



Hydrofysische gegevens van de bodem

Uitbreiding gegevens in 2021 en overdracht naar de Basisregistratie Ondergrond

G. Bakker

| WOt-technical report 216



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Hydrofysische gegevens van de bodem

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 Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) te ondersteunen. We zorgen voor rapportages en data voor (inter)nationale verplichtingen op het gebied van agromilieu, biodiversiteit en bodeminformatie, en werken mee aan producten van het Planbureau voor de Leefomgeving zoals de Balans van de Leefomgeving.

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 216 is het resultaat van onderzoek gefinancierd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV).

Hydrofysische gegevens van de bodem

Uitbreiding gegevens in 2021 en overdracht naar de Basisregistratie Ondergrond

G. Bakker

Wageningen Environmental Research

BAPS-projectnummer WOT-04-013-006

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu

Wageningen, maart 2022

WOT-technical report 216

ISSN 2352-2739

DOI [10.18174/563651](https://doi.org/10.18174/563651)

Referaat

Bakker, G. (2022). *Hydrofysische gegevens van de bodem; Uitbreiding gegevens in 2021 en overdracht naar de Basisregistratie Ondergrond*. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-technical report 216. 98 blz.; 13 fig.; 5 tab.; 48 ref; 13 Bijlagen.

Hydrofysische bodemeigenschappen zijn eigenschappen die de interactie tussen water en bodem beschrijven; ze zijn cruciaal voor een breed toepassingsgebied. Dit rapport beschrijft de in de Basisregistratie Ondergrond toe te voegen data van 2021 (circa 300 monsters tegen 240 monsters in de update 2019): de data uit 2021 hebben betrekking op monsters die geanalyseerd zijn in de periode na de update van 2019. Dit zijn grote datareeksen per monster die op vele manieren gebruikt kunnen worden. Deze aanzienlijke uitbreiding was mogelijk door samenwerking met andere projecten. Dit rapport geeft verder een toelichting op de datastructuur voor hydrofysische data in BRO, de zogenaamde BRO Realisatie Landelijke Voorziening. Vanuit WENR willen we graag een actieve bijdrage leveren aan de implementatie van de hydrofysische dataset binnen de INSPIRE Kaderrichtlijn (infrastructuur voor ruimtelijke gegevens in Europa). We denken dit te kunnen doen vanwege de solide basis die nu gelegd is in de BRO. Binnen de organisaties van SOPHIE (Soil Program on Hydro-Physics via International Engagement) en GLOSOLAN (Global Soil Laboratory Network) wordt daarnaast hard gewerkt aan harmonisatie van hydrofysische gegevens.

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

Abstract

Bakker, G. (2022). *Soil hydrophysical data; Data added in 2021 and data transfer to the Dutch National Key Registry of the Subsurface*. Wageningen, The Statutory Research Tasks Unit for Nature and the Environment (WOT Natuur & Milieu), WOt-technical report 216. 98 p.; 13 Figs; 5 Tabs; 48 Refs; 13 Annexes.

Hydrophysical soil properties describe the interaction between water and soil and are crucial properties for a wide range of applications. This report describes the data from 2021 to be added to the Dutch National Key Registry of the Subsurface (BRO) (approximately 300 samples, compared with 240 samples in the 2019 update). The 2021 data concern soil samples analysed in the period after the 2019 update. They consist of large data series per sample and can be used in many ways. This significant enlargement of the database was made possible through collaboration with other projects. This report also explains the data structure for hydrophysical data in the BRO. WENR wants to play an active role in the implementation of the hydrophysical dataset under the INSPIRE Directive and we think this is now possible with the sound basis that is created in the BRO. SOPHIE (Soil Program on Hydro-Physics via International Engagement) and GLOSOLAN (Global Soil Laboratory network) are also working hard on harmonising hydrophysical data.

Keywords: soil physics, soil hydrophysics, BIS, BRO, retention, pF curve, soil hydraulic conductivity, density, peat meadows, greenhouse gas emissions, climate adaptation

Foto omslag: G. Bakker

© 2022 **Wageningen Environmental Research**

Postbus 47, 6700 AA Wageningen/ Den Haag / Den Helder

Tel: (0317) 48 65 37; e-mail: gerben.bakