Centrum en Alterra. De afgeleide HF-bodemdata zijn opgenomen in het Microsoft Access gegevensbestand Priapus (Verzandvoort *et al.*, 2012), terwijl van de beschrijvende (veld)gegevens een referentie is gegeven in het rapport. De gegevens zijn getoetst aan strenge kwaliteitseisen. *De database is niet ontworpen om de Staringreeks te vervangen, maar als een uitbreiding daarvan.*

Voor de certificering tot Kwaliteitsstatus A in 2008 werd een groot deel van de monstergegevens vervolgens afgeschermd voor gebruik, omdat op grond van de gehanteerde criteria afgeleide gegevens of soms ook metingen onvoldoende volledig of betrouwbaar werden geacht, of omdat onvoldoende beschrijvende (veld)informatie van de grondmonsters aanwezig was. Mede omdat de bodem continu aan verandering onderhevig is en een groot deel van de monsters in Priapus (en Staringreeks) ouder is dan 30 jaar, zijn op dit moment nog onvoldoende recente en gecertificeerde gegevens van hydrofysische bodemkarakteristieken beschikbaar om nieuwe bodemschematisaties zoals PAWN (Wösten *et al.*, 1988) of BOFEK2012 (Wösten *et al.*, 2013) af te kunnen afleiden of om landsdekkende of regionale studies uit te kunnen voeren met bijvoorbeeld STONE (Wolf *et al.*, 2003).

Voor- en nadelen Priapus

De afgeleide analysereeksen zijn nu per monster in Priapus opgenomen en uitgebreid getest op kwaliteitskenmerken. Door het ontsluiten van kwalitatief hoogwaardige afgeleide data, gecombineerd met de mogelijkheid om deze hydrofysische data van de bodem te koppelen aan meta-informatie per monsterpunt, wordt tegemoetgekomen aan de gebruikerswensen om de betrouwbaarheid van uitkomsten van hydrologische modellen en de variatie tussen de karakteristieken van monsters met verwante eigenschappen te kunnen kwantificeren. De Priapus-opzet maakt een bredere toepassing van de data mogelijk dan de Staringreeks, omdat op een veel kleiner detailniveau eigenschappen zijn te vergelijken. Bovendien kan de gebruiker zelf voortschrijdende inzichten gebruiken om bijvoorbeeld klasse-vertaalfuncties te genereren die betrekking hebben op het afzettingsmilieu. Afgeleide datasets hebben in Priapus alleen het kwaliteitskenmerk 'goed' of 'expert' als zij een voldoende bereik hebben en als de data consistent is met de overig verkregen informatie op het meetpunt. Daarom zijn er veel minder hoogwaardige datasets (135 stuks) beschikbaar dan in de Staringreeks, die de afgeleide gegevens gebaseerd heeft op 832 monsters. Hierdoor zijn geen landsdekkende onderzoeken met Priapus mogelijk. Een ander belangrijk nadeel is dat vaak alleen de afgeleide gegevens in Priapus zijn opgenomen en niet de meetreeksen zelf, waardoor voortschrijdende inzichten niet toe te passen zijn op de oorspronkelijke ruwe meetdata. Bovendien ontbreken vaak profielbeschrijvingen en aanvullende meetgegevens, zoals de verzadigde waterdoorlatendheid en het organische stofgehalte.

2.2.4 Vooronderzoek hydrofysische bodemgegevens voor BIS-Nederland

Vanwege het ontbreken van voldoende gecertificeerde hydrofysische gegevens van de bodem in Priapus is in de aanloop naar de update voor BIS onderzocht welke aanvulling minimaal nodig is (Knotters *et al.*, 2011).

Verzandvoort *et al.* (2012) stellen een nieuwe indeling in HF-bodemeenheden voor. Die indeling moet voldoen aan onder meer de eis dat hydrofysische bodemkarakteristieken op meerdere niveaus, zowel bodemkundig als geologisch, kunnen worden ingedeeld en geselecteerd. De criteria op basis waarvan opschaling dan kan plaatsvinden, zijn:

- afzettingsmilieu (zes hoofdklassen);
- textuur (zes leemklassen, vijf mediaanklassen, tien lutumklassen);
- boven- en ondergrond (twee klassen);
- gehalte aan organische stof (zes klassen voor minerale gronden en drie klassen voor moerige gronden). Hydrofysische gegevens van de bodem in BRO en BIS – Update 2017 (Bakker *et al.*, 2018).

Het theoretisch aantal ruimtelijke opschalingseenheden is volgens Knotters *et al.* (2011) dan gelijk aan 2364. Dit aantal is te groot om uit elke eenheid een monster te nemen. Daarom wordt monstername volgens een Latin hypercube-steekproef aanbevolen. In dat geval moet ervoor gezorgd worden dat in ieder geval alle bovengenoemde klassen ($6+6+5+10+2+6+3 = 38$) vertegenwoordigd zijn met

ten minste twee monsters per klasse. Meerdere monsters per klasse zijn nodig om de nauwkeurigheid van geschatte gemiddelden te kunnen kwantificeren. Rekening houdend met de al aanwezige monsters in Priapus, concludeerden Knotters *et al.* (2011) dat er nog ten minste 50 horizonten bemonsterd moesten worden, resulterend in een minimale steekproefomvang van 100. Aanbevolen werd de monsterlocaties gericht te selecteren met als doel de hiaten in Priapus op te vullen. De Latin hypercube-werkwijze heeft het voordeel dat het de gebruiker in staat stelt zelf de grootte van de ruimtelijke opschaling te kiezen. Het nadeel van de werkwijze is dat opschalings- of aggregatiemethoden voor kleine gebieden of voor 'empty domains' niet eenvoudig zijn. Het gebruik van modellen is hierbij onvermijdelijk.

De nieuwe ruimtelijke indeling van Wageningen Environmental Research (WENR) sluit nauw aan op de geologische indeling die Deltares gebruikt voor de diepere ondergrond. Het is echter niet realistisch om een compatibiliteit van 100% te bereiken. De overeenkomsten zijn echter dusdanig groot dat dit een gunstige uitwerking heeft voor de samenvoeging van het DINO-loket en het BIS in de Basisregistratie Ondergrond (BRO).

2.2.5 De bredere context: BIS en DINO komen gezamenlijk in de BRO

BIS - Bodemkundig Informatie Systeem

Bodemgegevens staan in de top 5 van meest door de overheid gebruikte gegevens (De Vries *et al.*, 2017). Het betreft dan veelal bodemgegevens uit het Bodemkundig Informatie Systeem (BIS) dat in beheer is bij WENR. BIS-Nederland bevat, behalve hydrofysische meetdata én afgeleide gegevens, enorm veel informatie over de Nederlandse bodem die vanaf de jaren zestig tot op heden op systematische wijze is verzameld en bewerkt. BIS-Nederland bestaat uit de volgende onderdelen:

- Lokale bodemgegevens over de bodemkwaliteit, bodemopbouw en hydrofysische en chemische eigenschappen per laag;
- Landsdekkende bodem- en grondwatertrappenkaart schaal 1 : 50 000;
- Landsdekkende bodemkaart schaal 1 : 250 000;
- Bodem- en grondwatertrappenkaarten op schalen 1 : 25 000 en 1 : 10 000;
- Kaarten en bestanden met gedetailleerde beschrijving van de grondwaterdynamiek;
- DeltaBIS: mogelijkheid tot vervaardiging van kaarten 'op recept' door de gebruiker zelf.

DINO - Data en Informatie van de Nederlandse Ondergrond

DINO staat voor Data en Informatie van de Nederlandse Ondergrond. Daar waar BIS zich richt op de Nederlandse bovengrond tot circa 1,2 m-mv, richt TNO zich met DINO op de bodem daaronder. DINO is de centrale opslagplaats voor geowetenschappelijke gegevens over de diepe en ondiepe ondergrond van Nederland (voor diverse gebruiksdoeleinden), die te maken hebben met grondwater, delfstoffen en bodemchemie. Vanaf 2006 zijn voor DINO ongeveer 200 boringen tot 30 à 40 meter diepte uitgevoerd met zeer zware apparatuur en zijn er circa 6000 analyses verricht (mondelijke informatie TNO, 2014). Het betreft steekboringen, waarin sonderingen en meestal een boorgatmeting zijn uitgevoerd. De zware apparatuur is ongeschikt om monsters te nemen voor BIS vanwege de gevoeligheid van hydraulische kenmerken voor mechanische verstoringen. DINO en BIS bestrijken elk een eigen toepassingsgebied en zijn complementair.

BRO - Basisregistratie Ondergrond

BRO staat voor Basisregistratie Ondergrond. Binnen BRO wordt de ondergrond gedefinieerd als de ruimte tussen het maaiveld en de aardkern (Hooghart, 2011). BRO is een van de Geo-basisregistraties van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. Het besluit tot invoering van BRO is in nauwe samenwerking met de overige bestuursorganen tot stand gekomen en zal ook gezamenlijk verder worden uitgewerkt tot een eenduidig, landelijk systeem.

In BRO wordt zowel BIS als DINO opgenomen, omdat beide afzonderlijke informatiesystemen onvoldoende met elkaar zijn verbonden en de gegevens vaak andere doelen dienen. Het gebruik van geologische en bodemkundige gegevens vindt veelal plaats in de vorm van kaarten en profielen die gebaseerd zijn op geologische en bodemkundige modellen. In BRO worden verder de diepe mijnbouwwet-gerelateerde gegevens opgenomen. Die worden momenteel verstrekt via NLOG (NL Olie-en Gasportaal).

BRO maakt onderdeel uit van het Stelsel van Basisregistraties. Met dit stelsel verbetert de overheid haar dienstverlening door belangrijke gegevens over onder andere personen, bedrijven, gebouwen en de ondergrond binnen de overheid te delen via de zogeheten 'webdiensten'. Dankzij goed gestructureerde formulieren en protocollen kunnen gebruikers gegevens opvragen of een berekening laten uitvoeren. Op dezelfde manier kunnen gebruikers binnenkort grondwaterstanden opvragen of een dwarsdoorsnede maken van een driedimensionaal ondergrondmodel. Ook kunnen bronhouders en adviesbureaus rechtstreeks een vraag stellen aan het loket. Al deze gegevens zijn kosteloos beschikbaar en toegankelijk voor overheden, bedrijven en burgers.

Het wettelijke Stelsel kent elf Basisregistraties, waaronder bijvoorbeeld Adressen en Gebouwen (BAG), Basisregistratie Grootchalige Topografie (BGT), Basisregistratie Kadaster (BRK), Basisregistratie Ondergrond (BRO), Basisregistratie Personen (BRP), Basisregistratie Voertuigen (BRV), Waarde Onroerende Zaken (WOZ), en andere, waarvan de BRO ongeveer even groot is als de andere tien samen.

Situatie 2018 en daarna:

De BRO bestaat uit 26 registratieobjecten, waarvan vijf bodemkundige registratieobjecten. In 2017 zijn daarin gerealiseerd de Boormonsterprofielen, Bodemkaart van Nederland en de Geomorfologische Kaart van Nederland. In de komende periode 2018/2019 worden hydrofysische bodemgegevens uit BIS overgenomen, evenals andere bodemmonsteranalyses, maar ook de Grondwaterdynamische Kaart van Nederland. Voor de eerder opgenomen registraties worden in die periode updates uitgevoerd.

Beleidsmakers beschikken met BRO over meer en betere gegevens, waardoor ze sneller en beter gefundeerde beslissingen kunnen nemen ten aanzien van een breed spectrum aan beleidsvragen. Zij krijgen met BRO direct toegang tot de gegevens die voor hen van belang zijn. Het belang van adequate informatie over de bodem en ondergrond neemt in de toekomst verder toe, ook in het kader van Europese regelgeving. De exacte inhoud (registratieobjecten) van BRO wordt in samenwerking met belanghebbenden vastgelegd in de Catalogus BRO. Daartoe moet op grond van het wetsvoorstel voor de start van de BRO in ieder geval één AMvB en één ministeriële regeling worden vastgesteld (2017). In de AMvB worden de brondocumenten van registratieobjecten aangewezen die in BRO worden opgenomen.

BRO geeft tevens invulling aan (een deel van) verplichtingen die voortvloeien uit de Europese richtlijn INSPIRE (zie hieronder). Deze richtlijn verplicht lidstaten onder meer gegevens over de ondergrond via internet ter beschikking te stellen. Dit betekent dat er een wettelijke verplichting voor alle bestuursorganen komt om gegevens, die in de catalogus BRO genoemd worden, aan te leveren.

Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat wordt bronhouder van de gegevens die op het moment van de inwerkingtreding van de wet op de BRO in BIS en DINO staan. Eventuele terugmeldingen op deze gegevens zijn daarmee een verantwoordelijkheid van de minister, ook in het geval deze gegevens in het verleden door een ander bestuursorgaan zijn aangeleverd. Conform de andere basisregistraties is het uitgangspunt dat BRO de best mogelijke gegevens bevat, maar geen 100% garantie geeft op de juistheid. Bestuursorganen kunnen dus worden aangesproken op hun zorgplicht. Indien bij de totstandkoming van de brondocumenten zorgvuldigheid is betracht, heeft het bestuursorgaan aan zijn verplichtingen voldaan en geldt er geen verdere aansprakelijkheid.

2.2.6 INSPIRE – Infrastructure for Spatial Information in the European Community

BRO is opgezet met als doel de informatiehuishouding van de Nederlandse ondergrond te verbeteren. Met BRO geeft Nederland ook invulling aan de Europese INSPIRE-eisen voor de thema's uit de Annex II Geology en de Annex III: Soil, Environmental monitoring facilities. De INSPIRE-richtlijn verplicht de Europese lidstaten geo-informatie over 34 thema's te voorzien van metadata, deze te harmoniseren en beschikbaar te stellen via het INSPIRE-portaal volgens leveringsvoorwaarden die het gebruik niet onnodig belemmeren. INSPIRE zorgt er zo voor dat geo-informatie van goede kwaliteit beschikbaar, vindbaar en bruikbaar is en dat de inhoud ervan, ook over de landsgrenzen heen, op elkaar is afgestemd. Hiervoor richten de lidstaten een netwerk in dat bestaat uit één Europees en meerdere nationale internetportalen en netwerkdiensten. Via dit INSPIRE-netwerk krijgen zowel overheden als burgers en bedrijven toegang tot de geo-informatie. INSPIRE is gestart in 2007 en zal naar

verwachting in 2019 volledig operationeel zijn. Een Europees Ruimtelijke Data Infrastructuur helpt beleidsmakers bij het beantwoorden van grensoverschrijdende vraagstukken.

2.2.7 SOPHIE – Soil Program on Hydro-Physics via International Engagement

De omvangrijke toepasbaarheid van betrouwbare hydrofysische bodemgegevens maakt dat de behoefte aan deze gegevens breed gedragen wordt door onderzoekers en adviseurs en in toenemende mate ook door beleidsmakers. Echter, gelijktijdig blijkt harmonisatie en de ontwikkeling van nieuwe kosteneffectieve technieken moeilijk te realiseren. Dit komt voornamelijk door de geringe directe zichtbaarheid van hydrofysische bodemdata in de maatschappelijke onderwerpen waarin ze worden gebruikt. Dit resulteert erin dat het verzamelen van hydrofysische gegevens van de bodem tijdrovend en dus kostbaar blijft, mede gezien de geringe investeringen in innovatie op dit gebied.

Om in Europees verband breder draagvlak en samenwerking te creëren, is SOPHIE opgericht. De doelstelling van SOPHIE¹ (2017) is als volgt omschreven: "SOPHIE supports the realisation of qualified soil hydro-physics (SHP) data, highly needed in EU policy making, coming from EU-wide agreed, preferred, and innovated cost-effective laboratory- and field methods, accomplished through international collaboration."

SOPHIE streeft naar een algemeen geaccepteerde mate van harmonisatie en standaardisatie van bepalingen in het veld en laboratorium, en het beschikbaar komen van data die zijn gebaseerd op gestandaardiseerde en geharmoniseerde procedures en methoden, die gebruikt kunnen worden als basis voor EU bodem-gerelateerde onderzoek en beleid (figuur 2.3).



Figuur 2.3 De mate van verzilting in de wortelzone en aan maaiveld wordt onder andere bepaald door de combinatie van capillaire transporteigenschappen van de bodem en de zoutconcentratie van het grondwater.

Er zijn namelijk wel degelijk kansen om de stagnerende ontwikkeling van technieken en harmonisatie te verbeteren. Eén voorbeeld is de aanpassing van huidige kennis op het gebied van remote sensing en proximal sensing tot voor onze doelstelling bruikbare technieken en methoden. Deze nieuwe technieken kunnen, in combinatie met moderne veld- en laboratoriumtechnieken, leiden tot kosteneffectieve methoden voor de bepaling van hydrofysische parameters van de bodem. Daarmee kunnen de huidige databases zoals BIS en het Europese LUCAS sneller worden uitgebreid en leiden tot betrouwbaardere grootschalige studies.

¹ SOPHIE = SOil Program on Hydro-physics via International Engagement

2.2.8 Innovatie in het verzamelen van bodemgegevens

WENR heeft een literatuurstudie uitgevoerd (Knotters *et al.*, 2017) om te kunnen bepalen welke nieuwe snellere technieken inmiddels beschikbaar zijn voor het verzamelen van bodemgegevens. Daarbij zijn vooral de technieken interessant waarvan wetenschappelijk is aangetoond dat zij de hydrofysische en hydrologische bodemeigenschappen in kaart kunnen brengen. De 'traditionele' manier om deze gegevens in het veld en laboratorium te bepalen, onder andere door het nemen van ringmonsters, is arbeidsintensief. De resultaten van de literatuurstudie laten zien dat er interessante aanknopingspunten zijn om snellere, maar meestal minder nauwkeurige methoden, zoals Proximal Sensing of Remote Sensing, te gebruiken en deze te koppelen aan de nauwkeurige conventionele methoden.

Momenteel voert WENR een validatiestudie uit met een gammaspectrometer onder een drone, waarmee snel grote bodemoppervlakken in kaart kunnen worden gebracht. De gammaspectro-meter meet de van nature aanwezige radioactieve straling van de bodemfracties in klei, silt en zand in de bovenste delen van de bodem, waarbij elke fractie zijn specifieke herkenbare autonome straling heeft. De meting geeft daarmee een schatting van de grove textuurverdeling, onderverdeeld in lutum-, silt- en zandfracties. Omdat de meting passief de natuurlijke bodemstraling meet, is deze veilig voor de gezondheid. De meetdiepte is normaal gesproken echter niet groter dan 30 cm. Zodra de gamma-spectrometer geschikt gemaakt wordt als sonderingssensor, kunnen ook de diepere bodemlagen in kaart worden gebracht. Door de grovere snelle metingen op een groot aantal locaties te koppelen aan de gedetailleerde laboratoriummetingen van een beperkt aantal locaties, kunnen data slim worden geïnterpoleerd.

2.3 Impact van het project

2.3.1 Bijdrage aan BRO-doelstellingen

De hydrofysische gegevens van de bodem in BIS zijn nog niet officieel gekoppeld aan een of meer registratieobjecten van BRO. Omdat binnen dit onderzoek tevens boorprofielen worden gemaakt, kunnen de meeste monsters worden gekoppeld aan het registratieobject boormonsterprofielen. De in dit project uitgebreid bepaalde gegevens, kunnen in de nabije toekomst in BRO opgenomen worden en vormen essentiële basisgegevens voor modellen die gebruikt worden bij het beantwoorden van belangrijke maatschappelijke vragen. Het zwaartepunt in het hydrofysische deelonderzoek ligt uiteraard op het bepalen van de hydrofysische basisgegevens van de diverse bodemhorizonten, waarmee modellen met een bodem-water-interacties worden gevoed. Tezamen met de andere data in BIS/BRO ontstaat een zeer waardevolle relatie tussen enerzijds de hydrofysische basisgegevens en anderzijds profielbeschrijvingen, grondwatergegevens, chemische samenstelling van de bodem, geomorfologische gegevens en datamodellen.

2.3.2 Bijdrage aan 'Key Recommendations' van het UN Data Revolution rapport

"Data en modellen zijn van levensbelang voor besluitvorming en leveren het ruwe materiaal voor af te leggen verantwoording. Zonder de juiste informatie is het ontwerpen, monitoren en evalueren van beleid een bijna onmogelijke opgave."

Zo begint het rapport 'A world that counts' van de UN Expert Advisory Group on a Data Revolution for Sustainable Development (Gonzalez-Morales *et al.*, 2014). De adviesgroep doet een aantal aanbevelingen, 'key recommendations', die ervoor moeten zorgen dat het verzamelen, opslaan en verstrekken van data beter wordt afgestemd op de informatie die we nodig hebben om de vorderingen op weg naar de Sustainable Development Goals (SDG's) te monitoren.

De doelstellingen van BRO komen in grote lijnen overeen met de doelstellingen van de UN Expert Advisory Group (tabel 2.1). Wel moet worden opgemerkt dat wat betreft de realisatie van de Landelijke Voorziening van BRO er nog onvoldoende wordt gekeken naar de aansluiting bij de internationale bodemwereld. De relatie met SDG's is geen ontwerpcriterium.

Tabel 2.1 Enkele 'Key Recommendations' vanuit Gonzalez-Morales et al. (2014) en de bijdrage daaraan vanuit het gehele project BIS/BRO.

Key Recommendation	Bijdrage	Opmerking
Ontwikkelen van consensus betreffende principes en standaarden	BRO draagt bij aan een nationale data exchange standaard voor HF-bodemgegevens.	Nog onvoldoende aansluiting bij internationale data exchange standaarden, zoals INSPIRE
Ontwikkelen van systemen die voor iedereen toegankelijk zijn	BRO realiseert een voor iedereen toegankelijk systeem (de Landelijke Voorziening BRO)	Het enkel en alleen verstrekken van xml-bestanden zoals voorgenomen, zal het gebruik van de data in ernstige mate in de weg staan. Mogelijk aansluiting bij PDOK om alternatieve uitlevering te realiseren
Voldoende middelen voor verbetering van data, modellen en de toegankelijkheid hiervan	Het ministerie van EZ draagt bij aan het realiseren van de Landelijke Voorziening BRO en aan de actualisatie van de daarbij horende data en modellen	
Leiderschap voor coördinatie	BRO is leidend en toonaangevend wat betreft aardwetenschappelijke en bodemkundige data	Er is voor de bodemkundige data nog onvoldoende aansluiting gezocht bij de internationale bodemwereld
Zorg voor quick wins in relatie tot de SDG-data	Niet gerealiseerd	De potentiële bijdrage is onderwerp van studie

2.3.3 Bijdrage aan Sustainable Development Goals

Nederland heeft de ambitie en streeft ernaar om alle door de regeringsleiders van de lidstaten van de Verenigde Naties vastgestelde Duurzame Ontwikkelingsdoelen (SDG's) in 2030 te behalen (Ploumen, 2016). Hydrofysische (HF-) bodemgegevens zijn gerelateerd aan een aantal van deze SDG's. Elke SDG kent een aantal indicatoren (E/CN, 2016). De via dit project in BIS/BRO opgeslagen gegevens en modellen hebben in een aantal gevallen een relatie met die indicatoren. Voor de HF-bodemgegevens zijn deze in tabel 2.2 weergegeven.

Tabel 2.2 Enkele SDG's en indicatoren (E/CN, 2016), en de bijdrage die HF-bodemgegevens daaraan leveren.

SDG	Indicator	Bijdrage	Opmerking
2. Geen honger, bereik voedselzekerheid en duurzame landbouw	2.4.1 Percentage duurzame landbouw (landbouw gericht op het behoud van ecosystemen, op klimaatbestendigheid en op een voortdurende verbetering van land- en bodemkwaliteit)	HF-bodemgegevens dragen fundamenteel bij aan het begrip en het in kaart brengen van de bodem voor optimalisatie en verduurzaming van onder andere de agrarische sector	
6. Schoon water en sanitair	6.1.1 Percentage onbedreigde watervoorraad 6.4 Watergebruik efficiëntie 6.6 Bescherming watergerelateerde ecosystemen	HF-bodemgegevens worden gebruikt bij het doorrekenen van uitspoeling van nutriënten en verontreinigingen naar het grond- en oppervlaktewater, voor het optimaliseren van irrigatiegiften en sturing op ecosysteembehoud	
13. Klimaatactie	13.2.1 Integreer mitigerend beleid in politieke besluitvorming	HF-bodemgegevens dragen bij aan het voorspellen van de vochttoestand van de bodem onder veranderend klimaat. De vochttoestand	De combinatie van vochttoestand, mestsoorten en bodemgegevens zijn cruciaal bij emissie-reductie. Dergelijk

SDG	Indicator	Bijdrage	Opmerking
		heeft een bewezen forse relatie met de mate van emissie van broeikasgassen	onderzoek wordt meegenomen in beleidsvorming
15. Bescherming van ecosystemen, landdegradatie en biodiversiteit	15.3.1 Percentage van het bodemoppervlak dat is gedegradeerd	HF-bodemgegevens vertegenwoordigen onder andere organische stofafname en ondergrondverdichting en worden gebruikt bij het bepalen van de bodemgeschiktheid voor diverse vormen van landgebruik	Healthy soils for healthy life
17. Partnerschap om doelstellingen te bereiken	Aantal samenwerkingsovereenkomsten en -programma's inzake SDG gerelateerde gegevensverwerking	<ul style="list-style-type: none"> • Samenwerking met TNO inzake BRO • Lid van het European Soil Bureau Network • Samenwerking met ISRIC - World Data Center for Soils 	

3 Materialen en methoden

Dit hoofdstuk geeft een toelichting op de keuze van de te verzamelen gegevens en op de veld- en laboratoriummethoden die gebruikt zijn om deze gegevens vast te stellen en te interpreteren.

3.1 Gegevenskeuze, kwaliteit en presentatie

3.1.1 Welke hydrofysische bodemgegevens in BIS

Het is voor nieuwe monsters binnen de huidige omstandigheden niet mogelijk om alle hydrofysische bodemgegevens te bepalen en op te nemen in BIS. Daarom kiezen we voor een selectie van de meest gebruikte parameters. De parameters zijn in overeenstemming met de kwaliteitscriteria zoals die in paragraaf 3.1.2 worden besproken:

1. Textuur (= korrelgrootteverdeling);
2. Droge bulkdichtheid;
3. Gloeiverlies (als maat voor het organische stofgehalte);
4. Verzadigde waterdoorlatendheid;
5. Waterretentiekarakteristiek: het verband tussen watergehalte θ ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) en drukhoogte h (cm);
6. Waterdoorlatendheidskarakteristiek: het verband tussen doorlatendheid K (cm d^{-1}) en θ of h ;
7. Beschrijving van de retentie- en doorlatendheidskarakteristiek met de Mualem-Van Genuchten-vergelijkingen;
8. Profielbeschrijving;
9. Landgebruik;
10. Coördinaten;
11. BoKa-code (vroeger: Geocode).

Voor de punten 5 en 6 geldt dat de hydraulische karakteristieken (waterretentiekarakteristiek en waterdoorlatendheidskarakteristiek) met verschillende analytische vergelijkingen beschreven kunnen worden. Omdat geen enkel model in staat is om de metingen volledig correct te beschrijven (zie par. 3.4.3) en omdat er nog steeds nieuwe modellen worden ontwikkeld, is ervoor gekozen om van deze items in ieder geval alle betrouwbaar geachte ruwe meetgegevens op te nemen in BIS. Met de ruwe gegevens is de gebruiker dus altijd in staat om met eigen voorkeursmodellen een complete set hydrofysische parameters af te leiden, de zogenaamde afgeleide gegevens. Dit maakt de reeks ook voor toekomstig gebruik geschikt.

Omdat de Mualem-Van Genuchten-vergelijkingen momenteel wereldwijd erg veel gebruikt worden, zijn deze modelparameters, bij wijze van voorbeeld, eveneens in BIS opgenomen. Om de datareeks in BIS te vergroten, worden kwalitatief hoogwaardige afgeleide data uit de bestaande Priapus-database ook in BIS opgenomen. Van deze gegevens zijn de ruwe meetgegevens helaas niet altijd meer te achterhalen. In die gevallen kan niet aan de bovengenoemde compleetheidseisen worden voldaan, maar worden de gegevens (met name de Mualem-Van Genuchten-parameters) toch opgenomen. Daar waar nodig worden ze gekoppeld aan 'dummy' bodemprofielen.

3.1.2 Kwaliteitscriteria

De kwaliteitscriteria voor de hydrofysische bodemdata die zijn ondergebracht in Priapus, staan vermeld in Stolte *et al.* (2007) en in Verzandvoort *et al.* (2012). Deze kwaliteitscriteria gelden, met het overbrengen van oude Priapus-data naar BIS en voor nieuw te analyseren monsters, ook voor de data in BIS. Een belangrijke toevoeging van BIS is dat tenminste ook de ruwe meetdata worden opgenomen. De kwaliteitseisen zijn enerzijds gebaseerd op de volledigheid van de metagegevens, parametersoorten en meetbereik en anderzijds op de kwaliteit van de gegevens zelf, zoals die van de afgeleide waterdoorlatendheidsdata en de Mualem-Van Genuchten-krommen. De gefitte krommen

worden daarbij vergeleken met de afgeleide punten in de voorafgaande analysestappen en met de gemeten totaalgewichten en gemiddelde volumetrische volumegehalten. In tabel 3.1 zijn – in het kader van het nastreven van de minimaal benodigde informatie – de hoofdgroepen gegeven die opgenomen worden in BIS. Oude gegevens uit Priapus die opgenomen worden in BIS voldoen eveneens aan de kwaliteitscriteria, maar niet in alle gevallen aan de volledigheidseisen.

Tabel 3.1 Hoofdgroepgegevens (minimale variant) van de hydrofysische bodemdata in BIS. In individuele gevallen kan hier per MonsterId in BIS gemotiveerd van worden afgeweken.

Hoofdgroepnaam	Omschrijving
Veldgegevens	
Profielbeschrijving	Beschrijving bodemopbouw tot 1,2 m-mv
Beschrijving	Hoofdkenmerken van grondmonsters
Coördinatenstelsels	Beschrijving van coördinatenstelsels
Bodemgebruik	Beschrijving van bodemgebruik huidig jaar en vorig jaar
GtClassificatiemethoden	Classificatiemethoden voor grondwatertrappen
Grondwatertrappen	Definities van grondwatertrappen
Gt	Aangetroffen grondwatertrap
Geologie	Beschrijving van geologische ondergrond (Geocode)
GrondsoortLegenda	Beschrijving van grondsoorten
Grondsoort	Grondsoorten waarop indeling Staringreeks is gebaseerd
Laboratoriumgegevens	
Staringreeks	De bouwstenen van de Staringreeks
ElementenStaringreeks	Relatie tussen grondmonster en Staringreeks
Kwaliteit	Kwaliteitscodering van grondmonsters
Kwaliteitscodes	Beschrijving van de kwaliteitscodering
Eigenschappen	De hydrofysische bodemeigenschappen van de grondmonsters
Textuur	Gemeten textuurgegevens van bodemmonsters
TextuurClassificatieSystemen	Beschrijvingen van classificatiesystemen voor textuur
TextuurClassificatieGrenzen	Definities van textuurklassen
Metingen	Gegevens over de metingen
Meetmethoden	De gebruikte meetmethoden
Laboratoria	De laboratoria
Meetresultaten	Verdampingsmethode: Ruw gemeten gewichten, drukhoogten en tijd van de meting Overig: Organische stof, textuur, vochtgehalten bij $0 < h < -100$ en $-1000 < h < -15000$, verzadigde waterdoorlatendheid, droge bulkdichtheid
Fitten	Gegevens over de fits
Fitmethodes	Methoden om te fitten
Standaardreeks	Vochtgehalte en doorlatendheid bij standaard drukhoogte
VanGenuchtenParams	De gefitte parameters van de Mualem-Van Genuchten-vergelijkingen voor de monsters
StandaardDrukhoogte	De 13 standaard drukhoogten die gebruikt worden voor de Standaardreeks

De afgeleide gegevens, namelijk de dataparen van drukhoogte en volumetrisch watergehalte en de dataparen van drukhoogte en waterdoorlatendheid die worden verkregen door modellering van de meetgegevens van de verdampingsmethode, zijn alle gecontroleerd op consistentie en fysische verklaarbaarheid. De afgeleide gegevens kunnen soms afwijkend gedrag vertonen. Dit kan optreden door meetfouten, maar ook door ruis, temperatuurinvloeden of als het gebruikte model voor de profiet, voor het afleiden van de dataparen $h(\theta)$, onvoldoende in staat is om de metingen te fitten. In de eerste drie gevallen, waarin de afgeleide gegevens leidden tot twijfel over een of meerdere gemeten datapunten of zelfs over een hele tensiometerreeks, zijn deze datapunten niet gepresenteerd in dit rapport en niet opgenomen in de BIS-database.

Indien daarentegen de afgeleide gegevens onvoldoende nauwkeurig door het model kunnen worden beschreven terwijl de meetgegevens zelf betrouwbaar worden geacht, zijn de daaraan ten grondslag liggende metingen wel in BIS opgenomen. In het overgrote deel van de gevallen zullen kleine drukhoogtegradiënten in het natte traject de reden zijn om specifieke $K(h)$ -datapunten (doorlatendheid) uit te sluiten van de $K(h)$ -datareeks in BIS. Deze kleine gradiënten zijn overigens niet te vermijden en inherent aan de gebruikte methode en fysische eigenschappen van het monster gedurende het

verdampingsproces. Voor $h(\theta)$ -reeksen (pF-curve) is de drukhoogtegradiënt veel minder gevoelig en worden voor deze specifieke toepassing wel in BIS toegestaan. De selectie van deze voorwaarden gebeurt al in een vroeg stadium bij het genereren van afgeleide gegevens met behulp van een datafilter (Heinen & Bakker, 2016a).

3.2 Selectiewijze monsterlocaties

De indelingscriteria voor bemonstering, zoals voorgesteld door Verzandvoort *et al.* (2012) zijn: boven- of ondergrond (twee klassen), afzettingsmilieu (zes hoofdklassen), waarbinnen textuur (zes leemklassen, vijf klassen op basis van mediaan zandfractie en tien lutumklassen) en organische stofgehalte (zes klassen bij minerale gronden, drie klassen bij moerige gronden), met een totaal van 38 indelingseenheden. Het aantal mogelijke combinaties wordt daarmee maximaal 2364 (Knotters *et al.*, 2011). Als in elke eenheid ten minste twee monsterlocaties moeten liggen, betekent dit een steekproefomvang die op dit moment niet haalbaar is. Omdat niet alle 2364 combinaties kunnen worden bemonsterd, is door Knotters *et al.* (2011) de Latin hypercube samplingmethode voorgesteld om met een beperkt aantal monsters zo veel mogelijk hydrofysische bodeminformatie toe te voegen aan de BIS- en BRO-database.

3.2.1 Latin hypercube sampling

Bij de opzet van de aanvullende steekproef en bij de ruimtelijke opschaling kan wel rekening worden gehouden met het feit dat niet alle opschalingseenheden steekproefpunten bevatten (empty domains). Belangrijk is dat in alle klassen waarop de indeling in opschalingseenheden is gebaseerd, monsters liggen. Indien dit wordt voorgesteld als een tabel met rijen en kolommen, betekent dit dat niet alle vakjes zijn gevuld, maar dat wel alle rijen en kolommen informatie bevatten. Dit kan worden bewerkstelligd door *Latin hypercube sampling*. Bij de bemonstering is de aanbeveling gevolgd dat zo veel mogelijk klassen naar boven- en ondergrond, afzettingsmilieu, textuur en gehalte aan organische stof uiteindelijk in BIS en BRO worden opgenomen met ten minste twee monsters per klasse. Meerdere monsters per klasse zijn nodig om de nauwkeurigheid van geschatte gemiddelden te kunnen kwantificeren of om benaderingen, waarbij wordt geloot uit bodemfysische karakteristieken, voor individuele locaties mogelijk te maken (bootstrapping).

Knotters *et al.* (2011) bevelen aan om de monsterlocaties gericht te selecteren, met als doel de hiaten in Priapus op te vullen. Geconcludeerd werd dat er minimaal 50 aanvullende horizonten bemonsterd moeten worden voor een goede dekking van de ruimtelijke hoofdaggreatie-eenheden. In voorliggend project is besloten dat ook inzicht in de spreiding van de meetresultaten van een enkele locatie nodig is. Daarom worden steeds duplomonsters genomen. Uitvoering in duplo betekent dat er minimaal 100 monsters per bepalingmethode genomen en doorgemeten moeten worden. De finale minimale streefwaarde per opschalingseenheid wordt daarmee drie monsters als ook oudere individuele (geen duplo) monsters mee doen in de telling. Bij de bemonstering en analyse is bij de start van het project een prioriteitsvolgorde aangehouden: de grootste oppervlakten per opschalingseenheid zijn daarbij het eerst gemonsterd. De prioritering ligt nu bij het vullen van de niet, of onvoldoende, in het veld aangetroffen opschalingseenheden.

3.2.2 Selectiewijze bemonsteringslocaties

In BIS zijn op dit moment al duizenden profielbeschrijvingen beschikbaar van locaties verspreid over Nederland. Bij het zoeken naar geschikte bemonsteringslocaties is daarvan gebruikgemaakt. Bij het selecteren van de locaties is een aantal criteria gehanteerd:

- de gewenste textuurklasse moet aanwezig zijn over een dikte van ten minste 20 cm, zodat de kans op voorkomen wordt vergroot en er een voldoende diep profiel voor bemonstering aanwezig is;
- de gewenste textuurklasse moet aanwezig zijn in de boven- of ondergrond;
- de locatie heeft de geologische ontstaanswijze zoals beoogd voor de doeleenheid.

Vanuit de verkregen selectie is een overzicht met locatie- en contactgegevens gegenereerd. De potentiële bemonsteringslocaties zijn daarna verder handmatig geselecteerd op basis van de volgende eigenschappen:

- De bemonsteringslocaties moeten voldoende verspreid over Nederland liggen. Er is bijvoorbeeld rekening gehouden met bemonstering van locaties van mariene afkomst uit zowel het zuidwesten als het noorden.
- Om de kans op aantreffen van de betreffende textuur in het veld te vergroten, zijn locaties aan de randen van een kaartvlak van de Bodemkaart van Nederland (schaal 1: 50 000) vermeden, omdat daar de variatie in textuur groter is. In het algemeen geldt dat naarmate de profielbeschrijvingen ouder zijn, de locaties minder nauwkeurig zijn vastgelegd.
- In een aantal gevallen was het praktisch om op dezelfde locatie zowel een boven- als ondergrond te bemonsteren.

Van de locaties die aan alle criteria voldeden, zijn de eigenaren benaderd om toestemming voor bemonstering te vragen.

3.3 Bemonsteringswijze

Op de geselecteerde locaties zijn de volgende monsters in duplo genomen in het midden van de betreffende horizont:

- Roestvrijstalen monsterringen (hoogte $L = 5$ cm, diameter $D \approx 5$ cm; inhoud 100 cm^3) voor onverstoorde monsters ten behoeve van de bepaling van de retentiecurve op de zandbak voor het traject $h = 0$ tot -100 cm.
- PVC-monsterringen ($L = 8$ cm, $D \approx 10$ cm) voor onverstoorde monsters ten behoeve van de bepaling van de retentiecurve en curve van de onverzadigde waterdoorlatendheid op de verdampingsopstelling voor het traject $h = -10$ tot -700 cm.
- PVC-monsterringen ($L = 10$ cm, $D \approx 20$ cm) voor onverstoorde monsters ten behoeve van de bepaling van de verzadigde waterdoorlatendheid ($h = 0$).
- Verstoorde grondmonsters in zakken ter bepaling van de textuur en organische stof.

De ringen voor de onverstoorde monsters zijn dusdanig voorzichtig met de hand in de grond gebracht dat de structuur van de grond behouden is gebleven. Daarna zijn de monsterringen rondom uitgegraven en handstrak met folie omwikkeld zodat er geen grond uit de ringen kon vallen. In het lab zijn de monsters verder geprepareerd. De 100 cm^3 ringen zijn in het veld al geprepareerd met een vlakke boven- en onderzijde. Vervolgens zijn de monsters dezelfde dag nog bij 4 graden Celsius opgeborgen voor verdere analyse in het lab. Bij de bemonstering van de ondergronden is de bovengrond eerst voorzichtig afgegraven tot de bovenzijde van het benodigde profiel, waarbij de bovenzijde netjes vlak is afgewerkt. Het eigenlijke profiel is daarbij onverstoord gebleven, wat betekent dat er niet overheen is gelopen en niet verticaal met de schop in is gestoken.

Tijdens monsternamen is tevens een profielbeschrijving gemaakt en zijn onder andere de volgende gegevens genoteerd op de veldcomputer:

- Monsternaam;
- Locatie;
- XY coördinaten;
- Horizont;
- Diepte boven- en onderkant monster;
- Monsterdatum;
- Monsternemer;
- Bodemgebruik;
- Grondwatertrappen (GtCode, GLG, GHG);
- Geologische ondergrond;
- Grondsoort.

3.4 Analysemethoden

3.4.1 Textuur c.q. korrelgrooteverdeling

Voor bodemkartering worden van oudsher de textuurklassen van de Stiboka (Stichting voor Bodemkartering) gebruikt. Voor kleigronden werden andere fractieverdelingen gehanteerd dan voor zandgronden. De Nederlandse norm NEN 5753/C1 (2006, 2009) en de gelijksoortige internationale norm ISO 11277 (2009) schrijven geen specifieke fracties voor, maar geven wel een overzicht van de meest gebruikte fracties. De Geologische Dienst van Nederland gebruikt enigszins afwijkende fractieverdelingen in het bereik 50 tot 150 μm . Voor de nieuw te analyseren monsters voor BIS wordt een combinatie van genoemde systemen aangehouden, zodat ze geldig zijn ongeacht de gehanteerde indeling. Voor een uniforme verdeling worden voor alle grondsoorten dezelfde verdelingen aangehouden.

In tabel 3.2 zijn de gehanteerde textuurklassen weergegeven en de laboratoriummethode die voor de fractiebepaling is gebruikt. De gebruikte laboratoriummethoden zijn beschreven in de ISO 11277 (2009). Uitgegaan wordt van de fracties ten opzichte van de minerale delen, waarvan de hoofdonderdelen als volgt worden benoemd:

- Lutum: 0 - 2 μm ;
- Silt: 2 - 50 μm ;
- Leem: 0 - 50 μm ;
- Zand: 50 - 2000 μm .

De fracties < 63 μm worden in het Chemisch Biologisch Laboratorium Bodem (CBLB, onderdeel van Wageningen University & Research, WUR) geanalyseerd volgens de pipet- en natte-zeefmethode. De fracties in het bereik 63 - 2000 μm worden daarna in het Bodem Hydro-Fysisch Laboratorium van WUR verder geanalyseerd door middel van droogzeven.

In het laboratorium wordt de op < 2000 μm voorgezeefde grond met waterstofperoxide voorbehandeld om aanwezige organische stof te oxideren. Daarna volgt een behandeling met zoutzuur om aanwezige carbonaten in oplossing te brengen. Voor ijzerrijke grond kan het gewenst zijn de korrelgrootteverdeling van de minerale delen zonder ijzeroxide te bepalen. Hierbij wordt het aanwezige ijzeroxide in oplossing gebracht. Na verwijdering van het organische stof, carbonaten en ijzer, resteert de minerale fractie. Deze minerale fractie wordt door zeven in twee fracties verdeeld.

De hoofdfracties met grovere deeltjes (> 50 μm en > 63 μm) worden gedroogd en gewogen. De fractie > 63 μm wordt via zeven met verschillende maaswijdte onderverdeeld in sub-fracties en vervolgens nogmaals gewogen. De hoofdfractie met de kleinere deeltjes (< 50 μm) wordt onderverdeeld in subfracties op basis van verschil in bezinkingssnelheid. Hierbij wordt van een suspensie van het monster in een maatcilinder, na toevoeging van een peptisatiemiddel op verschillende tijdstippen en diepten, in de cilinder een monster gepipetteerd. Tijdstippen en diepten voor het pipetteren van bepaalde fracties worden met de wet van Stokes berekend. De gepipetteerde suspensie wordt ingedampt en gedroogd en door weging wordt het massapercentage van de gepipetteerde fractie bepaald.

Tabel 3.2 Gehanteerde fracties voor BIS en de gebruikte labmethode.

Textuurklasse (μm)	Gebruikte methode
<2	Pipetmethode
2-16	Pipetmethode
16-50	Pipetmethode
50-63	Natte-zeefmethode
63-105	Droge-zeefmethode
105-150	Droge-zeefmethode
150-210	Droge-zeefmethode
210-420	Droge-zeefmethode
420-2000	Droge-zeefmethode

De fracties 0-2000 µm worden in het laboratorium bepaald ten opzichte van de minerale delen. De fracties 0-2000 µm tezamen geven daarom altijd een totaal van 100%. In het veld worden de textuurfracties net als in het laboratorium bepaald ten opzichte van de minerale delen (Ten Cate *et al.*, 1995). Het is daarmee mogelijk om een directe vergelijking te maken tussen de veldschattingen en de in het lab bepaalde textuurverdeling. Het organische stofgehalte wordt daarentegen in het veld en in het laboratorium bepaald ten opzichte van massa van de stoofdroge grond. Een sommatie van de textuur, organische stof, carbonaten en ijzer kan daarom resulteren in een waarden van meer dan 100%. De textuurbenamingen in veld en laboratorium worden eveneens uitgevoerd op basis van de hierboven omschreven resultaten van textuur en organische stof.

Uit de laboratoriumbepalingen wordt ook het M50-getal berekend. Het M50-getal wordt overigens ook door de veldmedewerker geschat. Het M50-getal is de mediane fractie in het bereik 50-2000 µm, ofwel de korrelgrootte waarboven 50% van het gewicht zich bevindt binnen dit bereik. Omdat het hier om een procentuele waarde gaat, verandert het M50-getal niet als men er toch voor kiest om de textuur uit te drukken als percentage van de massa stoofdroge grond.

3.4.2 Gloeiverlies

Het gloeiverlies (Eng: loss-on-ignition) is een maat voor het organisch stofgehalte van een grondmonster. Hoe groter het aandeel organisch materiaal, hoe groter het gloeiverlies zal zijn. In het laboratorium wordt het in het veld genomen verstoorde grondmonster gezeefd over een zeef met 2 mm maaswijdte. De fractie kleiner dan 2 mm wordt gedroogd bij 105 °C, gewogen en vervolgens gegloeid bij 550 °C. Het gloeiverlies w_{gv} wordt vervolgens berekend uit

$$w_{gv} = \frac{m_{105} - m_{550}}{m_{105} - m_0} \times 100\%$$

waarin:

- w_{gv} = gloeiverlies op basis van stoofdroge grond (%);
- m_0 = massa van het lege kroesje (g);
- m_{105} = massa van het kroesje met het stoofdroge monster (g);
- m_{550} = massa van het kroesje met het gegloeide monster (g).

Het organische stofgehalte is per definitie kleiner of gelijk aan het gloeiverlies. Het organische stofgehalte kan volgens de NEN 5754 bepaald worden door de gloeiverliesbepaling vergezeld te laten gaan van een lutumgehaltebepaling en een bepaling van het gehalte aan vrij ijzer. Het OS-gehalte wordt dan als volgt berekend:

$$w_{OS} = w_{gv} - 0.07 * L - 0.12 * Y$$

waarin:

- w_{OS} = organisch stofgehalte van stoofdroge grond (%);
- L = lutumgehalte (%);
- Y = gehalte aan vrij ijzer (%). (Alleen corrigeren bij $Y > 5\%$.)

3.4.3 Retentie- en onverzadigde waterdoorlatendheidskarakteristiek

De retentiekarakteristiek wordt bepaald met behulp van drie verschillende laboratoriumopstellingen:

- Zandbak voor het bereik $h = 0$ tot -100 cm;
- Verdampingsopstelling voor het bereik $h = -10$ tot -700 cm;
- Drukpanopstelling voor het bereik $h = -1000$ tot -15000 cm.

De karakteristiek voor de onverzadigde waterdoorlatendheid wordt bepaald met behulp van de verdampingsopstelling voor het bereik $h = -50$ tot -700 cm. De metingen vinden plaats in het Bodem Hydro-Fysisch Laboratorium van WUR onder strenge temperatuur- en vochtigheidscondities.

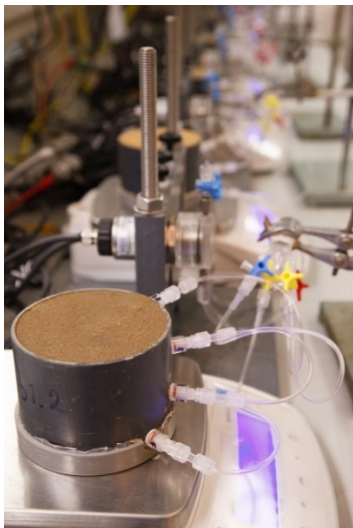
Zandbakmethode en droge bulkdichtheid

Voor deze methode wordt een onverstoord gestoken grondmonster van 100 cm^3 in een roestvrijstalen monsterring ($L = 5 \text{ cm}$, $D \approx 5 \text{ cm}$) aan de boven- en onderzijde vlak afgewerkt. Op deze wijze ontstaat een monster met een nauwkeurig bekend grondvolume. Eén zijde wordt voorzien van een nylongaasje. Het monster wordt van onderaf met water verzadigd en vervolgens met het nylongaasje op de zandbak geplaatst. De zandbak bevat een fijn gesorteerde grondsoort die een hoge doorlatendheid combineert met een kleine poriediameter. De drukhoogte van de grond in de bak zelf blijft in het te meten gebied, van $h = 0$ tot ongeveer -100 cm nagenoeg verzadigd, in ieder geval onderin de bak waarin zich de drain bevindt. Door middel van deze drainagebuis die verbonden is met een waterreservoir, kan het bodemwater op elke gewenste zuigspanning worden gebracht.

Door het monster in contact te brengen met deze zuigspanning, zal het water in het monster deze zuigspanning overnemen en zal er water uit het monster stromen (desorptie). Zodra na herhaaldelijk wegen geconcludeerd wordt dat er geen water meer uit het monster stroomt en het monster dus in evenwicht is met de aangelegde zuigspanning, wordt het monster definitief gewogen. Vervolgens wordt een nieuwe zuigspanning aangelegd en wordt de procedure herhaald. Zodra alle zuigspanningen op deze wijze zijn doorgemeten, wordt het monster gedroogd bij 105°C en wordt het opnieuw gewogen. Dit resulteert in de droge bulkdichtheid, waarvan de methode is beschreven in de ISO 11272 (1998). Al het water is nu uit het monster verdwenen en de volumetrische vochtgehalten bij de aangelegde zuigspanningen kunnen worden berekend. De methode is beschreven in de ISO 11274 (1998). Zowel het volumetrisch watergehalte als de droge bulkdichtheid worden altijd bepaald ten opzichte van het referentievolume van de grond bij verzadiging.

Verdampingsmethode

De verdampingsmethode wordt gebruikt om een deel van de retentie- en onverzadigde waterdoorlatendheidskarakteristiek te bepalen. Voor deze methode (ISO 11275, 2004) wordt een onverstoord gestoken grondmonster van circa 600 cm^3 in een PVC-monsterring ($L = 8 \text{ cm}$, $D \approx 10 \text{ cm}$) aan de boven- en onderzijde vlak afgewerkt. Op deze wijze ontstaat een monster met een nauwkeurig bekend grondvolume. Het monster wordt van onderaf verzadigd, aan de onderzijde afgesloten met een water- en luchtdichte bodemplaat en vervolgens op een weegschaal geplaatst. Om verdamping mogelijk te maken, staat de bovenzijde bloot aan de omgevingslucht. De drukhoogte wordt op bekende tijdstippen in het monster gemeten met vier horizontaal georiënteerde tensiometers die op gelijke verticale afstanden worden geplaatst. Ook de tensiometerdoorgangen in de monsterring zijn lucht- en waterdicht afgesloten, zodat hierdoor geen verdamping kan optreden.



Figuur 3.1 Geautomatiseerde opstelling voor de verdampingsmethode

Naast de drukhoogten bepaalt men op dezelfde tijdstippen het totale gewicht van het monster (monster staat permanent op een digitale weegschaal). Hieruit berekent men de afname van het totale watergehalte door verdamping. Zodra de water gevulde tensiometers stoppen met werken, meestal in de buurt van de $h = -700$ tot -900 cm , bepaalt men het ovendroge gewicht van het monster, zodat het gemiddelde watergehalte op elk tijdstip is terug te rekenen. De ruwe data (tijd, monstermassa, drukhoogten) worden verkregen met een geautomatiseerde opstelling die door WUR in eigen beheer is ontwikkeld (zie figuur 3.1).

In paragraaf 3.5 wordt nader omschreven hoe uit de ruwe meetdata (totale monstergewichtsafname (verdamping) en drukhoogtes op 4 dieptes) datapunten voor de waterretentiekarakteristiek en doorlatendheidskarakteristiek worden afgeleid.

Drukpanmethode

Met een hangende waterkolom, zoals bijvoorbeeld aangebracht met de zandbakopstelling (zie paragraaf over de Zandbakmethode), kan een maximale theoretische zuigspanning van 1000 cm worden aangebracht. Vanaf dat punt zal het water gaan koken en is een betrouwbare meting niet meer mogelijk. Om toch bij grotere zuigspanningen te kunnen meten, wordt met een overdruk in plaats van een onderdruk gewerkt. Verschillende kleine verzadigde bodemonsters worden op een met water verzadigde keramische plaat geplaatst. De keramische plaat wordt vervolgens in een drukpan gemonteerd. De keramische plaat is aan de onderzijde afgesloten met een rubbermat. Tussen de plaat en de mat bevindt zich water. Door de plaat zit een buisje dat een verbinding vormt tussen de bovenzijde van de plaat, en de onderzijde van de plaat. Het overtollige water dat zich hier ophoopt, wordt via het buisje en het aan de bovenzijde bevestigde slangetje afgevoerd naar een punt buiten de drukpan. Hierdoor bevindt de onderzijde van de keramische plaat zich op atmosferische druk.

Door middel van een overdruk in de drukpan wordt er een waterpotentiaal aangebracht tussen de boven- en onderzijde van de keramische plaat. Dit potentiaalverschil wordt overgebracht op het monster, waardoor het water zal verliezen totdat evenwicht met de aangelegde druk is ontstaan. Door de fijne poriestructuur van de plaat is de overdruk niet in staat om de poriën die gevuld zijn met water leeg te drukken. Wel kan er via de watergevulde poriën watertransport plaatsvinden vanuit het monster door de plaat en het slangetje naar buiten. Zodra het monster in evenwicht is met de aangelegde druk, wordt de druk weggenomen en worden de monsters gewogen. Daarna worden ze gedroogd bij 105°C en nogmaals gewogen. Om het volumetrisch vochtgehalte te kunnen bepalen, is dan wel nog de droge bulkdichtheid van een onverstoord monster nodig (meestal de droge bulkdichtheid van het monster dat bij de verdampingsmethode of de zandbakmethode is gebruikt):

$$\theta = \frac{\rho_d}{\rho_l} w$$

waarin:

ρ_d = droge bulkdichtheid (kg m^{-3});

ρ_l = dichtheid van water (kg m^{-3});

w = watergehalte op gewichtsbasis en is gelijk het gewicht van het water in het monster gedeeld door het gewicht aan van de oven-droge grond (kg kg^{-1}).

Bij deze hoge zuigspanningen kunnen kleine, verstoorde grondmonsters worden gebruikt. De methode wordt gebruikt voor het meetbereik van $h = -1000$ tot -15000 cm ($3 \leq pF \leq 4,2$). De methode is beschreven in de ISO 11274 (1998). De benodigde droge bulkdichtheid is beschikbaar vanuit gerelateerde monsters die zijn gebruikt voor de zandbakmethode en/of de verdampingsmethode.

3.4.4 Verzadigde waterdoorlatendheid

Een niet-verstoord, homogeen grondmonster in een ring ($H = 10$ cm; $D = 20$ cm) wordt in een opstelling geplaatst. Het monster wordt geheel verzadigd met water. Boven op het grondmonster wordt een waterlaag met constante hoogte gehandhaafd. Bovendien wordt de onderzijde van het monster geheel verzadigd gehouden. Er wordt een constante stijghoogtegradiënt ingesteld door de uitstroomslang op een vaste positie te houden. Door de hoeveelheid uitstromend water per tijdseenheid te meten, kan de verzadigde waterdoorlatendheid K_s volgens de wet van Darcy worden bepaald:

$$k_s = \frac{V}{|\nabla H| \cdot \Delta t \cdot A}$$

waarin:

k_s = verzadigde waterdoorlatendheid ($\text{cm} \cdot \text{d}^{-1}$); $d=24$ uur;

V = volume water dat gedurende Δt is uitgestroomd (cm^3);

$|\nabla H|$ = absolute hydraulische stijghoogtegradiënt (cm cm^{-1});

-
- A = oppervlakte van het grondmonster (cm^2);
 Δt = tijd waarin het uitstromende water is gemeten (d).

Voor de meting wordt afgeweken van de NEN 5789 (1991). De NEN gaat uit van vrije uitstroom aan de onderzijde van het monster. Omdat in dat geval onverzadigde delen aan de onderzijde van het monster ontstaan en de te overwinnen cohesie- en adhesiekrachten aan de onderzijde ongelijk aan nul zijn, is de gemeten waterdoorlatendheid lager dan de werkelijke verzadigde waterdoorlatendheid. Door de onderzijde verzadigd te houden, wordt dit probleem ondervangen (De Vos *et al.*, 1997).

3.5 Afgeleide gegevens

3.5.1 Ontwikkeling van filter en rekensheet in Excel

Na de metingen in het laboratorium worden de meetgegevens gebruikt om datareeksen voor retentiecurven en doorlatendheidscurven vast te stellen. Hiervoor zijn achtereenvolgens een aantal (rekenkundige) bewerkingen nodig:

- Data-filtering;
- Genereren datareeksen $h(\theta)$ voor retentiekarakteristiek per bodemcompartiment door het uitvoeren van een PreFit;
- Genereren van datareeksen $K(h)$ voor de doorlatendheidskarakteristiek tussen de bodemcompartimenten door het toepassen van de zogenaamde 'instantaneous profile' methode;
- Genereren Mualem-Van Genuchten-parameters door het uitvoeren van een EindFit.

Voor het uitvoeren van deze bewerkingen zijn in dit meerjarige project een filter voor item a, en een rekensheet voor de items b-d ontwikkeld in Excel. Dit is gedaan om:

- de kans op fouten te verkleinen;
- zoveel mogelijk bewerkingen te harmoniseren;
- tussenresultaten zichtbaar te maken;
- betrouwbare afgeleide gegevens te kunnen genereren.

Data-filtering

In het lab wordt met zeer korte tijdsintervallen gemeten, zodat verstoringen en temperatuurinvloeden duidelijker zichtbaar worden. Dit resulteert in erg grote databestanden. Het is daarom wenselijk om de data zoveel mogelijk te ontdoen van ruis en het aantal datapunten te reduceren voorafgaand aan verdere verwerking.

Omdat kleine schommelingen in de data (ruis, of temperatuurinvloeden) tot grote afwijkingen kunnen zorgen in de eerstelijns afgeleide data (met name de onverzadigde waterdoorlatendheid in het natte traject), is binnen dit project speciaal voor BIS en BRO een filter in Excel ontwikkeld waarmee het aantal meetrecords gereduceerd wordt tot een kleinere set waarin zich alleen de essentiële en ruisarme data bevinden. In het filter worden geen data aangepast, alleen selectief volgens een vast protocol weggelaten. In het filter wordt ook het gemiddelde volumetrische vochtgehalte van het monster bepaald. Tezamen met de ruwe meetgegevens worden deze ingelezen in het fit-programma (PreFit, Instantaneous profile, en EindFit).

In Bijlage 2 is een uitgebreidere beschrijving van het filter weergegeven. De volledige beschrijving is weergegeven in een interne WENR-memo (Heinen & Bakker, 2018).

PreFit, Instantaneous profile, en EindFit

Vervolgens wordt deze gereduceerde ruwe dataset (gemeten tijd, gewichten en drukhoogten) gebruikt om achtereenvolgens af te leiden:

- Eerstelijns afgeleide data (fase 1):
 - h - θ relaties (PreFit) in het midden van elke bodemlaag: op basis van de totale monstermassa en de drukhoogten in de tijd, gebruik makend van een i -modale beschrijving van de retentiecurve volgens van Genuchten (1980) ($i = 1, 2$ of 3 , door de gebruiker in te stellen);

- K - h - θ datareeksen op het grensvlak van de bodemlagen: k op basis van de 'instantaneous profile method' (Watson, 1966; Klute, 1972; Dirksen, 1991), en h - θ als gewogen gemiddelden van twee aangrenzende lagen.
- Tweedelijns afgeleide data (fase 2):
 - Mualem-Van Genuchten-parameters (uni-modaal): op basis van alle 1^e lijns datareeksen met behulp van RETC (Van Genuchten *et al.*, 1991; Leij *et al.*, 1992).

Om deze bewerkingen uit te voeren, is binnen dit project een rekensheet ontwikkeld binnen Excel.

Het grote voordeel van de gevolgde werkwijze binnen een Excel-omgeving is dat de fitprocedure op een veel kleiner detailniveau geanalyseerd kan worden. Te denken valt daarbij aan uitbijters of berekende en gemeten gewichtsaframen in de tijd. Vooral in fase 1, waarin de datareeks van de onverzadigde doorlatendheid wordt afgeleid, moet altijd kritisch door een expert worden beschouwd. Dit is met name het geval in het natte traject, waar door modellering van de gradiënt dh/dt fouten kunnen ontstaan in de afgeleide gegevens. Bij kleine variaties in h en/of t , tezamen met kleine afwijkingen in het meetsignaal, kan deze gradiënt voor onbedoeld grote afwijkingen in het resultaat van fase 1 leiden die in het rekensheet beter herkend kunnen worden. Het filter voorkomt al voor een groot deel de afwijkingen in het natte traject. In Bijlage 2 is een uitgebreidere beschrijving van het filter weergegeven. De volledige beschrijving is weergegeven in een interne WENR-memo (Heinen en Bakker, 2018).

3.5.2 Het Mualem-Van Genuchten-concept: huidige werkwijze

De gereduceerde tijdreeksen van de drukhoogten, vochtgehalten, onverzadigde doorlatendheden en de verzadigde waterdoorlatendheden zijn gebruikt om de retentie- en onverzadigde waterdoorlatendheids-karakteristiek te bepalen. Daarbij is in dit project gebruikgemaakt van het Mualem-Van Genuchten (MvG)-model (Mualem, 1976; Van Genuchten, 1980).

pF-datareeks per compartiment (PreFit, fase 1)

In eerste instantie zijn er schattingen gedaan van het volumetrisch watergehalte op de dieptes van de tensiometers. Deze schattingen zijn gebaseerd op een aangenomen, niet werkelijke, relatie tussen drukhoogte en vochtgehalte van het monster, ofwel op een willekeurige pF-curve en de werkelijk gemeten drukhoogten in de tijd en op de verschillende diepten. De veronderstelde pF-curve is nu, anders dan de polynoombenadering in het verleden, gebaseerd op een i -modale versie van het Van Genuchten-model (1980), waarbij $i = 1, 2$ of 3 (Durner, 1992), wat door de gebruiker kan worden aangegeven. De parameters van dit model worden vervolgens iteratief aangepast, dusdanig dat er voor het gehele monster één generieke pF-curve geldig is. Daarbij worden de veranderingen in berekende watergehalten op de verschillende diepten van het monster gesommeerd en door iteratie van de parameterwaarden zo goed mogelijk in overeenstemming gebracht met de totale gemeten waterinhoud van het monster.

K - h - θ datareeks (Instantaneous Profile Method, fase 1)

De in de PreFit verkregen $\theta(h)$ data worden vervolgens gebruikt om de waterbeweging tussen de vier bodemlagen in de tijd te berekenen. Met de vergelijking van Darcy worden vervolgens voor elke set van twee opeenvolgende tensiometers de doorlatendheden als functie van de drukhoogte berekend, resulterend in drie datasets van drie tensiometerparen. Deze methode is gebaseerd op de zogenaamde 'instantaneous profile method' (IPM; Watson 1966; Klute, 1972, Dirksen, 1991) en is voor de toepassing in de verdampingsmethode bijvoorbeeld beschreven in Peters & Durner (2008). In het natte bereik kunnen in de praktijk door kleine meetfouten dh/dz -waarden kleiner dan 1 berekend worden wat resulteert in negatieve waarden van K , of in waarden die grote uitschieters vertonen als dh/dz dicht bij de waarde 1 ligt. Met het filter worden deze problemen grotendeels vooraf onderhouden. Mochten er toch nog dergelijke fouten optreden, dan worden deze waarden in dit project als uitbijters beschouwd en niet meegenomen in de verdere analyse.

In de literatuur wordt in deze context veelvuldig gewezen op de onzekere uitkomsten van K - h -relaties in het natte gebied. Afhankelijk van de grondsoort is het in de praktijk daarom lastig om betrouwbare K - h -relaties te vinden in het gebied $h = 0$ tot -50 cm. Er zal daarom niet altijd een meting van de doorlatendheid berekend kunnen worden in het gebied $h = 0$ tot -10 cm. Hoewel kwaliteitsstatus A dit

vroeger onterecht wel vereiste (de huidige beschikbare methoden kunnen betrouwbare data in dit gebied ook niet garanderen), zijn bij het ontbreken van betrouwbare data in dit gebied de overige data wel opgenomen in BIS. Via aanvullende methoden zijn bepalingen van doorlatendheden in dit natte traject wel mogelijk, zoals via de sproeimethode, maar deze methode is nog niet operationeel.

Mualem-Van Genuchten-fit (EindFit, fase 2)

De aldus verkregen $\theta(h)$ en $K(h)$ datareeksen worden vervolgens gebruikt om gelijktijdig de parameters volgens het Mualem-Van Genuchten-model te optimaliseren met behulp van RETC (Van Genuchten *et al.*, 1991; Leij *et al.*, 199). Hierbij heeft de gebruiker de mogelijkheid om aanvullende meetpunten, zoals bijvoorbeeld gemeten met de hangende waterkolommethode, drukpanmethode, of een aanvullende doorlatendheidsmeting, aan de datareeks toe te voegen. Deze parameters worden dan ter illustratie opgeslagen in de BIS/BRO-database samen met de basisdata $K-h-\theta$. De retentiecurve van de EindFit kan afwijken van de retentiecurve van de PreFit, omdat in de PreFit alleen naar de waterretentie is gekeken, terwijl in de EindFit gelijktijdig de waterretentie- en de doorlatendheidskarakteristiek wordt geoptimaliseerd, en omdat de EindFit geoptimaliseerd is met meer data dan alleen van de verdampingsmethode, terwijl de PreFit alleen gebaseerd is op vochtgehalten en drukhoogten uit de verdampingsmethode. Bovendien is de EindFit een éénmodale fit, terwijl de PreFit vaak een hogere modaliteit heeft.

3.5.3 Het PDI-concept: Uitbreiding op het MvG-concept

Voor het droge traject hebben Peters (2013) en Iden & Durner (2014) recentelijk de volgende aanpassingen voorgesteld, bekend onder de naam PDI-concept (Peters, Durner, Iden). Hierbij wordt de waterretentiecurve geschreven als de som van een capillaire- en een adsorptiebijdrage. Er wordt rekening gehouden met enerzijds de lucht-intreewaarde en met het feit dat het vochtgehalte gelijk aan nul is bij een drukhoogte die heerst in een oven droog (105°C) monster: de $\log(h)$ is dan ongeveer 6,8 à 7,0. Hiermee verdwijnt in principe het asymptotische gedrag (θ_r) dat standaard in de Van Genuchten-relatie zit. Voor de doorlatendheid wordt rekening gehouden met een capillaire bijdrage, een bijdrage via transport in dunne waterfilmpjes en optioneel met een bijdrage van damptransport. Hierbij wordt meestal een golvend gedrag verkregen in de relatie $K(h)$ waarbij beide grootheden op een log-schaal worden geplot. Dat stemt overeen met waarnemingen zoals verkregen met de verdampingsmethode, in tegenstelling tot de rechte lijn op log-log schaal van de Mualem-vergelijking (1976) in het droge traject.

Met name de beschrijving van de $K(h)$ relatie kan sterk verbeterd worden door niet de *standaard* Van Genuchten-Mualem-relaties te beschouwen, maar een bimodale PDI-variant, ofwel een *aangevulde* Van Genuchten-Mualem-relatie, te kiezen. De krommingen in de $K(h)$ data kunnen dan beter beschreven worden en de $\theta(h)$ -relatie snijdt de x-as. Alleen uit oogpunt van standaardisatie en het standaardgebruik van Mualem-Van Genuchten-parameters in huidige modellen, is de PDI nog niet geëffectueerd binnen BRO en BIS. In het kader van innovatie en voortschrijdend inzicht ligt het echter wel in de lijn der verwachting dat het PDI-concept in de nabije toekomst geïmplementeerd gaat worden. De voorbereidingen voor het genereren van de PDI-parameters voor BIS en BRO worden nu al gefaseerd onderzocht.

4 Resultaten

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de resultaten. Daarbij is een indeling gehanteerd die aansluit bij de in Hoofdstuk 3 weergegeven opschalingseenheden.

4.1 Indeling detailresultaten

4.1.1 Algemeen

De belangrijkste onderscheidende code is het Monster Identificatie Nummer (MIN). Met dit nummer is een koppeling te leggen tussen de verschillende tabellen. Dit nummer is ook in de BIS-database terug te vinden.

Leidend bij de presentatie van de detailresultaten in dit rapport is dat zij:

- A. zijn te koppelen aan één of meerdere van de 38 opschalingseenheden;
- B. de belangrijkste veldgegevens bevat;
- C. de belangrijkste hydro-fysische bodemgegevens bevat;
- D. aansluiting vinden bij de indeling van de Staringreeks;
- E. de aantallen per opschalingseenheid weergeven.

Belangrijke aanvullende data die in de BIS-database zijn terug te vinden:

- de ruwe meetdata van de verdampingsmethode (tijd, massa, drukhoogten, totaal vochtgehalte);
- de hieruit afgeleide $h-\theta$ volgens de prefit en de $K-h$ datareeksen volgens de instantaneous profile methode uitwerking;
- de daaruit afgeleide Mualem-Van Genuchten-parameters, tezamen met invoerparameters en statistiek;
- aanvullende veldgegevens.

4.1.2 De 38 opschalingseenheden

De benamingen van de 38 opschalingseenheden (Bijlage 3), zijn af te leiden met de volgende Bodemkundige Basisgegevens (Bijlage 4):

- BoKa-Codes (codes voor Bodemkundige Karakteriserings, vroeger: 'Geocodes'), Bijlage 10;
- Gemeten Lutumfractie (0-2 μm);
- Gemeten Siltfractie (2-50 μm);
- Gemeten Leemfractie (0-50 μm);
- M50-getal (Mediaan van de (zand)fractie 50-2000 μm): berekend uit gemeten zandfracties;
- Organisch Stofgehalte (hier benaderd door het gemeten LOI = Loss on Ignition).

Bijlage 5 geeft de Afgeleide Bodemkundige Gegevens. Deze zijn direct afgeleid uit de Bodemkundige Basisgegevens van Bijlage 4.

Afgeleide bodemkundige (Bijlage 5) gegevens:

- Hoofdingeling (Moerig en Mineraal, Eolisch, Niet-Eolisch);
- Subindeling binnen Moerig en Mineraal;
- Subindeling binnen Eolisch;
- Subindeling binnen niet-Eolisch;
- Totale benaming.

4.1.3 Belangrijkste Veldgegevens

In Bijlage 6 worden de Belangrijkste Veldgegevens weergegeven:

- Coördinaten;
- Monsternaam;
- Monsterdatum;
- Monsterdiepte;
- Standaardpuntencode;
- Grondwatertrap Gt;
- Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand GHG;
- Gemiddeld Laagste Grondwaterstand GLG.

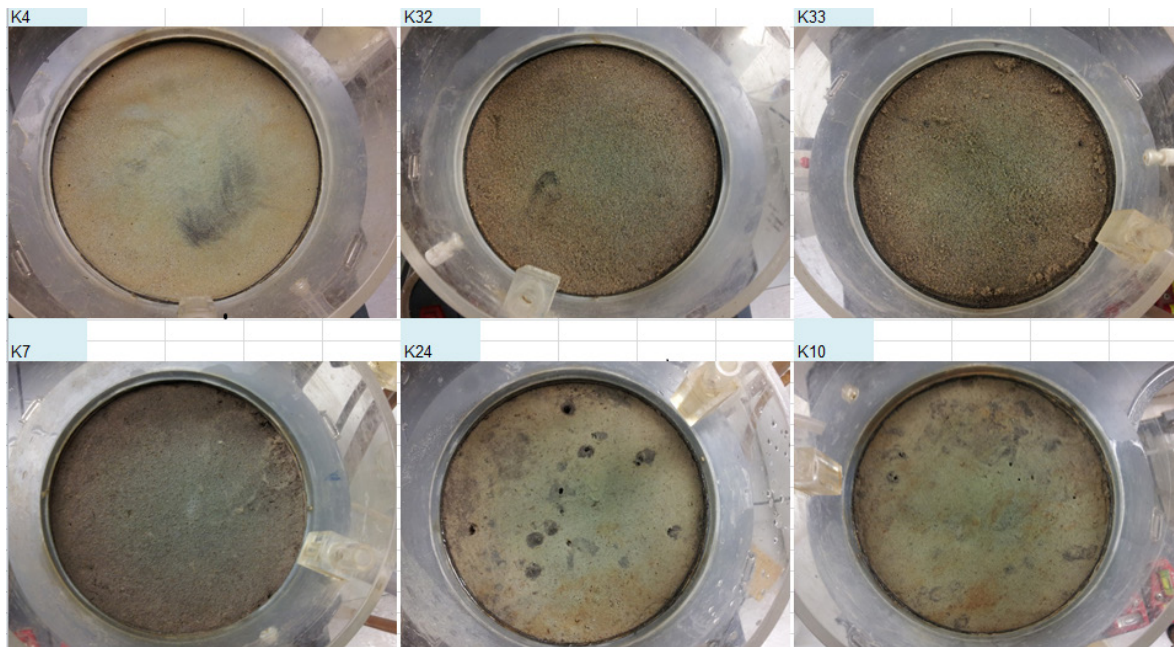
Meer gedetailleerde gegevens, waaronder de profielbeschrijvingen, zijn terug te vinden in de BIS-database zelf.

4.1.4 Belangrijkste hydro-fysische bodemgegevens

De textuurgegevens zijn gegeven in Bijlage 7. De M50-getallen zijn ondergebracht bij de Bodemkundige Basisgegevens. Kleine negatieve textuurfracties in de tabel duiden op fracties die lager zijn dan de aantoonbaarheidsgrens van circa 1%. Resultaten van de veldschattingen en laboratoriumbepalingen kunnen uiteraard soms enigszins afwijken. De tabel gaat altijd uit van laboratoriumgegevens, tenzij deze niet beschikbaar zijn. Als het om een veldbepaling gaat is dit aangegeven. Van enkele monsters zijn de textuurgegevens (deels) onbekend. De betreffende velden zijn dan leeg gelaten.

In Bijlage 8 zijn weergegeven:

- Gemeten bulkdichtheden;
- Gemeten verzadigde waterdoorlatendheden (zie ook figuur 4.1);
- Gefitte Mualem-van-Genuchten- (MvG-) parameters;
- De Staringreeks-bouwstenen, gebaseerd op gemeten parameters. Daar waar geen metingen aanwezig zijn, is de bouwsteen afgeleid van veldgegevens.



Figuur 4.1 Enkele monsters van de meetopstelling voor de verzadigde waterdoorlatendheid.

De Mualem-Van Genuchten-parameters zijn gegeven van de uni-modale eindfit. De verzadigde waterdoorlatendheid van de fit (K_s^s) is doorgaans (veel) kleiner dan de gemeten doorlatendheid bij verzadiging (K_s^m) als gevolg van de invloed van de macroporiën die in de verdampingsmethode niet, maar in de directe meting wel een grote rol spelen. In veel gevallen bleek het gewenst om een twee- of drie-modale Van Genuchten-curve te hanteren in de prefit. Omdat de prefit alleen is gebruikt om

watergehalten te schatten bij de gemeten drukhoogten en vervolgens in de tweede stap de uiteindelijke Mualem-Van Genuchten-optimalisatie (eindfit) is uitgevoerd, worden de tussenresultaten hier niet vermeld, maar zijn in de BIS-database wel opgenomen. De prefit is per bodemonster opgeslagen in de afzonderlijke Excelbestanden en hier niet gerapporteerd.

In Bijlage 9 zijn de grafieken van de retentie- en doorlatendheidskarakteristieken gegeven.

4.1.5 Aansluiting bij oudere Staringreeks

Bijlage 11 geeft de indeling van de Staringreeks.

De benaming van de huidige opschalingseenheden zijn volledig gebaseerd op de die van de bodemkundige karakteriserings-methodiek (Ten Cate *et al.*, 1995). De Staringreeks heeft in het verleden een iets andere indeling gehanteerd dan de huidige 38 opschalingseenheden van Bijlage 3. Om toch een koppeling te kunnen maken tussen de huidige opschalingseenheden en de oudere Staringreeks zijn in Bijlage 8 de afgeleide 'bouwstenen' van de Staringreeks opgenomen.

4.2 Aantallen monsters

In Bijlage 12 is het aantal monsters weergegeven dat per opschalingseenheid in BIS is opgenomen.

Alleen gegevens waarvan de kwaliteit voldoet aan de in dit rapport gegeven eisen, zijn in BIS/BRO opgenomen. In tabel 4.1 zijn de aantallen monsters in BIS weergegeven.

Tabel 4.1 Aantal monsters in BIS, onderverdeeld naar periode van monsternaam en invoergegevens

Jaar	Totaal	MvG	Textuur*	LOI, Ksm, Rd	Compleet
1969-2004	44	42	32	0	0
2004-2012	10	10	10	10	10
> 2012	163	159	147	138	138
Totaal	217	211	189	148	148

- Van 9 monsters kon dit jaar de textuur niet worden bepaald in verband met verhuizing van het lab. Deze worden in het komende jaar alsnog gerapporteerd.

Waarbij:

- Totaal = totaal aantal monsters in de aangegeven tijdsperiode
MvG = aantal monsters waarvan een Mualem-Van Genuchten-fit beschikbaar is
Textuur = aantal monsters met een gemeten textuur over de gehele range van 0-2000 µm in tenminste vijf klassen
LOI, Ksm, Rd = aantal monsters waarvan tenminste het gemeten gloeiverlies, en de verzadigde waterdoorlatendheid en de droge bulkdichtheid is gemeten
Compleet = aantal monsters dat tenminste alle van de vorige drie genoemde items bevat

Totaal: 217 monsters.

Bovenop deze 217 kwaliteitsmonsters resteren nog:

- 72 kwaliteitsmonsters van vóór 2012 waarvan geen profielbeschrijving in BIS aanwezig is. Ondanks dit hiaat, wordt de digitaal aanwezige informatie van deze 72 monsters van voldoende waarde geacht om in de nabije toekomst alsnog onder een 'dummy bodemprofiel' in BIS op te nemen. Overigens zijn van deze 72 monsters de bodemprofielen van 33 monsters via literatuur alsnog te achterhalen.
- Bovenop deze 72 monsters zijn er nog 19 kwaliteitsmonsters waarvan de digitale data onvoldoende informatie bevat voor BIS. Echter, de benodigde aanvullende gegevens zijn wel terug te vinden in de literatuur.

Het toevoegen van de aanvullende literatuurgegevens van de $33+19 = 52$ monsters aan BIS kost onevenredig veel tijd. Daarom is besloten om de monsters weliswaar in BIS te gaan opnemen, maar daarbij een verwijzing naar de literatuur te geven: de literatuurdata zelf wordt voorlopig niet gedigitaliseerd. In plaats van het digitaliseren van oude data wordt de voorkeur gegeven aan het bemonsteren en analyseren van nieuwe locaties.

Op basis van de huidige 217 monsters bevatten van de 38 opschalingseenheden nu 34 eenheden tenminste drie monsters. Dit is de minimale vereiste waarde uitgaande van het feit dat vaak duplo-monsters worden genomen. De streefwaarde van minimaal twee monsterlocaties (> drie monsters) per opschalingseenheid is daarmee gehaald, met uitzondering van de Organische eenheden 'zandig veen (0)' en 'venig zand (0)' en van de Niet-Eolische eenheden 'kleiarm silt (0)' en 'kleilig silt (0)'. Deze hiaten worden mede veroorzaakt doordat van een negental monsters geen textuurbepalingen konden worden uitgevoerd in verband met de verhuizing van het laboratorium naar een andere locatie. Deze gegevens worden in de volgende rapportage alsnog toegevoegd.

Dit geldt eveneens voor de Staringreeksbouwstenen. Van de 36 Staringreeksbouwstenen zijn er:

- twee of meer monsters van zestien bovengronden en zeventien ondergronden,
- drie of meer monsters van twaalf bovengronden en zestien ondergronden,
- vijf of meer monsters van acht bovengronden en elf ondergronden.

5 Discussie

5.1 Rapport en database

Van de hydrofysische bodemdata (HF-bodemdata) die via dit project zijn gegenereerd, zijn de belangrijkste gegevens in dit rapport in tabel- en grafiekvorm opgenomen:

- ID-naam;
- Afzettingsmilieu;
- Textuurklassenaam;
- Boven- of Ondergrond;
- Coördinaten;
- Monsternamedatum;
- Monsterdiepte;
- Standaardpuntencode (profielbeschrijving);
- Grondwatertrap (veldschatting);
- Gemiddeld Hoogste en Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GHG en GLG; veldschatting);
- Textuurverdeling op gewichtsbasis van de minerale delen (labmeting);
- Droge bulkdichtheid (labmeting);
- Gloeiverlies (organische stof; labmeting);
- Gemeten verzadigde waterdoorlatendheid;
- Gemeten waterretentiekarakteristiek (gemeten WRK);
- Afgeleide waterdoorlatendheidskarakteristiek (afgeleide WDK);
- Afgeleide Mualem-Van Genuchten-parameters (afgeleide MvG).

De hydrofysische gegevens zijn in het rapport alleen opgenomen door middel van de Mualem-Van Genuchten-parameters en de bijbehorende grafieken waarin de gemeten datareeksen en gefitte Mualem-Van Genuchten-curven zijn weergegeven. De retentiekarakteristiek en onverzadigde waterdoorlatenheden zijn af te leiden met behulp van de vergelijkingen in Bijlage 1.

Voor uitgebreidere gegevens kan de BIS-database worden geraadpleegd. Daarin zijn nog meer gegevens opgenomen, zoals landgebruik, profielbeschrijvingen, ruwe meetdata, volumetrische vochtgehalten en waterdoorlatenheden bij verschillende drukhoogten, berekende organische stofgehalten, monsternamen van de verschillende methoden, afgeleide gegevens en meer.

5.2 Gebruiksadvies

5.2.1 Aandachtspunten

De verkregen informatie kan gebruikt worden voor het opstellen van stromingsmodellen waarin de hydrofysische bodeminformatie van een bepaalde opschalingseenheid wordt gekoppeld aan een verwante horizont dat in een bodemprofiel voorkomt. Vaak worden daarvoor afgeleide gegevens, bijvoorbeeld de Mualem-Van Genuchten-parameters, gebruikt. In de toekomst zullen deze naar verwachting vervangen worden door het PDI-parameters (Iden *et al.*, 2014). Bij het gebruik van de gegevens in stromingsmodellen is het van belang in te zien dat:

- a. De afgeleide gegevens vaak informatie bevatten in een bereik dat groter is dan dat van de oorspronkelijke meetdata. Feitelijk is er extrapolatie van de gegevens uitgevoerd die buiten het fysieke meetbereik tot onzekere resultaten kan leiden.
- b. De Mualem-Van Genuchten-parameters bevatten een rekenkundig verzadigde waterdoorlatendheid die vaak veel kleiner is dan de werkelijk gemeten verzadigde waterdoorlatendheid. Dit komt omdat de verdampingsmethode over het algemeen alleen betrouwbare doorlatenheden geeft bij drukhoogten kleiner dan -50 cm. De MvG-fit is dan ook voornamelijk op die punten gebaseerd. De macroporiën in het monster, die het gedrag in het erg natte deel bepalen, kunnen

in de opstelling voor de verzadigde doorlatendheid wel worden beschouwd, maar in de verdampingsmethode niet. De uni-modale MvG-vergelijkingen zijn onvoldoende in staat om dit gedrag in het natte bereik te modelleren.

- c. Er onvolkomenheden kunnen zitten in de werkelijke bodemprofielopbouw ten opzichte van de profielopbouw zoals die voorkomt op de bodemkaarten. Het is bijvoorbeeld mogelijk dat er plaatselijk dunne verdichte lagen in de bodem aanwezig zijn die de snelheid van capillaire opstijging van water uit het grondwater, kunnen tegenwerken.
- d. Bodemhorizonten die homogeen worden verondersteld, inhomogeen zijn en feitelijk met meerdere aparte lagen gemodelleerd moeten worden.

5.2.2 Fuzzy-classificatie

Gebruikers van hydrofysische bodemdata kunnen ervoor kiezen om uit te gaan van fuzzy textuurklassen, in plaats van de indeling volgens de hard gedefinieerde textuurklassen van de 38 opschalingseenheden. Als een monster nog net in een bepaalde klasse valt, wordt deze toegekend aan deze klasse, terwijl hij feitelijk ook eigenschappen bezit van de naastliggende klasse. Om hieraan tegemoet te komen, is het mogelijk om gebruik te maken van een zogenaamde 'fuzzy-classificatie'. Dit houdt in dat de werkelijk aangetroffen textuurverdeling niet wordt ingedeeld in een textuurklasse met harde grenzen, maar een gewogen deelname aan verschillende textuurklassen zal bevatten. Een hoge weging geldt dan voor de textuurklasse waarmee hij de meeste verwantschap heeft en een lagere weging voor de naastliggende klassen. De weging kan bijvoorbeeld volgens een Gauss-kromme worden toegekend. Omdat deze classificatiemethode, die tot op heden nog niet is toegepast, maar een aantrekkelijk alternatief kan bieden, is deze hier toch kort aangehaald.

5.3 Raadplegen bodemfysische data in BIS

De gegevens in BIS zijn te bereiken door direct in te loggen bij de Oracle-database en met behulp van SQL-statements de benodigde gegevens te selecteren. Toegang wordt alleen verkregen nadat er door de beheerder van de database inloggegevens zijn verstrekt.

De eenvoudigste inlogprocedure is via de command-prompt van Windows (DOS-box, te openen via Windows\Accessories\Command Prompt). Om in te loggen, moet het volgende commando worden gegeven: SQLPLUS bisuser/bisuser@geo_scomp0628.world

Hierna zal de prompt SQL> in het venster verschijnen met de vraag om de persoonlijke inloggegevens. Na het inloggen kunnen SQL-commando's worden ingetypt.

Een andere methode is het gebruik van ArcMap. Via Layers\Add Data wordt een scherm geopend met "Connection to scomp0628.sde". Selecteer de gewenste file en voeg deze toe in linker veld. Vervolgens is de inhoud te openen met de rechtermuisknop.

De identificatie van monsters wordt gegeven aan de hand van PFB_ID in tabel PFB_MONSTER.

Het zou te ver voeren om hier alle commando's te geven die gebruikt kunnen worden om gegevens uit BIS te selecteren. In het Technisch datamodel (De Groot, 2010) is hierover meer informatie beschikbaar.

6 Conclusies

Alleen gegevens waarvan de kwaliteit voldoet aan de in dit rapport gegeven eisen zijn in BIS/BRO opgenomen. In tabel 6.1 zijn de aantallen monsters in BIS weergegeven:

Tabel 6.1 Aantal monsters in BIS, onderverdeeld naar periode van monsternamen en invoergegevens

Jaar	Totaal	MvG	Textuur*	LOI,Ksm,Rd	Compleet
1969-2004	44	42	32	0	0
2004-2012	10	10	10	10	10
> 2012	163	159	147	138	138
Totaal	217	211	189	148	148

- Van 9 monsters kon dit jaar de textuur niet worden bepaald in verband met verhuizing van het lab. Deze worden in het komende jaar alsnog gerapporteerd.

Waarbij:

- Totaal = totaal aantal monsters in de aangegeven tijdsperiode
MvG = aantal monsters waarvan een Mualem-Van Genuchten-fit beschikbaar is
Textuur = aantal monsters met een gemeten textuur over de gehele range van 0-2000 µm in tenminste vijf klassen
LOI, Ksm, Rd = aantal monsters waarvan tenminste het gemeten gloeiverlies, èn de verzadigde waterdoorlatendheid èn de droge bulkdichtheid is gemeten
Compleet = aantal monsters dat tenminste alle van de vorige drie genoemde items bevat

Totaal: 217 monsters.

Op basis van de huidige 217 monsters bevatten van de 38 opschalingseenheden nu 34 eenheden tenminste drie monsters. Dit is de minimale vereiste waarde uitgaande van het feit dat vaak duplomonsters worden genomen. De streefwaarde van minimaal twee monsterlocaties (> drie monsters) per opschalingseenheid is daarmee gehaald, met uitzondering van de Organische eenheden 'zandig veen (0)' en 'venig zand (0)' en van de Niet-Eolische eenheden 'kleiarm silt (0)' en 'kleiig silt (0)'. Deze hiaten worden mede veroorzaakt doordat van een negental monsters geen textuur-bepalingen konden worden uitgevoerd in verband met de verhuizing van het laboratorium naar een andere locatie. Deze gegevens worden in de volgende rapportage alsnog toegevoegd.

Dit geldt eveneens voor de Staringreeksbouwstenen. Van de 36 Staringreeksbouwstenen zijn er

- twee of meer monsters van zestien bovengronden en zeventien ondergronden,
- drie of meer monsters van twaalf bovengronden en zestien ondergronden,
- vijf of meer monsters van acht bovengronden en elf ondergronden.

De monsterlocaties zijn vanaf 2012 gericht geselecteerd aan de hand van een prioritering die door Knotters *et al.* (2011) is voorgesteld. Bij de opzet is uitgegaan van de *Latin hypercube sampling*, waarbij rekening gehouden wordt met het feit dat niet alle opschalingseenheden steekproefpunten bevatten ('empty domains'). Bij de bemonstering is getracht zo veel mogelijk klassen naar boven- en ondergrond, afzettingsmilieu, textuur en gehalte aan organische stof in BRO/BIS op te nemen, met ten minste twee monsters per klasse. Meerdere monsters per klasse zijn nodig om de nauwkeurigheid van geschatte gemiddelden te kunnen kwantificeren of om benaderingen, waarbij wordt gelooft uit bodemhydrofysische karakteristieken voor individuele locaties, mogelijk te maken (bootstrapping). Van de nieuwe monsters zijn alle in paragraaf 5.1 genoemde hydrofysische bodemgegevens verzameld. Van de oude Priapus-monsters ontbreken helaas vaak een of meerdere gegevenstypen, maar zijn de waterretentie- en waterdoorlatendheids-karakteristieken altijd aanwezig.

In de nabije toekomst worden met name de nog ontbrekende opschalingseenheden en Staringreeks-bouwstenen opgevuld. Daarna worden de aantallen per eenheid aangevuld tot tenminste tien locaties per eenheid, zodat inzicht wordt verkregen in de spreiding tussen de eenheden, en het opschalen of clusteren van resultaten beter mogelijk wordt. Ook daarna is het nodig om de data te blijven vernieuwen, omdat bodems in de tijd aan (meestal langzame) veranderingen onderhevig zijn.

De drukhoogten, vochtgehalten en tijd van de verschillende meetmethoden en de verzadigde waterdoorlatendheden zijn gebruikt voor het bepalen van afgeleide hydrofysische bodemeigenschappen en de Mualem-Van Genuchten-parameters. Daarbij is in dit project een Excel-rekensheet ontwikkeld dat op een veel kleiner detailniveau de fitprocedure kan analyseren, waardoor eventuele afwijkingen beter op hun waarde geschat kunnen worden. In de bijlagen is een uitgebreidere weergave van het Excelprogramma gegeven. Tevens is een filter ontwikkeld waarmee de grote databestanden, afkomstig van het laboratorium, worden gereduceerd tot een veel kleinere dataset. Kleine schommelingen in de data (ruis) zorgen normaliter voor grote afwijkingen in de afgeleide data van met name de onverzadigde waterdoorlatendheid in het natte traject. Het filter zorgt er tevens voor dat minder last wordt ondervonden van deze variaties. In het filter worden geen data aangepast, alleen selectief volgens een vast protocol weggelaten.

Er zijn meer manieren mogelijk waarop hydrofysische bodemgegevens verzameld en geïnterpreteerd kunnen worden. De verschillende manieren leiden tot verschillende resultaten. Vanuit Wageningen Environmental Research WENR) wordt een eenduidige werkwijze zo veel mogelijk nagestreefd. Dit heeft geleid tot het interne document "*Hydrofysische bodemgegevens: Voorkeursmethoden*" (Heinen en Bakker, 2016a).

Literatuur

- Bakel, P.J.T. van, J. Huinink, H. Prak en F. van der Bolt (2005). HELP-2005. Uitbreiding en actualisering van de HELP-tabellen ten behoeve van het WATERNOOD-instrumentarium. Utrecht, Stowa/DLG/Alterra/LNV, Stowa-rapport 2005-16.
- Bakker, G., M. Heinen, J.G. Wesseling, W.J.M. de Groot, F.B.T. Assinck, E.W.J. Hummelink (2015). Bodemfysische gegevens in BIS. Wageningen, Alterra Wageningen UR (University & Research centre), Alterra-rapport 2613.
- Bakker, G., M. Heinen, J.G. Wesseling, W.J.M. de Groot, F.B.T. Assinck, E.W.J. Hummelink (2017). Bodemhydrofysische gegevens in BRO en BIS - Update 2016. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 2789.
- Cate, J.A.M. ten, A.F. van Holst, H. Kleijer en J. Stolp (1995). Handleiding bodemgeografisch onderzoek; richtlijnen en voorschriften. Deel A: Bodem. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Technisch Document 19A.
- Hooghart, H. (2011). Veel gestelde vragen en antwoorden over de Basisregistratie Ondergrond, BRO.
- Dirksen, C. (1991). Unsaturated hydraulic conductivity. In: K.A. Smith and C.E. Mullins (Eds.): Soil Analysis, Physical Methods. Marcel Dekker, Inc., New York, p.209-269.
- Durner, W. (1992). Predicting the unsaturated hydraulic conductivity using multi-porosity water retention curves. In: M. Th. van Genuchten, F.J. Leij, and L.J. Lund (eds.), Proc. Int. Workshop, Indirect Methods for Estimating the Hydraulic Properties of Unsaturated Soils. pp. 185-202, University of California, Riverside.
- E/CN (2016). Report of the Inter-Agency and Expert Group on Sustainable Development Goal Indicators. E/CN.3/2016/2/rev.1, Annex IV.
- Genuchten, M.Th. van, 1980. A Closed-form Equation for Predicting the Hydraulic Conductivity of Unsaturated Soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 44:892-898.
- Genuchten, M.Th. van, F.J. Leij and S.R. Yates (1991). The RETC code for quantifying the hydraulic functions of unsaturated soils. USDA, US Salinity Laboratory, Riverside, CA.
- Gonzalez-Morales, Luis, Yu-Chieh Hsu, Jennifer Poole, Benjamin Rae, Ian Rutherford (2014). A World That Counts. Mobilising the data revolution for sustainable development. Report prepared at the request of the United Nations Secretary-General, by the Independent Expert Advisory Group on a Data Revolution for Sustainable Development.
- Groot, H. de (2010). Technisch Datamodel van BIS en LSK versie 7.2 en gebruik in ARCGIS. Alterra, Wageningen, 31 p.
- Heinen, M. en G. Bakker (2016b). Implications and Application of the Raats Superclass of Soils Equations. Wageningen, Alterra, Vadose Zone J. doi:10.2136/vzj2016.02.0012
- Hemker, C.J. en R.G. de Boer (1997). MicroFEM Version 3.60.66. Amsterdam.
- Hoogewoud, J.C., J.C. Hunink, G.F. Prinsen, A.A. Veldhuizen en J. Verkaik (2013). Veranderingsrapportage NHI 3.0. Beschrijving van de veranderingen in versie 3.0. Deltares, Delft.
- Iden, S. and W. Durner (2014). Comment to "Simple consistent models for water retention and hydraulic conductivity in the complete moisture range" by A. Peters. Water Resources Research 50: 7530-7534.
- ISO 11272 First edition (1998). Soil quality — Determination of dry bulk density
- ISO 11274 First edition (1998). Soil quality — Determination of the waterretention characteristic — Laboratory methods.
- ISO 11275 (2004). Soil quality - Determination of unsaturated hydraulic conductivity and water retention characteristic- Wind's evaporation method.
- ISO 11277 Second edition (2009). Soil quality — Determination of particle size distribution in mineral soil material — Method by sieving and sedimentation.

-
- Klute, A. (1972). The determination of the hydraulic conductivity and diffusivity of unsaturated soils. *Soil Sci.* 113, 264-276.
- Knotters, M., D.J. Brus, S.J.E. Verzandvoort en M. Heinen (2011). Aanvullende bodemfysische gegevens voor BIS-Nederland. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2245.
- Knotters, M., F.M. van Egmond, G. Bakker, D.J.J. Walvoort, F. Brouwer (2017). A selection of sensing techniques for mapping soil hydraulic properties, Wageningen, Wageningen Environmental Research, WEnR Report 2853.
- Leij, F.J., M.Th. van Genuchten, S.R. Yates and W.B. Russell (1992). RETC: a computer program for analyzing soil water retention and hydraulic conductivity data. *In*: M.Th. van Genuchten, F.J. Leij, and L.J. Lund (eds.), *Proc. Int. Workshop, Indirect Methods for Estimating the Hydraulic Properties of Unsaturated Soils*. pp. 263-272, University of California, Riverside.
- Mualem, Y. (1976). A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. *Israel. Water Resources Research*, Vol. 12, No. 3.
- NEN 5753 en 5753/C1, ICS 13.080.20 (2006 en 2009). Bodem - Bepaling van het lutumgehalte en de korrelgrootteverdeling in grond en waterbodem met behulp van zeef en pipet.
- NEN 5754 (1992). Bepaling van het gehalte aan organische stof in grond volgens de gloeiverliesmethode.
- NEN 5789 (1991). Bepaling van de verzadigde waterdoorlatendheid.
- Pastors, M.J.H. (1992). Landelijk Grondwater Model; conceptuele modelbeschrijving (National Groundwater Model; description of model concept). RIVM-report no. 7143050004, Bilthoven, The Netherlands.
- Pertassek, T., A. Peters and W. Durner (2011). HYPROP Data Evaluation Software User's Manual, V.1.0, UMS GmbH, München, Germany.
- Peters, A. and W. Durner (2008). Simplified evaporation method for determining soil hydraulic properties. *Journal of Hydrology* 356: 147-162.
- Peters, A. (2013). Simple consistent models for water retention and hydraulic conductivity in the complete moisture range. *Water Resources Research* 49: 6765-6780.
- Prince, K.R., O.L. Franke and T.E. Reilly (1988). Quantitative assessment of the shallow ground-water flow system associated with Connetquot Brook, Long Island, New York: U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2309, 28p.
- Ploumen, E.M.J. (2016). Nederland Ontwikkelt Duurzaam: Plan van aanpak inzake implementatie SDGs. Brief van de Minister voor Buitenlandse Handel en Ontwikkelingssamenwerking aan de Tweede Kamer. 's-Gravenhage, kst-26485-232.
- Šimůnek, J., M. Sejna and M.Th. van Genuchten (1999). The Hydrus-2D software package for simulating two-dimensional movement of water, heat, and multiple solutes in variably saturated media. Version 2.0, IGWMC - TPS - 53, International Ground Water Modeling Center, Colorado School of Mines, Golden, Colorado, 251pp.
- Stolte, J., J.G. Wesseling en S. Verzandvoort-van Dijck (2007). Kwaliteitsdocumentatie voor de verkrijging van Status A voor de gegevens van de Staringreeks zoals opgenomen in het gegevensbestand Priapus. Versie 1. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1522.
- Tiktak, A., F. van den Berg, J.J.T.I. Boesten, M. Leistra, A.M.A. van der Linden and D. van Kraalingen (2000). Pesticide Emission Assessment at Regional and Local Scales: User Manual of FOCUS Pearl version 1.1.1. RIVM Report 711401008, Alterra-report 28, RIVM, Bilthoven, 142 pp.
- Tiktak, A., A.M.A. van der Linden and J.J.T.I. Boesten (2003). The GeoPEARL model. Model description, applications and manual RIVM Report 716601007/2003, RIVM, Bilthoven, 79 pp.
- Tiktak, A., A.M.A. van der Linden, J.J.T.I. Boesten, R. Kruijne and D. van Kraalingen (2004). The GeoPEARL model. Part II. User Guide and model description update. RIVM-report 716601008/2004. RIVM, Bilthoven, The Netherlands.
- Verzandvoort, S.J.E., H.R.J. Vroon, J.G. Wesseling, G. Bakker, K. Oostindie, G.H. Stoffelsen, A.H. Heidema en G.B.M. Heuvelink (2012). Naar een database van bodemhydraulische karakteristieken voor Nederland. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2238.

-
- Vogel, T., K. Huang, R. Zhang and M.Th. van Genuchten (1996). The HYDRUS code for simulating one-dimensional water flow, solute transport, and heat movement in variably-saturated media, Version 5.0, Research Report No 140, U.S. Salinity Laboratory, USDA, ARS, Riverside, CA.
- Vos, J.A. de (1997). Water flow and nutrient transport in a layered silt loam soil. Doctoral Thesis, Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands, 287 p.
- Walsum, P.E.V. van, A.A. Veldhuizen and P. Groenendijk (2010). SIMGRO 7.1.0, Theory and model implementation. Wageningen, Alterra, Alterra-report 913.1. 93pp.
- Watson, K.K. (1966). An instantaneous profile method for determining the hydraulic conductivity of unsaturated porous materials. *Water Resour. Res.* 2, 709-715.
- Wolf, J., A.H.W. Beusen, P. Groenendijk, T. Kroon, R. Röttera and H. van Zeijts (2003). The integrated modeling system STONE for calculating nutrient emissions from agriculture in the Netherlands. *Environmental Modelling & Software*, Volume 18, Issue 7, Pages 597-617.
- Wösten, J.H.M., J.H. Bannink en J. Beuving (1987). Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: de Staringreeks. Wageningen. Stiboka-rapport 1932, ICW-rapport 18. Stiboka/ ICW, Wageningen.
- Wösten, J.H.M., F. de Vries, J. Denneboom en A.F. van Holst (1988). Generalisatie en bodemfysische vertaling van de bodemkaart van Nederland, 1:250 000, ten behoeve van de PAWN-studie. Stiboka, Wageningen. Rapport 2055.
- Wösten, J.H.M., G.J. Veerman en J. Stolte, 1994. Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: de Staringreeks. Vernieuwde uitgave 1994. Wageningen, Staring Centrum-DLO, Technisch Document 18.
- Wösten, J.H.M., G.J. Veerman, W.J.M de Groot en J. Stolte (2001). Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: de Staringreeks. Vernieuwde uitgave 2001. Wageningen, Alterra Wageningen UR. Alterra-rapport 153, ISSN 1566-7197.
- Wösten, J.H.M., F. de Vries, T. Hoogland, H.T.L. Massop, A.A. Veldhuizen, H.R.J. Vroon, J.G. Wesseling, J. Heijkers en A. Bolman (2013). BOFEK2012, de nieuwe, bodemfysische schematisatie van Nederland. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2387. 88 blz.

Niet gepubliceerde bronnen

- Heinen, M. en G. Bakker (2016a). Hydrofysische bodemgegevens: voorkeursmethoden. Interne notitie. Wageningen Environmental Research (Alterra).
- Heinen, M. en G. Bakker (2018). User Manual Analysing the Wind Evaporation Data. Interne notitie. Wageningen Environmental Research (WEnR).
- Vries, F., F. Brouwer, Y. van Randen, R. Knaben, O. Roosenschoon (2017). BRO - BHR ketentest - Flevo case. Evaluatie rapport Wageningen Environmental Research, Wageningen.
- Wesseling, J.G., H.R.J. Vroon en F. Brouwer (2013). Het Titanen-project. Een set software-tools voor het verwerken van veld- en labgegevens. Alterra-rapport (in concept aanwezig).

Verantwoording

Dit doorlopende project wordt continu afgestemd met onderzoekers en karteerders binnen Wageningen Environmental Research (WENR), met inachtneming van wensen uit de praktijk, zoals uitgebreid omschreven in hoofdstuk 2. Externe partijen worden op ad-hocbasis voor direct commentaar benaderd. De inhoud wordt zoveel mogelijk op standaard wijze verkregen en voorbereid voor opname in de BRO (2019). Vooralsnog is de detaillering van de datastructuur intern vormgegeven (WENR en Wageningen Universiteit), maar er vindt ook op EU-niveau afstemming plaats via SOPHIE, en internationaal via GLOSOLAN. Dit is nodig om te kunnen toewerken naar een Europees respectievelijk globaal geaccepteerde datastructuur, waarin resultaten worden geharmoniseerd en procedures worden gestandaardiseerd.

Het conceptrapport is beoordeeld en goedgekeurd door de externe contactpersoon bij het ministerie van LNV (Frans Lips) en de interne contactpersoon binnen de unit WOT Natuur & Milieu, thema Basisregistratie Ondergrond (Joop Okx).

De auteurs bedanken alle direct en indirect betrokkenen voor hun bijdrage aan het tot stand komen van deze rapportage.

Bijlage 1 Afhankelijke beleids- en operationele modellen

Beleidsmodellen

Beleideffecten worden meestal gekwantificeerd met behulp van rekenmodellen. De hydrofysische (HF) bodemgegevens, die als basisinvoer voor deze modellen nodig zijn, hebben grote invloed op de uitkomsten van de modellen. Het belang van een goede HF-bodemdataset wordt daarmee onderstreept. Enkele belangrijke beleidsmodellen die in Nederland bij omgevingsgericht onderzoek gebruikt worden, zijn:

- **SWAP**: Soil-Water-AtmosPhere model – Eendimensionale simulatie van waterstroming en plantengroei in het systeem van bodem, water en atmosfeer (Van Dam *et al.*, 2008).
- **LGM**: Landelijk Grondwater Model – Het model beschrijft de stroming van het diepere, verzadigde grondwater in een meerlagensysteem, waarbij goed doorlatende watervoerende pakketten zijn gescheiden door slecht doorlatende scheidingslagen (Pastoors, 1992).
- **PEARL**: Pesticide Emission At Regional and Local scales – Dit model berekent de uit- en afspoeling van gewasbeschermingsmiddelen (ook wel bestrijdingsmiddelen genoemd) naar het grond- en oppervlaktewater (Tiktak *et al.*, 2000, 2003, 2004).
- **STONE**: Samen Te Ontwikkelen Nutriënten Emissie model – Dit beleidsevaluatiemodel is in samenwerking met het RIVM en RIZA ontwikkeld voor nationale beleidsevaluaties, maar kan voor verschillende schaalniveaus worden gebruikt. Het model kwantificeert de effecten van het landbouw- en milieubeleid op de uitspoeling van N en P naar het grondwater en de afspoeling naar het oppervlaktewater. Het accent ligt daarbij op landbouwkundige bronnen, zoals dierlijke mest en kunstmest (Wolf *et al.*, 2003).
- **WATERNOOD en HELP-tabellen**: Waterlood is een methode die als leidraad wordt gebruikt voor het ontwerp en beheer van waterhuishoudkundige infrastructuur in het regionale waterbeheer. De STOWA ondersteunt deze methode via het Waterlood-instrumentarium. De recentste HELP-tabellen zijn opgenomen in het instrumentarium (Van Bakel *et al.*, 2005).
- **NHI**: Nationaal Hydrologisch Instrumentarium – Een geïntegreerd landsdekkend grond- en oppervlaktewatermodel van Nederland. De resultaten van het hydrologisch model worden ingezet voor landelijke beleid (Delta-beslissingen, Kader Richtlijn Water, Nitraatrichtlijn etc.) en voor operationele ondersteuning voor de waterverdeling tijdens droogte. Het is opgebouwd uit diverse gekoppelde concepten: Verzadigde zone (grondwater) – MODFLOW, Onverzadigde zone – MetaSWAP, Regionaal oppervlaktewater – MOZART, Landelijk oppervlaktewater – DM (SOBEK) (Hoogewoud *et al.*, 2013).
- **SIMGRO**: gedateerd acroniem voor SIMulatie van GRondwater – SIMGRO 6 combineert diverse deelprocesmodellen tot één generiek model: MetaSWAP voor de eendimensionale onverzadigde stroming, MODFLOW voor de regionale grondwaterstroming en SWQN voor het oppervlaktewater (Van Walsum *et al.*, 2010).

Operationele modellen

Buiten de beleidsmodellen worden diverse (experimentele) modellen gebruikt op projectbasis. Ook deze modellen zijn afhankelijk van de HF-bodemgegevens als basis:

- **MODFLOW** - MODulair driedimensionaal grondwater FLOW model – Dit eindige differentie-grondwaterstromingsmodel, dat oorspronkelijk door de US Geological Survey is gemaakt, is modulair opgebouwd (Prince *et al.*, 1988; Berlitz *et al.*, 1993).
- **HYDRUS-1D** - Een 'public domain' model voor de eendimensionale analyse van water-, stoffen- en warmtetransport in variabele poreuze media. Vanwege het public domain-karakter wordt het wereldwijd op grote schaal toegepast (HYDRUS 2D/3D: Vogel *et al.*, 1996).
- **HYDRUS-2D/3D** - De twee-/driedimensionale variant van Hydrus-1D (Šimůnek *et al.*, 1999).
- **MicroFEM** – Een eindig elementen-grondwatermodel voor meerdere watervoerende lagen, geschikt voor zowel stationaire als dynamische grondwaterstroming (Hemker *et al.*, 1997).

-
- FUSSIM2 – Twee-/driedimensionaal simulatiemodel voor de beschrijving van water- en zouttransport in poreuze media, de opname van water en nutriënten in de wortel, reductie van evaporatie van water aan het bodemoppervlak, oppervlakkige afstroming, (de)nitrificatie en bodemtemperatuur. Het model is verder gekoppeld met het organische stofmodel MOTOR (Heinen *et al.*, 1998).
 - EmMan3G – Afgeleid en versimpeld FUSSIM2-model dat bedoeld is om continue metingen van nutriënten in de bodem en de uitspoeling ervan naar het grondwater – evenals de meting van bodemvochtgehalten en drainage sturende bodemparameters in vollegronds kasteelten – gedeeltelijk te vervangen.
 - ZEUS – Berekent op basis van 1) hydrofysische bodemkenmerken en 2) profielgegevens, de afgeleide functionele kenmerken, zoals kritieke z-waarden, beschikbare hoeveelheden vocht in de wortelzone en ondergrond, C- en kD-waarden en berging (Wesseling *et al.*, 2013).

Bijlage 2 Excel-programma: filter en fit

Het Excelprogramma dat is gebruikt om de datareeksen van de verdampingsmethode en vervolgens de uiteindelijke Mualem-Van Genuchten-fit (MvG-fit) af te leiden, is gedurende dit project door de eerste twee auteurs ontwikkeld in 2012-2014 en is verder doorontwikkeld in de jaren daarna. In 2016 heeft dit tevens geleid tot de ontwikkeling van een filter, dat voorafgaand aan de (pre)fit wordt gebruikt om de grote hoeveelheid ruwe data van de meetopstelling te reduceren. Ook dit programma ondervindt regelmatig een update.

Aanleiding voor het ontwikkelen van nieuwe programmatuur was de wens om gedurende het fit-proces gedetailleerd inzicht te krijgen in de tussenresultaten en om onbetrouwbare meetpunten van de verdampingsmethode te kunnen verwijderen of meetpunten van aanvullende apparatuur toe te kunnen voegen en de effecten hiervan gedetailleerd te kunnen bestuderen. De aanleiding voor de ontwikkeling was dat i) kleine veranderingen in de invoer soms tot grote wijzigingen in de uitvoer leiden, ii) de uitvoer soms een onverklaarbaar uitwaaiend gedrag vertoont van de verschillende tensiometerparen, en iii) de doorlatendheid in het natte bereik soms afneemt bij een toenemende drukhoogte. De opzet via een Excel rekensheet biedt tevens kansen om op eenvoudige wijze op gebruikersniveau in- en uitvoer aan te passen, toe te voegen of te verwijderen. Bestaande software, zoals RETC (van Genuchten *et al.*, 1991; Leij *et al.*, 1992), Appia (Halbertsma, 1994) en HYPROP (Pertassek *et al.*, 2011), voeren veel berekeningen op de achtergrond uit zonder dat de gebruiker tussenresultaten kan inzien. Vooral de van de ruwe verdampingsdata afgeleide datareeks van de onverzadigde doorlatendheid (fase 1) moet altijd kritisch door een expert worden beschouwd. Met name in het natte traject kunnen namelijk afwijkingen ontstaan in de afgeleide gegevens vanwege beperkingen van het onderliggende modelconcept, maar ook als gevolg van de meetnauwkeurigheid en van temperatuurinvloeden.

Filter

Datafiltering wordt uitgevoerd met een Microsoft Exceltoepassing. In deze eerste stap worden de ruwe gegevens, die rechtstreeks afkomstig zijn uit de laboratorium verdampingsmeetopstelling, gefilterd zodat ze geschikt zijn voor het fit-programma (kort: E-fits). Het filter-programma (kort: E-filter) verandert geen gegevens, maar selecteert slechts een beperkt aantal records. Over het algemeen komen er uit het lab grote databestanden van enkele duizenden records. In het lab wordt een kort meetinterval (1 minuut) gebruikt om inzicht te krijgen in de kortetermijntemperatuur-effecten en de niet-evenwichttoestanden tijdens de metingen. Pas daarna kan een gerechtvaardigde reductie van metingen worden verricht. Wanneer een groter meetinterval wordt gebruikt, worden metingen op willekeurige wijze geëlimineerd, bijvoorbeeld eenmaal bij een temperatuurstijging en een willekeurig volgend moment gedurende een temperatuurverlaging. Dit resulteert in een grotere en onverklaarbare ruis dan bij een kort meetinterval. Filteren nadat met hoge frequentie is gemeten, heeft het grote voordeel dat gebruikgemaakt kan worden van de beschikbare informatie. Dit verbetert het eindresultaat. Doel van het E-filter is om een beheersbaar bestand met 30-1000 records over te houden, met een streefwaarde van 300 records. In dit uiteindelijke bestand zijn temperatuurinvloeden zo veel mogelijk geëlimineerd.

Records die niet in evenwicht blijken te zijn tijdens de initiële fase van de metingen worden verwijderd, evenals records aan het einde van de metingen op het moment dat tensiometers gaan caveren ('doorslaan'). Verder worden records gemarkeerd als zij potentieel onbetrouwbare afgeleide resultaten genereren in E-Fits. Dat is meestal het geval tijdens kleine drukhoogteveranderingen in het meetresultaat ten opzichte van een vorig meettijdstip. Gegevens voor doorlatendheids-berekeningen zijn namelijk zeer gevoelig voor kleine dh/dz -gradiënten. De gegevens voor de $\theta(h)$ -berekeningen zijn daar veel minder gevoelig voor. Als in de $K-h-\theta$ prefit en definitieve fit alleen gegevens worden gebruikt die geschikt zijn voor doorlatendheidsberekeningen, wordt waardevolle informatie over de retentiecurve weggelaten, vooral in het natte bereik. Daarom maken het E-filter en het nieuwe E-fits sinds 2016 onderscheid in deze gegevens. Dit onderscheid is in E-filter en E-Fits weergegeven door de codes 0-2.

De ruwe data, die normaal gesproken bestaan uit een tekstbestand met vele duizenden records, worden onderworpen aan de volgende criteria:

- De data worden gecheckt op winter- en zomertijdveranderingen en worden aangepast naar een continue tijdserie.
- Bij elke tijdstap wordt een gemiddeld volumetrisch totaalvochtgehalte berekend op basis van de gewichten, monstervolume en stoofdrome massa.
- Foutieve begin- en eindwaarden worden verwijderd, bijvoorbeeld punten met een toenemend gewicht of zuigspanning tijdens het op evenwicht komen voor aanvang van de werkelijke meting en punten aan het eind van de meting waar tensiometers caviteren ('doorslaan').
- Niet goed werkende tensiometers kunnen worden uitgeschakeld voor de complete serie. Ze worden als zodanig geïndiceerd, maar niet verwijderd. Ook kunnen afzonderlijke foutieve metingen als foutief worden geïndiceerd, zoals bijvoorbeeld bij tijdelijke digitale communicatieproblemen van de meetopstelling.
- Vervolgens worden alleen datapunten geselecteerd voor verdere analyse als deze liggen binnen een aan te passen ruis-bandbreedte. Een veelvoorkomende vorm van ruis treedt bijvoorbeeld op door schommelende temperaturen.
- Om voor de berekening van de punten voor onverzadigde waterdoorlatendheid te kunnen voldoen aan een voldoende grote drukverandering tussen twee meettijdstippen en tussen twee tensiometers, wordt gecheckt op een instelbare minimale gradiëntwaarde (dh/dz). In combinatie met een instelbare minimale en maximale tijdspanne tussen twee metingen worden metingen geïndiceerd als zij potentieel resulteren in onnauwkeurige waarden voor de doorlatendheid.
 - De uiteindelijke uitvoer van het E-filter, heeft hetzelfde format als die nodig is voor de invoer van het E-fits programma en bevat bij voorkeur 30-1000 records (streefwaarde 300). Elk record is gecodeerd met 0, 1, of 2, waarbij een enkele meting of een complete tensiometerreeks niet in fase 1 (PreFit + IPM) en RETC-EindFit (fase 2) gebruikt moet worden (0), of alleen gebruikt moet worden voor het bepalen van de waterretentiekarakteristiek (1), of gebruikt moet worden voor het bepalen van zowel de waterretentie- als de waterdoorlatendheidskarakteristiek (2).

Invoerscherm E-fits

In figuur B2.1 is een indruk gegeven van het invoerscherm van de rekensheet. De gele cellen geven de mogelijkheid om de modaliteit van de PreFit aan te passen (J7), de fit-optimalisatie uit te laten voeren op basis van de gemeten monstergewichten of de gemiddelde volumetrische vochtgehalten (F17) en de weegfactor (D19) aan te passen voor het vochtgehalte bij de start van de metingen of het eind van de metingen (F19). In rij 22 t/m 25 zijn aanvullende vochtgehaltemetingen toe te voegen. Lager in het invoerscherm (figuur B2.2) zijn apart gemeten verzadigde doorlatendheden toe te voegen en is het mogelijk om de PreFit uit te laten voeren op basis van twee, drie of vier tensiometermeetreeksen of om individuele metingen in de fit-procedure weg te laten.

The screenshot shows a spreadsheet interface for the E-fits software. The top part contains input fields for sample and operator information, and a table of fit parameters. The middle part shows weight factors for different stages of the fit. The bottom part contains a table for additional data points and a dropdown menu for the method. A photograph of the experimental setup is shown on the right side of the spreadsheet.

	Initial	PreFit	Fit_RETC	Min	Max
WCr	0	1	1	0	0.2
WCs	0.4	1	1	0.1	0.99
Alpha	0.01	1	1	0.000001	100
N	2	1	1	1.01	1000
Lambda	0.5	1	1	-20	20
Ks	1.0	1	1	0.000001	10000

Parameter	Value	Notes
Weight factor for K	0.1	
Sample diameter	100	(mm)
Sample height	80	(mm)
Average volume per tensiometer	0.628319	1: gewicht; 2: gem. WC
Weight factor for WC start,end	100	2: use START WC; 2: use END WC

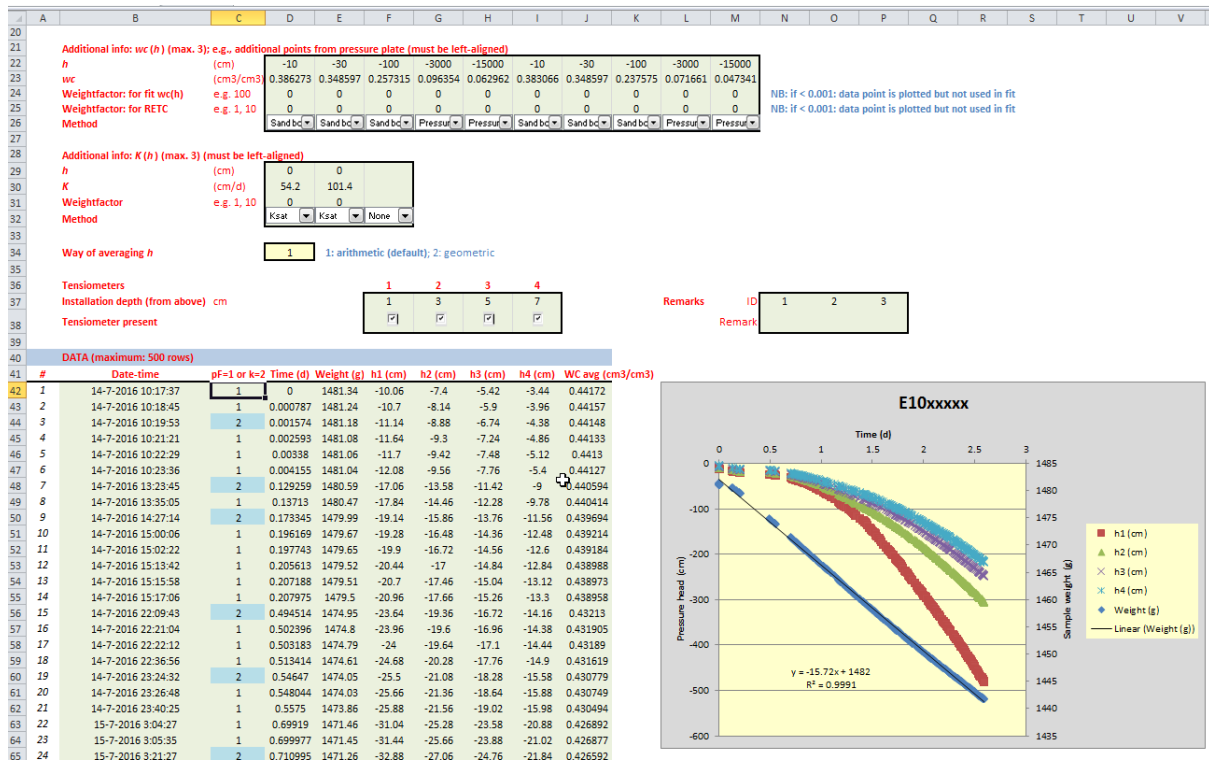
Additional info: wc (h) (max. 3); e.g. additional points from pressure plate (must be left-aligned)	h	wc	Weightfactor: for fit wc(h)	Weightfactor: for RETC	Method
0	0	0	0	0	None
0	0	0	0	0	None
0	0	0	0	0	None
0	0	0	0	0	None

NB: if < 0.001: data point is plotted but not used in fit
 NB: if < 0.001: data point is plotted but not used in fit

Figuur B2.1 Bovenste deel van het invoerscherm van de E-fits.

PreFit – De eerste Van Genuchten-retentiefit

De metingen van de drukhoogten en gemiddelde volumetrische vochtgehalten van het totale monster van de verdampingsmethode worden gebruikt om de Van Genuchten-retentiecurve voor de eerste keer te fitten (PreFIT). Deze fit wordt gebruikt om vochtgehalten te berekenen in elk compartiment van het bodemonmonster, ofwel op elke hoogte van de tensiometers en op elk tijdstip. Door de berekende vochtgehalten per compartiment te vermenigvuldigen met het volume van het monster-compartiment, ontstaat een berekende hoeveelheid water per compartiment.



Figuur B2.2 Onderste deel van het invoerscherm van de Excelsheet.

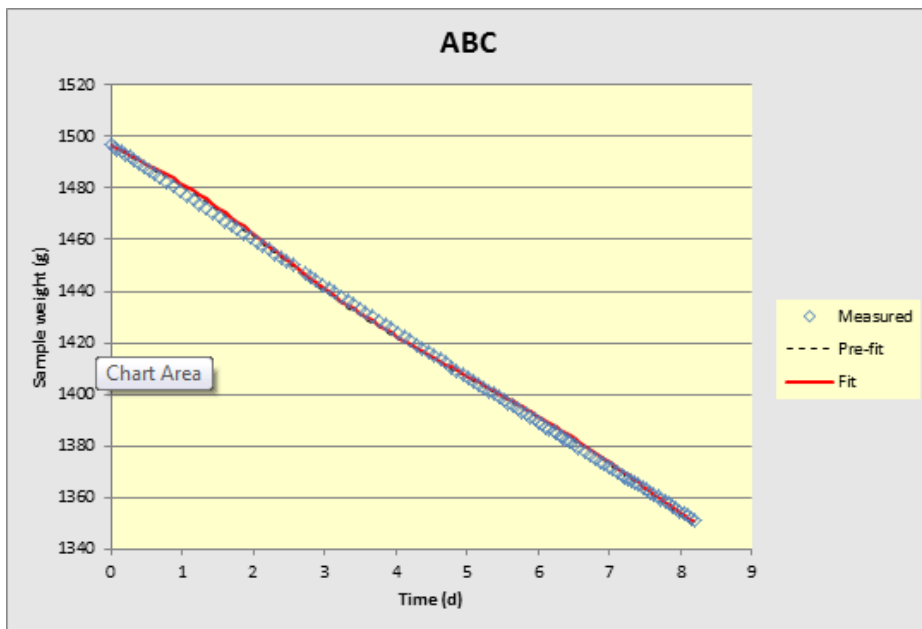
De som van deze hoeveelheden water moet gelijk zijn aan de totale gemeten hoeveelheid water in het monster. Als hierin een afwijking zit, worden de vochtgehalten van de retentiecurve aangepast. Op deze wijze wordt de fit door iteratie geoptimaliseerd. De PreFits in dit project zijn, afhankelijk van de resultaten, uitgevoerd met een één-, twee- of drie-modale functie van Van Genuchten (1980) (cf. Durner, 1992).

De vorm van de waterretentiekarakteristiek volgens het k -modale Van Genuchten-model wordt bepaald met de volgende vergelijking:

$$S_e = \sum_{i=1}^k W_i \left(\frac{1}{1 + (\alpha_i |h|)^n} \right)^m \quad (B.1)$$

waarin:

- k totale modaliteit (hier $k = 1, 2$ of 3) is gebruikt
- S_e verzadigingsgraad, $S_e = (\theta - \theta_r) / (\theta_s - \theta_r)$ (dimensieloos)
- θ volumetrisch vochtgehalte ($L^3 L^{-3}$) als functie van de drukhoogte h
- θ_r residueel vochtgehalte ($L^3 L^{-3}$), zijnde de asymptotische waarde voor θ aan het droge uiteinde van de pF-curve waar $d\theta/dh \rightarrow 0$ (dus niet per definitie bij $\theta \rightarrow 0$)
- θ_s verzadigd vochtgehalte ($L^3 L^{-3}$), ofwel het vochtgehalte bij $h = 0$
- α vormparameter (L^{-1}), verschillend voor elke modaliteit (cm^{-1}) (voor $k=1$ gecorreleerd met $1/h_{plateau}$, ofwel de h behorend bij het punt waar $dh/d\theta$ maximaal is)
- n vormparameter (-), verschillende voor elke modaliteit, stelt de steilheid van de retentiekarakteristiek voor bij kleine θ ; een grotere n geeft een steilere grafiek bij kleine θ en daarmee een platter plateau
- m vormparameter, verschillende voor elke modaliteit, $m = 1 - 1/n$ (dimensieloos)
- h drukhoogte (cm)



Figuur B.1.3 Vergelijkende figuur van de fysiek gemeten gewichten (blauwe punten), de berekende gewichten op basis van de retentiekarakteristiek van de PreFit (zwarte stippellijn) en van de berekende EindFit volgens Mualem-Van Genuchten (rode lijn) die door het Excelprogramma worden gegenereerd.

De PreFit wordt in eerste instantie uitgevoerd met een één-modale fit aan de metingen van de verdampingmethode, waarbij de extra metingen van de zandbak en andere opstellingen buiten beschouwing worden gelaten. Bij onvoldoende resultaten, met name wanneer de berekende gewichtsafname onvoldoende aansluit bij de gemeten gewichtsafname, wordt de modaliteit verhoogd. figuur B.2.4 geeft een voorbeeld van het programma waarmee een dergelijke vergelijking visueel wordt gemaakt. Na de PreFit worden volgens de IPM 'instantaneous profile method' (Watson, 1966; Klute, 1972; Dirksen, 1991) de doorlatendheden op de grensvlakken tussen de 4 bodemlagen berekend. De bodemlagen worden gevormd door de positie van de tensiometers: deze zitten steeds in het midden van een bodemlaag. Voor de grensvlakken tussen de bodemlagen (precies tussen de tensiometers in) geldt dat de waterflux gelijk is aan de gradiënt in drukhoogte, dh/dz , vermenigvuldigd met de doorlatendheid K (wet van Darcy). De waterflux aan de bovenzijde van het monster is gelijk aan de verdamping, ofwel de afname in gewicht van het totale monster. Door stapsgewijs dieper het monster in te gaan, kan steeds de benodigde waterflux over de grenslagen van de 4 bodemlagen worden berekend per tijdseenheid, omdat uit de Prefit het vochtgehalte per tijdseenheid per bodemlaag bekend is geworden. De veranderingen in watergehalte per laag volgen uit de verschillen tussen inkomende en uitgaande waterfluxen (q , $\text{cm}^3 \text{cm}^{-2} \text{d}^{-1}$). Omdat de gradiënten in drukhoogte al bekend zijn, kan de doorlatendheid op de grensvlakken worden berekend. De uiteindelijk berekende doorlatendheid K (m/s) volgt uit de vergelijking van Darcy:

$$K = \frac{q}{\frac{dh}{dz} - 1} \quad (\text{B.2})$$

Tevens worden voor deze grensvlakken ook waarden voor de bijbehorende drukhoogte en watergehalte berekend (middeling van de waarden in de aangrenzende bodemlagen).

In het natte bereik kunnen in de praktijk door kleine meetfouten dh/dz -waarden resulteren in negatieve waarden van k (indien $dh/dz < 1$) of in waarden die grote uitschieters vertonen bij waarden van dh/dz net groter dan 1. Deze waarden worden in dit project als uitbijters beschouwd en niet meegenomen in de verdere analyse. Negatieve waarden voor k worden in het programma automatisch verworpen door ze te markeren met een waarde van -999 (m/s). Uitbijters worden selectief door de gebruiker verwijderd door in de tussenresultaten te zoeken naar het meettijdstip waarop de uitbijter betrekking heeft en deze vervolgens in het invoerscherm uit te zetten. De uitbijters zitten normaliter in het natte meetgebied. In de literatuur wordt in deze context veelvuldig gewezen op de onzekere uitkomsten van k - h -relaties in het natte gebied. Afhankelijk van de grondsoort is het in de praktijk

daarom lastig om betrouwbare k - h -relaties te vinden in het gebied $h = 0$ tot -50 cm. Er zal daarom niet altijd een meting van de doorlatendheid berekend kunnen worden in het gebied $h = 0$ tot -10 cm. Ook blijkt in de praktijk vaak dat het gebruik van een 1-modale functie onvoldoende is om het drukhoogtetraject in het natte bereik te beschrijven. Dit komt door de vaak (relatief) snelle daling van de drukhoogte in het hele natte gebied. In het half-natte gebied gaat deze weer over in een tragere daling en vervolgens in het droge gebied weer in een snellere daling.

De uiteindelijk gegenereerde drukhoogte h (en daarmee ook de drukgradiënt dh/dz) die wordt weergegeven in de datareeksen van de retentie- en doorlatendheidskarakteristiek, is een harmonisch (optioneel: geometrisch) gemiddelde drukhoogte op het grensvlak tussen twee opeenvolgende tensiometers en twee opeenvolgende tijdstippen. Dit geldt ook voor het vochtgehalte θ .

De aldus gegenereerde θ - h - K data zijn gebruikt in de uiteindelijke Mualem-Van Genuchten-fit.

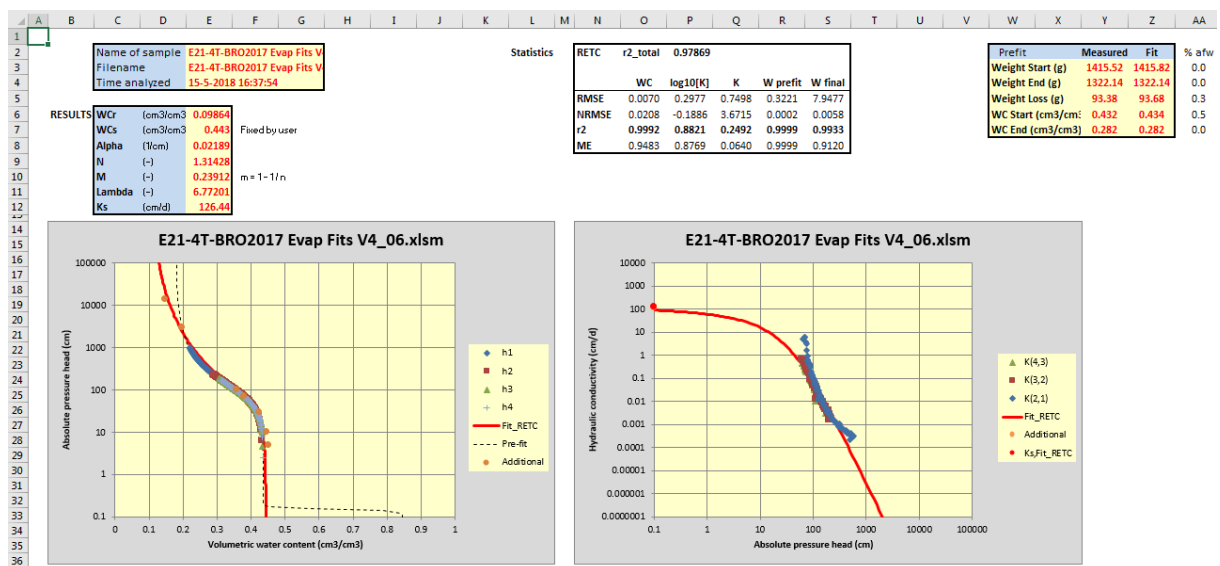
Uiteindelijke Mualem-Van Genuchten-fit

Bij de uiteindelijke fit kunnen de metingen uit de zandbak-, drukpan- en verzadigde waterdoorlatendheidsmethode worden meegenomen in de berekening. De uiteindelijke Van Genuchten p F-curve kan afwijken van de prefit p F-curve, omdat de uiteindelijke fit geoptimaliseerd is in combinatie met de doorlatendheidsdata, terwijl de prefit alleen gebaseerd is op vochtgehalten en drukhoogten. Bovendien is de uiteindelijke fit een 1-modale fit, terwijl de prefit vaak een hogere modaliteit heeft. De vergelijkingen die gebruikt worden bij de MvG-fit zijn de vergelijkingen B.1 (met $k = 1$) en B.3.

$$K(h) = K_{sf} \frac{[(1+|\alpha h|^n)^{1-1/n} - |\alpha h|^{n-1}]^2}{(1+|\alpha h|^n)^{(1-1/n)(L+2)}} \quad (B.3)$$

waarin:

- L : Vormparameter (-) en stelt het verloop voor van $K(h)$ bij lage h , ofwel bij grote zuigspanningen. Hoe groter (minder negatief) de waarde van L , hoe steiler de grafiek van $K(h)$.
- K_{sf} : Dit is de verzadigde waterdoorlatendheid van de fit. Deze waarde komt meestal niet overeen met de gemeten K_{sm} , die normaliter (veel) groter is. Dit komt waarschijnlijk doordat de berekende doorlatendheid bij $h=0$ geen rekening houdt met de met water gevulde macroporiën. Randvoorwaarde: $K_{sf} > 0$.



Figuur B.1.3 Screenshot van de 'Results'-tab van het Excelprogramma. Links de retentie-karakteristiek, rechts de doorlatendheidskarakteristiek. Verder zijn de fit-parameters en enkele statistische gegevens weergegeven.

Bijlage 3 De 38 Opschalingseenheden

Eenheid	38-Code	Omschrijving
Geologie	0-199	Moerig materiaal
	200-299	Mariene (holocene) afzettingen
	300-399	Fluviatiele afzettingen
	400-499	Eolische- en fluvio-periglaciale afzettingen
	500-599	Glaciale en fluvio-glaciale afzettingen
	600-699	Overige afzettingen
Boven- en Ondergrond	B	Bovengrond
	O	Ondergrond
Hoofdindeling	MM	Moerig_Mineraal
	E	Eolisch
	nE	Niet-eolisch
Organisch	V	veen
	kV	kleig veen
	vK	venige klei
	H	humusrijk
	zH	zeer humeus
	mH	matig humeus
	mHa	matig humusarm
	zHa	zeer humusarm
	uHa	uiterst humusarm
	zV	zandig veen
	vZ	venig zand
	Eolisch	laZ
zlZ		zwak lemig zand
slZ		sterk lemig zand
zslZ		zeer sterk lemig zand
zL		zandige leem
sL		siltige leem
Niet-eolisch	kaZ	kleiarm zand
	kaS	kleiarm silt
	kZ	kleig zand
	kS	kleig silt
	zlZ	zeer lichte zavel
	mlZ	matig lichte zavel
	zZ	zware zavel
	IK	lichte klei
	mzK	matig zware klei
	zzK	zeer zware klei

Bijlage 4 Bodemkundige Basisgegevens

MIN *Monster Identificatie Nummer;*
BoKa *Code Bodemkundige Karakterisering;*
Fracties *Lutum, Silt, Leem en M50 gebaseerd op massafracties van de granulaire delen;*
Fractie *Organisch Stof (OS) gebaseerd op massafracties van het bulkvolume;*
Veldschatting *Alleen aangegeven als de waarden betrekking hebben op veldschattingen. In de overige gevallen betreft het laboratoriumbepalingen.*

MIN	BoKa	Fracties (%)					Veldschatting (Lu, Si, Le, M50, OS)
		Lutum (0-2 um)	Silt (2-50 um)	Leem (0-50 um)	M50 (mm)	OS (g/g)	
50	510	-	-	-	-	-	
60	340	9.1	19.4	28.5	97	6.0	OS
67	520	P.M.	P.M.	P.M.	P.M.	-	
1611	321	49.6	18.2	67.8	156	11.8	
1612	410	2.9	18.3	21.2	150	1.3	
1613	410	2.1	4.5	6.6	168	0.3	
1614	692	5.1	7.7	12.8	142	30.8	
1621	211	22.0	31.3	53.3	87	0.4	
1622	211	16.2	27.8	44.0	85	0.0	
1624	211	5.2	7.3	12.5	99	0.0	
1631	692	3.0	8.8	11.8	163	5.1	
1632	692	3.7	6.9	10.6	154	2.9	
1633	692	3.7	6.9	10.6	154	2.9	
1643	321	61.2	27.2	88.4	846	21.4	
1644	321	72.1	25.3	97.4	585	4.5	
1645	120	-	-	-	-	70.3	
1646	120	-	-	-	-	70.3	
1650	130	-	-	-	-	72.5	
1651	211	14.2	28.4	42.6	93	0.6	
1653	211	14.2	28.4	42.6	93	0.6	
1654	211	12.9	37.1	50.0	85	0.0	
1655	211	9.8	32.1	41.9	83	0.0	
1656	211	8.8	10.9	19.7	99	0.0	
1663	211	30.8	45.9	76.7	84	0.0	
1664	211	30.8	45.9	76.7	84	0.0	
1665	211	46.4	41.7	88.1	86	0.0	
1666	211	41.9	41.6	83.5	79	0.0	
1675	410	4.4	23.6	28.0	144	6.7	
1676	410	7.9	24.0	31.9	129	1.7	
1677	410	1.5	6.1	7.6	142	0.0	
1678	410	7.4	10.7	18.1	135	9.4	
1679	410	7.4	10.7	18.1	135	9.4	
1680	410	1.8	8.4	10.2	123	4.3	
1681	410	0.3	7.8	8.1	130	0.8	
1682	410	0.5	5.8	6.3	128	0.7	
1684	110	80.1	9.4	89.5	739	35.4	
1685	110	80.1	9.4	89.5	739	56.1	
1686	120	90.3	-	-	-	75.5	
1687	130	-	-	-	-	78.8	
1690	120	-	-	-	-	83.6	
1692	110	52.4	16.0	68.4	826	35.5	
1693	110	52.4	16.0	68.4	826	35.8	
1695	120	-	-	-	-	82.9	

MIN	BoKa	Fracties (%)					Veldschatting (Lu, Si, Le, M50, OS)
		Lutum (0-2 µm)	Silt (2-50 µm)	Leem (0-50 µm)	M50 (mm)	OS (g/g)	
1830	110	-	-	-	-	-	
10001	211	14.5	20.8	35.3	71	2.9	
10002	211	17.3	23.8	41.1	77	2.9	
10003	321	25.2	36.7	61.9	169	4.3	
10004	321	26.1	31.5	57.6	158	4.0	
10005	321	19.6	32.7	52.3	194	2.0	
10006	321	18.5	27.0	45.5	193	1.5	
10007	211	25.2	43.4	68.6	82	3.0	
10008	211	26.5	40.7	67.2	76	2.0	
10009	321	16.6	17.9	34.5	163	3.6	
10010	321	16.4	20.5	36.9	173	2.8	
10011	321	18.3	34.8	53.1	130	2.7	
10012	321	17.4	27.0	44.4	122	2.6	
10013	211	39.3	42.7	82.0	82	2.4	
10014	211	44.0	39.7	83.7	72	1.1	
10015	321	30.8	53.7	84.5	81	0.4	
10016	321	26.2	37.9	64.1	69	3.1	
10017	211	25.5	35.0	60.5	84	3.7	
10018	211	19.5	28.7	48.2	81	2.3	
10019	211	26.2	44.7	70.9	76	2.8	
10020	211	31.2	47.4	78.6	68	2.2	
10021	212	16.4	20.1	36.5	94	2.1	
10022	212	16.8	19.9	36.7	84	1.5	
10023	321	27.0	36.1	63.1	150	3.9	
10024	321	25.6	35.5	61.1	148	2.4	
10025	321	30.2	31.9	62.1	152	1.6	
10026	321	23.5	23.6	47.1	90	2.8	
10027	321	30.4	38.4	68.8	149	3.4	
10028	321	30.6	40.4	71.0	148	3.1	
10029	692	5.7	6.2	11.9	310	1.9	
10030	692	5.4	6.3	11.7	313	2.0	
10031	692	5.4	8.6	14.0	291	1.7	
10032	692	5.1	7.8	12.9	291	1.8	
10033	692	1.0	1.3	2.3	290	4.5	
10034	692	1.9	0.4	2.3	287	4.8	
10035	440	0.6	0.3	0.9	265	0.9	
10036	440	0.9	0.0	0.9	281	0.8	
10037	692	4.6	4.5	9.1	201	3.5	
10038	692	3.9	5.6	9.5	198	3.3	
10039	413	1.4	2.3	3.7	310	0.3	
10040	413	0.8	2.9	3.7	308	0.5	
10041	211	10.5	13.2	23.7	83	4.4	
10042	211	9.9	10.5	20.4	83	4.0	
10043	211	1.3	2.3	3.6	85	0.4	
10044	211	1.5	3.2	4.7	86	1.0	
10045	211	0.4	0.6	1.0	294	0.3	
10046	211	0.3	0.5	0.8	292	0.3	
10047	211	5.4	6.7	12.1	166	3.6	
10048	211	5.6	7.3	12.9	169	3.7	
10049	211	2.9	2.6	5.5	147	0.4	
10050	211	3.3	3.4	6.7	147	0.7	
10051	431	0.6	0.4	1.0	254	0.2	
10052	431	0.2	0.2	0.4	258	0.2	
10053	336	0.7	0.4	1.1	389	0.2	
10054	336	0.3	0.8	1.1	347	0.2	
10055	321	4.3	3.8	8.1	191	0.5	
10056	321	2.9	3.3	6.2	211	1.0	
10057	321	2.5	3.1	5.6	183	0.6	

MIN	BoKa	Fracties (%)					Veldschatting (Lu, Si, Le, M50, OS)
		Lutum (0-2 µm)	Silt (2-50 µm)	Leem (0-50 µm)	M50 (mm)	OS (g/g)	
10058	321	1.9	1.2	3.1	181	0.6	
10059	510	7.4	11.2	18.6	168	3.2	
10060	510	7.3	10.7	18.0	167	3.3	
10061	510	20.9	11.6	32.5	113	0.7	
10062	510	19.0	9.7	28.7	105	0.9	
10063	510	16.0	11.5	27.5	183	0.1	
10064	510	15.2	11.8	27.0	183	0.3	
10065	336	2.5	3.3	5.8	435	0.8	
10066	336	1.9	4.3	6.2	324	0.7	
10067	211	2.6	8.2	10.8	81	1.7	
10068	211	2.2	7.7	9.9	82	2.2	
10069	440	1.3	1.5	2.8	252	0.4	
10070	440	1.0	0.7	1.7	242	0.5	
10071	413	1.3	1.2	2.5	794	0.3	
10072	413	1.0	1.5	2.5	828	0.4	
10073	421	9.8	43.5	53.3	130	1.9	
10074	421	9.9	45.4	55.3	139	2.1	
10075	421	7.7	41.6	49.3	82	1.2	
10076	421	8.4	45.1	53.5	107	1.3	
10077	421	5.0	28.7	33.7	131	1.2	
10078	421	7.7	32.4	40.1	88	1.3	
10079	692	5.3	12.3	17.6	126	2.8	
10080	692	5.2	13.5	18.7	124	3.0	
10081	412	3.3	7.0	10.3	137	1.5	
10082	412	3.7	8.0	11.7	117	0.9	
10083	211	6.9	6.6	13.5	102	1.5	
10084	211	7.1	6.2	13.3	103	1.6	
10085	211	4.2	2.8	7.0	114	1.2	
10086	211	5.9	5.7	11.6	104	1.2	
10087	692	4.3	11.1	15.4	122	7.8	
10088	692	4.4	11.2	15.6	128	7.6	
10089	693	3.4	7.8	11.2	114	2.5	
10090	693	3.2	8.8	12.0	119	3.4	
10091	211	6.6	5.2	11.8	90	2.9	
10092	211	6.6	5.9	12.5	90	1.6	
10093	211	4.7	3.4	8.1	94	0.7	
10094	211	6.2	4.1	10.3	98	1.8	
10095	321	57.0	17.9	74.9	206	24.5	
10096	321	55.1	16.6	71.7	201	24.6	
10097	321	60.5	8.3	68.8	190	39.5	
10098	321	65.3	8.3	73.6	243	31.5	
10099	211	39.1	38.6	77.7	194	26.8	
10100	211	38.8	38.5	77.3	189	25.5	
10101	413	2.5	9.4	11.9	138	4.2	
10102	413	2.5	9.4	11.9	138	-	
10103	413	0.9	0.4	1.3	148	0.9	
10104	413	0.9	0.4	1.3	148	-	
10105	413	0.6	1.0	1.6	159	0.6	
10106	413	0.6	1.0	1.6	159	-	
10107	413	3.0	6.9	9.9	147	4.4	
10108	413	1.2	0.4	1.6	144	1.1	
10109	413	1.4	0.8	2.2	147	1.0	
10110	413	1.4	0.8	2.2	147	-	
10111	321	24.4	37.0	61.4	103	2.8	
10112	321	24.1	36.9	61.0	105	2.9	
10113	321	27.7	36.1	63.8	103	1.6	
10114	321	28.4	34.4	62.8	110	1.6	
10115	211	22.9	38.1	61.0	78	2.3	

MIN	BoKa	Fracties (%)					Veldschatting (Lu,Si, Le, M50, OS)
		Lutum (0-2 um)	Silt (2-50 um)	Leem (0-50 um)	M50 (mm)	OS (g/g)	
10116	211	21.9	39.0	60.9	81	2.1	
10117	220	26.2	52.3	78.5	74	3.6	
10118	220	26.2	51.9	78.1	76	3.4	
10119	220	26.3	48.8	75.1	93	2.3	
10121	211	23.9	27.2	51.1	101	2.6	
10122	211	23.5	27.4	50.9	100	2.4	
10123	300	56.8	40.6	97.4	150	6.9	
10124	300	58.5	39.5	98.0	139	3.7	
10125	300	58.5	39.5	98.0	139	4.9	
10126	300	58.5	39.5	98.0	139	4.4	
10127	300	46.7	48.5	95.2	97	9.7	
10128	300	46.7	48.5	95.2	97	10.7	
10129	300	56.8	40.6	97.4	150	5.8	
10130	300	58.5	39.5	98.0	139	2.5	
10131	300	58.5	39.5	98.0	139	2.5	
10132	300	58.5	39.5	98.0	139	2.6	
10133	411	1.0	16.0	16.0	160.0	0.3	Lu,Si, Le, M50, OS
10134	412	1.0	5.0	5.0	300.0	1.7	Lu,Si, Le, M50, OS
10135	100	37.7	42.4	80.1	142	73.5	
10136	411	1.0	16.0	16.0	140.0	1.5	Lu,Si, Le, M50, OS
10137	422	19.6	43.4	63.0	94	7.5	
10138	412	1.0	14.0	14.0	180.0	2.3	Lu,Si, Le, M50, OS
10139	693	1.0	12.0	12.0	140.0	16.5	Lu,Si, Le, M50, OS
10140	132	34.2	45.1	79.3	143	62.7	
10141	132	20.3	46.7	67.0	89	8.6	
10142	412	3.0	25.0	25.0	140.0	1.7	Lu,Si, Le, M50, OS
10143	422	10.0	65.0	65.0	90.0	1.3	Lu,Si, Le, M50, OS
10144	422	18.7	63.9	82.6	61	0.2	
10145	422	23.7	66.2	89.9	74	2.0	
10146	421	17.2	73.0	90.2	64	2.6	
10147	421	16.6	72.2	88.8	74	2.7	
10148	421	20.0	69.6	89.6	60	0.8	
10149	421	22.4	64.8	87.2	59	0.7	
10150	412	11.4	28.1	39.5	151	2.3	
10151	412	11.4	31.0	42.4	154	0.9	
10152	412	15.8	24.5	40.3	141	4.6	
10153	412	16.8	27.4	44.2	138	4.3	
10154	152	41.8	20.3	62.1	362	94.2	
10155	152	44.7	9.6	54.3	192	94.1	
10156	693	3.8	2.9	6.7	174	2.5	
10157	411	0.9	0.0	0.9	177	0.4	
10158	411	1.0	0.5	1.5	174	0.4	
10159	693	2.6	3.7	6.3	175	2.4	
10160	411	1.3	0.4	1.7	178	0.5	
10161	411	0.8	0.9	1.7	177	0.3	
10162	340	5.8	23.2	29.0	154	1.1	
10163	340	2.7	20.9	23.6	150	1.2	
10164	160	-	-	-	-	-	
10165	413	-	-	-	-	31.1	
10166	413	-	-	-	-	32.5	
10167	152	-	-	-	-	97.2	
10168	152	-	-	-	-	97.3	
10169	693	-	-	-	-	54.9	
10170	693	-	-	-	-	55.7	
10171	211	3.0	1.9	4.9	94	0.8	
10172	211	3.5	1.8	5.3	98	0.7	
10173	152	-	-	-	-	93.8	
10174	152	-	-	-	-	94.5	

Bijlage 5 Afgeleide bodemkundige gegevens

De in deze tabel weergegeven "Afgeleide bodemkundige gegevens" zijn rechtstreeks afgeleid van de "Bodemkundige Basis Gegevens".

<i>MIN</i>	<i>Monster Identificatie Nummer;</i>
<i>Hoofdindeling</i>	<i>Afzettingsmilieu OE38-code van 'De 38 opschalingseenheden' van Bijlage 3: Moerig_Mineraal, Eolisch, of niet-Eolisch</i>
<i>Moerig_Mineraal</i>	<i>Code volgens bijlage 'De 38 opschalingseenheden': Indeling naar OS;</i>
<i>Eolisch</i>	<i>Code volgens bijlage 'De 38 opschalingseenheden': Indeling naar leemfractie;</i>
<i>Niet-Eolisch</i>	<i>Code volgens bijlage 'De 38 opschalingseenheden': Indeling naar lutumfractie;</i>
<i>Totale benaming</i>	<i>Afgeleid van de Bodemkundige Basisgegevens.</i>

MIN	Hoofdindeling	Moerig_Mineraal	Eolisch	niet-Eolisch	Totale benaming
50	nE				Keileem
60	nE	zH		zIZ	zeer humeus, zeer lichte zavel
67	nE				Keileem
1611	nE	zH		mzK	zeer humeus, matig zware klei
1612	E	zHa	slZ		zeer humusarm, sterk lemig matig fijn zand
1613	E	uHa	laZ		uiterst humusarm, leemarm matig fijn zand
1614	E		zIZ		zwak lemig zeer fijn zand
1621	nE	uHa		zZ	uiterst humusarm, zware zavel
1622	nE	uHa		mlZ	uiterst humusarm, matig lichte zavel
1624	nE	uHa		kZ	uiterst humusarm, kleiig uiterst fijn zand
1631	E	mH	zIZ		matig humeus, zwak lemig matig fijn zand
1632	E	mH	zIZ		matig humeus, zwak lemig matig fijn zand
1633	E	mH	zIZ		matig humeus, zwak lemig matig fijn zand
1643	nE	H		zzK	humusrijk, zeer zware klei
1644	nE	mHa		zzK	matig humusarm, zeer zware klei
1645	MM	V			veen
1646	MM	V			veen
1650	MM	V			veen
1651	nE	uHa		mlZ	uiterst humusarm, matig lichte zavel
1653	nE	uHa		mlZ	uiterst humusarm, matig lichte zavel
1654	nE	uHa		mlZ	uiterst humusarm, matig lichte zavel
1655	nE	uHa		zIZ	uiterst humusarm, zeer lichte zavel
1656	nE	uHa		zIZ	uiterst humusarm, zeer lichte zavel
1663	nE	uHa		IK	uiterst humusarm, lichte klei
1664	nE	uHa		IK	uiterst humusarm, lichte klei
1665	nE	uHa		mzK	uiterst humusarm, matig zware klei
1666	nE	uHa		mzK	uiterst humusarm, matig zware klei
1675	E	zH	slZ		zeer humeus, sterk lemig zeer fijn zand
1676	E	mHa	slZ		matig humusarm, sterk lemig zeer fijn zand
1677	E	uHa	laZ		uiterst humusarm, leemarm zeer fijn zand
1678	E	H	slZ		humusrijk, sterk lemig zeer fijn zand
1679	E	H	slZ		humusrijk, sterk lemig zeer fijn zand
1680	E	mH	zIZ		matig humeus, zwak lemig zeer fijn zand
1681	E	zHa	laZ		zeer humusarm, leemarm zeer fijn zand
1682	E	uHa	laZ		uiterst humusarm, leemarm zeer fijn zand
1684	MM	vK			venige klei
1685	MM	kV			kleiig veen
1686	MM	kV			kleiig veen
1687	MM	V			veen
1690	MM	V			veen
1692	MM	vK			venige klei

MIN	Hoofd-indeling	Moerig_Mineraal	Eolisch	niet-Eolisch	Totale benaming
1693	MM	vK			venige klei
1695	MM	V			veen
1830	MM	V			veen
10001	nE	mHa		mIZ	matig humusarm, matig lichte zavel
10002	nE	mHa		mIZ	matig humusarm, matig lichte zavel
10003	nE	mH		IK	matig humeus, lichte klei
10004	nE	mH		IK	matig humeus, lichte klei
10005	nE	mHa		zZ	matig humusarm, zware zavel
10006	nE	zHa		zZ	zeer humusarm, zware zavel
10007	nE	mHa		IK	matig humusarm, lichte klei
10008	nE	mHa		IK	matig humusarm, lichte klei
10009	nE	mH		mIZ	matig humeus, matig lichte zavel
10010	nE	mHa		mIZ	matig humusarm, matig lichte zavel
10011	nE	mHa		zZ	matig humusarm, zware zavel
10012	nE	mHa		mIZ	matig humusarm, matig lichte zavel
10013	nE	mHa		mzK	matig humusarm, matig zware klei
10014	nE	zHa		mzK	zeer humusarm, matig zware klei
10015	nE	uHa		IK	uiterst humusarm, lichte klei
10016	nE	mHa		IK	matig humusarm, lichte klei
10017	nE	mH		IK	matig humeus, lichte klei
10018	nE	mHa		zZ	matig humusarm, zware zavel
10019	nE	mHa		IK	matig humusarm, lichte klei
10020	nE	mHa		IK	matig humusarm, lichte klei
10021	nE	mHa		mIZ	matig humusarm, matig lichte zavel
10022	nE	zHa		mIZ	zeer humusarm, matig lichte zavel
10023	nE	mH		IK	matig humeus, lichte klei
10024	nE	mHa		IK	matig humusarm, lichte klei
10025	nE	zHa		IK	zeer humusarm, lichte klei
10026	nE	mHa		zZ	matig humusarm, zware zavel
10027	nE	mHa		IK	matig humusarm, lichte klei
10028	nE	mHa		IK	matig humusarm, lichte klei
10029	E	mHa	zIZ		matig humusarm, zwak lemig matig grof zand
10030	E	mHa	zIZ		matig humusarm, zwak lemig matig grof zand
10031	E	mHa	zIZ		matig humusarm, zwak lemig matig grof zand
10032	E	mHa	zIZ		matig humusarm, zwak lemig matig grof zand
10033	E	mH	laZ		matig humeus, leemarm matig grof zand
10034	E	mH	laZ		matig humeus, leemarm matig grof zand
10035	E	zHa	laZ		zeer humusarm, leemarm matig grof zand
10036	E	zHa	laZ		zeer humusarm, leemarm matig grof zand
10037	E	mH	laZ		matig humeus, leemarm matig fijn zand
10038	E	mH	laZ		matig humeus, leemarm matig fijn zand
10039	E	uHa	laZ		uiterst humusarm, leemarm matig grof zand
10040	E	uHa	laZ		uiterst humusarm, leemarm matig grof zand
10041	nE	mH		zIZ	matig humeus, zeer lichte zavel
10042	nE	mH		zIZ	matig humeus, zeer lichte zavel
10043	nE	uHa		kaZ	uiterst humusarm, kleiarm uiterst fijn zand
10044	nE	zHa		kaZ	zeer humusarm, kleiarm uiterst fijn zand
10045	nE	uHa		kaZ	uiterst humusarm, kleiarm matig grof zand
10046	nE	uHa		kaZ	uiterst humusarm, kleiarm matig grof zand
10047	nE	mH		kZ	matig humeus, kleiig matig fijn zand
10048	nE	mH		kZ	matig humeus, kleiig matig fijn zand
10049	nE	uHa		kaZ	uiterst humusarm, kleiarm zeer fijn zand
10050	nE	uHa		kaZ	uiterst humusarm, kleiarm zeer fijn zand
10051	E	uHa	laZ		uiterst humusarm, leemarm matig grof zand
10052	E	uHa	laZ		uiterst humusarm, leemarm matig grof zand
10053	nE	uHa		kaZ	uiterst humusarm, kleiarm matig grof zand
10054	nE	uHa		kaZ	uiterst humusarm, kleiarm matig grof zand
10055	nE	uHa		kaZ	uiterst humusarm, kleiarm matig fijn zand
10056	nE	zHa		kaZ	zeer humusarm, kleiarm matig grof zand

MIN	Hoofd-indeling	Moerig_Mineraal	Eolisch	niet-Eolisch	Totale benaming
10057	nE	uHa		kaZ	uiterst humusarm, kleiarm matig fijn zand
10058	nE	uHa		kaZ	uiterst humusarm, kleiarm matig fijn zand
10059	nE	mH		kZ	matig humeus, kleilig matig fijn zand
10060	nE	mH		kZ	matig humeus, kleilig matig fijn zand
10061	nE	uHa		zZ	uiterst humusarm, zware zavel
10062	nE	zHa		zZ	zeer humusarm, zware zavel
10063	nE	uHa		mIZ	uiterst humusarm, matig lichte zavel
10064	nE	uHa		mIZ	uiterst humusarm, matig lichte zavel
10065	nE	zHa		kaZ	zeer humusarm, kleiarm zeer grof zand
10066	nE	uHa		kaZ	uiterst humusarm, kleiarm matig grof zand
10067	nE	mHa		kaZ	matig humusarm, kleiarm uiterst fijn zand
10068	nE	mHa		kaZ	matig humusarm, kleiarm uiterst fijn zand
10069	E	uHa	laZ		uiterst humusarm, leemarm matig grof zand
10070	E	uHa	laZ		uiterst humusarm, leemarm matig grof zand
10071	E	uHa	laZ		uiterst humusarm, leemarm zeer grof zand
10072	E	uHa	laZ		uiterst humusarm, leemarm zeer grof zand
10073	E	mHa	zL		matig humusarm, zandige leem
10074	E	mHa	zL		matig humusarm, zandige leem
10075	E	zHa	zslZ		zeer humusarm, zeer sterk lemig uiterst fijn zand
10076	E	zHa	zL		zeer humusarm, zandige leem
10077	E	zHa	zslZ		zeer humusarm, zeer sterk lemig zeer fijn zand
10078	E	zHa	zslZ		zeer humusarm, zeer sterk lemig uiterst fijn zand
10079	E	mH	slZ		matig humeus, sterk lemig zeer fijn zand
10080	E	mH	slZ		matig humeus, sterk lemig zeer fijn zand
10081	E	zHa	zlZ		zeer humusarm, zwak lemig zeer fijn zand
10082	E	zHa	zlZ		zeer humusarm, zwak lemig zeer fijn zand
10083	nE	zHa		kZ	zeer humusarm, kleilig uiterst fijn zand
10084	nE	mHa		kZ	matig humusarm, kleilig uiterst fijn zand
10085	nE	zHa		kaZ	zeer humusarm, kleiarm zeer fijn zand
10086	nE	zHa		kZ	zeer humusarm, kleilig uiterst fijn zand
10087	E	zH	zlZ		zeer humeus, zwak lemig zeer fijn zand
10088	E	zH	zlZ		zeer humeus, zwak lemig zeer fijn zand
10089	E	mHa	zlZ		matig humusarm, zwak lemig zeer fijn zand
10090	E	mH	zlZ		matig humeus, zwak lemig zeer fijn zand
10091	nE	mH		kZ	matig humeus, kleilig uiterst fijn zand
10092	nE	zHa		kZ	zeer humusarm, kleilig uiterst fijn zand
10093	nE	uHa		kaZ	uiterst humusarm, kleiarm uiterst fijn zand
10094	nE	mHa		kZ	matig humusarm, kleilig uiterst fijn zand
10095	nE			zzK	zeer zware klei
10096	nE			zzK	zeer zware klei
10097	nE			zzK	zeer zware klei
10098	nE			zzK	zeer zware klei
10099	nE			mzK	matig zware klei
10100	nE			mzK	matig zware klei
10101	E	mH	zlZ		matig humeus, zwak lemig zeer fijn zand
10102	E		zlZ		zwak lemig zeer fijn zand
10103	E	zHa	laZ		zeer humusarm, leemarm zeer fijn zand
10104	E		laZ		leemarm zeer fijn zand
10105	E	uHa	laZ		uiterst humusarm, leemarm matig fijn zand
10106	E		laZ		leemarm matig fijn zand
10107	E	mH	laZ		matig humeus, leemarm zeer fijn zand
10108	E	zHa	laZ		zeer humusarm, leemarm zeer fijn zand
10109	E	zHa	laZ		zeer humusarm, leemarm zeer fijn zand
10110	E		laZ		leemarm zeer fijn zand
10111	nE	mHa		zZ	matig humusarm, zware zavel
10112	nE	mHa		zZ	matig humusarm, zware zavel
10113	nE	zHa		IK	zeer humusarm, lichte klei
10114	nE	zHa		IK	zeer humusarm, lichte klei
10115	nE	mHa		zZ	matig humusarm, zware zavel

MIN	Hoofd-indeling	Moerig_Mineraal	Eolisch	niet-Eolisch	Totale benaming
10116	nE	mHa		zZ	matig humusarm, zware zavel
10117	nE	mH		IK	matig humeus, lichte klei
10118	nE	mH		IK	matig humeus, lichte klei
10119	nE	mHa		IK	matig humusarm, lichte klei
10121	nE	mHa		zZ	matig humusarm, zware zavel
10122	nE	mHa		zZ	matig humusarm, zware zavel
10123	nE	mH		zzK	matig humeus, zeer zware klei
10124	nE	mHa		zzK	matig humusarm, zeer zware klei
10125	nE	mH		zzK	matig humeus, zeer zware klei
10126	nE	mH		zzK	matig humeus, zeer zware klei
10127	nE	zH		mzK	zeer humeus, matig zware klei
10128	nE	zH		mzK	zeer humeus, matig zware klei
10129	nE	mH		zzK	matig humeus, zeer zware klei
10130	nE	mHa		zzK	matig humusarm, zeer zware klei
10131	nE	mHa		zzK	matig humusarm, zeer zware klei
10132	nE	mHa		zzK	matig humusarm, zeer zware klei
10133	E	uHa	zIZ		uiterst humusarm, zwak lemig matig fijn zand
10134	E	mHa	laZ		matig humusarm, leemarm matig grof zand
10135	MM	V			veen
10136	E	zHa	zIZ		zeer humusarm, zwak lemig zeer fijn zand
10137	E	zH	zL		zeer humeus, zandige leem
10138	E	mHa	zIZ		matig humusarm, zwak lemig matig fijn zand
10139	nE		zIZ		zwak lemig zeer fijn zand
10140	MM	V			veen
10141	MM	zH			zeer humeus
10142	E	mHa	slZ		matig humusarm, sterk lemig zeer fijn zand
10143	E	uHa	zL		uiterst humusarm, zandige leem
10144	E	uHa	zL		uiterst humusarm, zandige leem
10145	E	mHa	sL		matig humusarm, siltige leem
10146	E	mHa	sL		matig humusarm, siltige leem
10147	E	mHa	sL		matig humusarm, siltige leem
10148	E	uHa	sL		uiterst humusarm, siltige leem
10149	E	uHa	sL		uiterst humusarm, siltige leem
10150	E	mHa	zslZ		matig humusarm, zeer sterk lemig matig fijn zand
10151	E	zHa	zslZ		zeer humusarm, zeer sterk lemig matig fijn zand
10152	E	mH	zslZ		matig humeus, zeer sterk lemig zeer fijn zand
10153	E	mH	zslZ		matig humeus, zeer sterk lemig zeer fijn zand
10154	MM	V			veen
10155	MM	V			veen
10156	E	mHa	laZ		matig humusarm, leemarm matig fijn zand
10157	E	uHa	laZ		uiterst humusarm, leemarm matig fijn zand
10158	E	uHa	laZ		uiterst humusarm, leemarm matig fijn zand
10159	E	mHa	laZ		matig humusarm, leemarm matig fijn zand
10160	E	uHa	laZ		uiterst humusarm, leemarm matig fijn zand
10161	E	uHa	laZ		uiterst humusarm, leemarm matig fijn zand
10162	nE	zHa		0	zeer humusarm, kleilig matig fijn zand
10163	nE	zHa		0	zeer humusarm, kleiarm matig fijn zand
10164	MM	V		0	veen
10165	E		laZ	0	leemarm zeer fijn zand
10166	E		laZ	0	leemarm matig fijn zand
10167	MM	V		0	veen
10168	MM	V		0	veen
10169	E		slZ	0	sterk lemig zeer fijn zand
10170	E		slZ	0	sterk lemig matig fijn zand
10171	nE	zHa		0	zeer humusarm, kleiarm uiterst fijn zand
10172	nE	uHa		0	uiterst humusarm, kleiarm uiterst fijn zand
10173	MM	V		0	veen
10174	MM	V		0	veen

Bijlage 6 Belangrijkste veldgegevens

<i>MIN</i>	<i>Monster Identificatie Nummer;</i>
<i>Monster Naam</i>	<i>Naam zoals gebruikt in veld en laboratorium;</i>
<i>Monster Datum</i>	<i>Datum waarop het monster in het veld genomen is;</i>
<i>Monster Diepte</i>	<i>Diepte van het monster in centimeters ten opzichte van maaltveld;</i>
<i>RD-coördinaten</i>	<i>Coördinaten volgens het stelsel van de Rijksdriehoeksmeting;</i>
<i>StdPntCd</i>	<i>Standaardpuntencode.</i>
<i>Gt</i>	<i>Grondwatertrap</i>
<i>GHG</i>	<i>Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand</i>
<i>GLG</i>	<i>Gemiddeld Laagste Grondwaterstand</i>

MIN	Monster Naam	Monster Datum	Monster Diepte (cm-mv)		RD-Coordinaten		StdPntCd	Gt	GHG	GLG
			van	tot	X	Y				
50	L2-30b	31048	30	38	263000	480000	0K4p225c00	Vad	15	250
60	Ti-2b	31413	40	48	260000	491000	0R4p332cp50	IIIb	40	115
67	An-1a	26299	15	23	245000	563000	0K4p213c00	VI	35	120
1611	BNK_A11	1-5-1979	4	14	170875	445200	02o433000	III	10	100
1612	BNK_B2	2-5-1979	35	45	170875	445200	02o433000	III	10	100
1613	BNK_C11G	3-5-1979	50	60	170875	445200	02o433000	III	10	100
1614	BRG_AP	1-4-1979	8	18	251200	569025	02n422000	V	30	140
1621	CLP_AP2	30682	8	14	46350	401075	0M5p235a00	VII	115	170
1622	CLP_C211	30682	30	36	46350	401075	0M5p235a00	VII	115	170
1624	CLP_C22G	30682	65	75	46350	401075	0M5p235a00	VII	115	170
1631	EDV_AANP	28856	4	10	167575	452700	02q432000	IV	50	150
1632	EDV_AN21	28856	16	22	167575	452700	02q432000	IV	50	150
1633	EDV_AN22	28856	28	34	167575	452700	02q432000	IV	50	150
1643	HK1_A1G	1-7-1979	2	12	120075	447200	01sb000	II/III	20	80
1644	HK1_C1G	1-7-1979	12	22	120075	447200	01sb000	II/III	20	80
1645	HK1_D11	1-7-1979	40	50	120075	447200	01sb000	II/III	20	80
1646	HK1_D12	1-7-1979	65	75	120075	447200	01sb000	II/III	20	80
1650	HK2_D	1-7-1979	55	65	119600	446850	01sc000	III	10	90
1651	KGN_AP1	30682	10	16	43650	398875	0M5p225a00	VI/VII	70	170
1653	KGN_AP3	30682	32	38	43650	398875	0M5p225a00	VI/VII	70	170
1654	KGN_C21G	30682	46	52	43650	398875	0M5p225a00	VI/VII	70	170
1655	KGN_C22G	30682	70	76	43650	398875	0M5p225a00	VI/VII	70	170
1656	KGN_C23G	30682	85	95	43650	398875	0M5p225a00	VI/VII	70	170
1663	KTS_AP1	30682	6	12	49300	398000	0M5p235a00	VI	50	140
1664	KTS_AP2	30682	20	26	49300	398000	0M5p235a00	VI	50	140
1665	KTS_C21G	30682	48	54	49300	398000	0M5p235a00	VI	50	140
1666	KTS_C22G	30682	70	76	49300	398000	0M5p235a00	VI	50	140
1675	RLD_AP	1-4-1979	4	14	239975	553900	02r4230x80	V	30	0
1676	RLD_B3	1-4-1979	28	38	239975	553900	02r4230x80	V	30	0
1677	RLD_C12G	1-4-1979	55	65	239975	553900	02r4230x80	V	30	0
1678	SLG_AP1	1-4-1979	2	12	275025	555300	02r422000	VI	60	160
1679	SLG_AP2	1-4-1979	4	14	275025	555300	02r422000	VI	60	160
1680	SLG_B2	1-4-1979	20	30	275025	555300	02r422000	VI	60	160
1681	SLG_C11	1-4-1979	40	50	275025	555300	02r422000	VI	60	160
1682	SLG_C12	1-4-1979	68	74	275025	555300	02r422000	VI	60	160
1684	ZV1_A11	1-7-1979	3	9	117250	461400	01db000	II/III	20	80
1685	ZV1_A12	1-7-1979	16	22	117250	461400	01db000	II/III	20	80
1686	ZV1_C1	1-7-1979	44	50	117250	461400	01db000	II/III	20	80
1687	ZV1_G	1-7-1979	70	80	117250	461400	01db000	II/III	20	80
1690	ZV2_C1	1-7-1979	35	41	117350	461150	01dc000	II	10	60
1692	ZV3_A11	1-7-1979	4	10	117600	461125	o1db000	II	10	70
1693	ZV3_A12	1-7-1979	12	18	117600	461125	o1db000	II	10	70

MIN	Monster Naam	Monster Datum	Monster Diepte		RD-Coördinaten		StdPntCd	Gt	GHG	GLG
			(cm-mv)		X	Y				
			van	tot						
1695	ZV3_C12	1-7-1979	40	46	117600	461125	o1db000	II	10	70
1830	Bu-2b	25204	10	18	253000	460000	02n431000	IIIa/V	10	90
10001	Abb11	26-6-2012	40	50	75248	427879	M5p235a	VIIo	90	140
10002	Abb12	26-6-2012	40	50	75248	427879	M5p235a	VIIo	90	140
10003	Bun11	6-6-2012	5	15	144560	452490	R5x315c	VIo	70	150
10004	Bun12	6-6-2012	5	15	144560	452490	R5x315c	VIo	70	150
10005	Bun21	6-6-2012	45	55	144560	452490	R5x315c	VIo	70	150
10006	Bun22	6-6-2012	45	55	144560	452490	R5x315c	VIo	70	150
10007	CK11	10-5-2012	5	15	171402	504777	M5p315a	VIIo	90	150
10008	CK12	10-5-2012	5	15	171402	504777	M5p315a	VIIo	90	150
10009	Cot11	23-5-2012	10	20	148307	446398	R5x235a	VIIId	100	200
10010	Cot12	23-5-2012	10	20	148307	446398	R5x235a	VIIId	100	200
10011	Gor11	13-6-2012	40	50	208683	468149	R5x232a	VIIIId	160	260
10012	Gor12	13-6-2012	40	50	208683	468149	R5x232a	VIIIId	160	260
10013	Hoo11	13-6-2012	60	70	125225	527770	M5p235c/H	VIo	60	160
10014	Hoo12	13-6-2012	60	70	125225	527770	M5p235c/H	VIo	60	160
10015	Pan11	16-5-2012	30	40	200220	433880	R5x315a	VIo	60	160
10016	Pan12-2	16-5-2012	30	40	200220	433880	R5x315a	VIo	60	160
10017	Pon11	13-6-2012	50	60	132749	535189	M5p235a	VIIo	90	140
10018	Pon12	13-6-2012	50	60	132749	535189	M5p235a	VIIo	90	140
10019	Poo11	26-6-2012	35	45	69226	396699	M5m311c	VIo	50	120
10020	Poo12	26-6-2012	35	45	69226	396699	M5m311c	VIo	50	120
10021	PPO21	10-5-2012	5	15	166645	505600	M5p235a	VIIo	90	150
10022	PPO22	10-5-2012	5	15	166645	505600	M5p235a	VIIo	90	150
10023	Ran11	16-5-2012	10	20	176290	439670	R5p235cp10	VIo	70	170
10024	Ran12	16-5-2012	10	20	176290	439670	R5p235cp10	VIo	70	170
10025	Ran21	16-5-2012	40	50	176290	439670	R5p235cp10	VIo	70	170
10026	Ran22	16-5-2012	40	50	176290	439670	R5p235cp10	VIo	70	170
10027	Voo11	17-10-2012	5	15	207750	465610	R5p315b	VIId	70	190
10028	Voo12	17-10-2012	5	15	207750	465610	R5p315b	VIId	70	190
10029	Rhe1-B1	3-6-2013	5	15	169620	441340	4s512	VIIIId	300	400
10030	Rhe1-B2	3-6-2013	5	15	169620	441340	4s512	VIIIId	300	400
10031	Zel1-B1	10-6-2013	25	35	198720	412570	4r513	VIIId	120	200
10032	Zel1-B2	10-6-2013	25	35	198720	412570	4r513	VIIId	120	200
10033	Wel1-B1	14-6-2013	20	30	204988	399621	2d512	VIo	75	170
10034	Wel1-B2	14-6-2013	20	30	204988	399621	2d512	VIo	75	170
10035	Wel1-O1	14-6-2013	65	75	204988	399621	2d512	VIo	75	170
10036	Wel1-O2	14-6-2013	65	75	204988	399621	2d512	VIo	75	170
10037	Luy1-B1	17-6-2013	10	20	150486	365497	4i432	VIo	65	170
10038	Luy1-B2	17-6-2013	10	20	150486	365497	4i432	VIo	65	170
10039	Luy1-O1	17-6-2013	35	45	150486	365497	4i432	VIo	65	170
10040	Luy1-O2	17-6-2013	35	45	150486	365497	4i432	VIo	65	170
10041	Ben1N-B1	16-7-2013	10	20	131684	524276	k4k4111a	VIo	45	130
10042	Ben1N-B2	16-7-2013	10	20	131684	524276	k4k4111a	VIo	45	130
10043	Ben1N-O1	16-7-2013	45	55	131684	524276	k4k4111a	VIo	45	130
10044	Ben1N-O2	16-7-2013	45	55	131684	524276	k4k4111a	VIo	45	130
10045	Rog1-O1	16-7-2013	60	70	183900	508200	5k4211a/F	Vbo	30	130
10046	Rog1-O2	16-7-2013	60	70	183900	508200	5k4211a/F	Vbo	30	130
10047	Oud1N-B1	18-7-2013	30	40	115885	537826	4k4311c/H	IVu	45	120
10048	Oud1N-B2	18-7-2013	30	40	115885	537826	4k4311c/H	IVu	45	120
10049	Oud1N-O1	18-7-2013	55	65	115885	537826	4k4311c/H	IVu	45	120
10050	Oud1N-O2	18-7-2013	55	65	115885	537826	4k4311c/H	IVu	45	120
10051	Ber1N-O1	10-7-2013	60	70	106130	520320	5k511	VIIId	115	220
10052	Ber1N-O2	10-7-2013	60	70	106130	520320	5k511	VIIId	115	220
10053	Rek1N-O1	12-7-2013	70	80	248429	459637	4i512	VIo	60	150
10054	Rek1N-O2	12-7-2013	70	80	248429	459637	4i512	VIo	60	150
10055	Gor2N-O1	5-7-2013	45	55	208039	467912	R5x235c	VIIId	90	200
10056	Gor2N-O2	5-7-2013	45	55	208039	467912	R5x235c	VIIId	90	200
10057	Gie1-O1	9-7-2013	50	60	129600	422520	R5x222c	VIIId	90	190

MIN	Monster Naam	Monster Datum	Monster Diepte		RD-Coordinaten		StdPntCd	Gt	GHG	GLG
			(cm-mv)		X	Y				
			van	tot						
10058	Gie1-O2	9-7-2013	50	60	129600	422520	R5x222c	VIIId	90	190
10059	Ens1-B1	26-6-2013	5	15	259885	467940	mK4p225cg14	Vad	20	300
10060	Ens1-B2	26-6-2013	5	15	259885	467940	mK4p225cg14	Vad	20	300
10061	Ens1-O1	26-6-2013	40	50	259885	467940	mK4p225cg14	Vad	20	300
10062	Ens1-O2	26-6-2013	40	50	259885	467940	mK4p225cg14	Vad	20	300
10063	Hoo1-O1	27-6-2013	35	45	232493	549592	K5p215c	Vad	20	300
10064	Hoo1-O2	27-6-2013	35	45	232493	549592	K5p215c	Vad	20	300
10065	Sch1N-O1	1-7-2013	30	40	238852	442855	4k512	VId	70	200
10066	Sch1N-O2	1-7-2013	30	40	238852	442855	4k512	VId	70	200
10067	Blo1N-B1	4-9-2013	10	20	192200	526690	5k4111a	VIIId	100	230
10068	Blo1N-B2	4-9-2013	10	20	192200	526690	5k4111a	VIIId	100	230
10069	Wy1-O1	6-11-2013	90	100	177580	425845	4s511	VIIIId	150	250
10070	Wy1-O2	6-11-2013	90	100	177580	425845	4s511	VIIIId	150	250
10071	Kou1-O1	6-11-2013	70	80	173972	470815	2i511	VIIIId	500	600
10072	Kou1-O2	6-11-2013	70	80	173972	470815	2i511	VIIIId	500	600
10073	Gro1-B1	3-4-2014	15	25	194130	423304	5x81	VIIIId	-	-
10074	Gro1-B2	3-4-2014	15	25	194130	423304	5x81	VIIIId	-	-
10075	Gro1-O1	3-4-2014	50	60	194130	423304	5x81	VIIIId	-	-
10076	Gro1-O2	3-4-2014	50	60	194130	423304	5x81	VIIIId	-	-
10077	Rhe2-O1	3-4-2014	45	55	198965	448105	5x81	VIIIId	-	-
10078	Rhe2-O2	3-4-2014	45	55	198965	448105	5x81	VIIIId	-	-
10079	Wou1-B1	16-4-2014	10	20	86475	394400	4s424	VIIo	85	180
10080	Wou1-B2	16-4-2014	10	20	86475	394400	4s424	VIIo	85	180
10081	Wou1-O1	16-4-2014	55	65	86475	394400	4s424	VIIo	85	180
10082	Wou1-O2	16-4-2014	55	65	86475	394400	4s424	VIIo	85	180
10083	Ril1-B1	16-4-2014	10	20	73174	382847	5k4212a	VIIo	85	130
10084	Ril1-B2	16-4-2014	10	20	73174	382847	5k4212a	VIIo	85	130
10085	Ril1-O1	16-4-2014	40	50	73174	382847	5k4212a	VIIo	85	130
10086	Ril1-O2	16-4-2014	40	50	73174	382847	5k4212a	VIIo	85	130
10087	Raa1-B1	14-5-2014	15	25	218895	493210	2q424	Vbo	35	160
10088	Raa1-B2	14-5-2014	15	25	218895	493210	2q424	Vbo	35	160
10089	Raa1-O1	14-5-2014	35	45	218895	493210	2q424	Vbo	35	160
10090	Raa1-O2	14-5-2014	35	45	218895	493210	2q424	Vbo	35	160
10091	Lau1-B1	14-5-2014	10	20	215400	594350	5k4212a	VIIo	85	130
10092	Lau1-B2	14-5-2014	10	20	215400	594350	5k4212a	VIIo	85	130
10093	Lau1-O1	14-5-2014	35	45	215400	594350	5k4212a	VIIo	85	130
10094	Lau1-O2	14-5-2014	35	45	215400	594350	5k4212a	VIIo	85	130
10095	Kam1-B1	28-5-2014	5	15	122550	458880	R4m311c	IIIb	30	90
10096	Kam1-B2	28-5-2014	5	15	122550	458880	R4m311c	IIIb	30	90
10097	Kam1-O1	28-5-2014	35	45	122550	458880	R4m311c	IIIb	30	90
10098	Kam1-O2	28-5-2014	35	45	122550	458880	R4m311c	IIIb	30	90
10099	Nie1-B1	28-5-2014	5	15	110108	461622	v4c32l4	IIB	25	75
10100	Nie1-B2	28-5-2014	5	15	110108	461622	v4c32l4	IIB	25	75
10101	Lar1kop-5a	9-5-2016	5	15	226119.61	467694.69	2r422	VIO	70	160
10102	Lar1kop-5b	9-5-2016	5	15	226119.61	467694.69	2r422	VIO	70	160
10103	Lar1kop-35a	9-5-2016	35	45	226119.61	467694.69	2r422	VIO	70	160
10104	Lar1kop-35b	9-5-2016	35	45	226119.61	467694.69	2r422	VIO	70	160
10105	Lar1kop-60a	9-5-2016	60	70	226119.61	467694.69	2r422	VIO	70	160
10106	Lar1kop-60b	9-5-2016	60	70	226119.61	467694.69	2r422	VIO	70	160
10107	Lar2mid-35a	9-5-2016	35	45	226143.19	467667.69	2q423	VIO	60	150
10108	Lar2mid-60a	9-5-2016	60	70	226143.19	467667.69	2q423	VIO	60	150
10109	Lar3-33a	3-6-2016	33	43	226233.33	467923.68	2r432	VIO	60	130
10110	Lar3-33b	3-6-2016	33	43	226233.33	467923.68	2r432	VIO	60	130
10111	Ker1A	4-5-2016	16	26	155197.28	434992.54	R5p235c	VIO	75	160
10112	Ker1B	4-5-2016	16	26	155197.28	434992.54	R5p235c	VIO	75	160
10113	Ker1A0	4-5-2016	50	60	155197.28	434992.54	R5p235c	VIO	75	160
10114	Ker1AB0	4-5-2016	50	60	155197.28	434992.54	R5p235c	VIO	75	160
10115	Wes2A	4-5-2016	12	22	89996.181	422629.68	M5p235a	VIO	60	160
10116	Wes2B	4-5-2016	12	22	89996.181	422629.68	M5p235a	VIO	60	160

MIN	Monster Naam	Monster Datum	Monster Diepte		RD-Coördinaten		StdPntCd	Gt	GHG	GLG
			(cm-mv)		X	Y				
			van	tot						
10117	Spr2A_15	25-5-2016	15	25	126689.98	413679.5	M5p235a	IVu	60	110
10118	Spr2B_15	25-5-2016	15	25	126689.98	413679.5	M5p235a	IVu	60	110
10119	Spr2A_43	25-5-2016	43	53	126689.98	413679.5	M5p235a	IVu	60	110
10121	NV1a	13-6-2016	15	25	105092.74	476734.08	5p232b	VIO	70	130
10122	NV1b	13-6-2016	15	25	105092.74	476734.08	5p232b	VIO	70	130
10123	91a	24-2-2004	7	17	144669	429099	R5p334c	IIIa	15	120
10124	92a	24-2-2004	37	47	144669	429099	R5p334c	IIIa	15	120
10125	93a	24-2-2004	60	75	144669	429099	R5p334c	IIIa	15	120
10126	93b	24-2-2004	60	75	144669	429099	R5p334c	IIIa	15	120
10127	95a	24-2-2004	140	155	144669	429099	R5p334c	IIIa	15	120
10128	95b	24-2-2004	140	155	144669	429099	R5p334c	IIIa	15	120
10129	101b	12-3-2004	7	17	144697	429164	R5p334c	Vbo	30	130
10130	102a	12-3-2004	35	45	144697	429164	R5p334c	Vbo	30	130
10131	102b	12-3-2004	35	45	144697	429164	R5p334c	Vbo	30	130
10132	103b	12-3-2004	65	75	144697	429164	R5p334c	Vbo	30	130
10133	4-40-i	3-4-2017	40	48	129843.52	399406.89	5k432	VIIId	100	200
10134	4-135-i	3-4-2017	135	145	129843.52	399406.89	5k432	VIIId	100	200
10135	4-180-i	27-3-2017	180	190	129843.52	399406.89	5k432	VIIId	100	200
10136	5-45-i	3-4-2017	45	55	129695.35	399241.2	5k422F	VIIId	110	200
10137	5-230-i	27-3-2017	230	240	129695.35	399241.2	5k422F	VIIId	110	200
10138	5-270-i	3-4-2017	270	275	129695.35	399241.2	5k422F	VIIId	110	200
10139	6-80-i	4-4-2017	80	85	129777.6	399192.52	4s422H	VIIIId	150	250
10140	6-130-i	27-3-2017	130	140	129777.6	399192.52	4s422H	VIIIId	150	250
10141	6-155-i	27-3-2017	155	165	129777.6	399192.52	4s422H	VIIIId	150	250
10142	11-40-i	4-4-2017	40	45	129998.47	398879.79	c4i42*2t8F	VIO	60	160
10143	11-80-i	4-4-2017	80	85	129998.47	398879.79	c4i42*2t8F	VIO	60	160
10144	12-80-i	28-3-2017	80	90	130137.25	398327.73	2r422t8	VIO	50	150
10145	12-190-i	28-3-2017	190	200	130137.25	398327.73	2r422t8	VIO	50	150
10146	voe1.1	20-9-2017	6	16	194950.58	320502.35	3i82g16	VIIIId	190	500
10147	voe1.2	20-9-2017	6	16	194950.58	320502.35	3i82g16	VIIIId	190	500
10148	voe2.1	20-9-2017	58	68	194950.58	320502.35	3i82g16	VIIIId	190	500
10149	voe2.2	20-9-2017	58	68	194950.58	320502.35	3i82g16	VIIIId	190	500
10150	wijb2.1	26-9-2017	40	50	159709.1	405562.88	5h423t7	IIIa	15	100
10151	wijb2.2	26-9-2017	40	50	159709.1	405562.88	5h423t7	IIIa	15	100
10152	Aar1.1	28-9-2017	7	17	153137.18	393918.79	4k424g4t9	IIIa	10	90
10153	Aar1.2	28-9-2017	7	17	153137.18	393918.79	4k424g4t9	IIIa	10	90
10154	o16.1	17-10-2017	25	35	268312.02	530506.54	1vp5G	VIO	70	160
10155	o16.2	17-10-2017	25	35	268312.02	530506.54	1vp5G	VIO	70	160
10156	OP1-15	11-10-2017	15	25	179051.32	407799.27	4i431	IIIb	35	85
10157	OP1-40	11-10-2017	40	50	179051.32	407799.27	4i431	IIIb	35	85
10158	OP1-80	11-10-2017	75	85	179051.32	407799.27	4i431	IIIb	35	85
10159	OP2-15	11-10-2017	15	25	179051.32	407799.27	4i431	IIIb	35	85
10160	OP2-40	11-10-2017	40	50	179051.32	407799.27	4i431	IIIb	35	85
10161	OP2-80	11-10-2017	75	85	179051.32	407799.27	4i431	IIIb	35	85
10162	Har11	6-6-2018	30	40	218893.19	467391.88	b4p212cz6	Vbo	35	130
10163	Har12	6-6-2018	30	40	218893.19	467391.88	b4p212cz6	Vbo	35	130
10164	VrieTL	7-6-2018	25	35	242050	492242.1	z4d432F	IIIb	35	110
10165	Vrie11	7-6-2018	35	45	242050	492242.1	z4d432F	IIIb	35	110
10166	Vrie12	7-6-2018	35	45	242050	492242.1	z4d432F	IIIb	35	110
10167	NSch11	7-6-2018	50	60	265508.15	518499.3	1hzz9	VIIId	90	230
10168	NSch12	7-6-2018	50	60	265508.15	518499.3	1hzz9	VIIId	90	230
10169	NSch21	7-6-2018	5	15	265508.15	518499.3	1hzz9	VIIId	90	230
10170	NSch22	7-6-2018	5	15	265508.15	518499.3	1hzz9	VIIId	90	230
10171	Wor11	8-6-2018	60	70	157206.23	555648.85	5k4211a	IIIa	25	100
10172	Wor12	8-6-2018	60	70	157206.23	555648.85	5k4211a	IIIa	25	100
10173	Munn11	8-6-2018	30	40	188657.96	543572.97	1dc	IIa	15	60
10174	Munn12	8-6-2018	30	40	188657.96	543572.97	1dc	IIa	15	60

Bijlage 7 Textuurgegevens

De textuurgegevens van deze tabel zijn gebaseerd op gemeten gewichtsfracties van de minerale delen die kleiner zijn dan 2000 μm . Fracties ten opzichte van minerale delen kunnen (vooral bij organisch stofrijke bodemmonsters) een vertekend beeld geven als men in de bulkhoeveelheden is geïnteresseerd. In dat geval moeten ook het organisch stofgehalte, kalkgehalte, ijzergehalte en de fractie > 2000 μm worden beschouwd. Als monsters in deze tabel geen waarden bevatten, kan het zijn dat er wel geschatte fracties zijn. Die zijn dan terug te vinden in de bijlage "Belangrijke Veldgegevens". Ook de in het veld geschatte textuurfracties zijn gebaseerd op de totale minerale fractie. Organische stoffracties zijn gebaseerd op het bulkgewicht.

MIN *Monster Identificatie Nummer*
Bovenste getal *Ondergrens van de textuurklasse in μm*
Onderste getal *Bovengrens van de textuurklasse in μm*

MIN	0	2	16	2	50	63	50	105	150	150	210	420
	2	16	50	50	63	105	105	150	2000	210	420	2000
50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60	9.1	-	-	19.4	-	-	-	-	-	-	-	-
67	P.M.	P.M.	P.M.	P.M.	P.M.	P.M.	P.M.	P.M.	P.M.	P.M.	P.M.	P.M.
1611	49.6	11.5	6.7	-	2.1	6.6	-	6.6	-	7.9	7.9	1.1
1612	2.9	4	14.3	-	4.5	13.1	-	21.7	-	18.7	18.1	2.7
1613	2.1	1.2	3.3	-	1.6	9	-	27.1	-	29.7	23.2	2.8
1614	5.1	2.7	5	-	3.1	17.8	-	27.8	-	19.7	15.1	3.7
1621	22	10.5	20.8	-	7.4	28.2	-	10	1.1	-	-	-
1622	16.2	6.3	21.5	-	9.5	35.5	-	10.5	0.5	-	-	-
1624	5.2	1.2	6.1	-	7.4	45	-	38.4	0.7	-	-	-
1631	3	2.5	6.3	-	1.7	10.6	-	26.5	-	26.7	20.4	3.3
1632	3.7	2.7	4.2	-	2.5	14	-	27.3	-	26.2	18	3
1633	3.7	2.7	4.2	-	2.5	14	-	27.3	-	26.2	18	3
1643	61.2	20.7	6.5	-	0.3	0.6	-	1.4	9.3	-	-	-
1644	72.1	20.3	5	-	0.2	0.3	-	0.4	1.7	-	-	-
1645	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1646	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1650	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1651	14.2	7	21.4	-	7.8	29.5	-	18.1	2	-	-	-
1653	14.2	7	21.4	-	7.8	29.5	-	18.1	2	-	-	-
1654	12.9	6.6	30.5	-	9.4	28.9	-	10.9	0.8	-	-	-
1655	9.8	5.3	26.8	-	11.7	35	-	10.6	0.8	-	-	-
1656	8.8	1.3	9.6	-	7.2	41.7	-	32.1	3.6	-	-	-
1663	30.8	15.7	30.2	-	4.9	13.4	-	3.5	1.5	-	-	-
1664	30.8	15.7	30.2	-	4.9	13.4	-	3.5	1.5	-	-	-
1665	46.4	20.5	21.2	-	2.6	6.2	-	1.7	1.4	-	-	-
1666	41.9	18.3	23.3	-	4.3	8.8	-	1.5	0.9	-	-	-
1675	4.4	2.5	21.1	-	6.6	15.3	-	16.1	-	16.6	15.2	2.2
1676	7.9	1.6	22.4	-	8.5	17.6	-	15.1	-	13.9	11.5	1.5
1677	1.5	0.3	5.8	-	4.9	20	-	25.9	-	22.7	17	1.9
1678	7.4	1.5	9.2	-	4.7	16	-	31.1	-	19.9	9.4	1.2
1679	7.4	1.5	9.2	-	4.7	16	-	31.1	-	19.9	9.4	1.2
1680	1.8	1.4	7	-	5.3	25.6	-	34.3	-	17.4	6	1.2
1681	0.3	1.2	6.6	-	5.5	21.4	-	34.8	-	17.8	9.5	2.9
1682	0.5	0.7	5.1	-	4.7	24.3	-	34.7	-	18.3	9	2.7
1684	80.1	8.3	1.1	-	0.3	0.7	-	1.8	7.7	-	-	-
1685	80.1	8.3	1.1	-	0.3	0.7	-	1.8	7.7	-	-	-
1686	90.3	4.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1687	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1690	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

MIN	0	2	16	2	50	63	50	105	150	150	210	420
	2	16	50	50	63	105	105	150	2000	210	420	2000
1692	52.4	12.6	3.4	-	0.5	1.7	-	4.5	24.9	-	-	-
1693	52.4	12.6	3.4	-	0.5	1.7	-	4.5	24.9	-	-	-
1695	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1830	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10001	14.5	9.1	11.7	-	24.6	38.3	-	0.8	-	0.3	0.3	0.4
10002	17.3	9.9	13.9	-	17.1	36.9	-	2.1	-	1.2	0.9	0.9
10003	25.2	19.2	17.5	-	2.6	6.8	-	6.5	-	10	10.6	1.6
10004	26.1	18.1	13.4	-	5.7	8.6	-	5.4	-	11	10.5	1.2
10005	19.6	16.5	16.2	-	2.4	8	-	5	-	11.5	20.5	0.4
10006	18.5	14	13	-	5.4	9.2	-	3.5	-	13	23.1	0.5
10007	25.2	20.4	23	-	7	19.6	-	2.8	-	0.9	1.1	0.1
10008	26.5	18.1	22.6	-	11	18.1	-	1.1	-	1.1	1	0.5
10009	16.6	10.3	7.6	-	3.4	11.4	-	14.1	-	17.6	11.9	7.1
10010	16.4	10.6	9.9	-	2.8	11.5	-	10.6	-	17.4	13.6	7.2
10011	18.3	15.6	19.2	-	2.1	12	-	16.6	-	11.6	4.4	0.2
10012	17.4	13.4	13.6	-	7.2	15	-	14.7	-	13.4	5	0.3
10013	39.3	20.1	22.6	-	5.1	8.7	-	1.4	-	0.7	0.9	1.1
10014	44	20.8	18.9	-	6.8	7.1	-	0.6	-	0.6	0.7	0.7
10015	30.8	30.2	23.5	-	5.7	4.9	-	2	-	1.1	1.2	0.7
10016	26.2	29	8.9	-	16.2	12.7	-	2.1	-	1.9	2.4	0.7
10017	25.5	13.4	21.6	-	9.7	20.3	-	5.4	-	1.1	2.5	0.4
10018	19.5	9.4	19.3	-	8.5	39.6	-	2.7	-	0.4	0.5	0.1
10019	26.2	14.6	30.1	-	10.4	13.4	-	1.8	-	1.1	1.6	0.9
10020	31.2	16.9	30.5	-	9.7	9.2	-	0.7	-	0.4	0.6	0.8
10021	16.4	6.9	13.2	-	2.2	40.1	-	19.1	-	0.8	0.7	0.7
10022	16.8	9.7	10.2	-	4.6	54	-	3.8	-	0.3	0.3	0.4
10023	27	0	36.1	-	1.9	9.7	-	6.9	-	6.9	8.1	3.4
10024	25.6	21.2	14.3	-	4.1	9.6	-	6.1	-	7.3	8.6	3.3
10025	30.2	16.5	15.4	-	6.3	5	-	7.5	-	4.6	8.1	6.4
10026	23.5	14.2	9.4	-	12.4	21.7	-	5.7	-	4.8	5.1	3.2
10027	30.4	26.4	12	-	3.8	6.8	-	5.1	-	8.3	6.3	0.8
10028	30.6	27.4	13	-	3.4	6.4	-	4.9	-	8	5.8	0.5
10029	5.7	1.8	4.4	-	0.8	4.6	-	5.8	-	14.9	37.8	24.2
10030	5.4	2.6	3.7	-	1.2	4.1	-	5.3	-	14.2	39.5	24
10031	5.4	4.7	3.9	-	1.5	3.9	-	4.8	-	16.3	42.8	16.6
10032	5.1	5.3	2.5	-	1.8	3.6	-	4.4	-	16.2	45.6	15.6
10033	1	1.1	0.2	-	0.1	1.2	-	4.6	-	21.8	55.1	14.8
10034	1.9	0.4	0	-	0.2	1.3	-	4.8	-	22.2	55.7	13.5
10035	0.6	0.5	-0.2	-	0.1	1.2	-	6.4	-	27.2	56.4	7.8
10036	0.9	0.2	-0.4	-	0	0.9	-	4.8	-	24.1	59.1	10.4
10037	4.6	1.6	2.9	-	2.3	11.4	-	15.1	-	19.4	33.7	9
10038	3.9	2.9	2.7	-	2.1	12	-	15.3	-	19.8	33.1	8.2
10039	1.4	1.2	1.1	-	0.4	1.9	-	2.5	-	8.6	73	9.8
10040	0.8	2.3	0.6	-	0.7	3	-	3.2	-	8.7	69.4	11.2
10041	10.5	6.9	6.3	-	7.5	65.3	-	2.5	-	0.2	0.4	0.3
10042	9.9	6.4	4.1	-	6.5	69.6	-	2.8	-	0.2	0.3	0.2
10043	1.3	2.3	0	-	1.6	88.3	-	5.9	-	0.2	0.1	0.2
10044	1.5	2.3	0.9	-	3	83.1	-	8.7	-	0.3	0.1	0.2
10045	0.4	1.3	-0.7	-	0.1	0.6	-	1.5	-	17.7	73.6	5.5
10046	0.3	1.5	-1	-	0.1	0.5	-	1.6	-	17.8	75.9	3.4
10047	5.4	2.4	4.3	-	2.1	12.4	-	21.9	-	27.9	23	0.6
10048	5.6	2.3	5	-	1.7	11.9	-	21.6	-	26.9	24.4	0.7
10049	2.9	0.6	2	-	0.8	8	-	40.8	-	42.7	2.1	0.1
10050	3.3	0.5	2.9	-	0.8	8.6	-	39.6	-	40.1	4	0.2
10051	0.6	1.3	-0.9	-	0	0.1	-	0.9	-	37	55.5	5.5
10052	0.2	1.2	-1	-	0	0.1	-	0.9	-	36	56.2	6.4
10053	0.7	0.8	-0.4	-	0	0.9	-	3.8	-	12.8	37.5	43.9
10054	0.3	1.7	-0.9	-	0.1	1	-	4.4	-	15.6	43.4	34.4
10055	4.3	1.7	2.1	-	0.8	8.5	-	13.9	-	33.4	34.4	0.9

MIN	0	2	16	2	50	63	50	105	150	150	210	420
	2	16	50	50	63	105	105	150	2000	210	420	2000
10056	2.9	1.3	2	-	0.4	6.2	-	11.2	-	29	45.4	1.7
10057	2.5	1.3	1.8	-	0.4	4.5	-	16.3	-	46.8	25.6	0.8
10058	1.9	0.7	0.5	-	0.2	4.7	-	17.3	-	50.3	23.8	0.5
10059	7.4	5.1	6.1	-	2.9	20.2	-	12.3	-	17.9	19.2	8.9
10060	7.3	4.6	6.1	-	3.2	20.7	-	12.2	-	17.8	19.2	8.9
10061	20.9	6	5.6	-	5.8	26.8	-	6.4	-	8.6	11.9	7.9
10062	19	6.1	3.6	-	9.3	26.6	-	6.6	-	8.6	12	8.1
10063	16	6.9	4.6	-	2.7	14	-	10.9	-	15.8	19.6	9.6
10064	15.2	6.6	5.2	-	2.4	13.1	-	11.7	-	16.7	20.1	8.9
10065	2.5	1.4	1.9	-	0.9	5.4	-	5.5	-	12.4	22.4	47.5
10066	1.9	1.7	2.6	-	1.3	7	-	7.1	-	16	28.5	33.8
10067	2.6	1.8	6.4	-	13.6	72.3	-	1.4	-	0.9	0.6	0.5
10068	2.2	2	5.7	-	10	77.3	-	1.2	-	0.8	0.5	0.3
10069	1.3	0.3	1.2	-	0.3	2.5	-	7.4	-	27.9	52.5	6.6
10070	1	-0.3	1	-	0.1	2	-	8.1	-	31.2	50.4	6.5
10071	1.3	0.5	0.7	-	0.2	0.7	-	1	-	5.2	26.5	63.8
10072	1	0.7	0.8	-	0.2	0.6	-	0.8	-	4.6	25.6	65.7
10073	9.8	7.5	36	-	15	6.1	-	4.1	-	8.3	9	4.2
10074	9.9	7.3	38.1	-	12.8	6.5	-	4	-	8	9.1	4.3
10075	7.7	9.1	32.5	-	22	7.3	-	3.9	-	7.3	7.5	2.7
10076	8.4	8.6	36.5	-	15.1	7.9	-	4.2	-	7.9	8.3	3
10077	5	2.3	26.4	-	18.8	10.2	-	7.2	-	12.5	13.1	4.6
10078	7.7	4.6	27.8	-	26.6	5.7	-	3.5	-	5.5	9.8	8.8
10079	5.3	2.6	9.7	-	3.8	29.2	-	18	-	19.4	11.1	0.9
10080	5.2	2.5	11	-	4.5	28.5	-	17.8	-	18.9	10.7	0.8
10081	3.3	0.3	6.7	-	2.4	26.8	-	22.1	-	24.1	13.3	1
10082	3.7	0.6	7.4	-	6.5	32.4	-	19.2	-	18.7	10.5	0.9
10083	6.9	1.1	5.5	-	1.6	44.9	-	33.9	-	5.7	0.4	0
10084	7.1	1.3	4.9	-	1.8	43.6	-	35.1	-	5.7	0.4	0
10085	4.2	0.6	2.2	-	1	37.4	-	42.8	-	11.4	0.3	0.1
10086	5.9	1.8	3.9	-	1.5	43.6	-	36.7	-	5.9	0.5	0.1
10087	4.3	2.4	8.7	-	9.4	26.6	-	16.8	-	20.5	9.9	1.4
10088	4.4	3.1	8.1	-	5.2	28.1	-	17.7	-	21.4	10.5	1.6
10089	3.4	0.8	7	-	6.9	33.8	-	17.8	-	19.6	9.5	1.1
10090	3.2	0.8	8	-	8.1	29.5	-	20.4	-	21.4	8.1	0.6
10091	6.6	1.1	4.1	-	2.5	64.3	-	19.4	-	1.4	0.6	0.1
10092	6.6	1.1	4.8	-	2	64.7	-	18.9	-	1.3	0.5	0.1
10093	4.7	0.7	2.7	-	1.8	60.2	-	27.8	-	1.8	0.3	0
10094	6.2	1.3	2.8	-	2	51	-	33.4	-	2.7	0.4	0.1
10095	57	13.8	4.1	-	1.3	2.5	-	2.6	-	6.6	8.1	4.1
10096	55.1	12.9	3.7	-	2.1	2.9	-	3	-	7.3	8.8	4.2
10097	60.5	8	0.3	-	0.9	5.7	-	4.6	-	6.7	11.2	2.2
10098	65.3	7.8	0.5	-	1.2	3.9	-	2.7	-	4.1	8.5	6.1
10099	39.1	27.2	11.4	-	1.3	3.2	-	2.6	-	5.4	8.6	1.1
10100	38.8	28.3	10.2	-	1.6	2.9	-	2.6	-	6.5	8.4	0.7
10101	2.5	2.8	6.6	-	7.6	21.7	-	19.9	-	21.3	12.9	4.7
10102	2.5	2.8	6.6	-	7.6	21.7	-	19.9	-	21.3	12.9	4.7
10103	0.9	0.1	0.3	-	1.9	23.1	-	25.6	-	26.9	17	4.1
10104	0.9	0.1	0.3	-	1.9	23.1	-	25.6	-	26.9	17	4.1
10105	0.6	0.3	0.7	-	2.2	20.6	-	22.1	-	29.2	21	3.4
10106	0.6	0.3	0.7	-	2.2	20.6	-	22.1	-	29.2	21	3.4
10107	3	2.9	4	-	2.7	22.3	-	21.3	-	23.7	14.8	5.3
10108	1.2	0.4	0	-	1.2	24.8	-	26.9	-	26.9	13.2	5.3
10109	1.4	0.2	0.6	-	1.1	23	-	26.8	-	28.7	14.4	3.7
10110	1.4	0.2	0.6	-	1.1	23	-	26.8	-	28.7	14.4	3.7
10111	24.4	19.9	17.1	-	4.7	15.2	-	8.4	-	5.3	2.7	2.4
10112	24.1	19.7	17.2	-	4.4	15.1	-	8.5	-	5.7	2.8	2.5
10113	27.7	21.7	14.4	-	4.3	14.4	-	8.1	-	5.3	2.1	2.1
10114	28.4	19.2	15.2	-	4.2	13.4	-	8.4	-	5.9	2.9	2.4

MIN	0	2	16	2	50	63	50	105	150	150	210	420
	2	16	50	50	63	105	105	150	2000	210	420	2000
10115	22.9	12.4	25.7	-	10.5	25	-	1.7	-	0.6	0.9	0.3
10116	21.9	13.1	25.9	-	8	27.6	-	1.8	-	0.6	0.7	0.4
10117	26.2	20.8	31.5	-	8.6	7.7	-	1.9	-	1.7	0.9	0.5
10118	26.2	20.4	31.5	-	8.3	8.1	-	2.1	-	1.8	1	0.5
10119	26.3	21.9	26.9	-	5.6	9.5	-	3.9	-	2.9	2.4	0.6
10121	23.9	12.6	14.6	-	4.6	22	-	12.3	-	6.5	2.7	0.6
10122	23.5	12.7	14.7	-	5.3	21.8	-	12.2	-	6.2	2.8	0.8
10123	56.8	32.1	8.5	-	-	-	1.2	0.1	-	0	0.6	0.7
10124	58.5	33.6	5.9	-	-	-	0.8	0.2	-	0.1	0.5	0.3
10125	58.5	33.6	5.9	-	-	-	0.8	0.2	-	0.1	0.5	0.3
10126	58.5	33.6	5.9	-	-	-	0.8	0.2	-	0.1	0.5	0.3
10127	46.7	31.5	17	-	-	-	2.8	0.3	-	0.9	0.6	0.2
10128	46.7	31.5	17	-	-	-	2.8	0.3	-	0.9	0.6	0.2
10129	56.8	32.1	8.5	-	-	-	1.2	0.1	-	0	0.6	0.7
10130	58.5	33.6	5.9	-	-	-	0.8	0.2	-	0.1	0.5	0.3
10131	58.5	33.6	5.9	-	-	-	0.8	0.2	-	0.1	0.5	0.3
10132	58.5	33.6	5.9	-	-	-	0.8	0.2	-	0.1	0.5	0.3
10133	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10134	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10135	37.7	32.1	10.3	-	4.6	3.3	-	2.5	-	2	4.8	2.7
10136	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10137	19.6	10.8	32.6	-	11.5	9.6	-	3.4	-	4.4	6.9	1.3
10138	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10139	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10140	34.2	25.4	19.7	-	4.3	4.1	-	2.4	-	2.3	3	4.7
10141	20.3	9.9	36.8	-	10.8	9.2	-	4.9	-	3.4	4.2	0.3
10142	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10143	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10144	18.7	8.5	55.4	-	10.7	4.6	-	0.8	-	0.7	0.5	0.1
10145	23.7	20	46.2	-	4	4	-	0.8	-	0.6	0.6	0.1
10146	17.2	16.3	56.7	-	4.8	2	-	0.7	-	0.5	0.7	1
10147	16.6	17	55.2	-	4.8	3.3	-	0.8	-	0.6	0.7	1.1
10148	20	16.7	52.9	-	6.6	2.1	-	0.6	-	0.2	0.4	0.5
10149	22.4	19.9	44.9	-	9.6	2.4	-	0.3	-	0.2	0.2	0.1
10150	11.4	7	21.1	-	3.5	8.5	-	17.8	-	20.4	9.2	1.1
10151	11.4	6.7	24.3	-	4	7.7	-	15.8	-	19.3	9.2	1.6
10152	15.8	8.5	16	-	4.2	12.5	-	16.7	-	15	9.7	1.7
10153	16.8	8.7	18.7	-	4.3	12.1	-	15.8	-	13.5	8.4	1.7
10154	41.8	20.3	0	-	1.3	1.3	-	3.3	-	5.8	10.2	16.2
10155	44.7	9.6	0	-	2.6	5.8	-	7	-	10.5	18.6	1
10156	3.8	1.3	1.6	-	0.9	6.1	-	23.8	-	38.9	22.7	0.9
10157	0.9	0.1	-0.2	-	0.5	4.1	-	24.1	-	46.2	24	0.3
10158	1	-0.2	0.7	-	0.9	6.5	-	25.6	-	40.6	23.8	1
10159	2.6	1.3	2.4	-	1.2	6.2	-	23.4	-	38.2	22.5	2.1
10160	1.3	0.2	0.2	-	0.4	4.4	-	23.6	-	44.4	24.1	1.3
10161	0.8	0.4	0.5	-	0.5	4.9	-	24.4	-	42.8	24.4	1.3
10162	5.8	5.9	17.3	-	8.9	13.2	-	12.3	-	16	15.2	5.4
10163	2.7	5.3	15.6	-	9.1	14.8	-	14.2	-	18.2	15.1	4.9
10164	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10165	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10166	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10167	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10168	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10169	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10170	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10171	3	0	1.9	-	1.5	62.1	-	30.1	-	1	0.4	0
10172	3.5	0	1.8	-	1.9	55.1	-	36.7	-	0.7	0.3	0
10173	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10174	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Bijlage 8 Gemeten dichtheden en Ksat, Staringbouwsteen en Gefitte MvG-parameters

Tijdens de meting van de verzadigde waterdoorlatendheid hebben macroporiën, zoals wormgaten en wortelkanalen, grote invloed op de resultaten. Met de verdampingsmethode worden doorlatendheden afgeleid in het drukhoogtegebied $h < -50$ cm, waardoor de invloed van de macroporiën onvoldoende wordt meegenomen. Het effect van macroporiën komt daarom ook onvoldoende tot uitdrukking in de Mualem-Van Genuchten-fit. De werkelijk gemeten verzadigde doorlatendheid K_{sm} kan daarom veel groter zijn dan de modelparameter K_{sf} .

<i>MIN</i>	<i>Monster Identificatie Nummer;</i>
<i>B/O</i>	<i>Staringreeks bouwsteen afgeleid van gemeten waarden. Bij ontbreken van meetwaarden is de bouwsteen afgeleid van veldgegevens. B = Bovengrond; O = Ondergrond;</i>
θ_r	<i>Fitparameter: volumetrisch rest-vochtgehalte (Eng: residual water content);</i>
θ_s	<i>Fitparameter: volumetrisch verzadigd vochtgehalte (Eng: water content at saturation);</i>
<i>a</i>	<i>Fit-vormparameter;</i>
<i>n</i>	<i>Fit-vormparameter;</i>
<i>L</i>	<i>Fit-vormparameter;</i>
<i>K_{sf}</i>	<i>Gefitte verzadigde waterdoorlatendheid (Eng: Fitted saturated water conductivity)</i>
<i>K_{sm}</i>	<i>Gemeten verzadigde waterdoorlatendheid (Eng: Measured saturated water conductivity)</i>
<i>R_d</i>	<i>Gemeten doge bulkdichtheid (Eng: Dry bulk density)</i>

MIN	B/O	θ_r ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$)	θ_s ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$)	a (cm^{-1})	n (-)	L (-)	K_{sf} ($\text{cm} \cdot \text{d}^{-1}$)	K_{sm} ($\text{cm} \cdot \text{d}^{-1}$)	R_d ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)
50	B6	0.16981	0.39000	0.01655	1.68253	-1.04283	3.4	P.M.	1.518
60	B7	0.00000	0.54293	0.01129	1.15593	0.00010	2.7	P.M.	1.173
67	B6	0.20496	0.35039	0.05565	1.35284	-3.20568	3.0	P.M.	1.635
1611	B11	0.00000	0.66683	0.03515	1.15043	-2.44937	13.7	P.M.	0.753
1612	O3	0.01838	0.30513	0.01366	1.59147	-1.64299	1.4	P.M.	1.778
1613	O1	0.01753	0.32800	0.01891	2.21401	-1.32236	2.8	P.M.	1.698
1614	B2	0.00000	0.71000	0.06692	1.23098	-1.50750	407.4	P.M.	0.555
1621	B9	0.00000	0.44005	0.04746	1.17346	-4.33768	31.8	P.M.	1.584
1622	O9	0.00000	0.39498	0.02135	1.15802	-4.69395	7.3	P.M.	1.442
1624	O2	0.07764	0.41660	0.03058	1.49301	-0.71214	41.1	P.M.	1.494
1631	B2	0.00000	0.43375	0.05808	1.35421	-1.51057	59.6	P.M.	1.456
1632	B2	0.00230	0.44000	0.05894	1.42671	-1.23244	52.4	P.M.	1.377
1633	B2	0.00000	0.43518	0.07197	1.39316	-1.45030	62.1	P.M.	1.448
1643	B12	0.00000	0.67900	0.02679	1.15132	-3.45762	5.7	P.M.	0.729
1644	O13	0.00000	0.68182	0.01774	1.13586	0.00010	20.0	P.M.	0.857
1645	O17	0.00000	0.86000	0.03375	1.13610	-4.12919	31.0	P.M.	0.214
1646	O17	0.00000	0.89000	0.03315	1.15437	-3.66885	39.7	P.M.	0.176
1650	O17	0.00000	0.85976	0.01562	1.16472	-2.77267	9.4	P.M.	0.230
1651	B8	0.00000	0.42102	0.06706	1.17763	-2.10903	201.2	P.M.	1.528
1653	B8	0.00000	0.40138	0.03705	1.16080	-3.13858	56.9	P.M.	1.542
1654	O9	0.02120	0.41955	0.02443	1.47835	-0.97710	13.2	P.M.	1.481
1655	O8	0.03345	0.44000	0.02561	1.44171	-1.34424	11.2	P.M.	1.452
1656	O8	0.03414	0.42556	0.02426	1.36507	-0.98205	36.4	P.M.	1.509
1663	B10	onbetr	onbetr	onbetr	onbetr	onbetr	onbetr	P.M.	1.277
1664	B10	onbetr	onbetr	onbetr	onbetr	onbetr	onbetr	P.M.	1.412
1665	O12	0.00000	0.48407	0.01678	1.12784	0.00010	7.8	P.M.	1.329
1666	O12	0.05350	0.48097	0.03468	1.18857	-2.73480	22.9	P.M.	1.328

MIN	B/O	Θ_r ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$)	Θ_s ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$)	α (cm^{-1})	n	L (-)	Ksf ($\text{cm} \cdot \text{d}^{-1}$)	Ksm ($\text{cm} \cdot \text{d}^{-1}$)	Rd ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)
1675	B3	0.00000	0.50000	0.06477	1.23703	-2.60924	60.0	P.M.	1.167
1676	O3	0.03395	0.40000	0.06740	1.47925	-1.37268	36.1	P.M.	1.470
1677	O1	0.00000	0.30100	0.05178	1.50647	-1.44153	29.6	P.M.	1.769
1678	B3	0.08934	0.50000	0.05162	1.31555	-1.18280	94.8	P.M.	1.173
1679	B3	0.10720	0.41000	0.01014	1.35502	-2.97450	1.9	P.M.	1.416
1680	O2	0.08940	0.44054	0.02254	1.62050	-1.36897	6.3	P.M.	1.452
1681	O1	0.00000	0.32570	0.02320	1.79506	-0.87747	9.4	P.M.	1.724
1682	O1	0.00543	0.32000	0.02048	1.99703	0.30119	24.8	P.M.	1.802
1684	B17	0.00000	0.71600	0.04155	1.12051	-2.87908	18.1	P.M.	0.568
1685	B18	0.00000	0.79674	0.09362	1.12263	-3.51408	74.1	P.M.	0.380
1686	O17	0.00000	0.89700	0.02038	1.20327	-1.98451	25.0	P.M.	0.165
1687	O17	0.00000	0.91100	0.02602	1.26353	-1.84625	19.4	P.M.	0.144
1690	O17	0.00000	0.88100	0.01749	1.20879	-3.26990	14.2	P.M.	0.189
1692	B17	0.02539	0.69500	0.05014	1.11881	-0.29234	55.1	P.M.	0.617
1693	B17	0.00000	0.71100	0.04390	1.11281	-2.20740	24.4	P.M.	0.583
1695	O17	0.00000	0.88900	0.01629	1.21086	-2.47187	11.3	P.M.	0.176
1830	B15	0.17530	0.61500	0.03295	1.51275	-2.05291	3.5	P.M.	0.807
10001	O9	0.00000	0.45097	0.00817	1.18761	3.03778	1.6	259.8	1.480
10002	O9	0.00000	0.43764	0.00491	1.21335	5.90285	0.3	457.8	1.523
10003	B10	0.00000	0.47600	0.01885	1.12940	3.96656	15.5	305.4	1.427
10004	B10	0.00000	0.47500	0.03887	1.10880	-0.41479	21.4	699.9	1.474
10005	O10	0.00000	0.39504	0.00974	1.18987	14.00781	1.1	390.3	1.570
10006	O10	0.00000	0.39662	0.02803	1.13292	7.47520	42.6	1119.3	1.655
10007	B10	0.00000	0.42543	0.01199	1.14679	6.98344	7.2	1550.9	1.287
10008	B10	0.00000	0.45298	0.00392	1.18605	11.55716	0.8	1464.2	1.286
10009	B8	0.00000	0.40000	0.01350	1.17925	3.58488	2.1	1693.7	1.459
10010	B8	0.00000	0.41000	0.00641	1.22315	7.27132	1.5	795.0	1.523
10011	O10	0.04186	0.48000	0.05124	1.25526	3.97064	658.7	1249.5	1.431
10012	O9	0.00000	0.42758	0.01565	1.27456	4.36885	28.6	866.3	1.422
10013	O12	0.00000	0.55531	0.04547	1.09090	11.75086	58.3	1438.3	1.320
10014	O12	0.00000	0.51000	0.01573	1.10434	22.09820	8.8	1143.0	1.377
10015	O11	0.00000	0.43000	0.05164	1.08741	4.69637	77.5	1096.7	1.514
10016	O11	0.00000	0.44000	0.01464	1.13156	-2.91267	3.8	1726.9	1.481
10017	O11	0.00000	0.58600	0.00942	1.19038	0.54000	1.7	154.9	1.095
10018	O10	0.00000	0.59204	0.00348	1.26083	5.32762	0.3	60.0	1.223
10019	O11	0.00000	0.46110	0.00218	1.25803	11.08953	0.0	265.9	1.487
10020	O11	0.00000	0.45473	0.02145	1.13654	13.49256	10.5	719.4	1.442
10021	B8	0.00000	0.39206	0.00390	1.23531	11.18687	1.9	67.4	1.557
10022	B8	0.00000	0.41706	0.00777	1.25484	5.55766	7.5	1266.5	1.576
10023	B10	0.00000	0.43308	0.00450	1.22271	6.31143	0.1	82.1	1.419
10024	B10	0.00000	0.42503	0.00360	1.23555	6.74567	0.1	113.1	1.448
10025	O11	0.00000	0.41506	0.00307	1.16455	4.58496	0.1	2138.3	1.603
10026	O10	0.00000	0.43152	0.01294	1.11084	-1.04859	1.7	180.5	1.522
10027	B10	0.00000	0.45754	0.05032	1.09017	4.30006	46.4	275.8	1.576
10028	B10	0.00000	0.45592	0.03917	1.09076	0.00010	19.2	2080.4	1.562
10029	B5	0.09367	0.40174	0.02323	2.01810	0.21227	15.5	623.0	1.306
10030	B5	0.08250	0.43000	0.05894	1.61126	-0.55958	48.9	764.8	1.425
10031	B5	0.09923	0.44814	0.03306	2.00000	-1.13309	17.2	35.2	1.501
10032	B5	0.09630	0.39000	0.02515	1.80000	-0.07687	10.5	230.5	1.316
10033	B5	0.10457	0.47000	0.03393	2.20875	0.19383	90.1	1198.1	1.219
10034	B5	0.10177	0.48000	0.03114	2.02032	-0.06195	39.8	1226.2	1.302
10035	O5	0.05000	0.31400	0.02421	2.39704	-0.72492	1.5	116.9	1.599
10036	O5	0.04000	0.34000	0.02383	1.70000	-0.39297	6.7	112.5	1.675
10037	B1	0.11920	0.40600	0.01405	2.00000	1.89994	10.5	72.6	1.586
10038	B1	0.10742	0.41000	0.01386	2.00000	0.90009	11.0	349.3	1.470
10039	O5	0.03662	0.32211	0.03091	3.00000	-0.99763	3.5	145.2	1.559
10040	O5	0.07143	0.30592	0.02529	3.00000	-0.27530	24.4	83.7	1.625
10041	B7	0.13237	0.48000	0.01127	1.61245	5.55250	22.9	84.7	1.345
10042	B7	0.08035	0.49000	0.00882	1.47563	7.14408	11.8	540.1	1.397

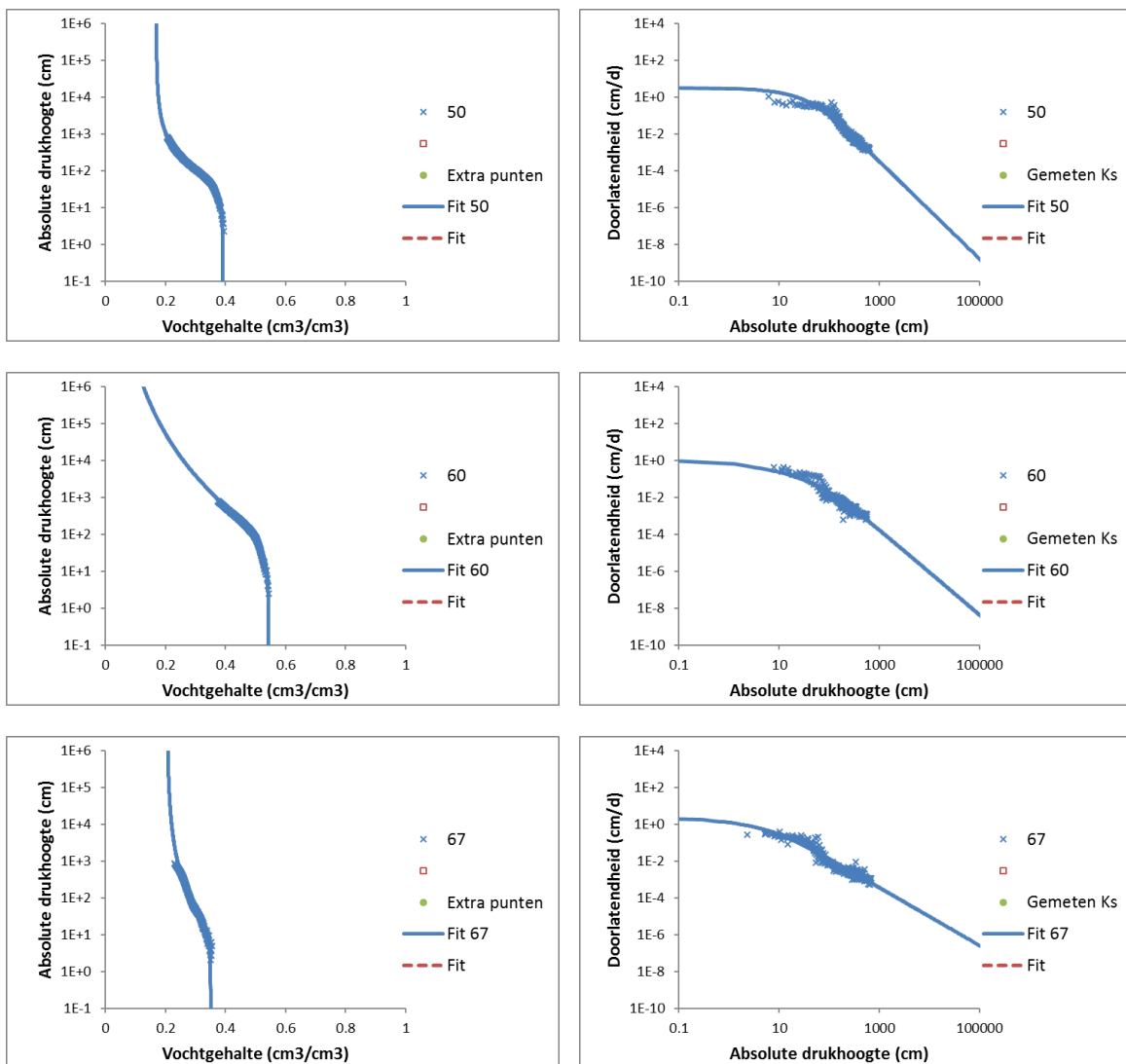
MIN	B/O	Θ_r (cm ³ .cm ⁻³)	Θ_s (cm ³ .cm ⁻³)	α (cm ⁻¹)	n (-)	L (-)	Ksf (cm.d ⁻¹)	Ksm (cm.d ⁻¹)	Rd (g.cm ⁻³)
10043	O1	0.03547	0.42000	0.00916	5.70528	0.23250	4.2	58.5	1.402
10044	O1	0.07063	0.46000	0.00924	5.80506	-0.14665	9.4	14.7	1.403
10045	O5	0.00000	0.37982	0.02760	5.60757	-0.97454	2.8	1253.2	1.511
10046	O5	0.04301	0.38000	0.03123	5.50000	-0.72173	13.1	1161.9	1.474
10047	B2	0.08053	0.46505	0.01551	1.47465	6.38776	55.5	73.2	1.353
10048	B2	0.10289	0.45985	0.01300	1.71577	4.17493	32.9	191.1	1.351
10049	O1	0.04390	0.31000	0.01505	3.25131	-0.04142	3.6	288.7	1.577
10050	O1	0.04155	0.34000	0.01440	2.68216	1.07965	3.9	40.2	1.552
10051	O5	0.05090	0.36106	0.03115	5.77708	-0.74933	55.2	1238.0	1.528
10052	O5	0.02884	0.34506	0.02878	5.06571	-0.76619	13.4	1239.6	1.580
10053	O5	0.02058	0.28668	0.03487	4.06436	-0.85699	2.0	463.7	1.706
10054	O5	0.03203	0.31000	0.01939	5.02425	-0.80455	4.0	670.9	1.706
10055	O1	0.04006	0.34568	0.02276	2.00815	-0.01609	8.5	241.0	1.439
10056	O5	0.04739	0.37817	0.02610	2.55628	0.19813	21.5	665.0	1.482
10057	O1	0.03057	0.39500	0.02162	4.19063	0.36043	26.8	346.7	1.453
10058	O1	0.03398	0.38500	0.02222	4.74764	-0.28077	31.4	177.4	1.442
10059	B6	0.00000	0.39581	0.00961	1.28679	6.33161	10.7	378.3	1.619
10060	B6	0.00000	0.40845	0.01076	1.29497	3.66133	12.9	174.5	1.521
10061	O6	0.00000	0.41794	0.00345	1.14236	3.85599	0.2	7.4	1.509
10062	O6	0.00000	0.42783	0.00337	1.14886	7.86871	0.2	84.0	1.548
10063	O6	0.00000	0.28112	0.02011	1.18728	-0.83297	4.9	6.6	1.788
10064	O6	0.01064	0.30000	0.02357	1.21775	5.20563	34.7	18.4	1.686
10065	O5	0.04179	0.28465	0.04040	1.66275	0.25023	266.8	145.8	1.681
10066	O5	0.04804	0.30000	0.03991	1.84729	-0.32695	105.6	340.9	1.639
10067	B2	0.04988	0.48364	0.00682	3.82395	0.83009	8.2	88.1	1.386
10068	B1	0.05723	0.48000	0.00827	3.06462	1.13611	30.2	107.3	1.396
10069	O5	0.03735	0.35000	0.02626	5.57686	-0.84930	13.8	533.7	1.585
10070	O5	0.03403	0.34000	0.02541	4.81814	-0.59989	22.6	1137.8	1.529
10071	O5	0.02593	0.34046	0.05212	3.05002	-1.14280	8.9	2681.9	1.515
10072	O5	0.03845	0.33832	0.04611	4.61586	-0.99905	35.1	2664.4	1.540
10073	B13	0.03867	0.38963	0.00790	1.41946	0.59596	2.5	1366.0	1.563
10074	B13	0.05640	0.37368	0.00362	1.61095	2.35212	1.0	1304.1	1.584
10075	O4	0.03506	0.40545	0.00749	1.50091	2.17638	9.9	441.2	1.297
10076	O14	0.09199	0.48704	0.00848	1.86335	0.55199	16.7	7.4	1.549
10077	O4	0.06479	0.39000	0.00721	1.73535	3.46845	34.3	22.5	1.506
10078	O4	0.08122	0.36123	0.00668	2.33889	1.91241	45.9	12.7	1.597
10079	B3	0.06864	0.41200	0.00832	1.77979	2.23693	10.4	1071.1	1.421
10080	B3	0.06264	0.43100	0.01478	1.55749	1.39485	41.6	26.6	1.412
10081	O2	0.06301	0.41000	0.01303	1.70901	0.91939	61.3	54.2	1.489
10082	O2	0.06511	0.38942	0.00810	1.88917	1.35751	17.0	101.4	1.514
10083	B2	0.08616	0.36000	0.01032	1.72436	2.36192	1.7	3.6	1.577
10084	B2	0.09644	0.36000	0.00920	1.76629	3.57349	2.3	7.5	1.645
10085	O1	0.07868	0.34853	0.01289	1.72354	-0.27058	1.2	1.5	1.572
10086	O2	0.07822	0.34628	0.01385	1.62812	-1.00120	1.0	1.1	1.681
10087	B2	0.00000	0.48743	0.00771	1.23704	8.84395	11.9	939.7	1.334
10088	B2	0.00000	0.48000	0.00617	1.23749	2.66946	3.5	14.5	1.336
10089	O2	0.00000	0.46000	0.00634	1.31115	1.74464	9.5	44.5	1.448
10090	O2	0.00000	0.43500	0.00399	1.46517	2.85044	3.0	13.3	1.513
10091	B2	0.09501	0.37100	0.00911	2.45040	0.93968	1.7	79.7	1.575
10092	B2	0.09085	0.37000	0.00952	2.23276	1.45723	3.5	81.8	1.550
10093	O1	0.10650	0.38815	0.00922	2.04004	4.25928	6.4	16.7	1.604
10094	O2	0.11337	0.37800	0.00970	2.99915	1.10888	5.7	78.4	1.559
10095	B12	0.00000	0.71000	0.02002	1.13767	6.32906	6.4	823.5	0.650
10096	B12	0.00000	0.71000	0.02811	1.11788	18.58667	156.7	681.0	0.645
10097	O13	0.00000	0.79000	0.01434	1.10725	24.28568	63.8	204.5	0.641
10098	O13	0.00000	0.78000	0.02600	1.08742	13.24121	42.8	12.9	0.519
10099	B11	0.00000	0.65840	0.01294	1.11265	8.29825	19.2	54.7	0.862
10100	B11	0.00000	0.62980	0.02084	1.10076	16.87646	192.1	107.0	0.875
10101	B2	0.14863	0.46094	0.01254	2.14897	0.79480	9.5	21.9	1.355

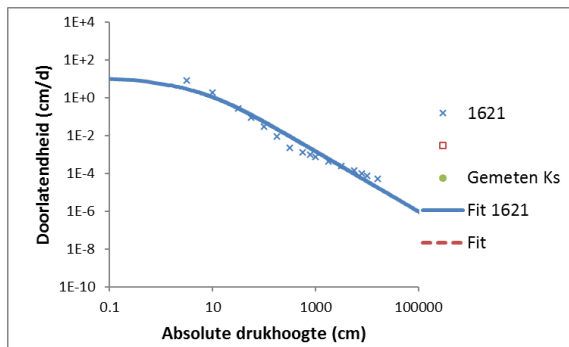
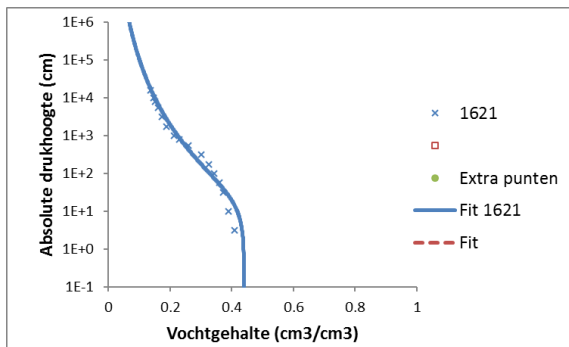
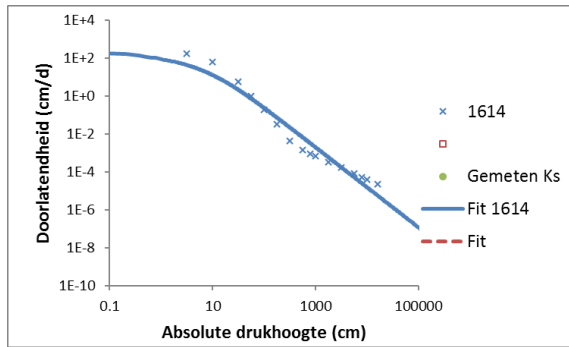
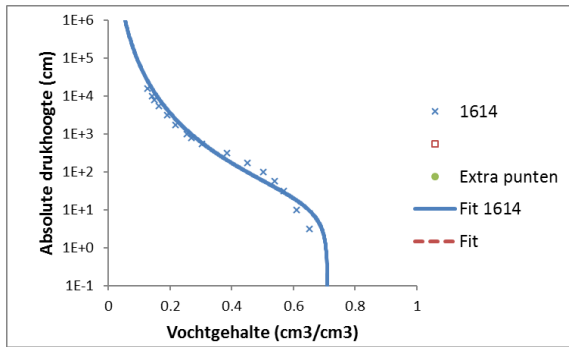
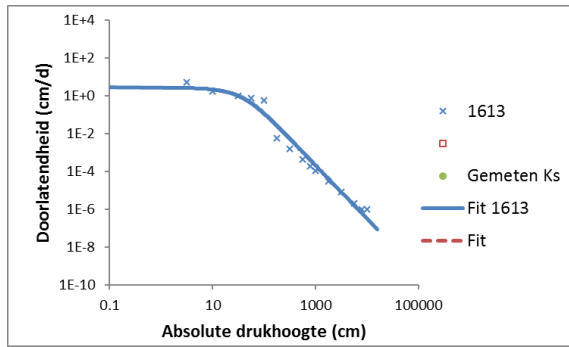
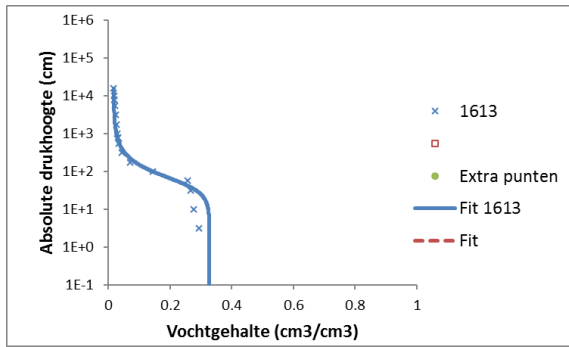
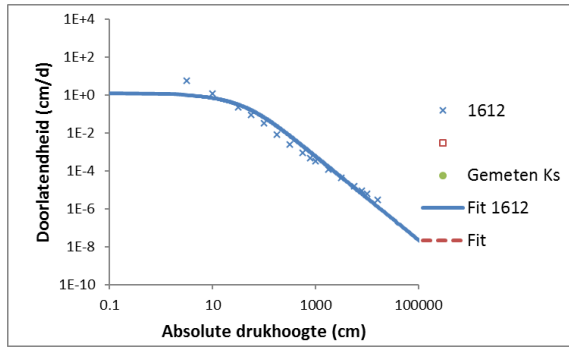
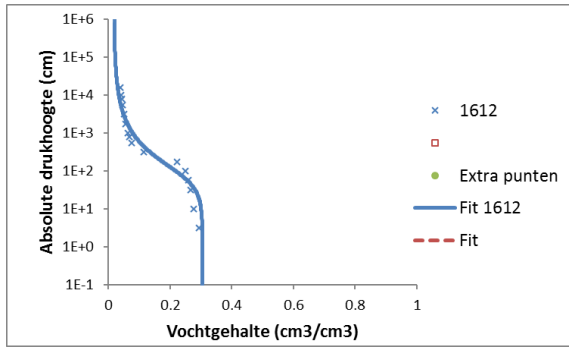
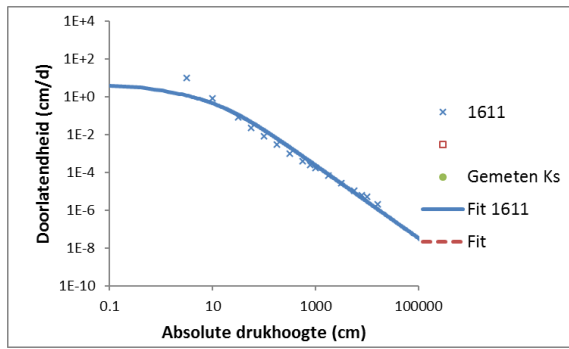
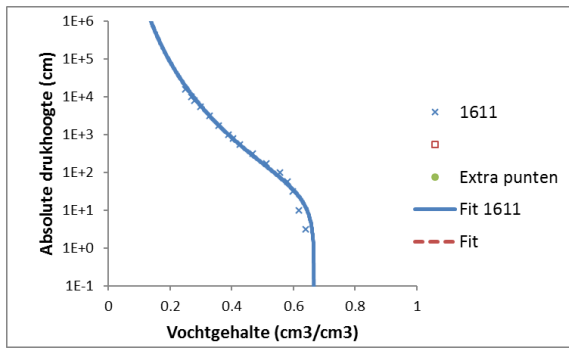
MIN	B/O	Θ_r ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$)	Θ_s ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$)	α (cm^{-1})	n (-)	L (-)	K_{sf} ($\text{cm} \cdot \text{d}^{-1}$)	K_{sm} ($\text{cm} \cdot \text{d}^{-1}$)	R_d ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)
10102	B2	-	-	-	-	-	-	-	1.475
10103	O1	0.04235	0.31038	0.01425	2.56280	0.53422	20.2	54.4	1.711
10104	O1	-	-	-	-	-	-	36.9	1.662
10105	O1	0.02281	0.28564	0.01034	2.88488	1.60622	11.2	45.1	1.754
10106	O1	-	-	-	-	-	-	-	1.778
10107	B1	0.03072	0.44793	0.02151	1.22610	4.73126	58.6	106.0	1.399
10108	O1	0.06593	0.32378	0.00778	3.33731	0.44457	6.9	24.9	1.705
10109	B1	0.04140	0.32597	0.01286	3.89207	-0.20809	7.8	416.2	1.726
10110	B1	-	-	-	-	-	-	167.4	-
10111	B9	0.00000	0.42978	0.02015	1.08240	-17.99725	0.9	22.4	1.530
10112	B9	0.00000	0.45068	0.01953	1.08041	0.00010	13.4	8.1	1.457
10113	O11	0.19501	0.40182	0.01674	1.19521	-2.86683	0.3	17.3	1.597
10114	O11	0.24372	0.39496	0.01534	1.57964	-2.00000	0.1	86.1	1.585
10115	B9	0.00000	0.42588	0.01867	1.08281	-12.87140	2.3	177.2	1.521
10116	B9	0.00000	0.42824	0.03007	1.08650	0.00010	14.0	201.6	1.493
10117	B10	0.00000	0.47884	0.06093	1.08819	0.00010	182.6	437.2	1.538
10118	B10	0.00000	0.44063	0.02144	1.07769	0.00010	16.3	1231.8	1.546
10119	O11	0.00000	0.49919	0.07094	1.07389	0.00010	185.7	654.0	1.459
10121	B9	0.00000	0.46068	0.13179	1.05774	-13.77067	56.0	1314.0	1.468
10122	B9	0.25430	0.47738	0.04855	1.27124	-3.80759	1.2	1733.0	1.496
10123	B12	0.24784	0.55460	0.00464	1.30321	0.73245	0.1	590.2	1.134
10124	B12	0.00000	0.50257	0.01740	1.06394	-9.81823	1.3	0.2	1.134
10125	O13	0.00000	0.57692	0.01368	1.07267	-10.00000	0.9	0.5	1.201
10126	O13	0.00000	0.56568	0.01722	1.05880	0.00010	3.0	2.3	1.182
10127	O12	0.00000	0.63774	0.00281	1.14292	-1.99990	1.0	391.3	0.926
10128	O12	0.00000	0.70341	0.00567	1.13463	0.00010	2.0	202.9	0.777
10129	B12	0.24856	0.55622	0.00377	1.25964	-2.98076	0.0	356.1	1.166
10130	B12	0.00000	0.50643	0.00734	1.08870	0.00010	0.4	6.3	1.317
10131	B12	0.00000	0.51613	0.01223	1.07068	0.00000	1.4	0.0	1.352
10132	O13	0.10483	0.55691	0.00664	1.08497	-20.00000	0.1	2.2	1.209
10133	O2	0.03122	0.30802	0.00917	4.38651	0.00010	2.3	-	1.788
10134	O5	0.03539	0.36683	0.02135	7.23720	0.00010	101.4	-	1.751
10135	O17	0.00000	0.78184	0.00483	1.30564	0.00010	30.2	89.2	0.410
10136	O2	0.06551	0.32482	0.01216	2.29519	0.18043	2.5	-	1.747
10137	O14	0.00000	0.68073	0.00129	1.54111	7.00000	1.1	0.3	0.729
10138	O2	0.00000	0.37555	0.00209	1.49091	0.00010	2.3	-	1.723
10139	B2	0.08358	0.36000	0.02428	2.10385	0.96677	26.3	-	1.538
10140	O17	0.00000	0.75821	0.00170	1.44551	0.00010	4.6	1789.9	0.433
10141	O14	0.17973	0.76789	0.00326	1.55565	0.00010	4.0	2.8	0.471
10142	O3	0.11526	0.30592	0.00527	1.39142	2.74222	0.4	-	1.791
10143	O14	0.12249	0.32049	0.00248	3.00199	0.38588	0.8	-	1.861
10144	O14	0.00000	0.36030	0.00086	1.30062	2.00000	0.1	0.8	1.827
10145	O15	0.00000	0.44468	0.00048	1.44603	2.00000	0.2	-	1.591
10146	B14	0.00000	0.41386	0.00960	1.18493	8.55552	14.1	34.5	1.615
10147	B14	0.00000	0.40674	0.00683	1.19621	20.00000	26.4	133.5	1.627
10148	O15	0.00000	0.39600	0.00407	1.20298	0.00010	0.6	0.3	1.664
10149	O15	0.10710	0.44200	0.01830	1.40190	5.45084	62.6	0.7	1.652
10150	O4	0.09864	0.44300	0.02189	1.31428	6.77201	126.4	114.9	1.434
10151	O4	0.01998	0.33200	0.00598	1.82541	5.65232	5.8	82.8	1.765
10152	B4	0.00000	0.50737	0.01233	1.13971	10.00000	7.5	28.8	1.484
10153	B4	0.00000	0.52650	0.01170	1.15687	4.57300	5.5	1.7	1.326
10154	B16	0.07809	0.89000	0.03967	1.35116	5.04990	1381.2	1851.8	0.158
10155	B16	0.00000	0.88500	0.08839	1.21971	4.78513	1149.7	2444.0	0.173
10156	B1	0.07356	0.42700	0.01955	2.42775	0.31990	18.9	88.5	1.600
10157	O1	0.04000	0.31515	0.01664	4.17359	-0.54326	10.5	49.7	1.803
10158	O1	0.02632	0.36109	0.01349	4.44151	0.07606	9.8	93.4	1.817
10159	B1	0.06575	0.42200	0.02084	2.21608	0.51046	21.5	121.1	1.634
10160	O1	0.04000	0.31775	0.01540	3.84968	-0.38578	4.8	47.7	1.787
10161	O1	0.02762	0.34671	0.01303	4.64727	0.00010	3.7	86.7	1.836

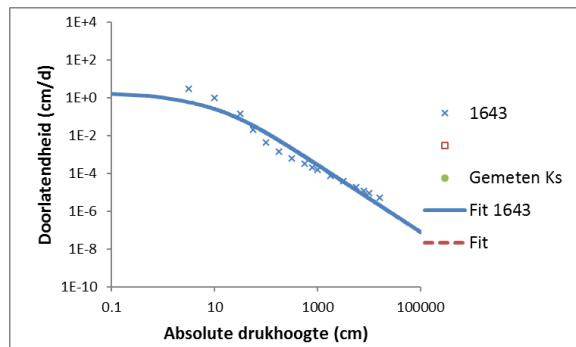
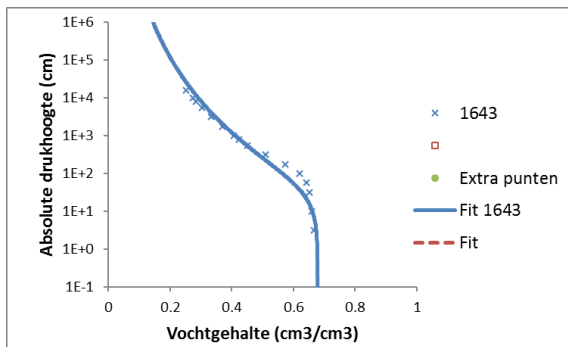
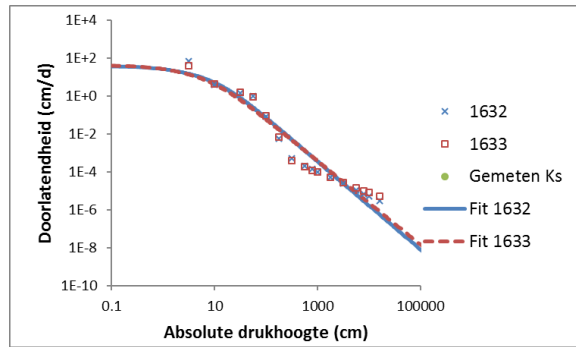
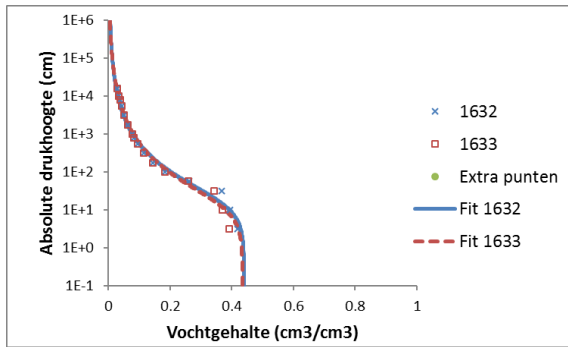
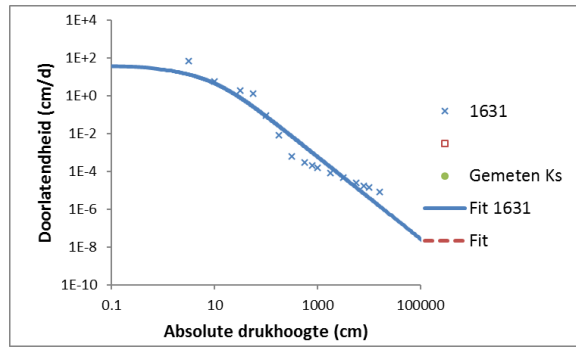
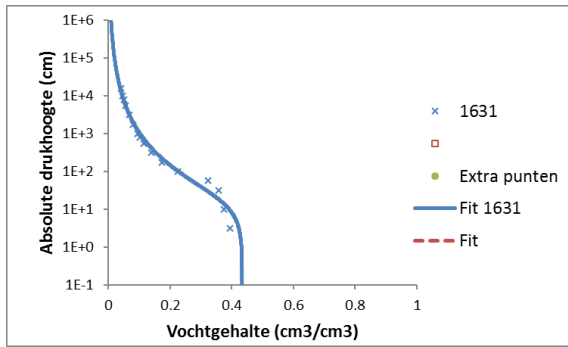
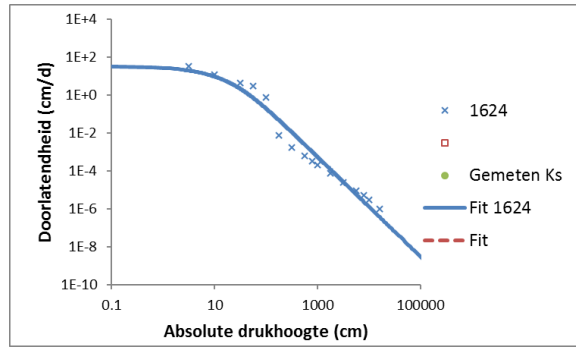
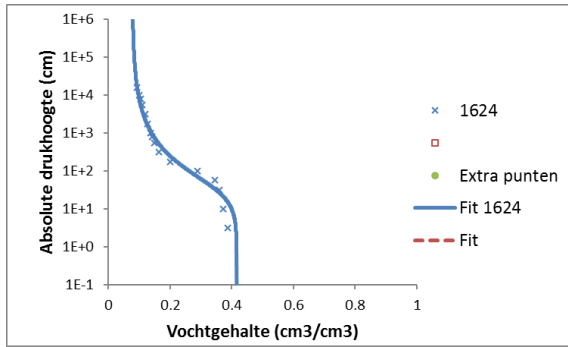
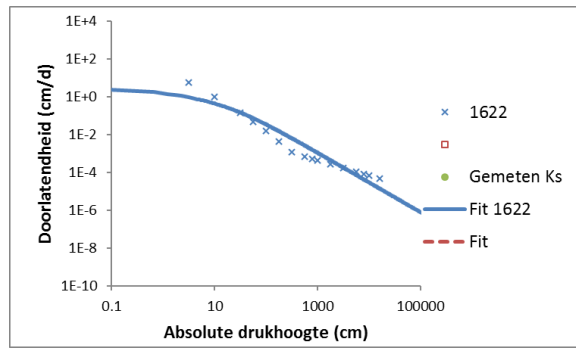
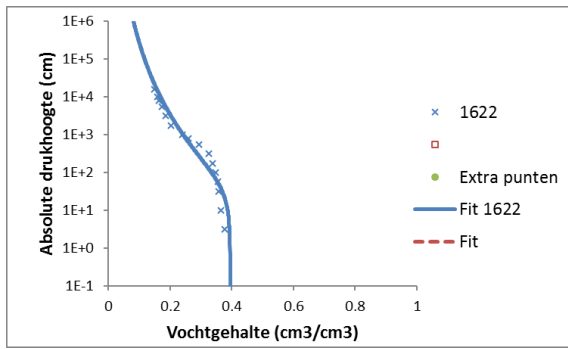
MIN	B/O	Θ_r (cm ³ .cm ⁻³)	Θ_s (cm ³ .cm ⁻³)	α (cm ⁻¹)	n (-)	L (-)	Ksf (cm.d ⁻¹)	Ksm (cm.d ⁻¹)	Rd (g.cm ⁻³)
10162	B3	0.00000	0.35000	0.01864	1.28571	5.79604	94.0	160.5	1.448
10163	B3	0.00000	0.35500	0.02175	1.28687	5.02916	62.7	785.6	1.556
10164	O18	-999.00000	-999.00000	-	-	-	-999.0	22.3	-
10165	O18	0.00000	0.67500	0.00600	1.26129	8.47648	6.0	19.7	0.519
10166	O18	0.00000	0.66000	0.00699	1.21511	2.37530	10.4	-	0.695
10167	O16	0.00000	0.93000	0.00550	1.35628	1.94266	0.8	66.6	0.150
10168	O16	0.00000	0.91500	0.00894	1.32614	0.70930	1.6	6.4	0.143
10169	B1	0.07090	0.67239	0.01306	1.24754	17.84092	236.0	236.5	0.598
10170	B1	0.00000	0.67079	0.02102	1.19226	10.38451	130.1	118.0	0.639
10171	O1	0.02912	0.41700	0.00878	2.95689	1.66349	6.9	31.5	1.550
10172	O1	0.02957	0.41400	0.00849	3.25160	1.71670	8.3	47.1	1.552
10173	O16	0.00000	0.91800	0.00550	1.31452	7.55876	1.2	9.1	0.159
10174	O16	0.00000	0.91100	0.00400	1.30183	11.80208	1.0	3.3	0.166

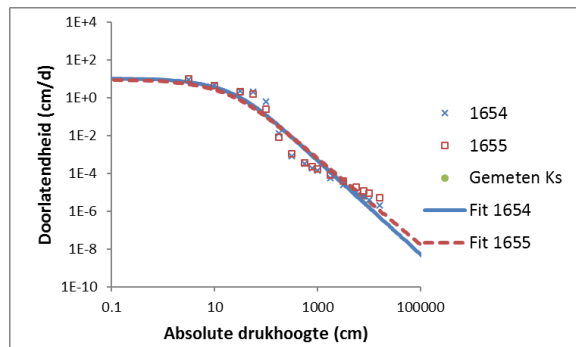
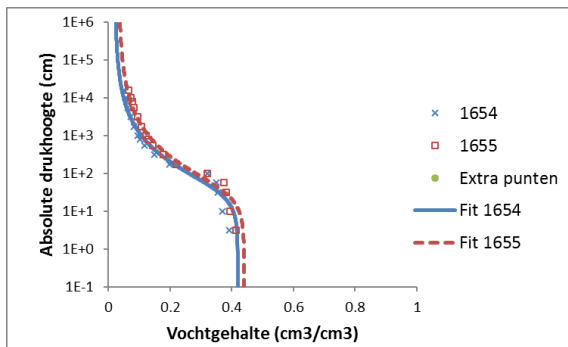
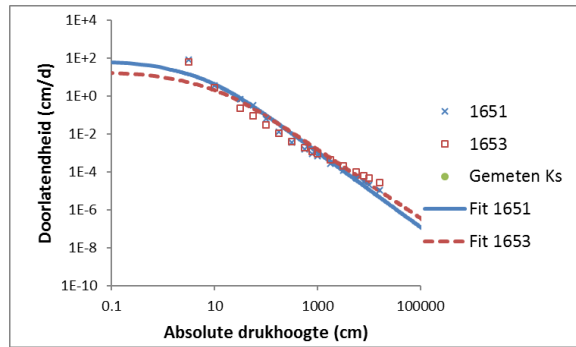
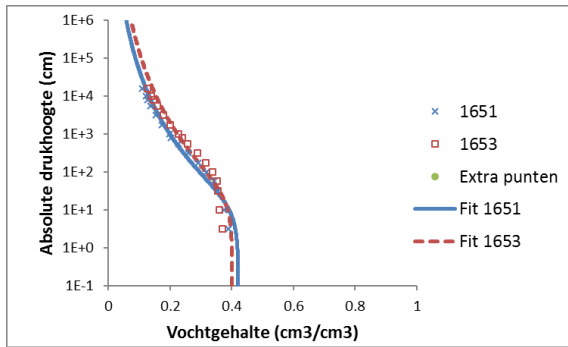
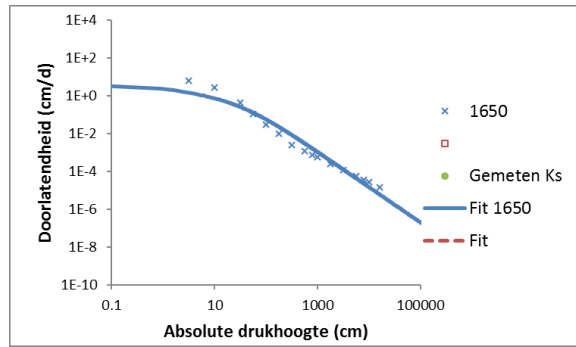
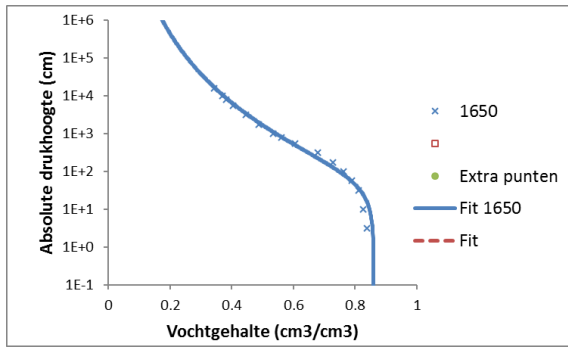
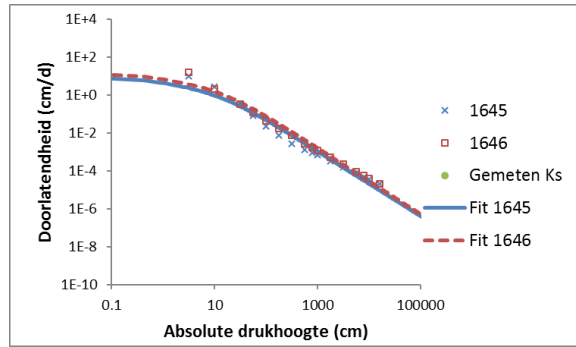
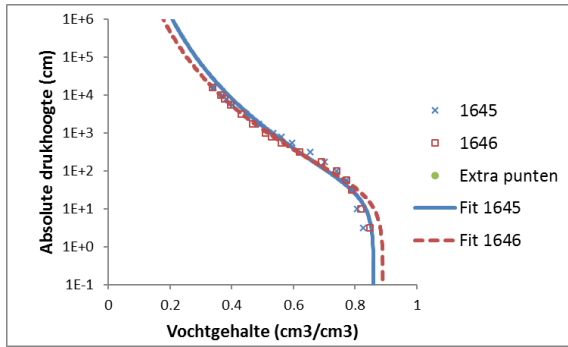
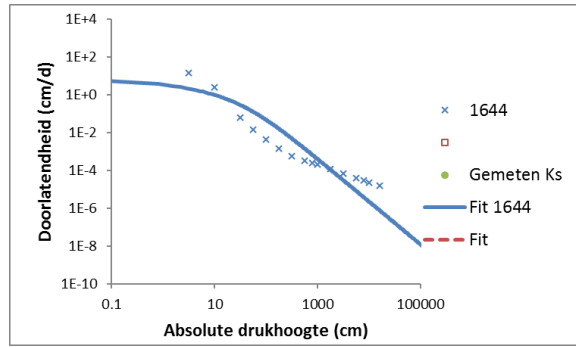
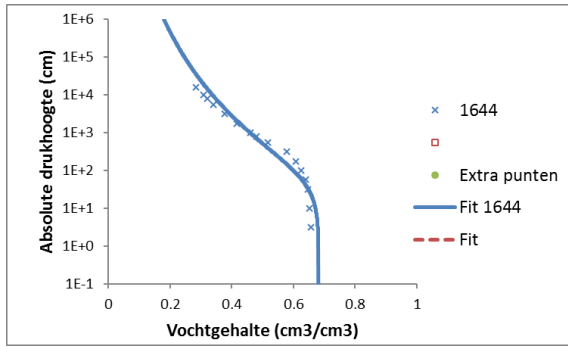
Bijlage 9 Grafieken waterretentie en -doorlatendheid

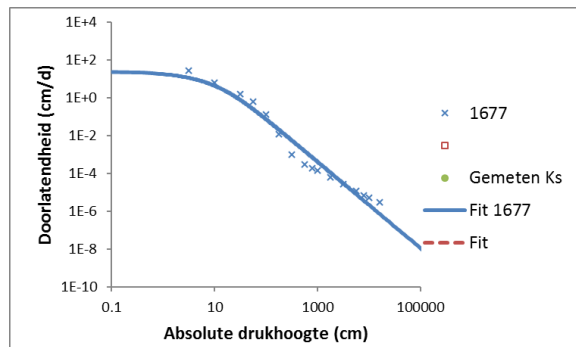
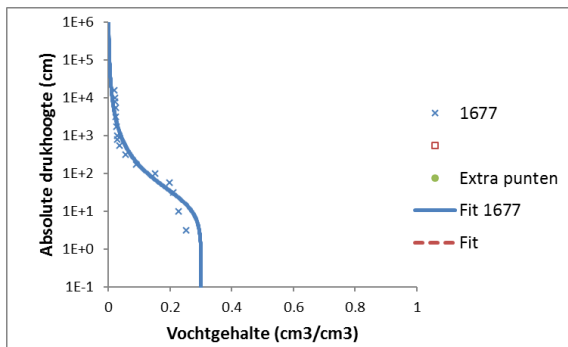
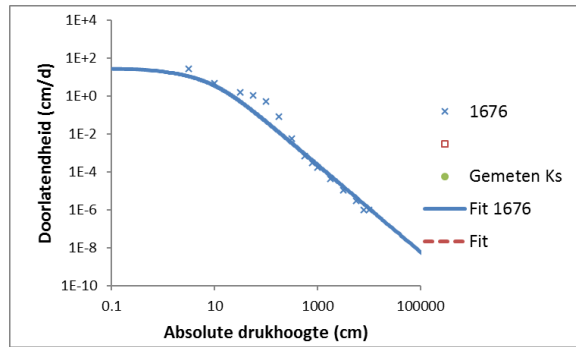
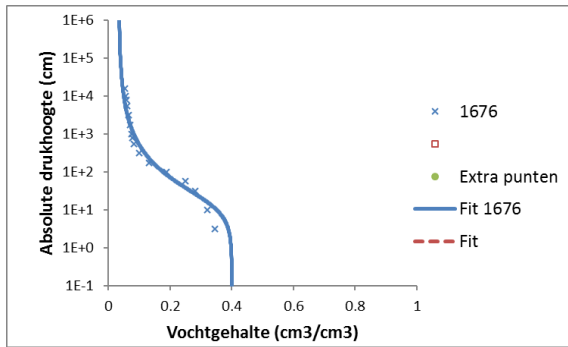
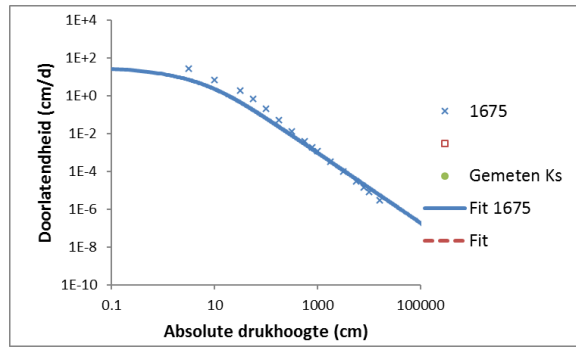
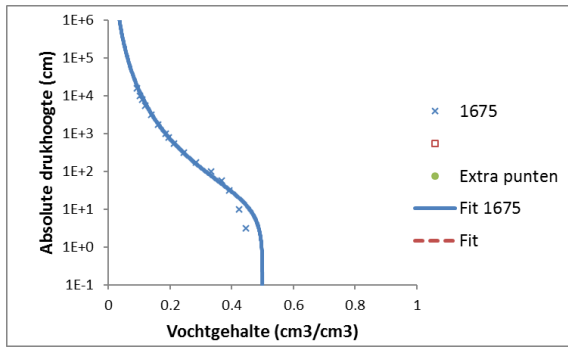
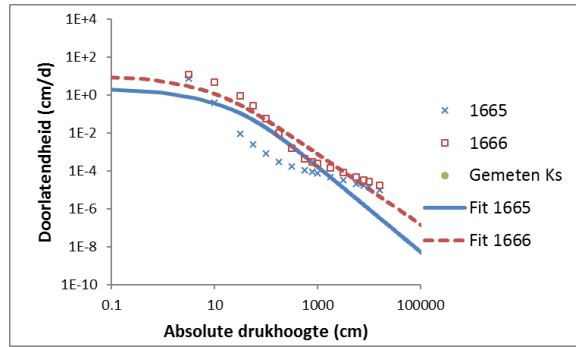
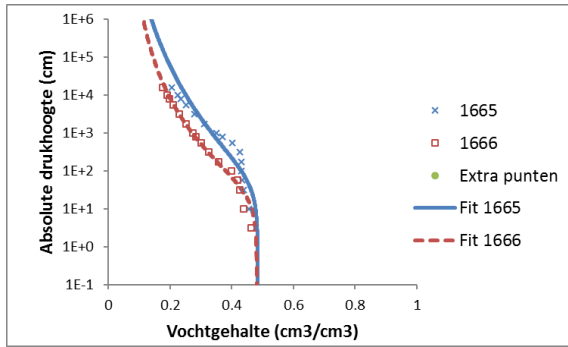
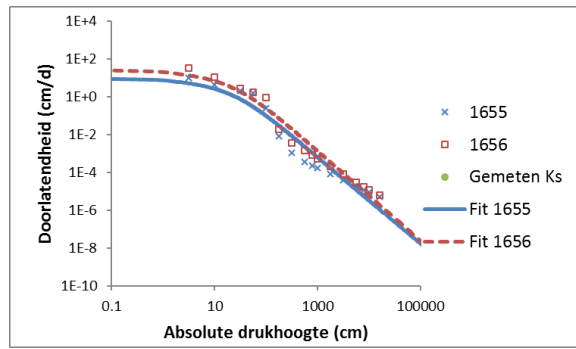
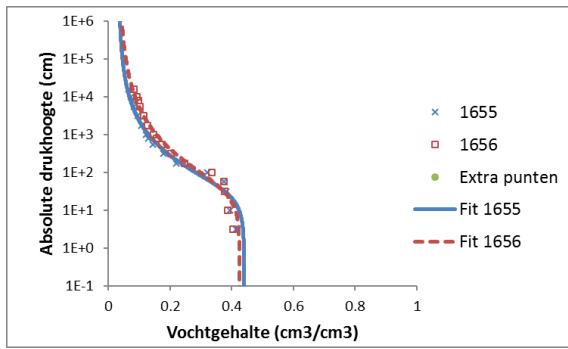
In de figuren van deze bijlage zijn links de retentie- en rechts de waterdoorlatendheids-karakteristieken gegeven. Duplomonsters zijn steeds samen in één grafiek weergegeven. De data (blauwe kruisjes (1^e monster) en rode open vierkantjes (duplo monster) zijn afkomstig uit de prefit van de verdampingsmethode; het getal in de legenda verwijst naar het Monster Identificatie Nummer (MIN) van het betreffende monster. Verder zijn in de retentie-karakteristiek nog extra meetpunten opgenomen vanuit de zandbak- en drukpanmethode (groene stippen). In de doorlatendheids-karakteristiek zijn extra meetpunten opgenomen van de apart gemeten verzadigde waterdoorlatendheid (groene stippen). De retentie- en doorlatendheids-karakteristieken zijn per monster gefit met een uni-modale Mualem-Van Genuchten-fit. Dat betekent dat soms concessies zijn gedaan in de retentiecurve om de doorlatendheidscurve beter te kunnen fitten en vice versa. Merk op dat de assen voor de drukhoogte h en de doorlatendheid K logaritmisch zijn weergegeven.

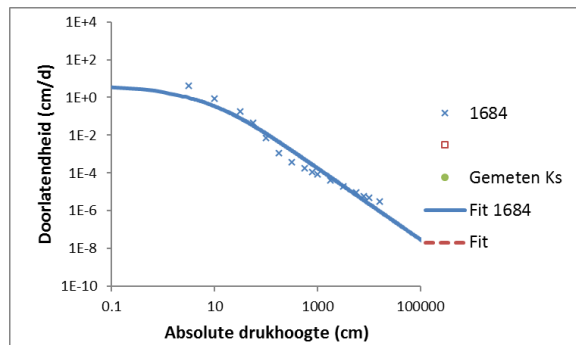
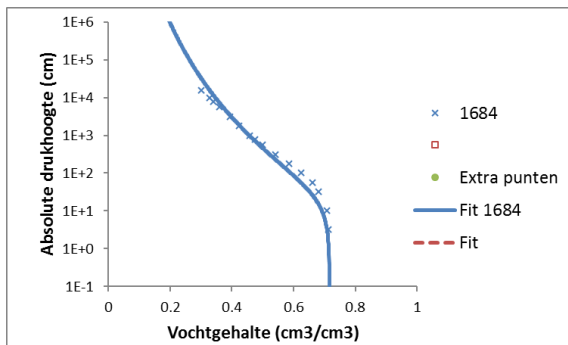
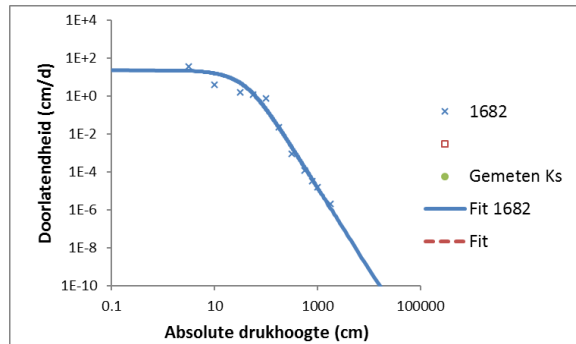
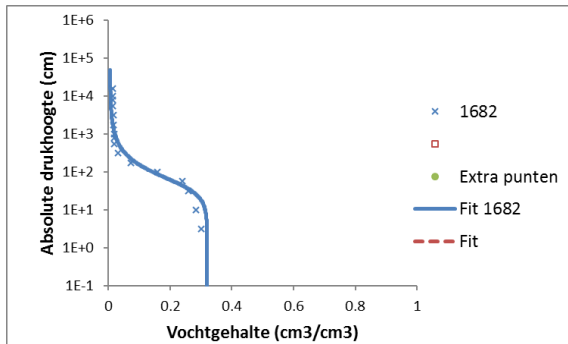
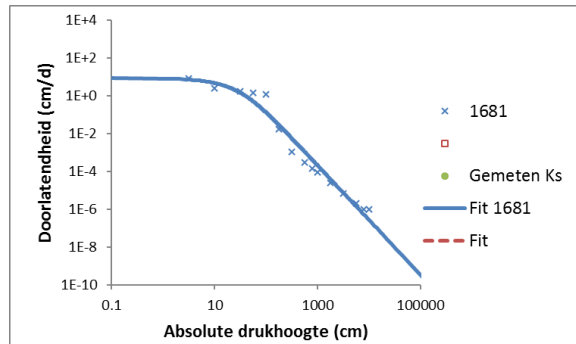
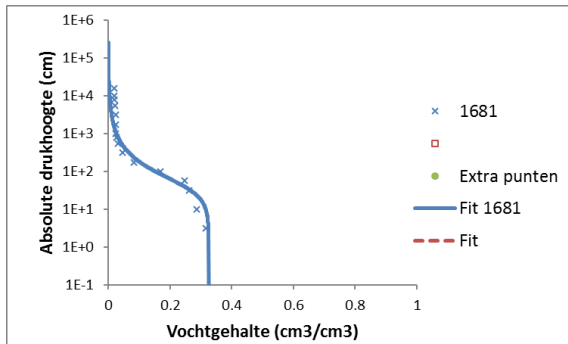
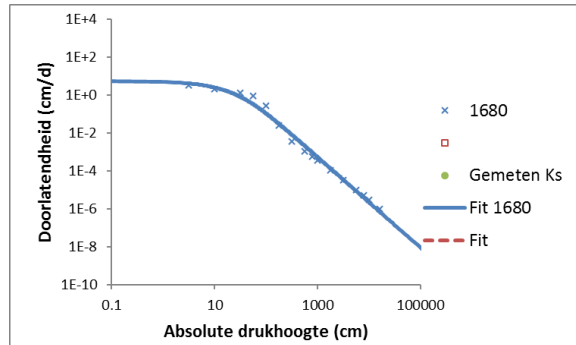
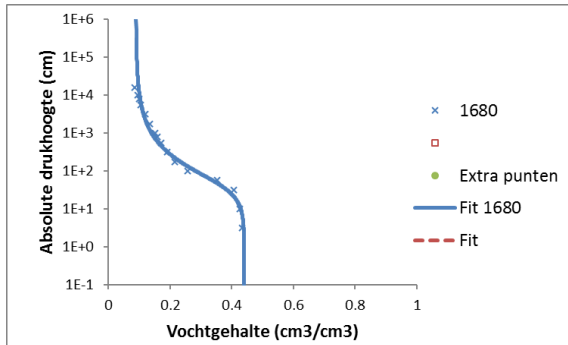
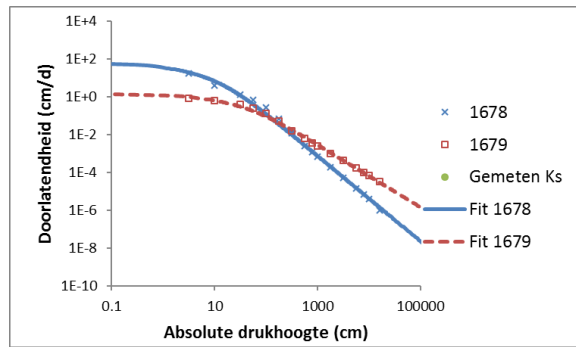
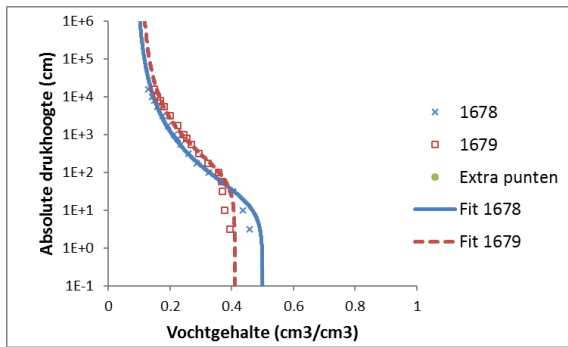


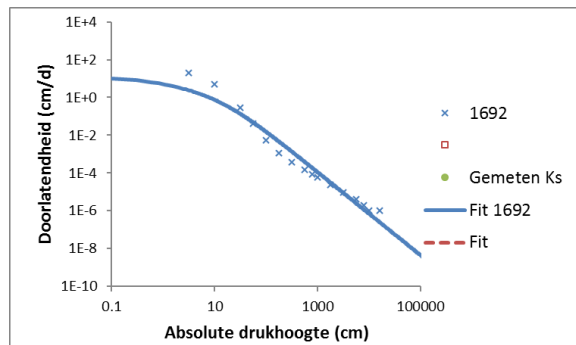
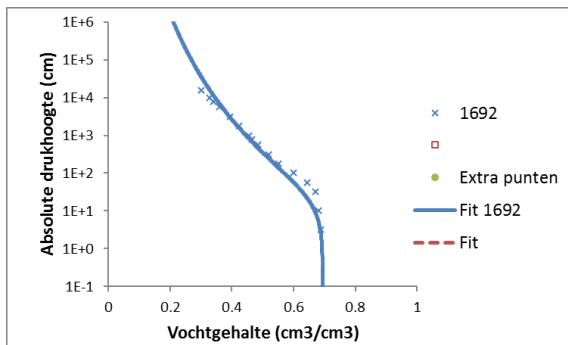
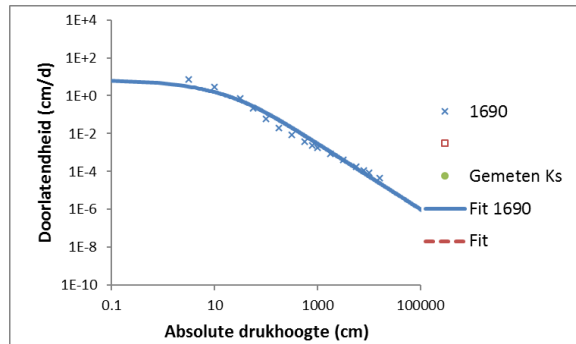
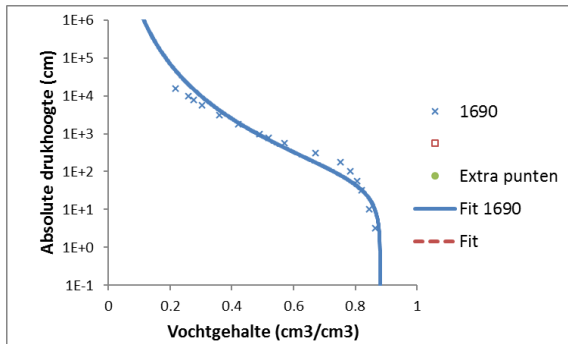
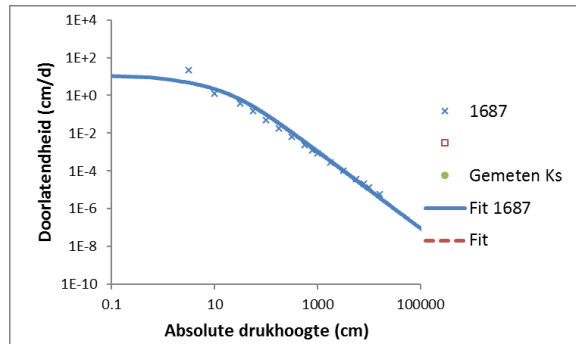
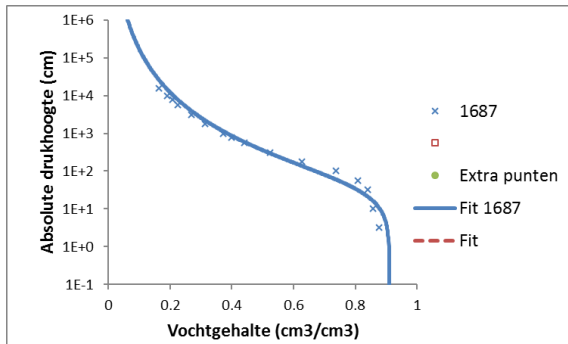
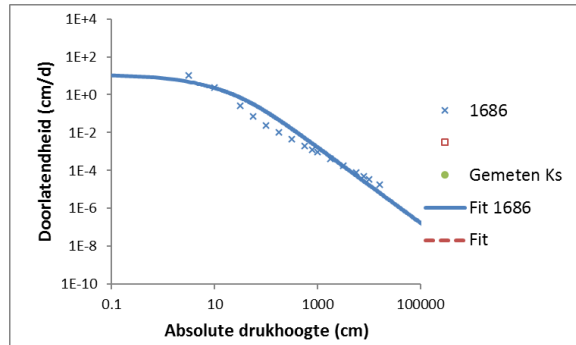
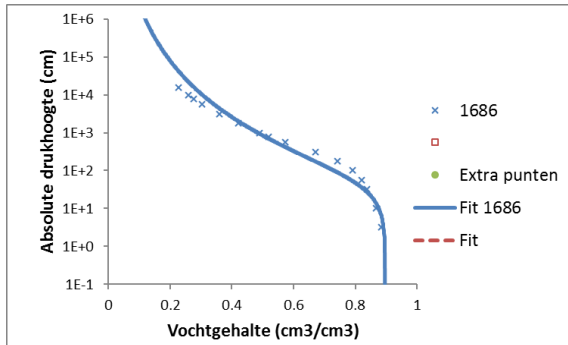
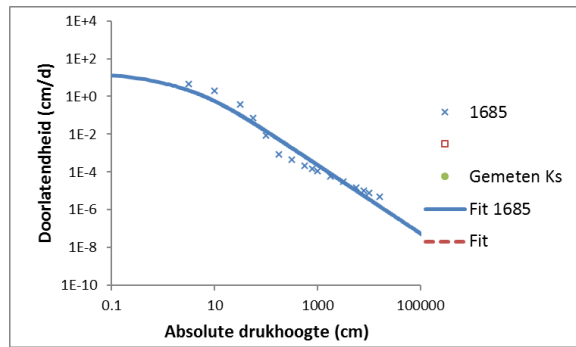
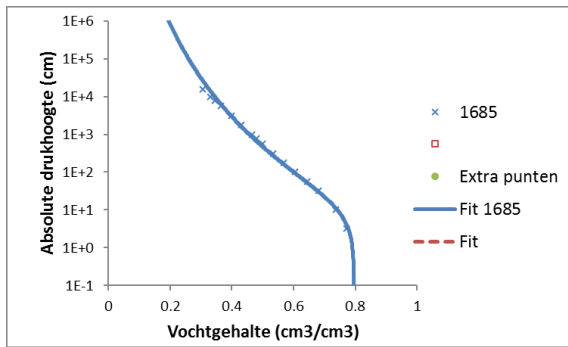


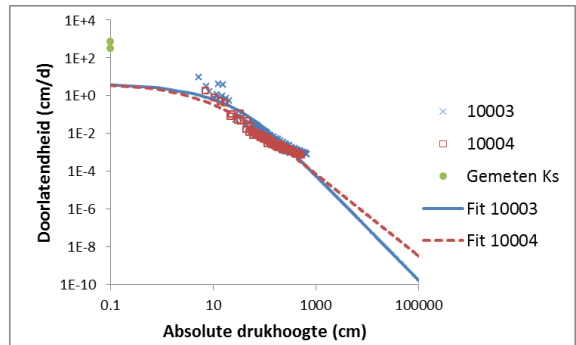
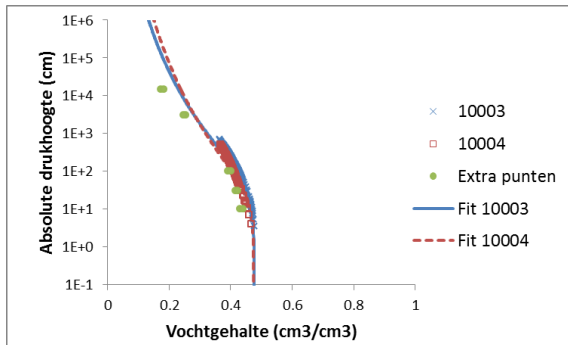
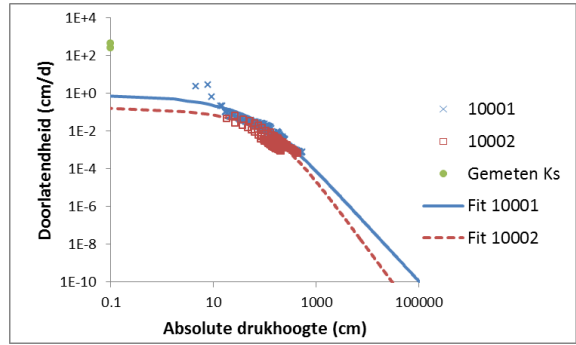
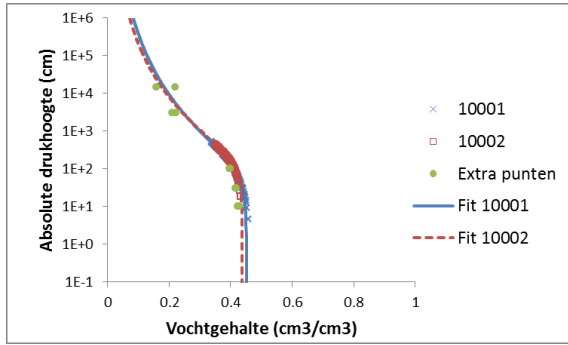
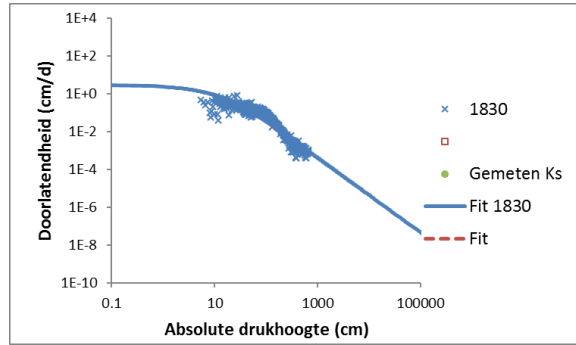
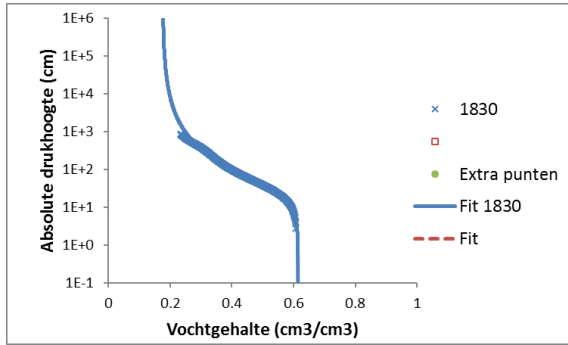
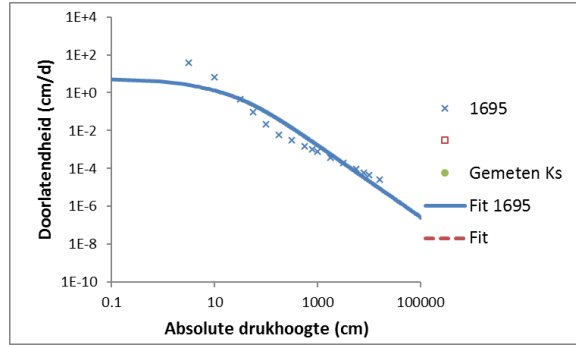
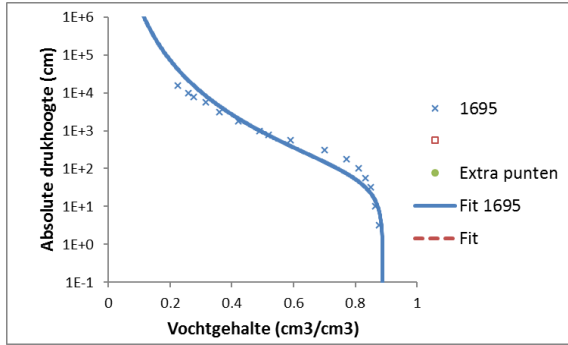
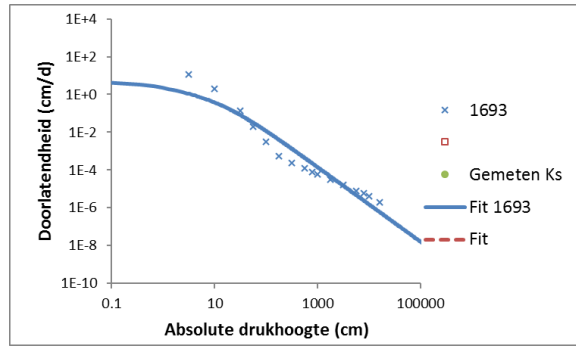
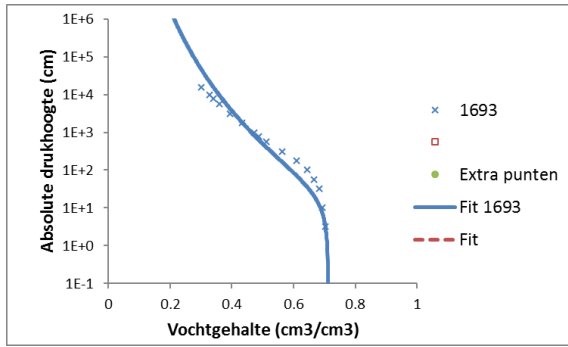


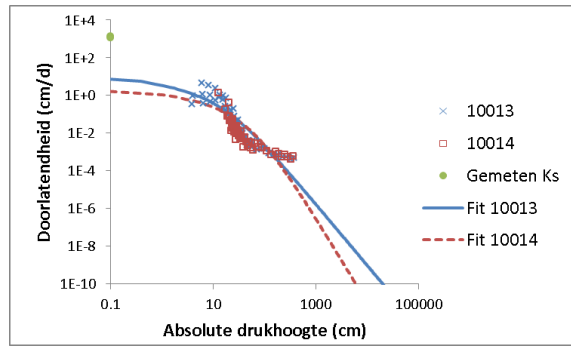
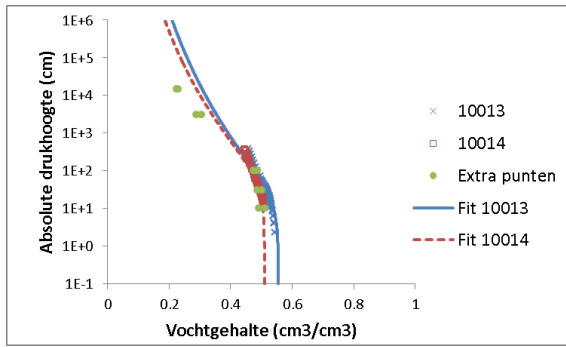
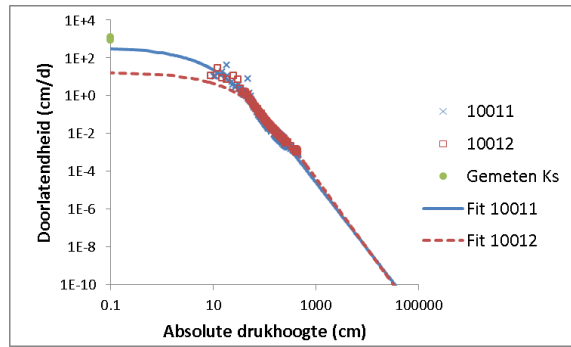
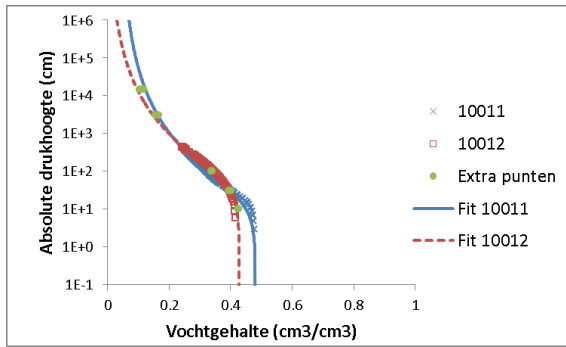
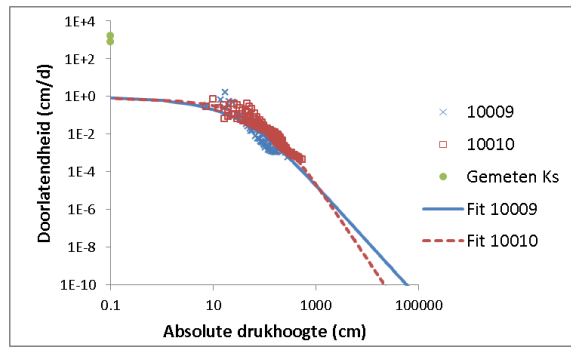
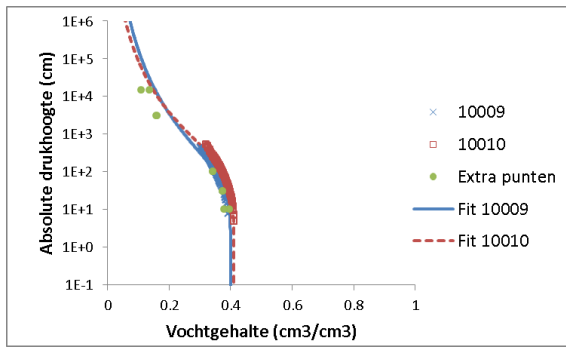
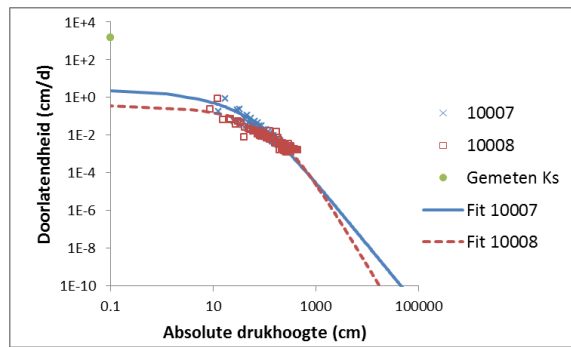
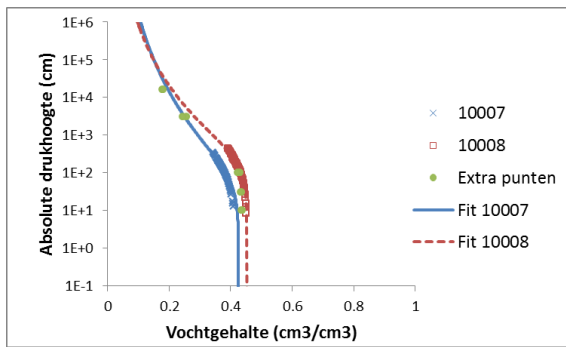
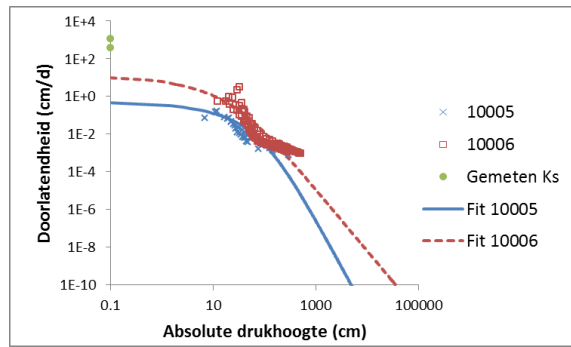
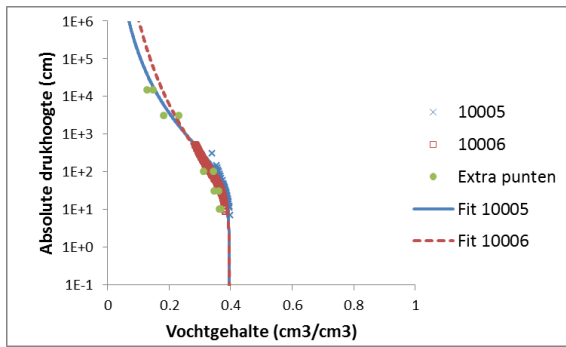


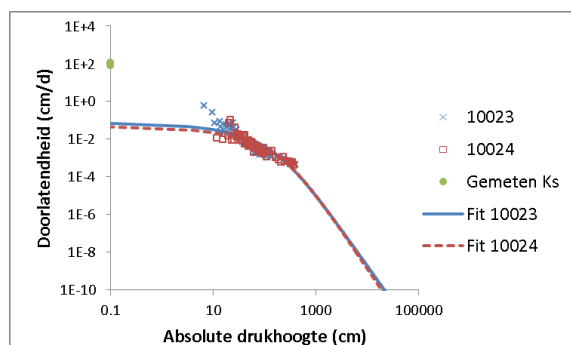
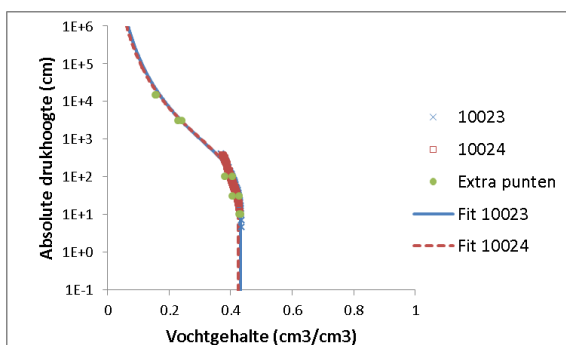
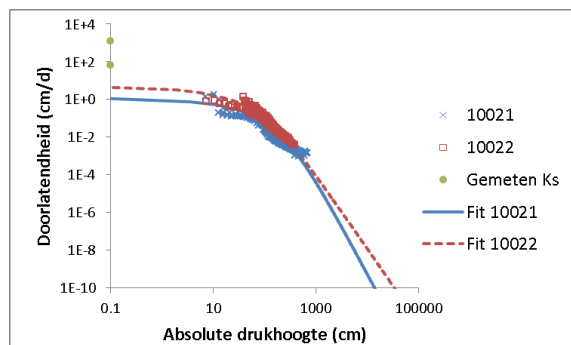
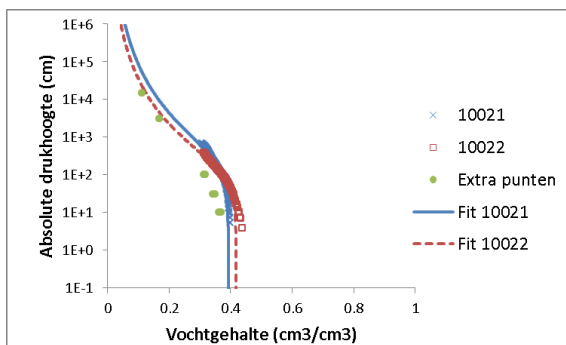
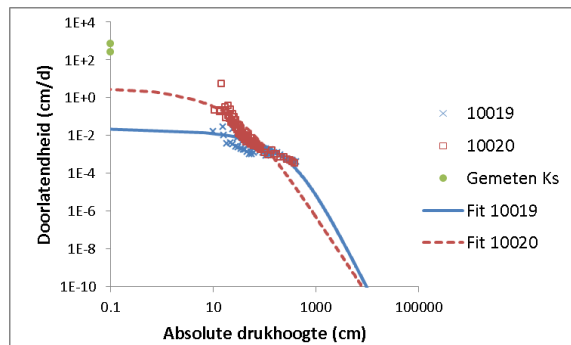
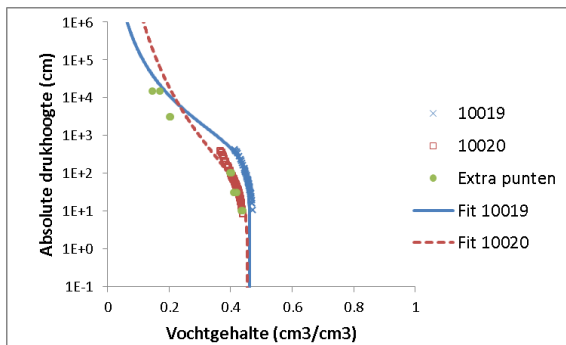
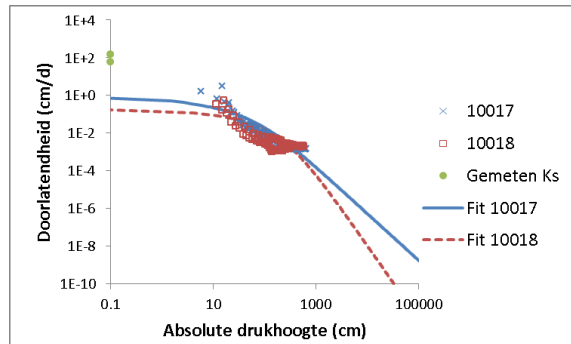
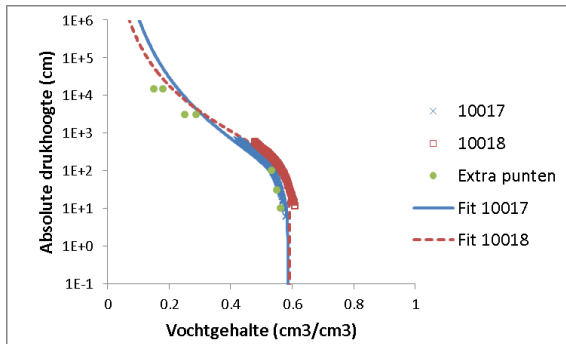
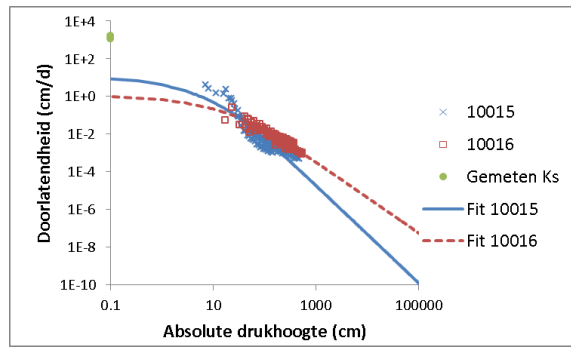
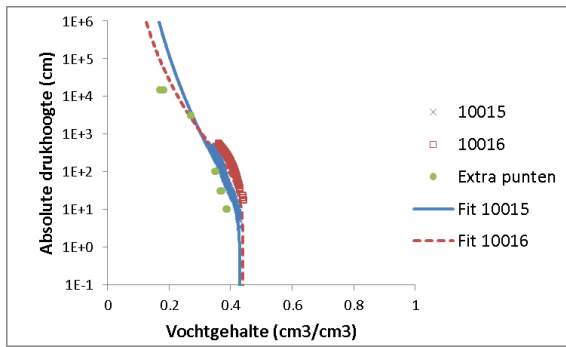


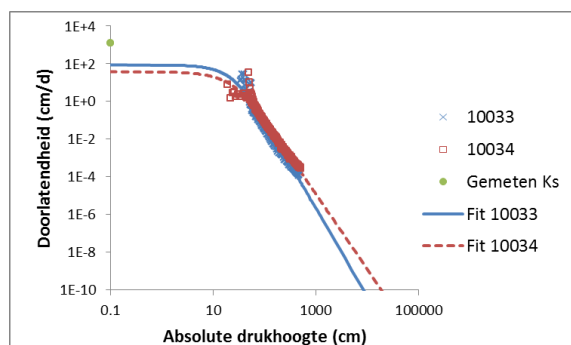
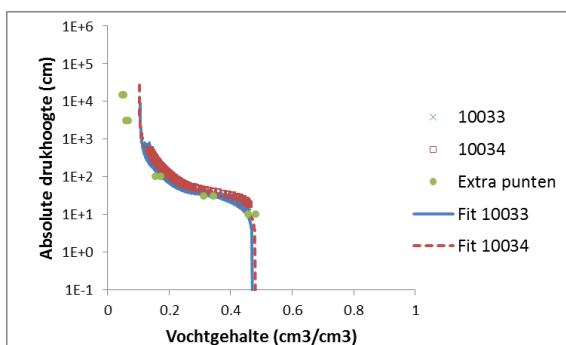
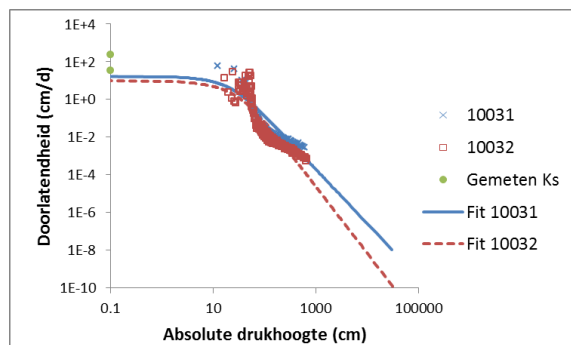
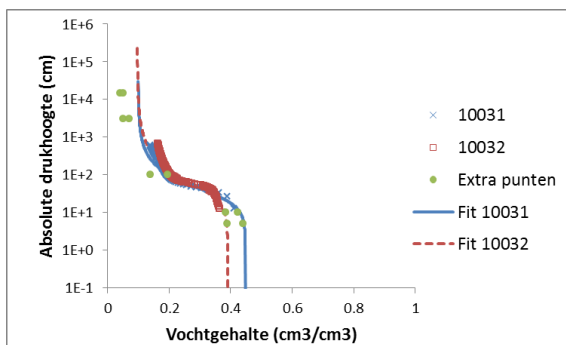
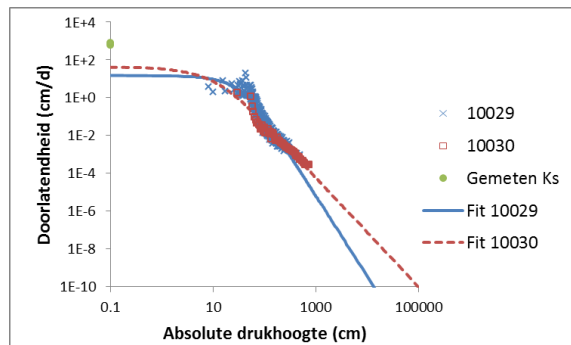
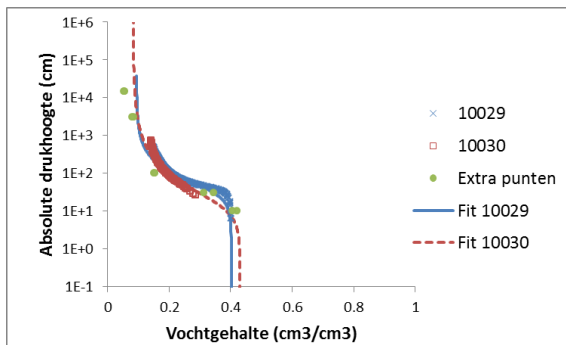
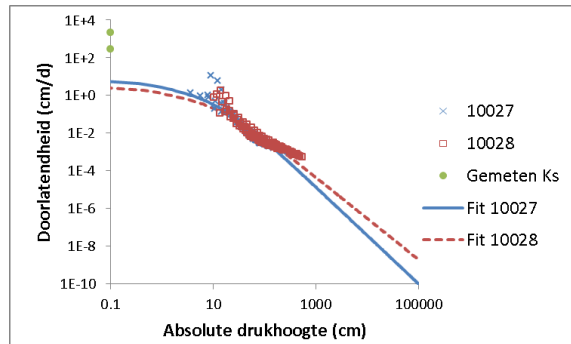
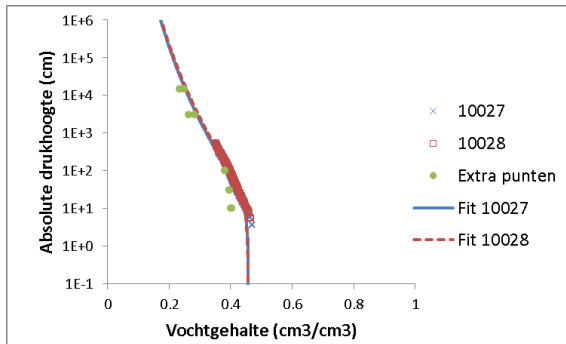
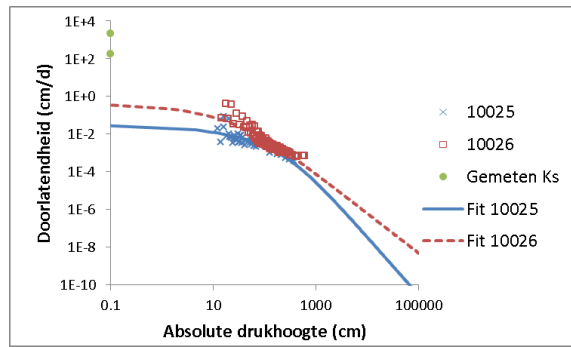
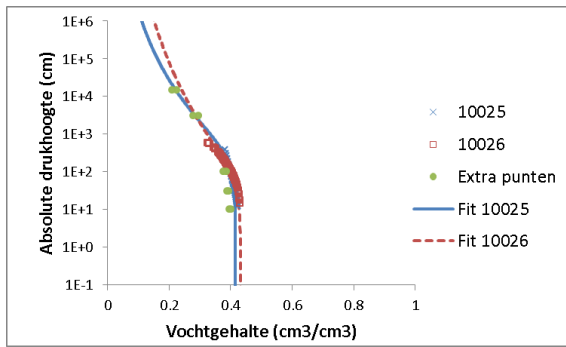


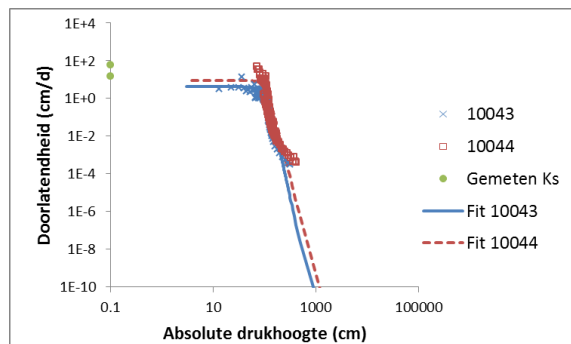
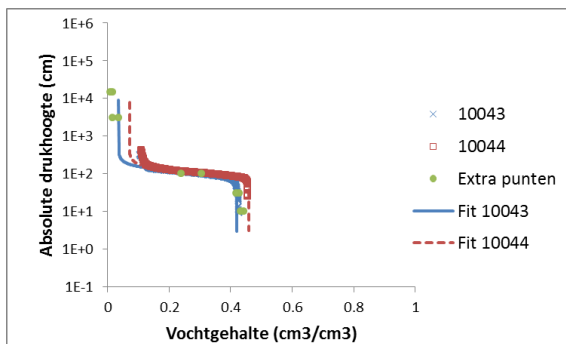
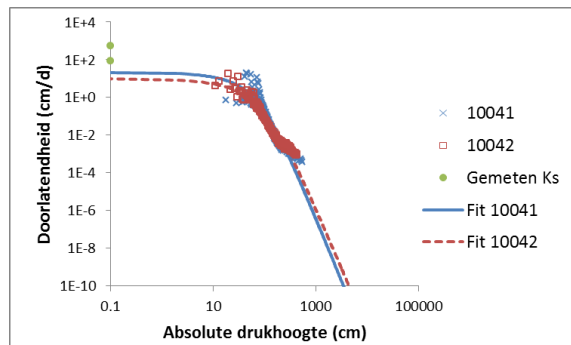
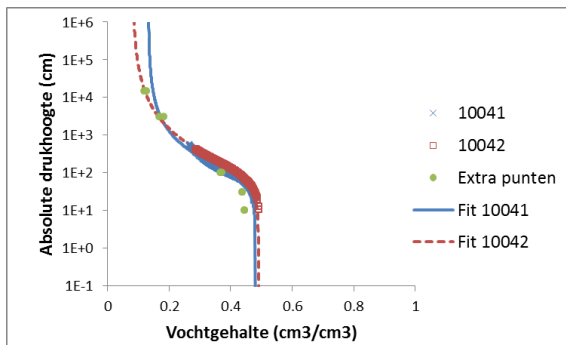
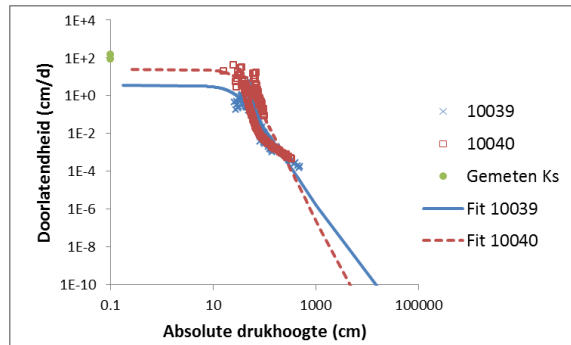
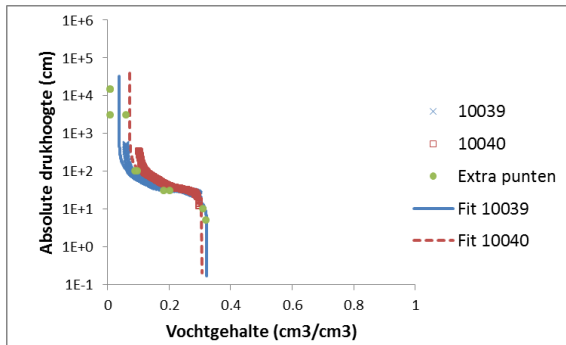
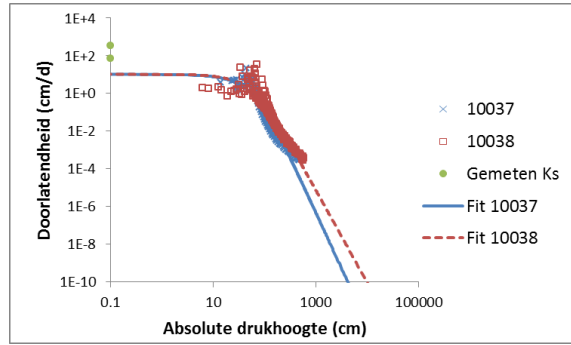
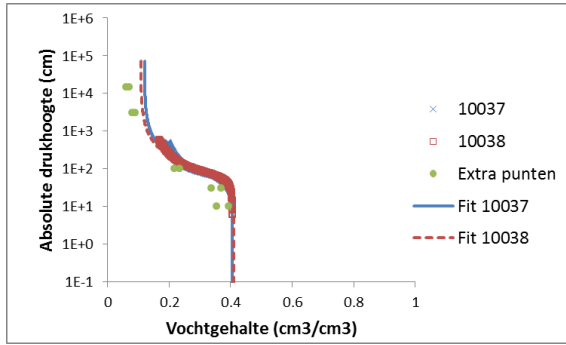
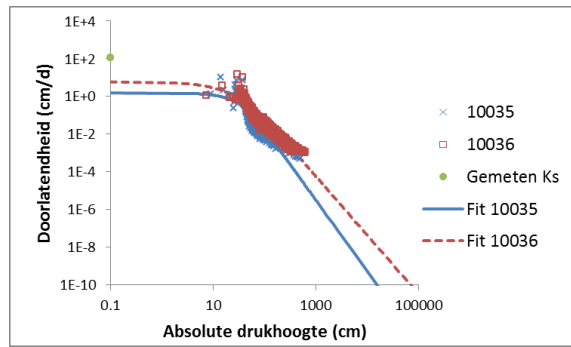
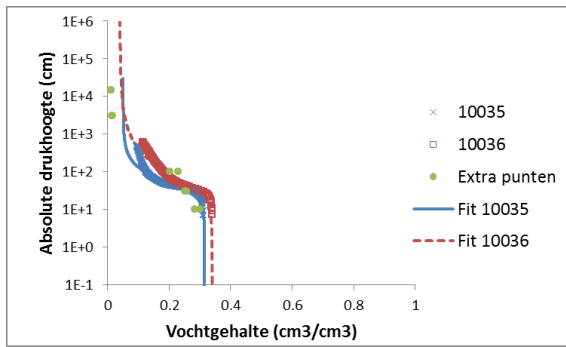


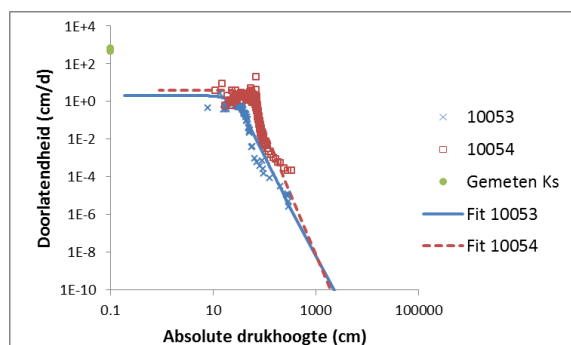
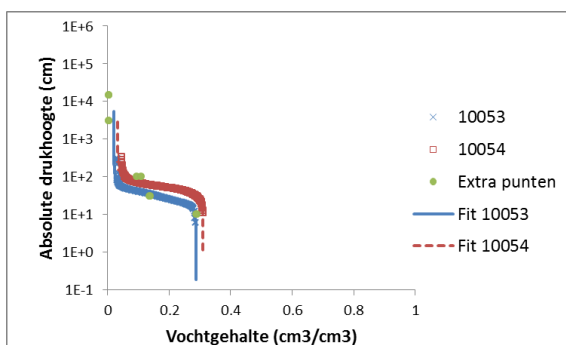
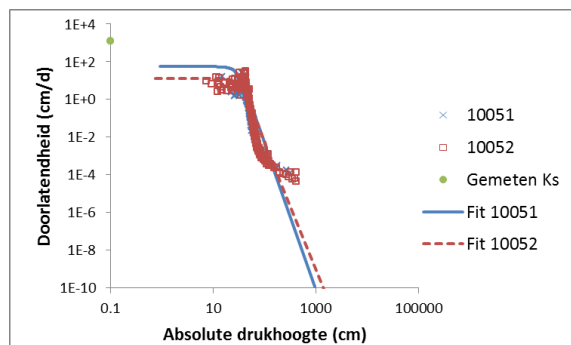
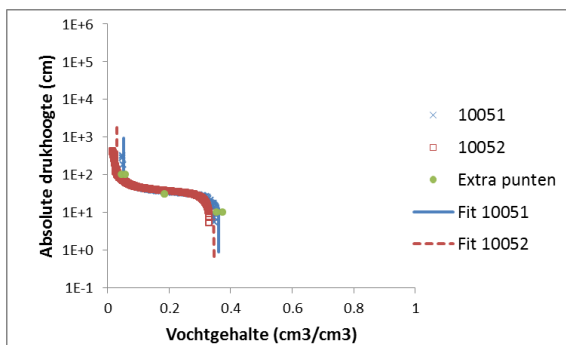
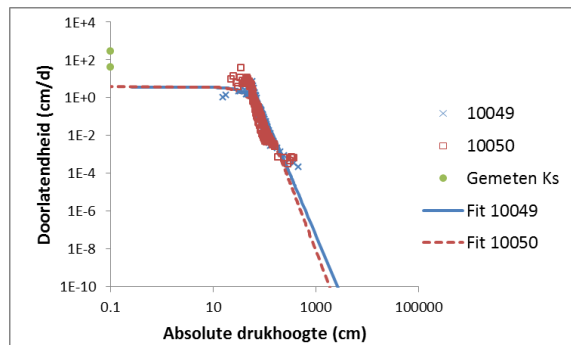
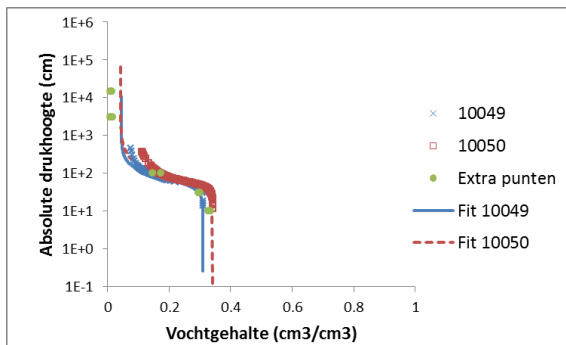
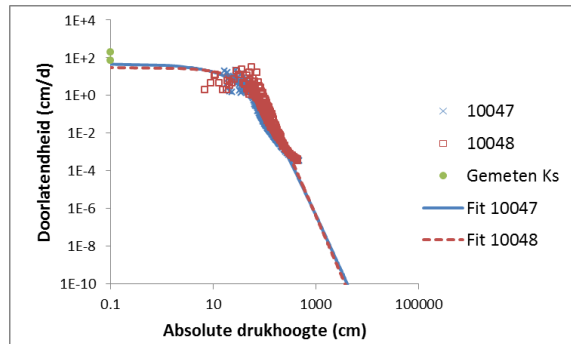
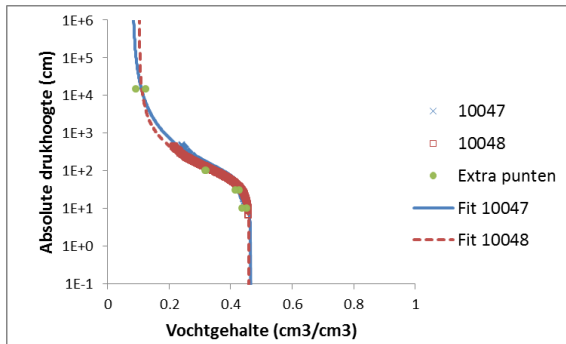
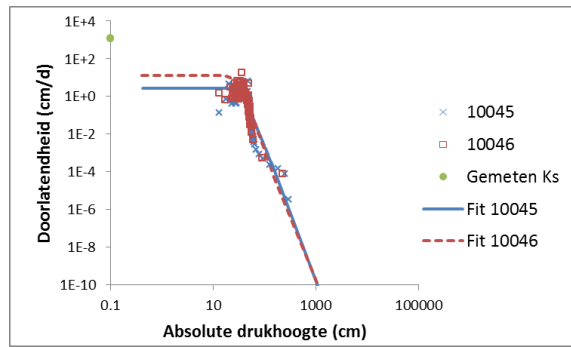
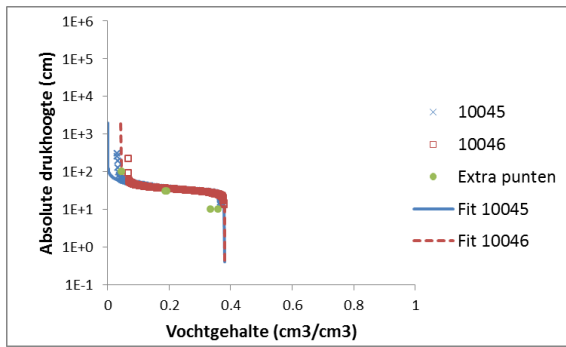


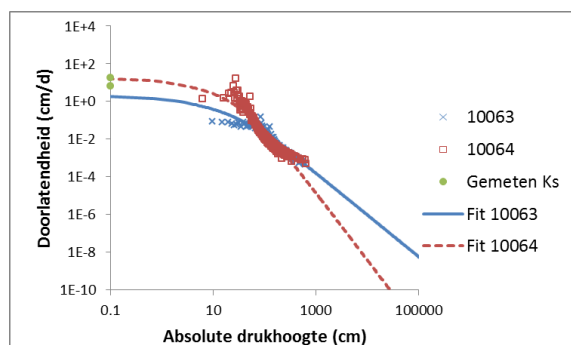
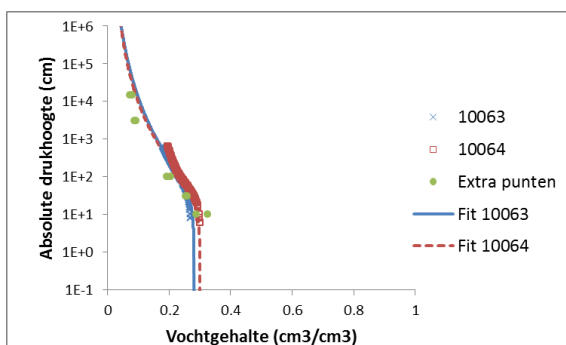
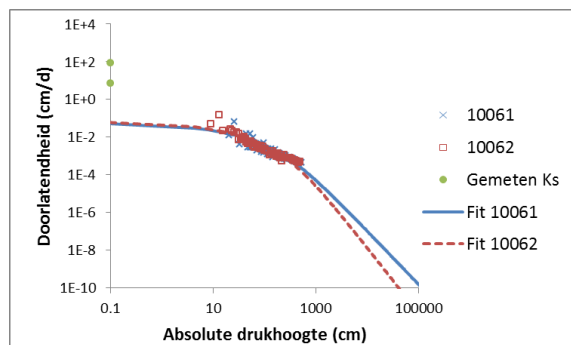
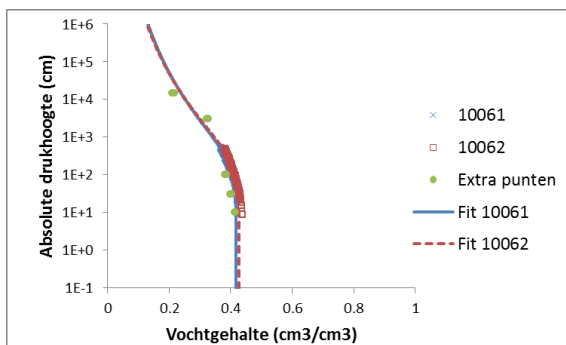
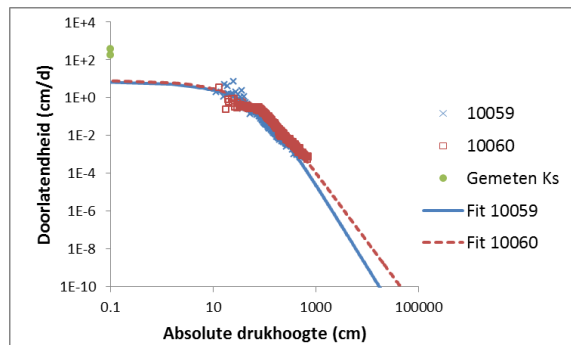
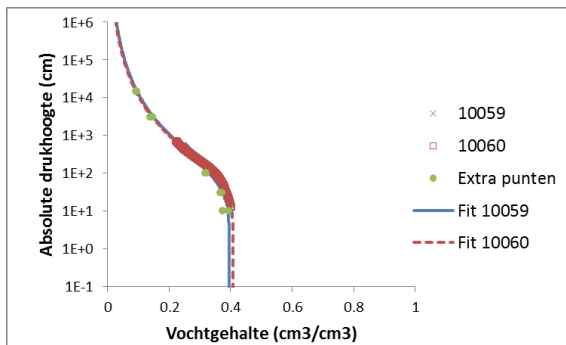
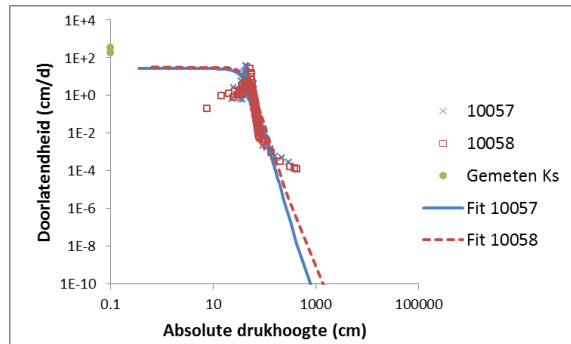
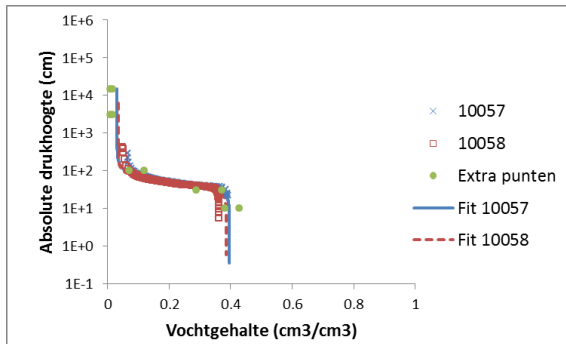
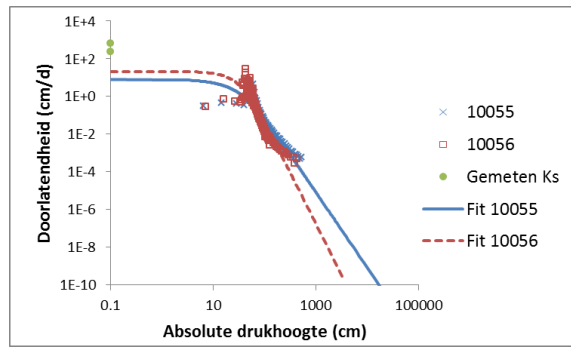
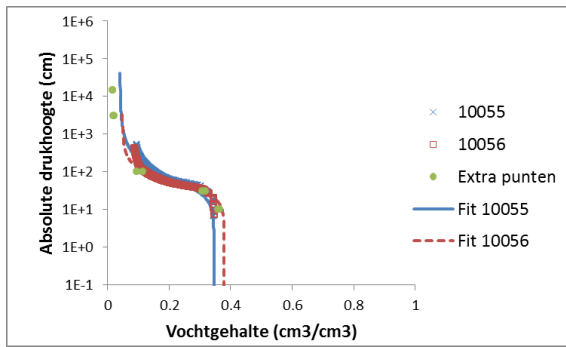


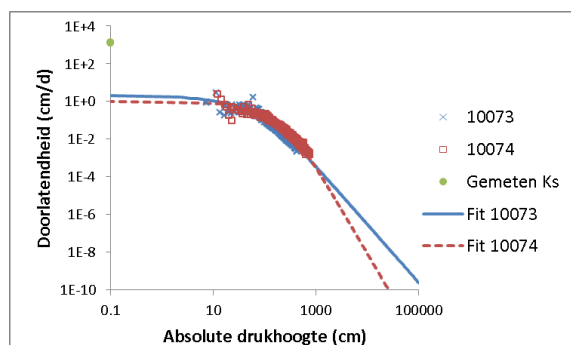
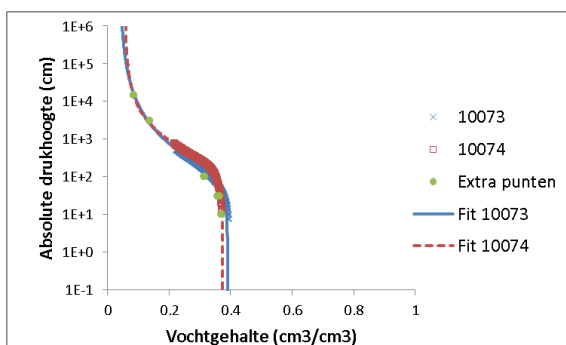
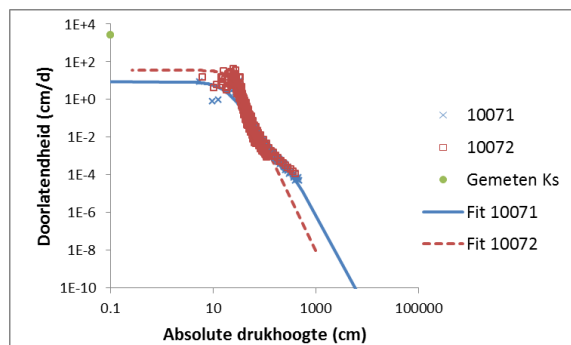
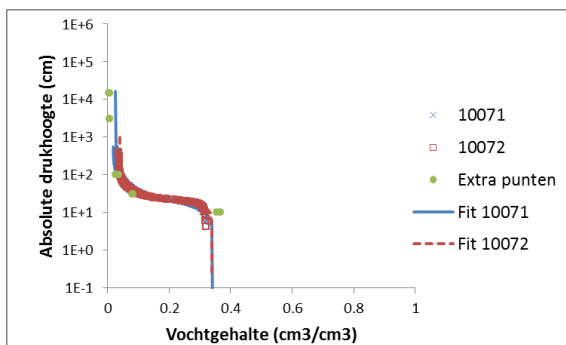
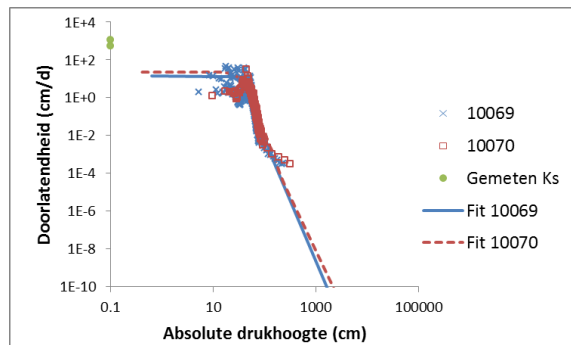
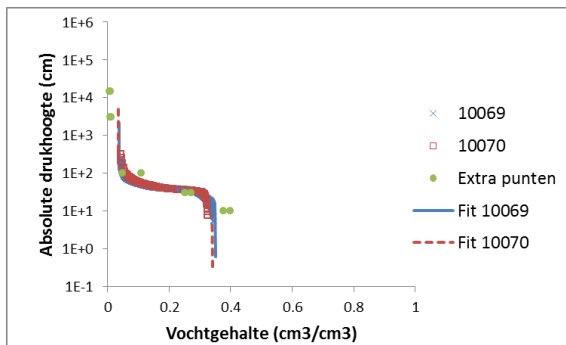
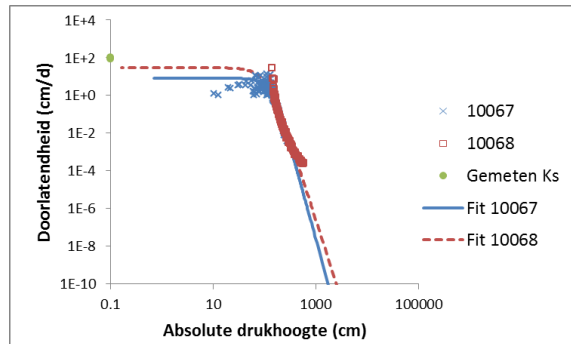
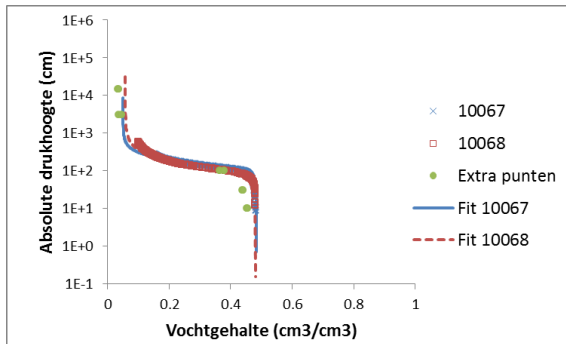
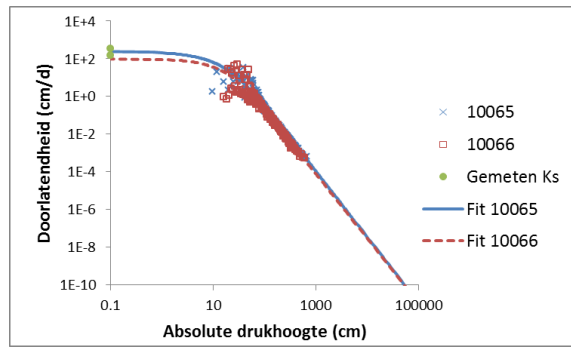
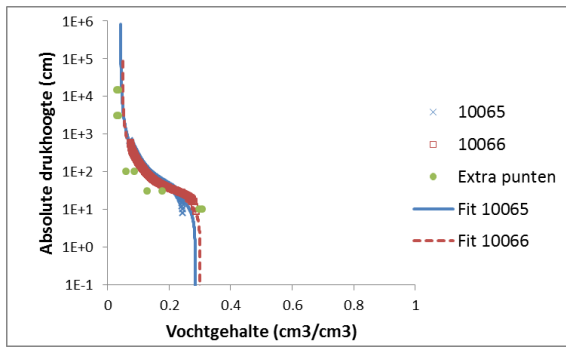


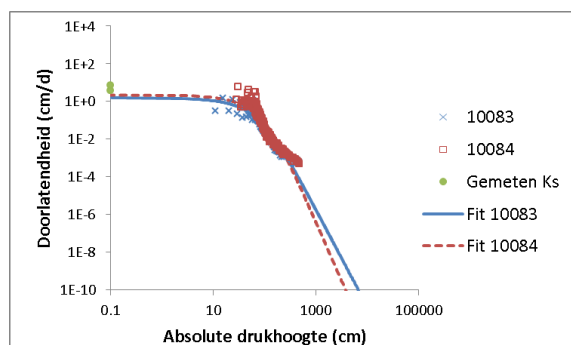
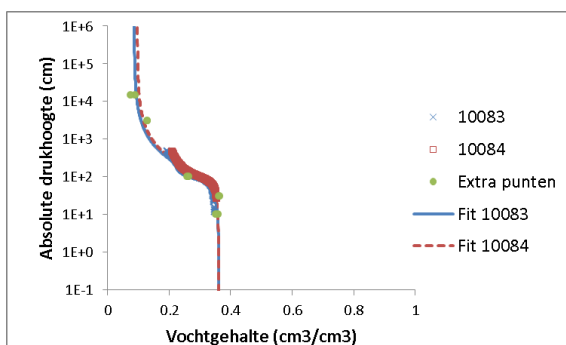
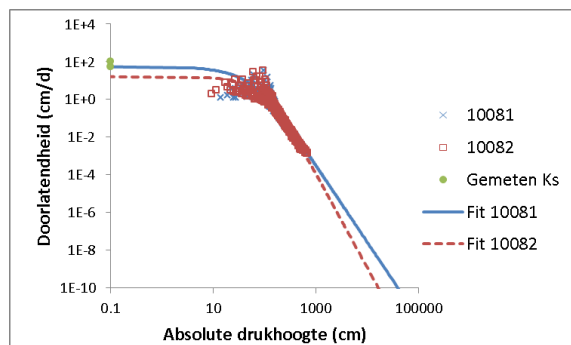
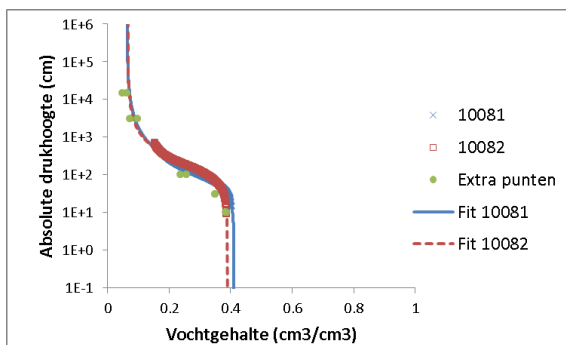
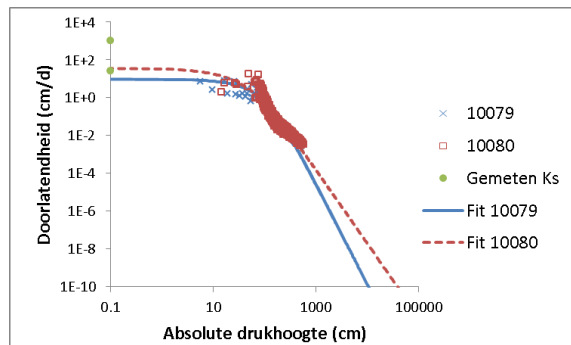
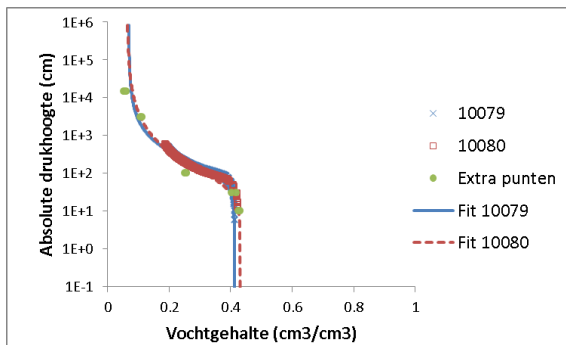
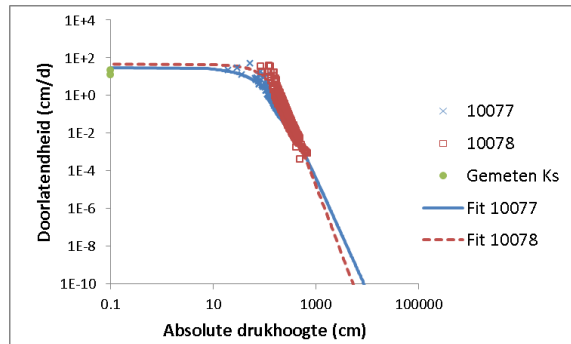
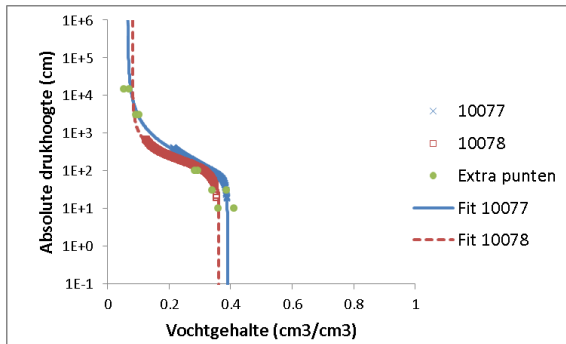
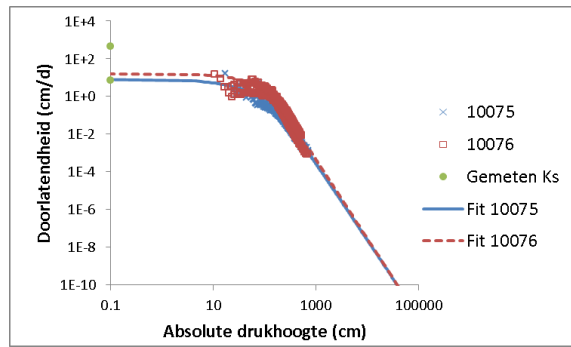
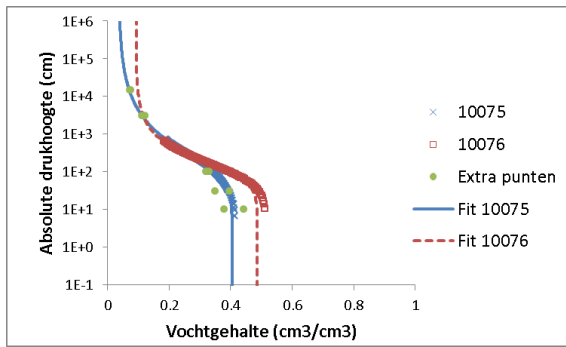


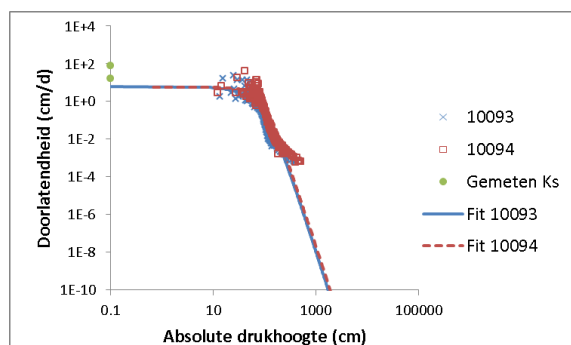
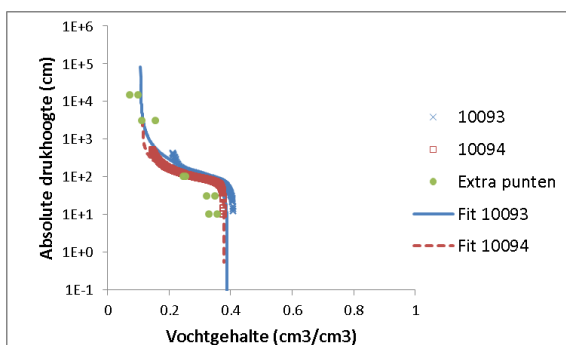
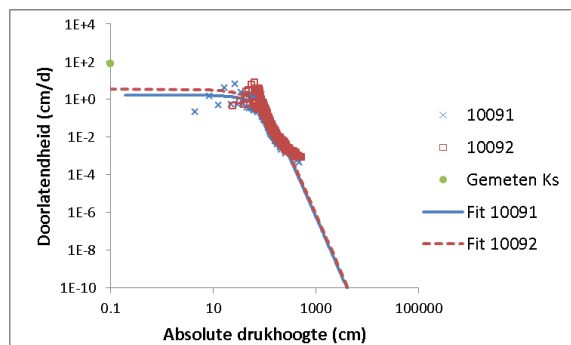
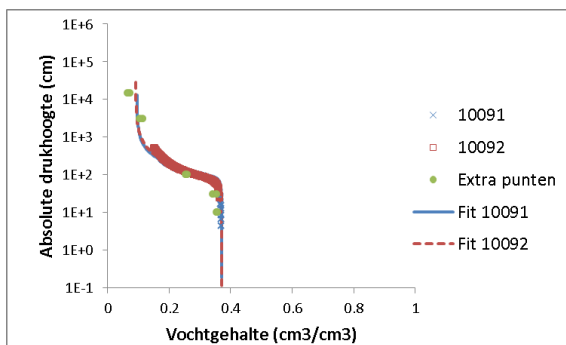
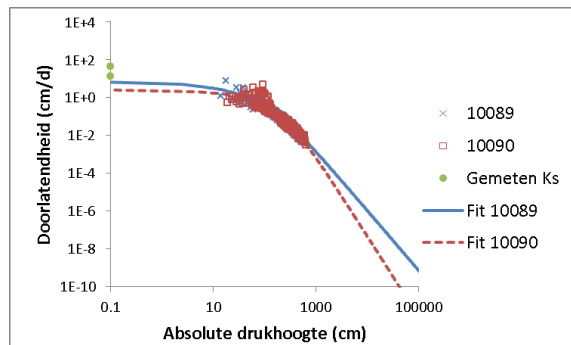
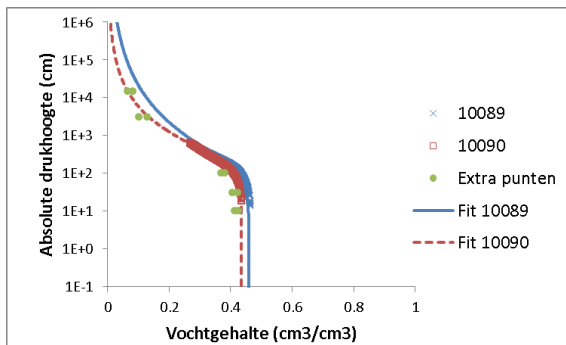
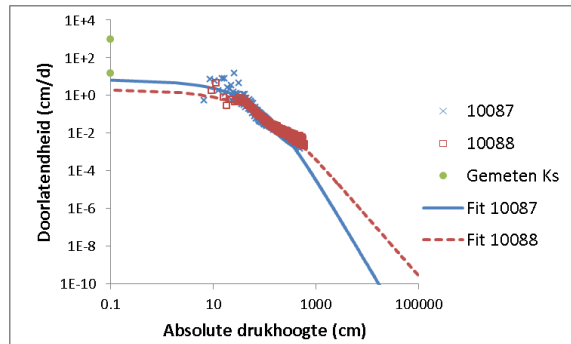
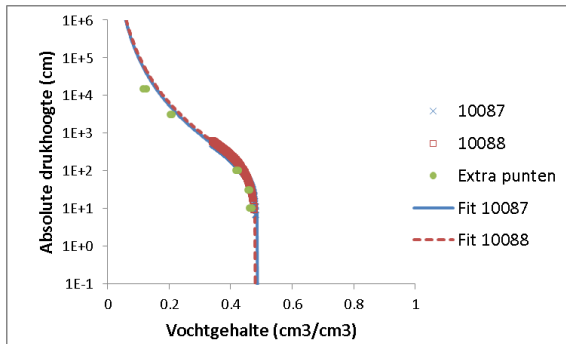
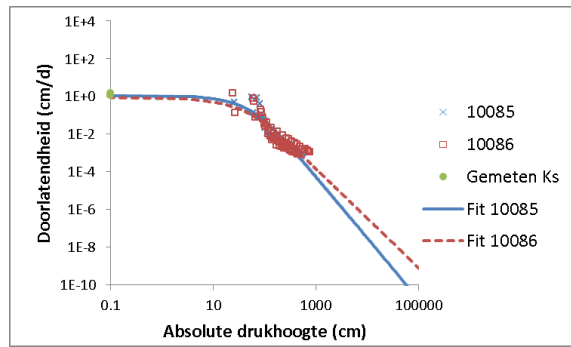
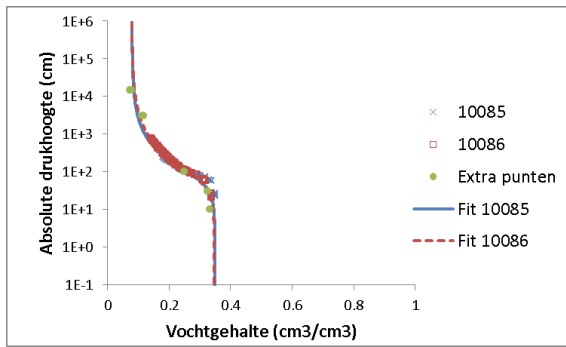


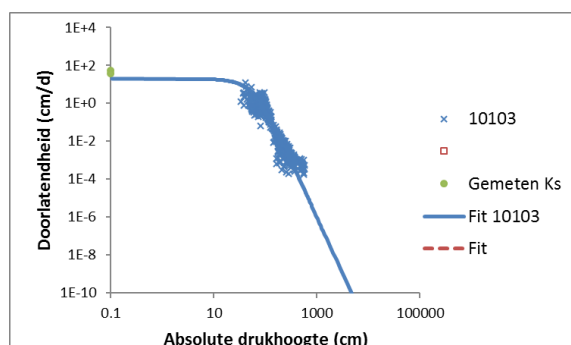
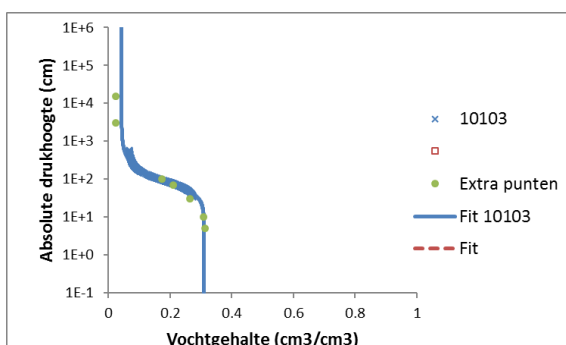
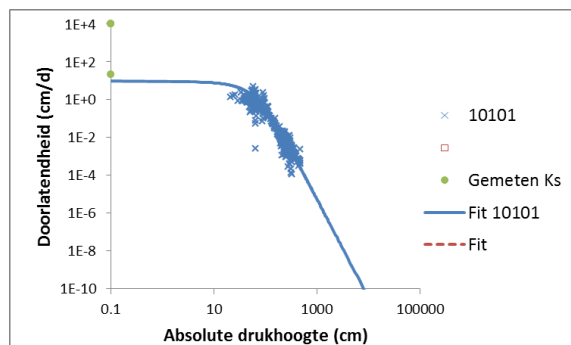
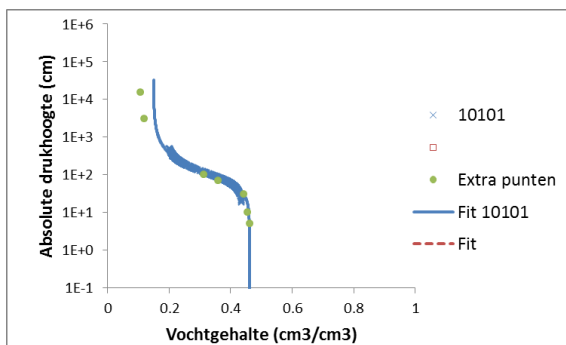
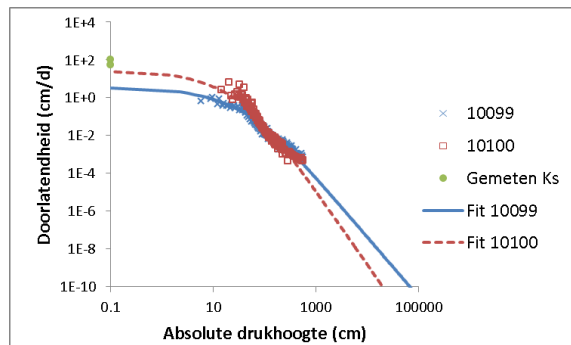
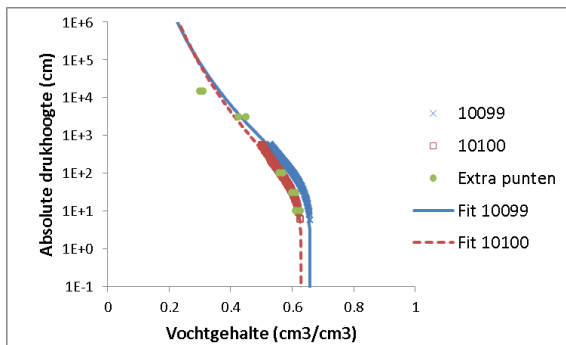
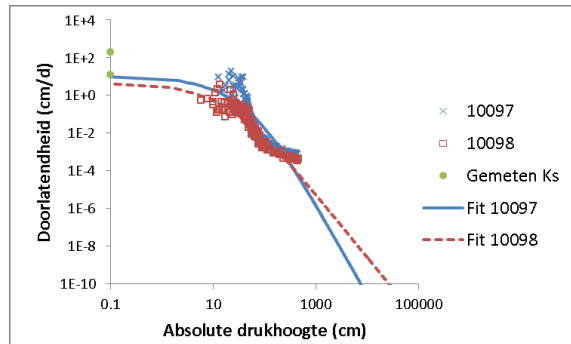
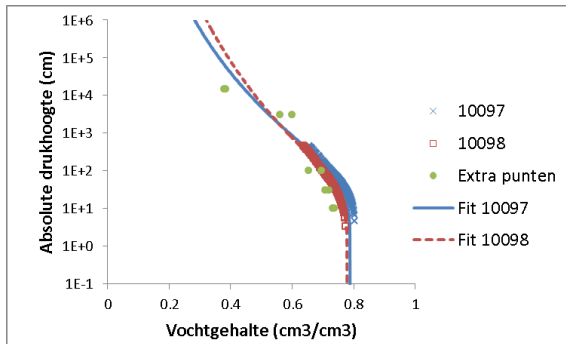
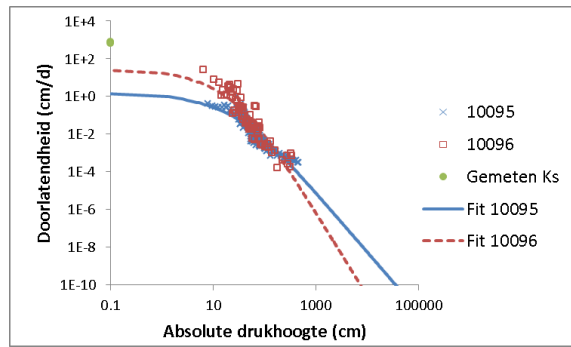
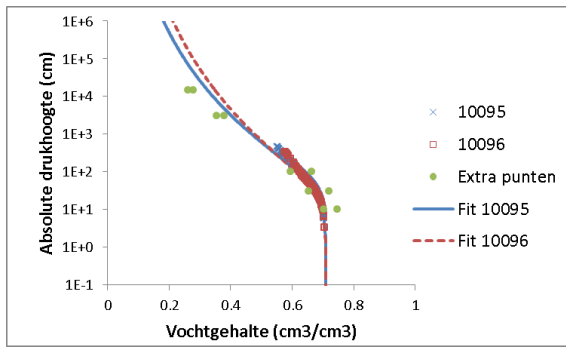


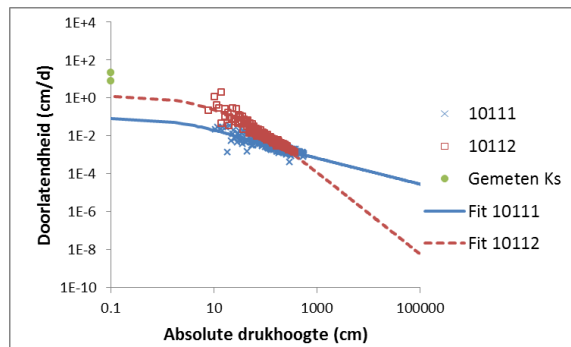
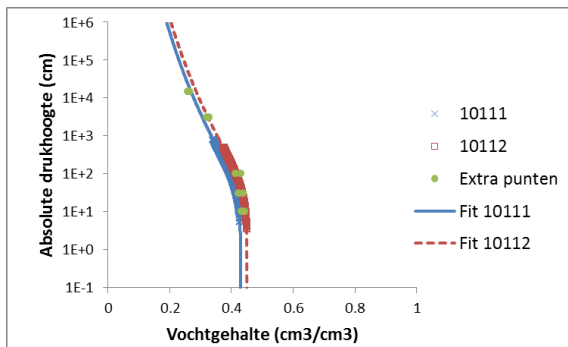
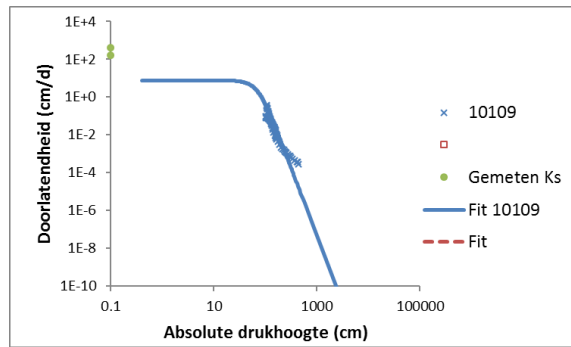
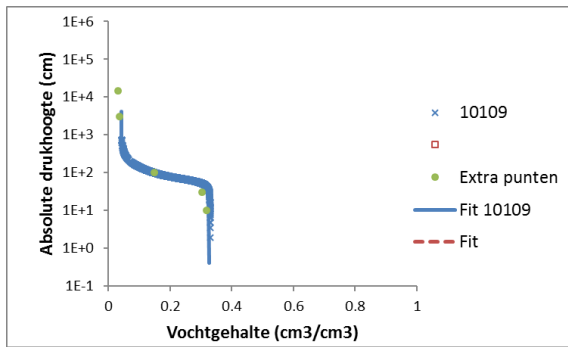
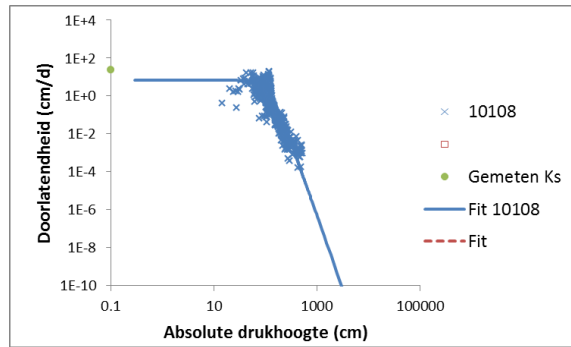
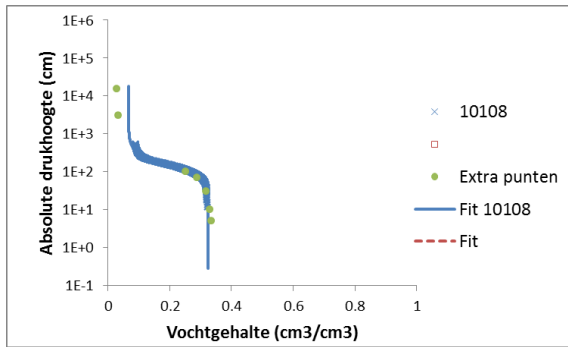
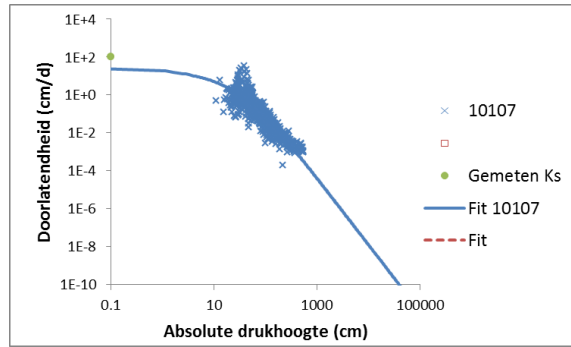
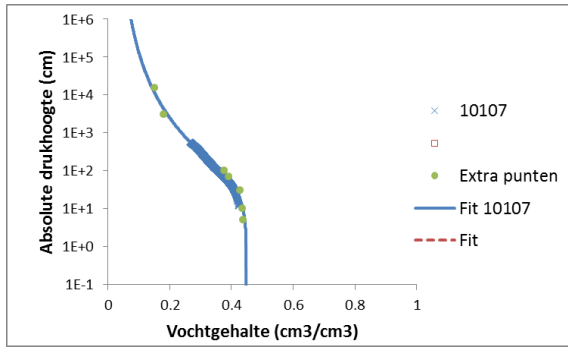
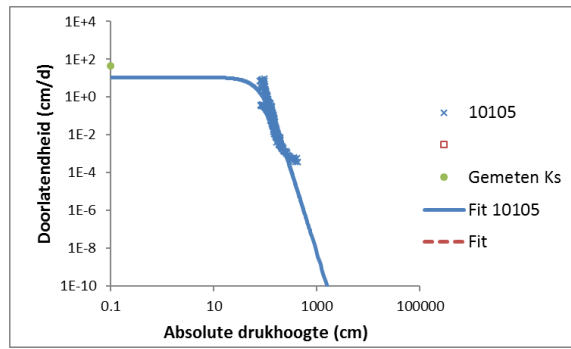
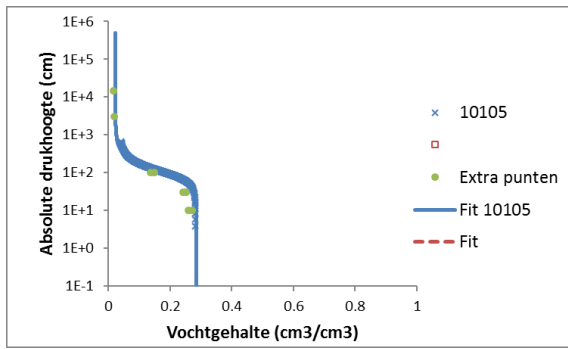


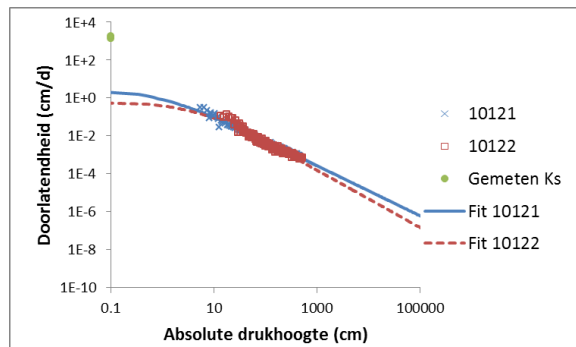
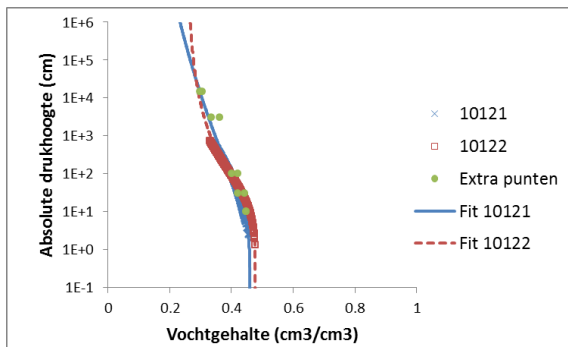
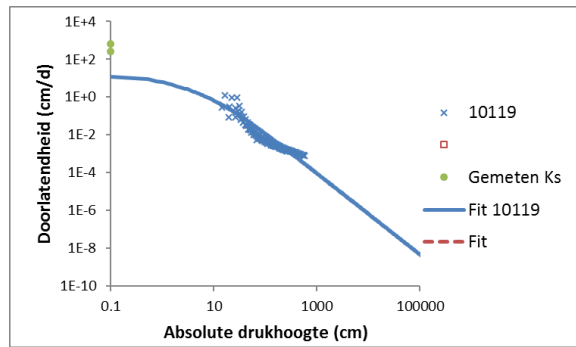
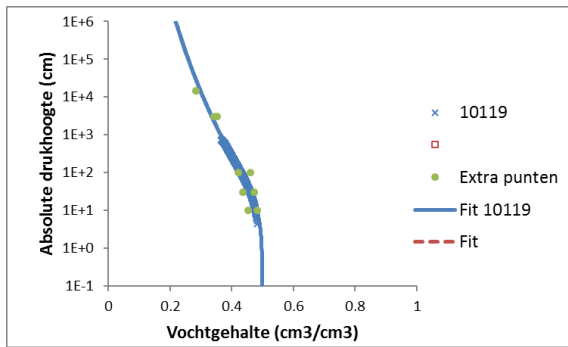
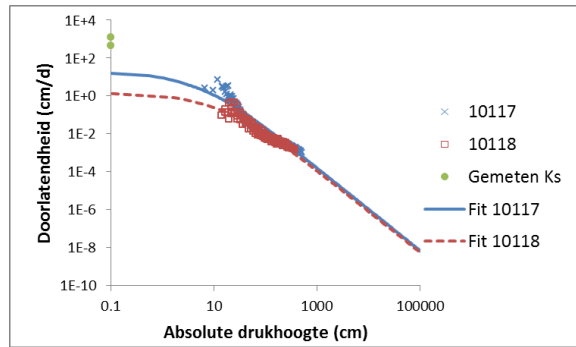
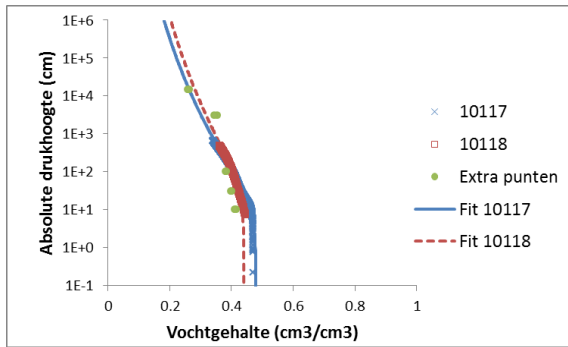
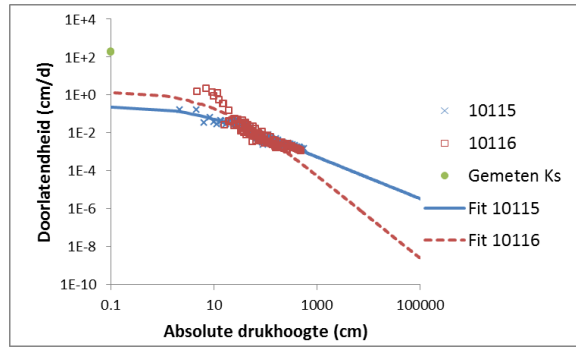
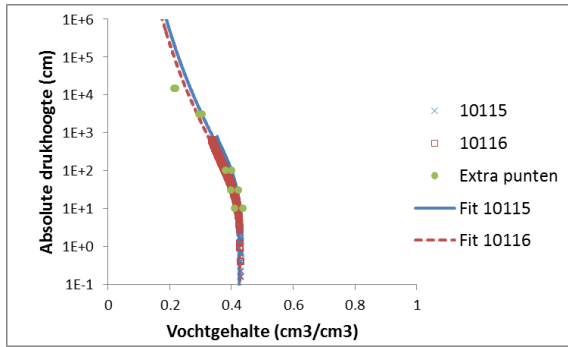
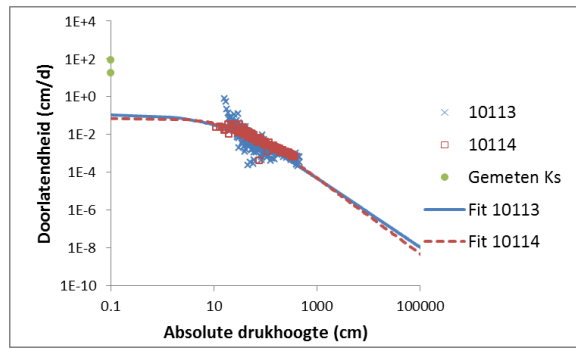
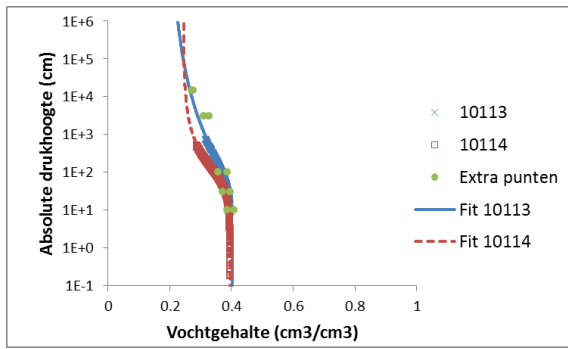


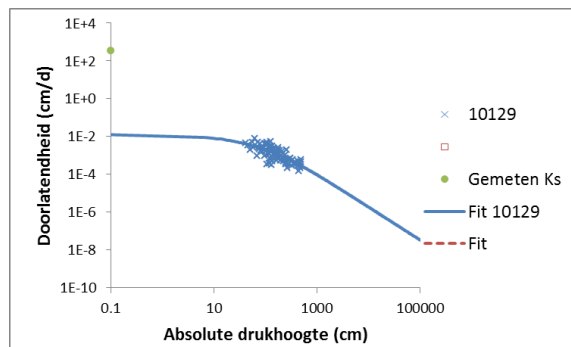
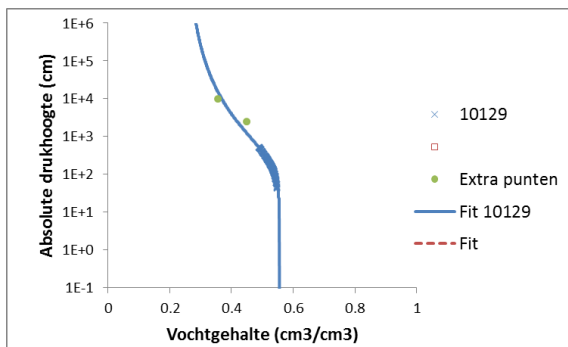
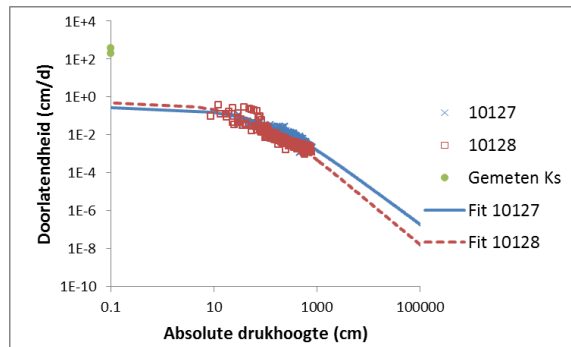
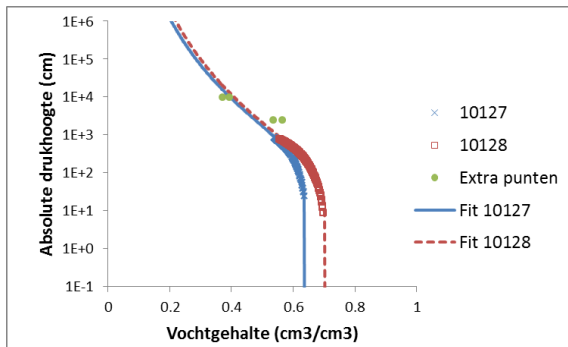
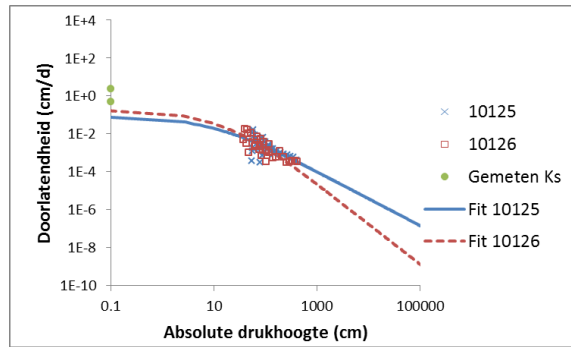
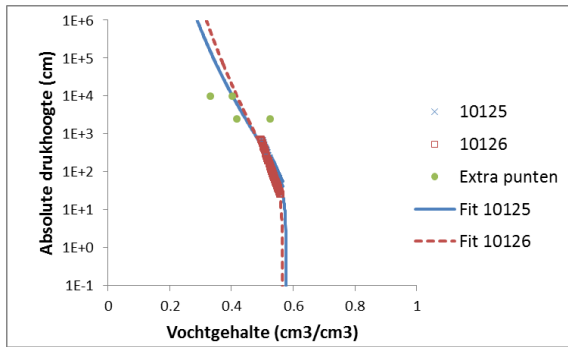
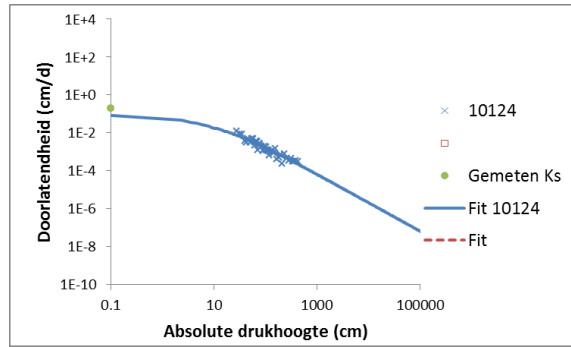
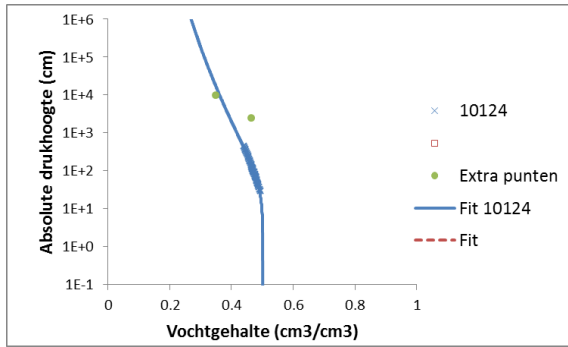
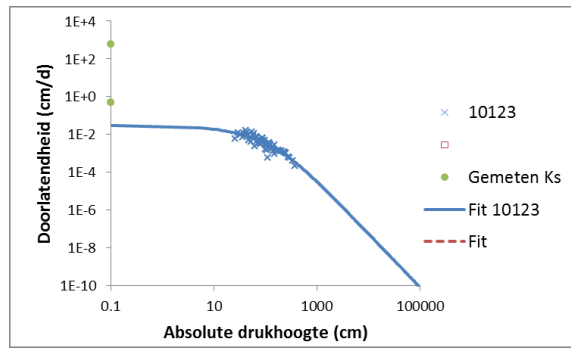
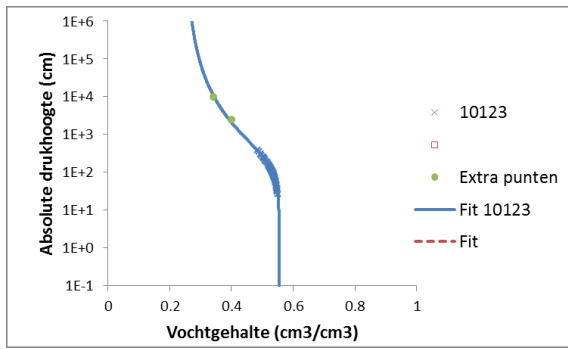


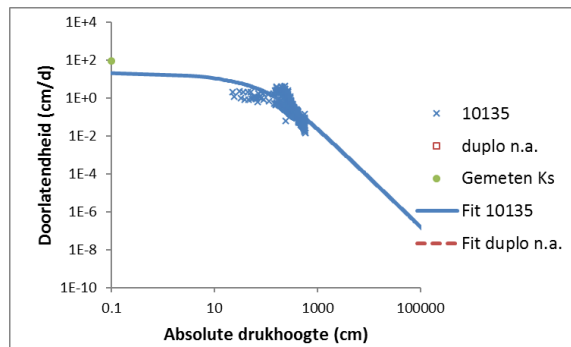
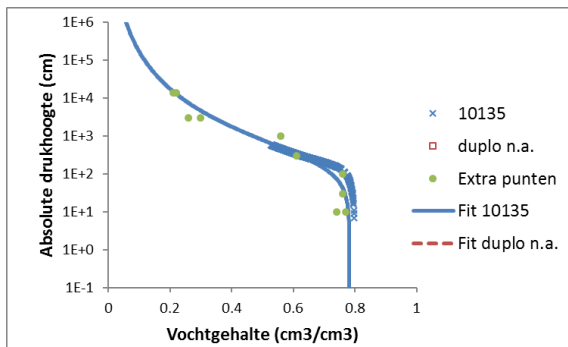
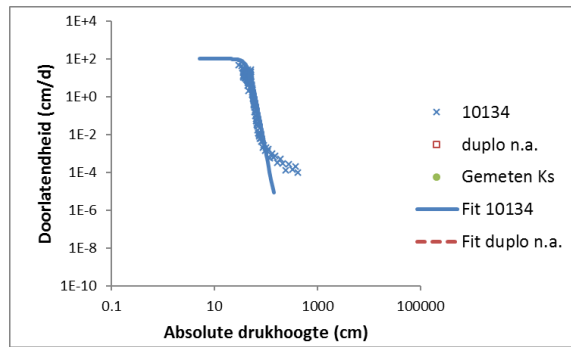
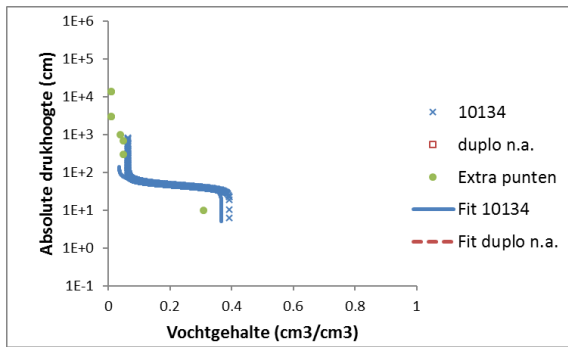
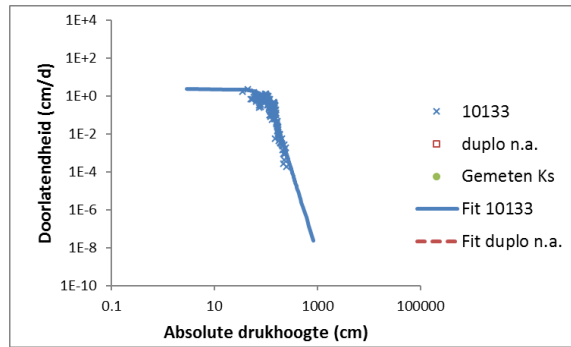
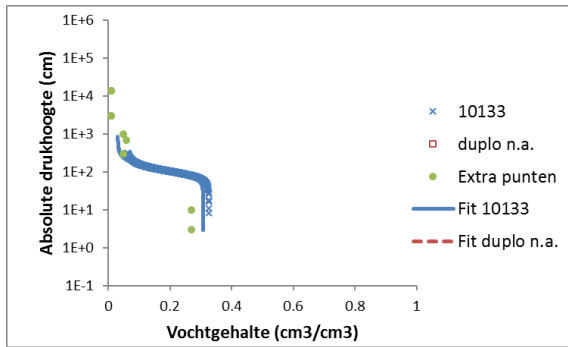
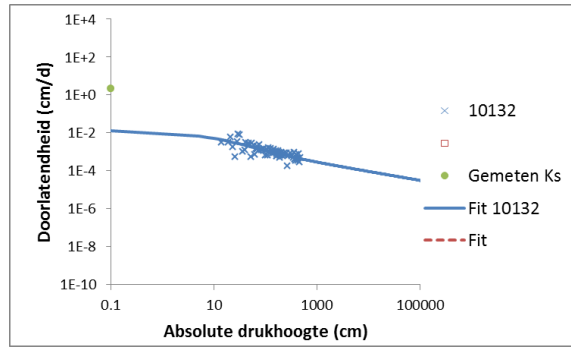
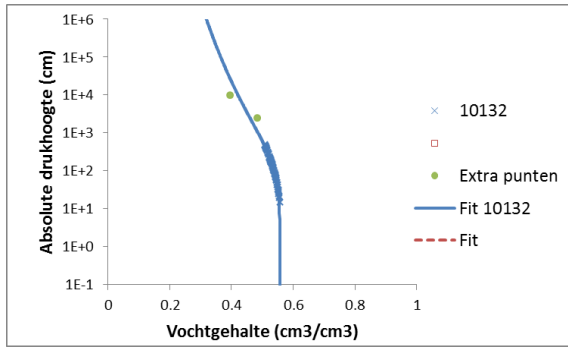
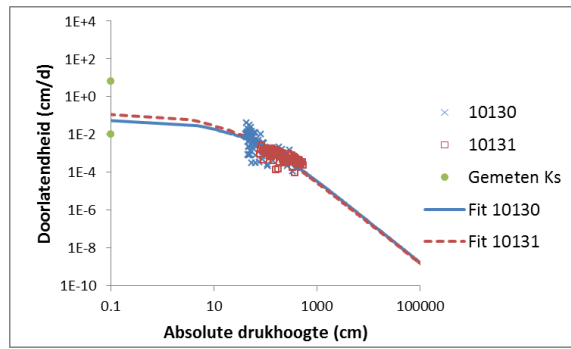
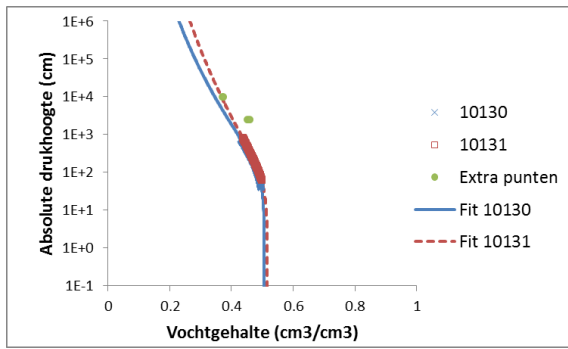


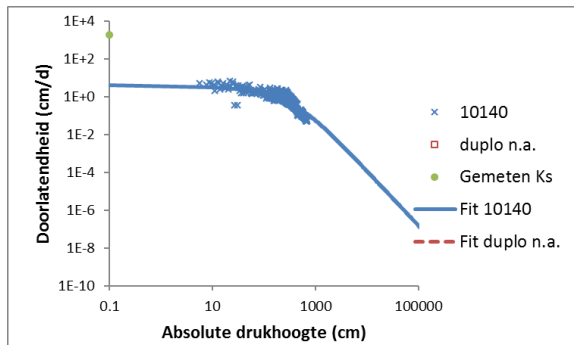
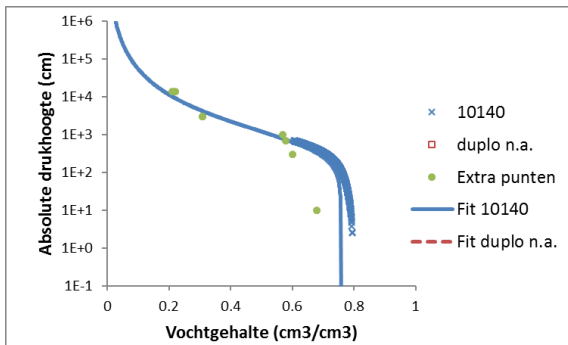
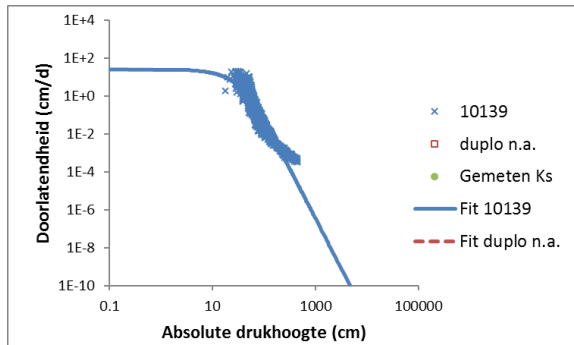
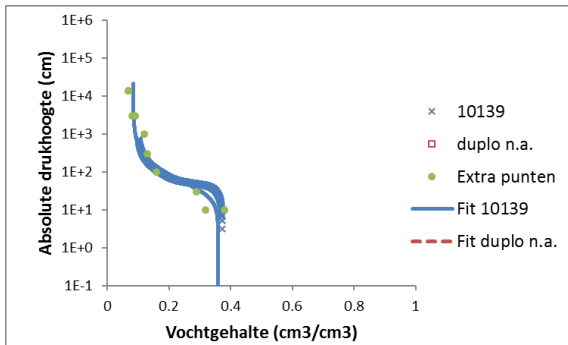
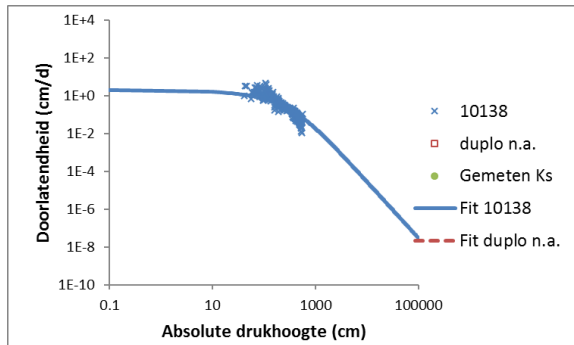
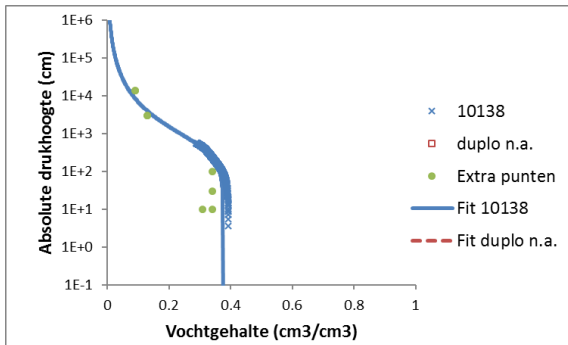
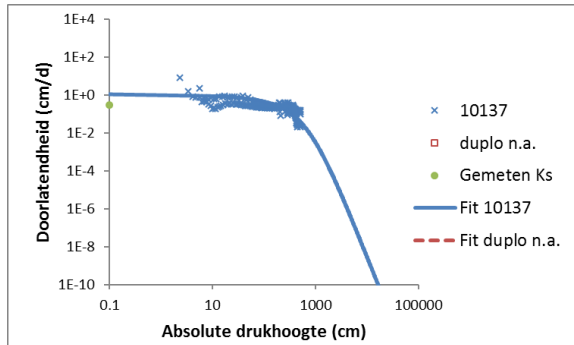
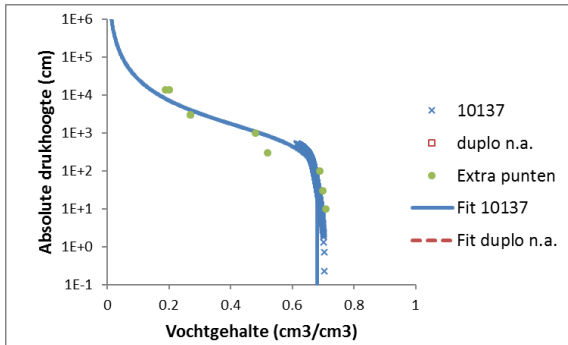
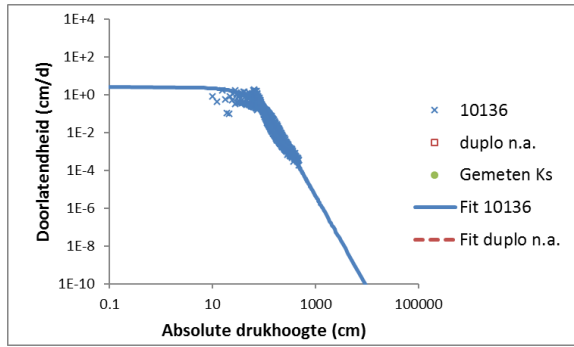
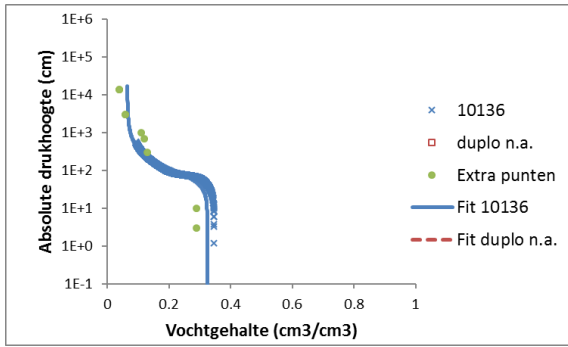


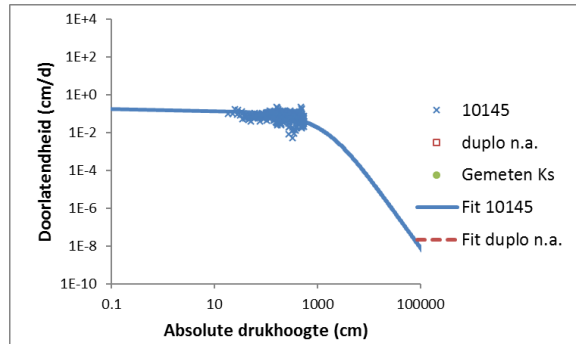
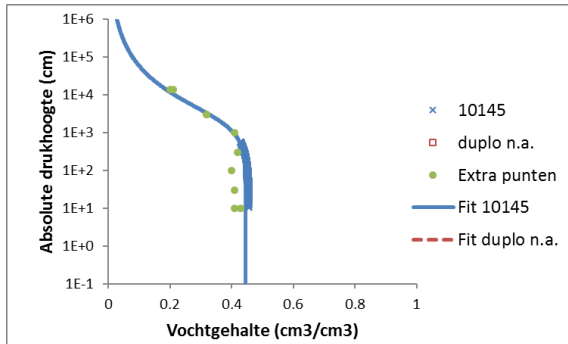
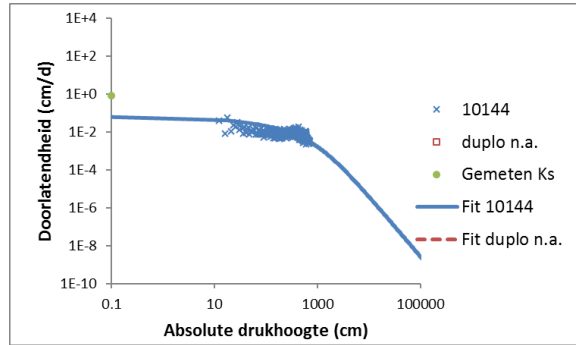
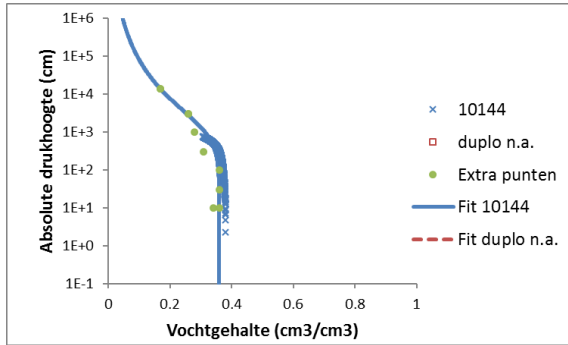
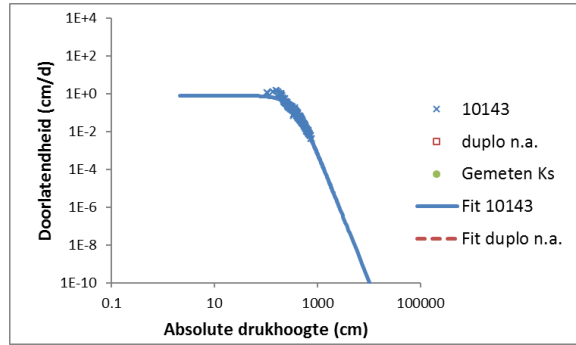
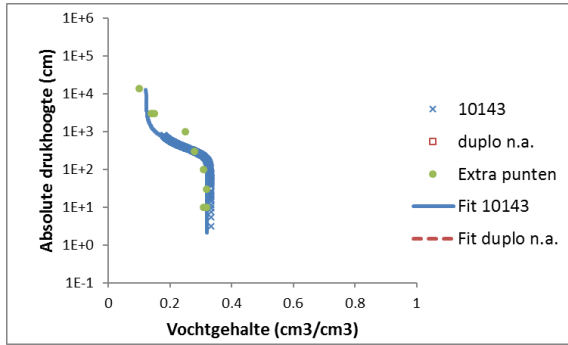
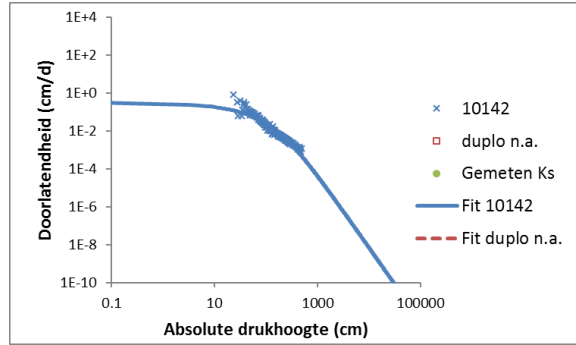
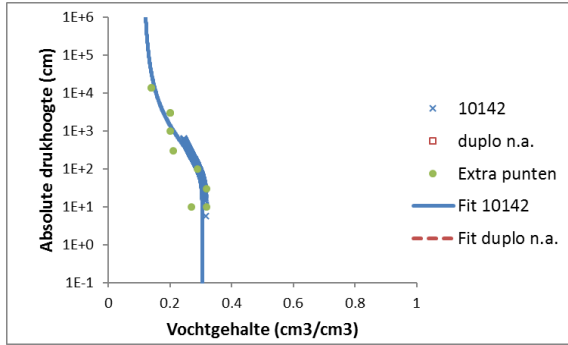
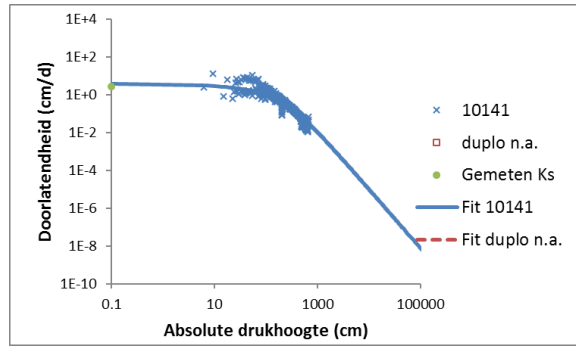
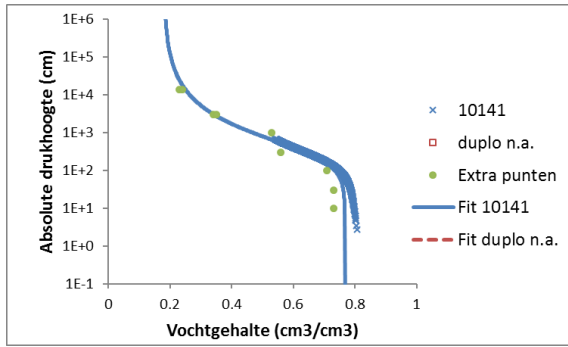


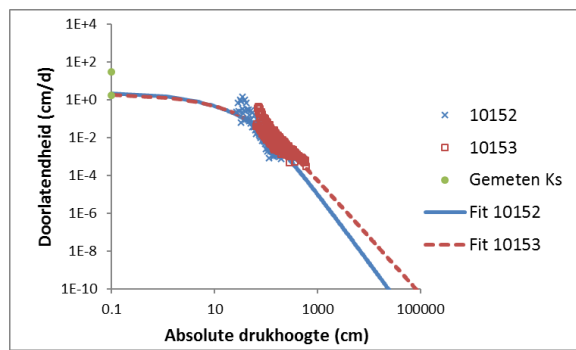
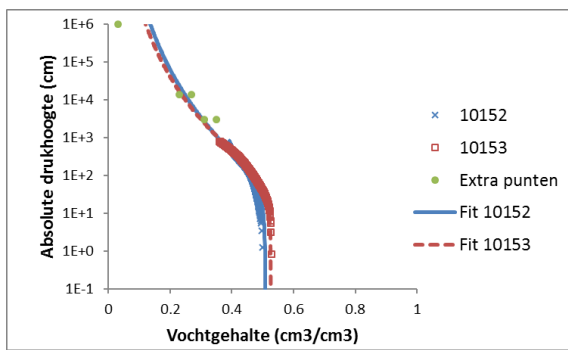
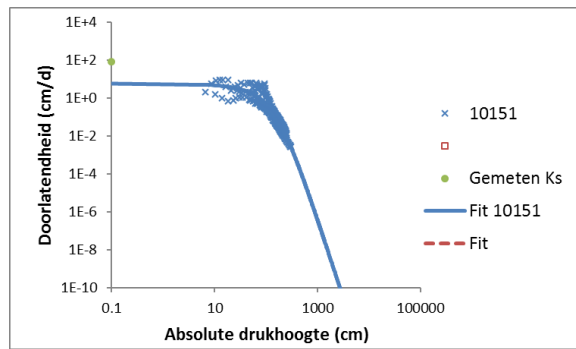
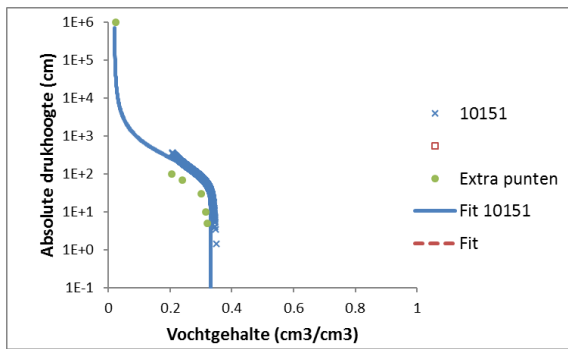
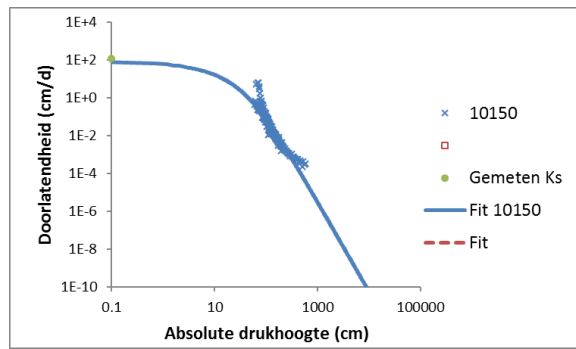
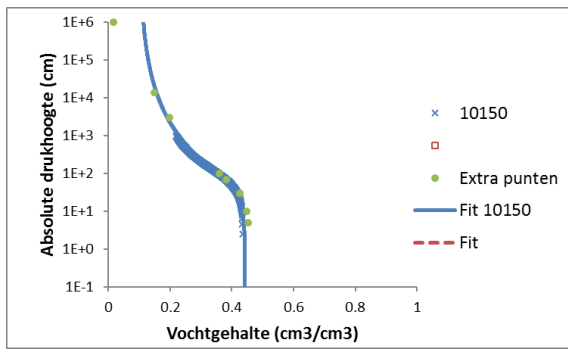
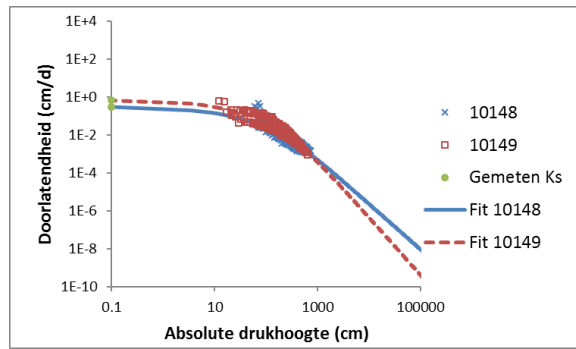
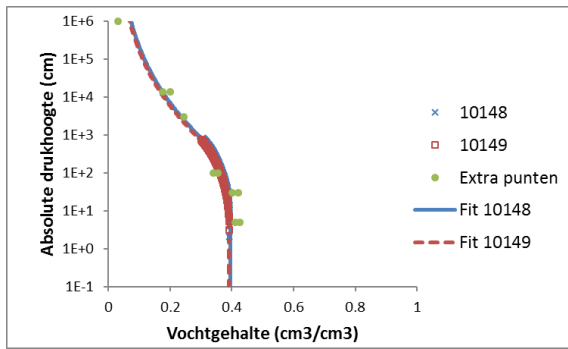
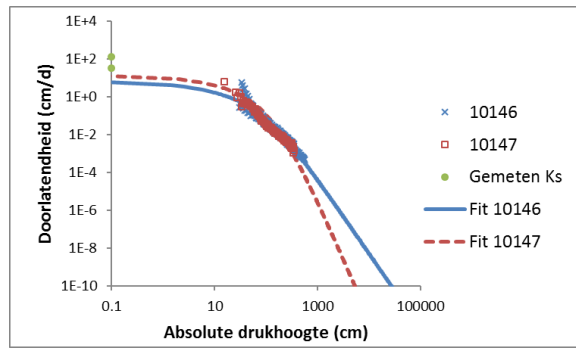
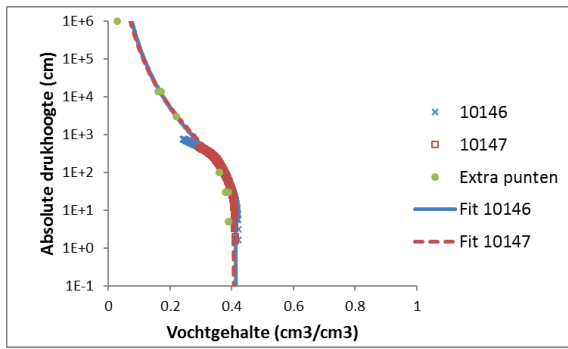


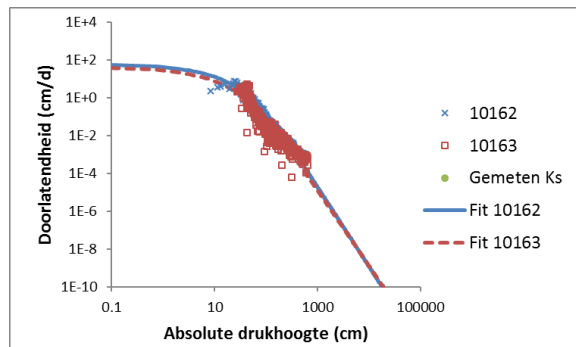
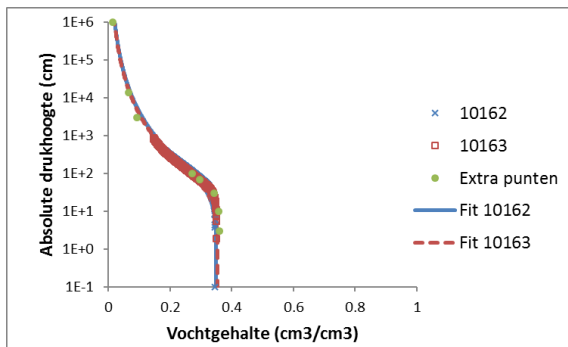
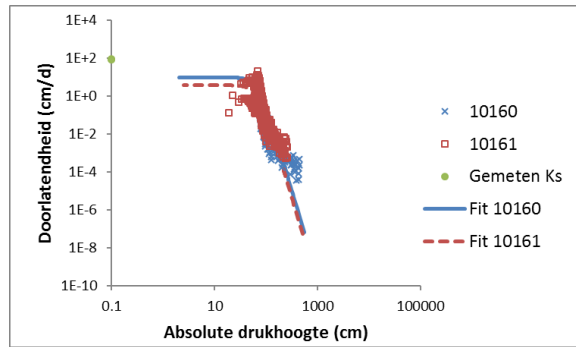
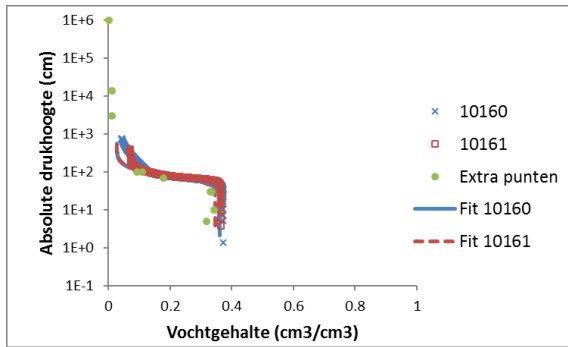
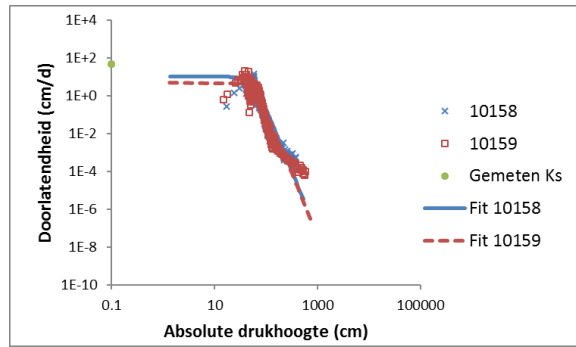
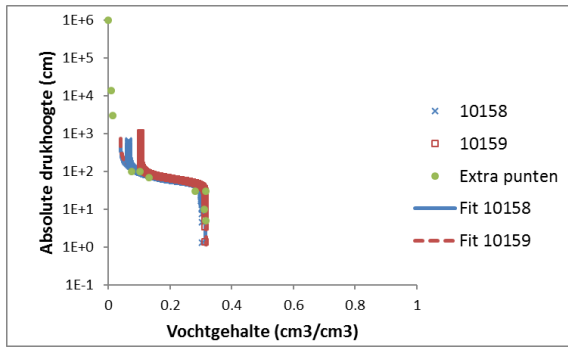
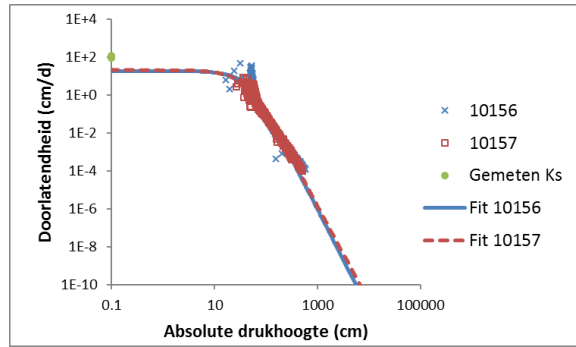
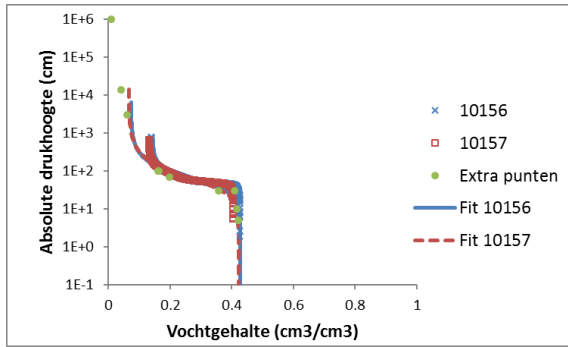
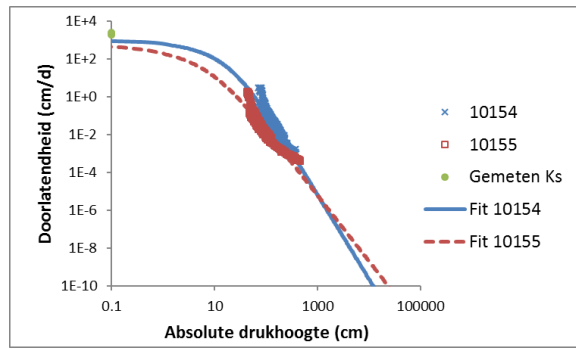
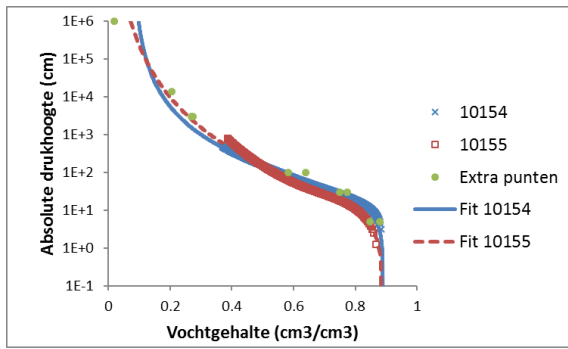


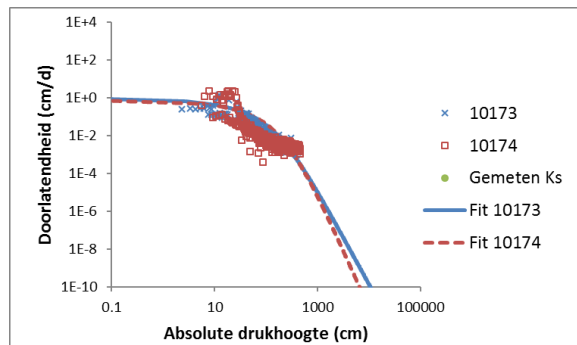
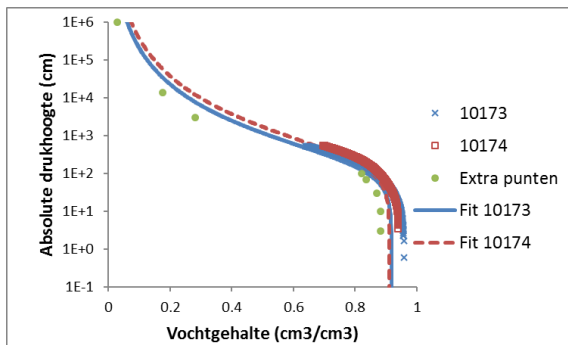
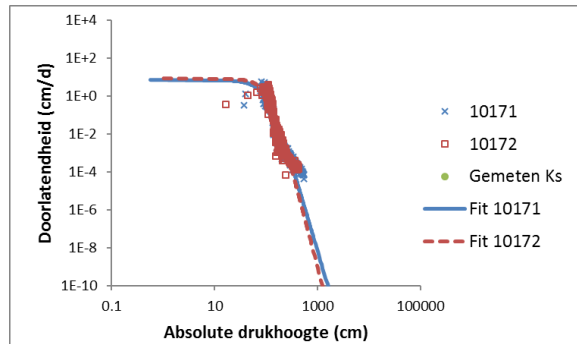
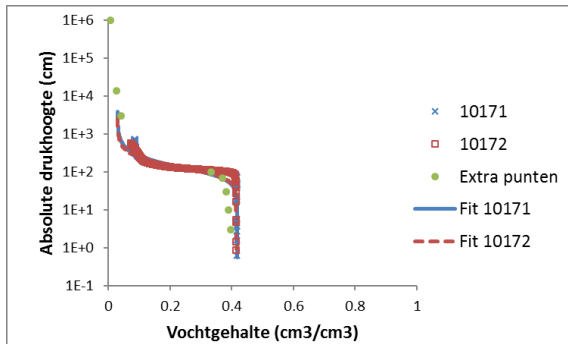
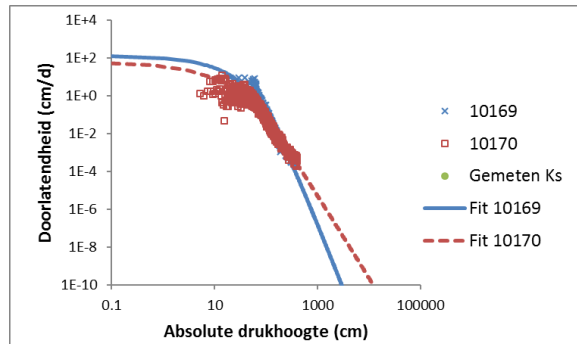
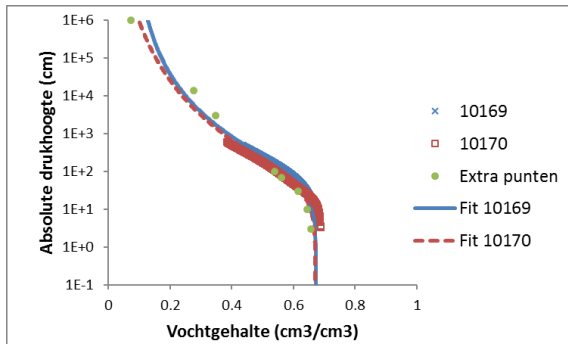
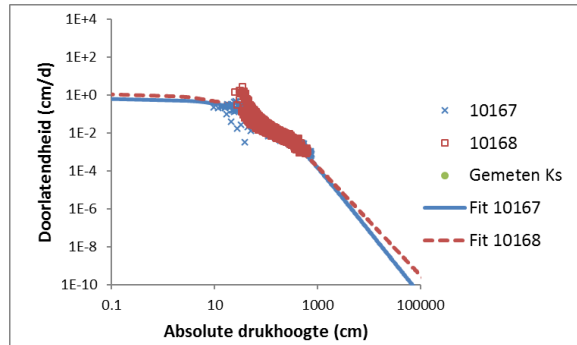
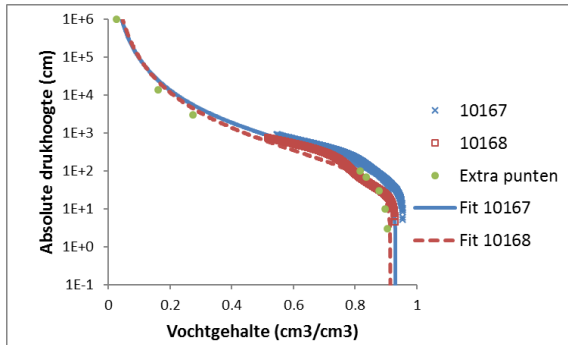
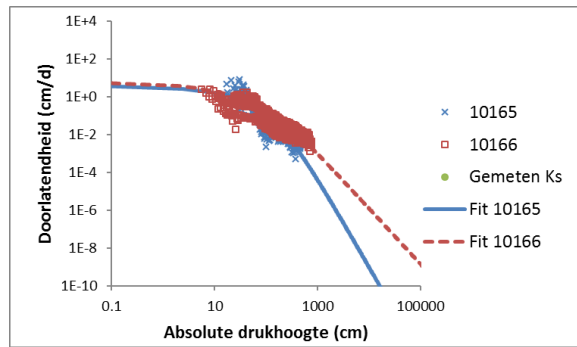
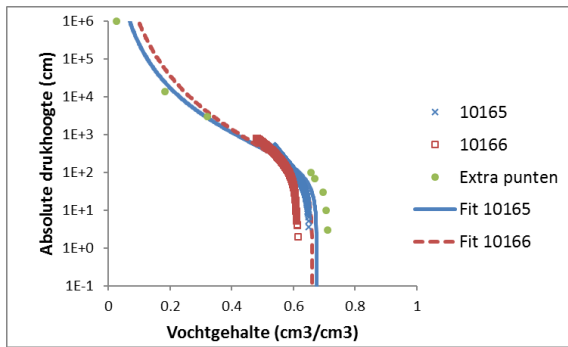












Bijlage 10 Bodemkundige Karakterisering: BoKa (Geo)-codes

In bodemkarteringen wordt het milieu waarin het materiaal is afgezet of de wijze waarop een bodemhorizont is ontwikkeld, aangeduid met een bodemkundige karakteriserings-code, hier afgekort tot BoKa-code (vroeger "Geocode"). Deze code wordt vanaf 1984 verplicht aan de onderscheiden bodemhorizonten in bodemkarteringen toegekend. De codes zijn in onderstaande tabel weergegeven.

BoKa-code	Beschrijving
0	Onbekend
100	MOERIG MATERIAAL
110	Zonder herkenbare plantenresten (bv. veraard of sterk verweerd)
120	Bosveen
130	Zeggeveen
140	Rietveen
150	Veenmosveen
151	Veenmosveen; bolster
152	Veenmosveen; overig
160	Sedimentair veen (bv. Gyttja)
170	Strooisellaag
171	Strooisellaag van loofhout
172	Strooisellaag van naaldhout
190	Overige veensoorten (bv. Scheuchzeriaveen)
200	MARIENE AFZETTINGEN (holoceen)
210	Getijde afzettingen; zout
211	Jong (afzettingen van Duinkerke; incl. zand)
212	Oud (afzettingen van Calais; incl. zand)
220	Getijde afzettingen; zoet
230	Mariene onderwaterafzettingen (lagunair)
300	FLUVIATIELE AFZETTINGEN
310	Zeer recente afzetting in uiterwaarden
320	Holocene afzettingen van Rijn of Maas
321	Holocene afzettingen van Rijn
322	Holocene afzettingen van Maas
330	Pleistocene afzettingen van Rijn of Maas
331	Laat-Pleistoceen (formatie v. Kreftenheye)
332	Midden- en Vroeg-Pleistoceen (niet gestuwd)
340	Afzetting overige rivieren (Vecht)
390	Overige fluviaatiele afzettingen (bv. Form. v. Enschede)
400	EOLISCHE EN FLUVIO-PERIGLACIALE AFZETTINGEN
410	Dekzand
411	Jong dekzand
412	Oud dekzand
413	Fluvio-periglaciaal
420	Loss
421	Loss; dekafzettingen
422	Loss in lokale depressies (bv. Brabants leem)
430	Kustduinzand
431	Jong kustduinzand
432	Oud kustduinzand
440	Rivierduinzand
450	Landduinzand (bv. stuifzand)
490	Overige afzettingen (bv. eolisch premorenaal zand)
500	GLACIALE EN FLUVIO-GLACIALE AFZETTINGEN
510	Keileem
520	Keizand
530	Smeltwaterafzettingen
531	Smeltwaterafzetting; zand
532	Smeltwaterafzetting; (warven)klei
533	Smeltwaterafzetting; potklei
600	OVERIGE AFZETTINGEN

BoKa-code	Beschrijving
610	Hellingafzetting incl. puinwaaierafz. (voor droge dalen)
620	Secundaire loss (bv. colluvium)
630	Gestuwde afzettingen
631	Gestuwde afzettingen van Rijn of Maas
632	Gestuwde afzettingen van oostelijke rivieren
690	Overige
691	Overige geogene afzettingen (bv. kalksteen)
692	Antropogeen homogeen (bv. mestdek)
693	Antropogeen heterogeen (bv. zand + veen)
699	Onbekend

Bijlage 11 Indeling Staringreeks

Bouwsteen	Omschrijving	Opm	Leem%		Lutum%		OS%		OS%		M50		
			van	tot	van	tot	van	tot	van	tot	van	tot	
							Bovengr.		Ondergr.				
B1	O1	leemarm zeer fijn zand	a	0	10	-	-	0	15	0	3	105	210
B1	O1	leemarm matig fijn zand	-	0	10	-	-	0	15	0	3	105	210
B2	O2	zwak lemig zeer fijn zand	a	10	18	-	-	0	15	0	3	105	210
B2	O2	zwak lemig matig fijn zand	-	10	18	-	-	0	15	0	3	105	210
B3	O3	sterk lemig zeer fijn zand	a	18	33	-	-	0	15	0	3	105	210
B3	O3	sterk lemig matig fijn zand	-	18	33	-	-	0	15	0	3	105	210
B4	O4	zeer sterk lemig zeer fijn zand	a	33	50	-	-	0	15	0	3	105	210
B4	O4	zeer sterk lemig matig fijn zand	-	33	50	-	-	0	15	0	3	105	210
B5	O5	grof zand	-	-	-	-	-	0	15	0	3	210	2000
B6	O6	keileem	c	0	50	-	-	0	15	0	3	50	2000
B6	O6	keizand	c	0	50	-	-	0	15	0	3	50	2000
-	O7	beekleem	c	33	50	-	-	0	15	0	3	50	150
B7	O8	zeer lichte zavel	-	-	-	8	12	0	15	0	3	-	-
B8	O9	matig lichte zavel	-	-	-	12	18	0	15	0	3	-	-
B9	O10	zware zavel	-	-	-	18	25	0	15	0	3	-	-
B10	O11	lichte klei	-	-	-	25	35	0	15	0	3	-	-
B11	O12	matig zware klei	-	-	-	35	50	0	15	0	3	-	-
B12	O13	zeer zware klei	-	-	-	50	100	0	15	0	3	-	-
B13	O14	zandige leem	d	50	85	-	-	0	15	0	3	-	-
B14	O15	siltige leem	-	85	100	-	-	0	15	0	3	-	-
B15	-	venig zand	b	-	-	0	8	15	25	-	-	-	-
B16	-	zandig veen	b	-	-	0	8	25	100	-	-	-	-
B16	-	veen	b	-	-	0	8	25	100	-	-	-	-
B17	-	venige klei	b	-	-	8	100	16	45	-	-	-	-
B18	-	kleilig veen	b	-	-	8	100	25	70	-	-	-	-
-	O16	oligotroof veen	b	-	-	-	-	-	-	35	100	-	-
-	O17	mesotroof veen	b	-	-	-	-	-	-	35	100	-	-
-	O17	eutroof veen	b	-	-	-	-	-	-	35	100	-	-
-	O18	moerige tussenlaag	b/c	-	-	-	-	-	-	15	35	-	-

a 'zeer' lezen als 'zeer' en 'uiterst'

b Als een 'moerige grond' (bijv. BoKa-code 100) wordt geklassificeerd: venig zand t/m kleilig veen, zou dat leiden tot een 'B15:B18. Als echter in het veld bepaald is dat het niet een Bovengrond, maar Ondergrond betreft, kan overgestapt worden 'op een O16:O18, mits de veensoort bekend is. Dit is zondermeer uitwisselbaar. Bijvoorbeeld: een venige klei (B17) kan een 'eutroof veen (O17) als benaming krijgen, ook al is de eerste benaming in beginsel een klei.

c Bakker en Schelling 1989: "Van een aantal sedimenten, die in geringe oppervlakten in het zuiden en oosten van Nederland voorkomen, is eveneens de ligging in een driehoeksgrafiek bepaald. Het betreft keileem, potklei, leem behorend tot de Formatie van Tegelen en Kedichem en andere zwaardere afzettingen. De monsters bleken over vrijwel de gehele driehoek verspreid te liggen. Door hun geringe voorkomen zijn ze verder niet in de beschouwing betrokken." Dit betekent dat ze bij de textuurindeling van Bakker en Schelling, 1989 niet als aparte grondsoorten worden onderscheiden. In de Staringreeks worden keileem, evenals beekleem en moerige tussenlaag, echter wel als aparte bouwstenen onderscheiden (B6, O6, O7, O18). Als alleen gekeken wordt naar de textuurindeling, worden deze grondsoorten in een van de andere bouwstenen ondergebracht. Om ze toch in de specifieke keileem-, beekleem- of moerige tussenlaag-Staringreeksbouwsteen te kunnen onderbrengen, is een aanvullende determinatie nodig. De volgende determinatie is daarbij gehanteerd:

Keileem = Staringreeksbouwsteen B6 of O6. Deze is gedefinieerd met de uit het veld afkomstige BoKa-code=510.

Beekleem = Staringreeksbouwsteen O7. Deze is gedefinieerd met de uit het veld afkomstige BoKa-code=340 EN als het een Ondergrond in de zin van de Staringreeks betreft

Moerige tussenlaag = Staringreeksbouwsteen O18. Deze is gedefinieerd met

1) de Standaardpuntencode die op een tussenlaag duidt: de standaardpuntencode bevat

2m=dampodzolgrond, of
2k=moerpodzolgrond, of
k4c, of u4c, of z4c (waarbij 4c=plaseerdgrond met k, u, z = niet-moerige bovengrond), of
k4d, of z4d, of u4d (waarbij 4d=broekeerdgrond met k, u, z = niet-moerige bovenrond) in de
Standaardpuntencode.

EN

2) het is een Ondergrond in de zin van de Staringreeks.

d Er is een monster (MIN10141) die met textuurcodering uitkomt op 'zeer humeus'. Deze past echter niet in de Staringreeks, daarom 'zandige leem' toegekend

Bijlage 12 Aantal BIS-monsters voor de 38 opschalingseenheden

N.B.: Monsters kunnen in meerdere opschalingseenheden voorkomen.

Eenheid	OE38-Code	Omschrijving	Aantal	Totaal		
Bodemkundige Karakterisering (BoKa)	0-199	Moerig materiaal	22	217		
	200-299	Mariene (holocene) afzettingen	55			
	300-399	Fluviatiele afzettingen	48			
	400-499	Eolische- en fluvio-periglaciale afzettingen	61			
	500-599	Glaciale en fluvio-glaciale afzettingen	8			
	600-699	Overige afzettingen	23			
Boven- en Ondergrond	B	Bovengrond	95	217		
	O	Ondergrond	122			
Hoofdingeling	MM	Moerig_Mineraal	22	217		
	E	Eolisch	83			
	nE	Niet-eolisch	112			
Organisch	V	veen	16	199		
	kV	kleilig veen	2			
	vK	venige klei	3			
	H	humusrijk	3			
	zH	zeer humeus	9			
	mH	matig humeus	33			
	mHa	matig humusarm	51			
	zHa	zeer humusarm	32			
	uHa	uiterst humusarm	50			
	zV	zandig veen	0			
	vZ	venig zand	0			
	Eolisch	laZ	leemarm zand		35	91
		zlZ	zwak lemig zand		21	
slZ		sterk lemig zand	17			
zslZ		zeer sterk lemig zand	7			
zL		zandige leem	6			
sL		siltige leem	5			
Niet-eolisch		kaZ	kleiarm zand	21	109	
	kaS	kleiarm silt	0			
	kZ	kleilig zand	12			
	kS	kleilig silt	0			
	zlZ	zeer lichte zavel	5			
	mIZ	matig lichte zavel	13			
	zZ	zware zavel	14			
	IK	lichte klei	21			
	mzK	matig zware klei	9			
	zzK	zeer zware klei	14			

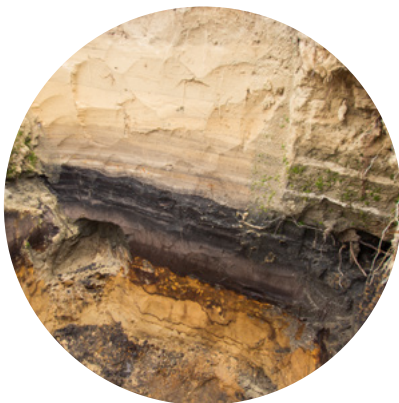
Verschenen documenten in de reeks Technical reports van de Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu vanaf 2018

WOt-technical reports zijn verkrijgbaar bij het secretariaat van Unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu te Wageningen. T 0317 – 48 54 71; E info.wnm@wur.nl

WOt-technical reports zijn ook te downloaden via de website www.wur.nl/wotnatuurenmilieu

113	Arets, E.J.M.M., J.W.H van der Kolk, G.M. Hengeveld, J.P. Lesschen, H. Kramer, P.J. Kuikman & M.J. Schelhaas (2018). <i>Greenhouse gas reporting for the LULUCF sector in the Netherlands. Methodological background, update 2018</i>		<i>van de resultaten van een pilot en nulmeting in vier gemeenten</i>
114	Bos-Groenendijk, G.I. en C.A.M. van Swaay (2018). <i>Standaard Data Formulieren Natura 2000-gebieden; Aanvullingen vanwege wijzigingen in Natura 2000-aanwijzingsbesluiten</i>	124	Boonstra, F.G., Th.C.P. Melman, W. Nieuwenhuizen & A. Gerritsen (2018). <i>Aanpak evaluatie stelselvernieuwing agrarisch natuurbeheer; Uitgangspunten en opties voor een beleidsevaluatie</i>
115	Vonk, J. , S.M. van der Sluis, A. Bannink, C. van Bruggen, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, J.W.H. van der Kolk, L.A. Lagerwerf, H.H. Luesink, S.V. Oude Voshaar & G.L. Velthof (2018.) <i>Methodology for estimating emissions from agriculture in the Netherlands – update 2018. Calculations of CH4, NH3, N2O, NOx, PM10, PM2.5 and CO2 with the National Emission Model for Agriculture (NEMA)</i>	125	Vullings, L.A.E., A.E. Buijs, J.L.M. Donders & D.A. Kamphorst (2018). <i>Monitoring van groene burgerinitiatieven; Methodiek, indicatoren en ervaring met pilot en nulmeting.</i>
116	Ijsseldijk, L.L., M.J.L. Kik, & A. Gröne (2018). <i>Postmortaal onderzoek van bruinvissen (Phocoena phocoena) uit Nederlandse wateren, 2017. Biologische gegevens, gezondheidsstatus en doodsoorzaken.</i>	126	Beltman, W.H.J., M.M.S. ter Horst, P.I. Adriaanse & A. de Jong (2018). <i>Manual for FOCUS_TOXSWA v5.5.3 and for expert use of TOXSWA kernel v3.3; User's Guide version 5</i>
117	Mattijssen, T.J.M. & I.J. Terluin (2018). <i>Ecologische citizen science; een weg naar grotere maatschappelijke betrokkenheid bij de natuur?</i>	127	Van der Heide, C.M. & M.M.M. Overbeek (2018). <i>Natuurinclusief handelen en ondernemen. Scopingstudie 'Bedrijven, economie en natuur'</i>
118	Aalbers, C.B.E.M., D. A. Kamphorst & F. Langers (2018). <i>Bedrijfs- en burgerinitiatieven in stedelijke natuur. Hun succesfactoren en knelpunten en hoe de lokale overheid ze kan helpen slagen.</i>	128	Langers, F. (2018). <i>Recreatie in groenblauwe gebieden; Actualisatie van CLO-indicator 1258 (Bezoek aan groenblauwe gebieden) op basis van data van het Continu Vrijetijdsonderzoek uit 2015</i>
119	Bruggen, C. van, A. Bannink, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, L.A. Lagerwerf, H.H. Luesink, S.M. van der Sluis, G.L. Velthof & J. Vonk (2018). <i>Emissies naar lucht uit de landbouw in 2016. Berekeningen met het model NEMA</i>	129	Glorius, S.T., I.Y.M. Tulp, A. Meijboom, L.J. Bolle and C. Chen (2018). <i>Developments in benthos and fish in gullies in an area closed for human use in the Wadden Sea; 2002-2016</i>
120	Sanders, M.E., F. Langers, R.J.H.G. Henkens, J.L.M. Donders, R.I. van Dam, T.J.M. Mattijssen & A.E. Buijs (2018). <i>Maatschappelijke initiatieven voor natuur en biodiversiteit; Een schets van de reikwijdte en ecologische effecten en potenties van maatschappelijke initiatieven voor natuur in feiten en cijfers</i>	130	Kamphorst, D.A & T.J.M. Mattijssen (2018). <i>Scopingstudie Vermaatschappelijking van natuur. Een overzicht van onderzoek bij Wageningen Universiteit & Research voor het Planbureau voor de Leefomgeving en het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit</i>
121	Farjon, J.M.J., A.L. Gerritsen, J.L.M. Donders, F. Langers & W. Nieuwenhuizen (2018). <i>Conditie voor natuurinclusief handelen. Analyse van vier praktijken van natuurinclusief ondernemen</i>	131	Breman, B.C., T.J.M. Mattijssen & T.M. Stevens (2018). <i>Natuur 2.0. Het natuurdebat op social media.</i>
122	Gerritsen, A.L., D.A. Kamphorst & W. Nieuwenhuizen (2018). <i>Instrumenten voor maatschappelijke betrokkenheid. Overzicht en analyse van vier cases</i>	132	Vries, S. de & W. Nieuwenhuizen (2018) <i>HappyHier: hoe gelukkig is men waar?; Gegevensverzameling en bepaling van de invloed van het type grondgebruik, deel II</i>
123	Vullings, L.A.E., A.E. Buijs, J.L.M. Donders, D.A. Kamphorst, H. Kramer & S. de Vries (2018). <i>Monitoring van groene burgerinitiatieven; Analyse</i>	133	Kistenkas, F.H., W. Nieuwenhuizen, D.A. Kamphorst & M.E.A. Broekmeyer (2018). <i>Natuur- en landschap in de Omgevingswet.</i>
		134	Michels, R, V. Diogo, W.H.G.J. Hennen, L.F. Puister (2018). <i>Instrumentarium Kosten Natuurbeleid 2018 - Status A; IKN versie 3.0</i>
		135	Sanders, M.E. (2018). <i>Voortgang realisatie natuurnetwerk. Technische achtergronden bij de digitale Balans van de Leefomgeving 2018</i>
		136	Koffijberg K., J.S.M. Cremer, P. de Boer, J. Nienhuis, K. Oosterbeek & J. Postma (2018). <i>Broedsucces van kustbroedvogels in de Waddenzee in 2017</i>

137	Egmond, F.M. van, S. van der Veeke, M. Knotters, R.L. Koomans, D. Walvoort, J. Limburg (2018). <i>Mapping soil texture with a gamma-ray spectrometer: comparison between UAV and proximal measurements and traditional sampling; Validation study</i>
138	Glorius, S.T., A. Meijboom, J.T. Wal van der, J.S.M. Cremer (2018). <i>Ontwikkeling van enkele droogvallende mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee; situatie 2017.</i>
139	Berg, F. van den, A. Tiktak, D.W.G. van Kraalingen, J.G. Groenwold & J.J.T.I. Boesten (2018). <i>User manual for GeoPEARL version 4.4.4.</i>
140	Kuiters, A.T., G.A. de Groot, D.R. Lammertsma, H.A.H. Jansman & J. Bovenschen (2018). <i>Genetische monitoring van de Nederlandse otterpopulatie; Ontwikkeling van populatieomvang en genetische status 2017/2018</i>
141	Müskens G.J.D.M., M.J.J. La Haye, R.J.M. van Kats & A.T. Kuiters (2018). <i>Ontwikkeling van de hamsterpopulatie in Limburg. Stand van zaken voorjaar 2018</i>
142	Glorius, S.T. (2018). <i>Ontwikkeling van de bodemdiergemeenschap in de geulen van referentiegebied Rottum; Tussenrapportage twaalf jaar na sluiting (najaar 2017).</i>
143	Brouwer, F., F. de Vries en D.J.J. Walvoort (2018). <i>Basisregistratie Ondergrond (BRO); Actualisatie bodemkaart: herkartering van de bodem in Flevoland</i>
144	Knotters, M. en F.M. van Egmond (2018). <i>Selectie van inwinnings technieken voor bodemdata; Selecteren vanuit de (onderzoeks)vraag</i>
145	Stuyt, L.C.P.M., M. Knotters, D.J.J. Walvoort, F. Brouwer & H.T.L. Massop (2018). <i>Basisregistratie Ondergrond - Gd-kartering Laag-Nederland 2018; Provincie Flevoland</i>
146	Arets, E.J.M.M., J.W.H van der Kolk, G.M. Hengeveld, J.P. Lesschen, H. Kramer, P.J. Kuikman & M.J. Schelhaas (2019). <i>Greenhouse gas reporting of the LULUCF sector in the Netherlands. Methodological background, update 2019</i>
148	Lagerwerf, L.A., A. Bannink, C. van Bruggen, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, J.W.H. van der Kolk, H.H. Luesink, S.M. van der Sluis, G.L. Velthof & J. Vonk (2019). <i>Methodology for estimating emissions from agriculture in the Netherlands. Calculations of CH₄, NH₃, N₂O, NO_x, NMVOC, PM₁₀, PM_{2.5} and CO₂ with the National Emission Model for Agriculture (NEMA) – update 2019.</i>
149	Bakker, G., M. Heinen, H.P.A. Gooren, W.J.M. de Groot, F.B.T. Assinck & E.W.J. Hummelink (2019). <i>Hydrofysische gegevens van de bodem in de Basisregistratie Ondergrond (BRO) en het Bodemkundig Informatie Systeem (BIS); Update 2018.</i>



Thema Basisregistratie Ondergrond

Wettelijke Onderzoekstaken

Natuur & Milieu

Postbus 47

6700 AA Wageningen

T (0317) 48 54 71

E info.wnm@wur.nl

ISSN 2352-2739

www.wur.nl/wotnatuurenmilieu

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

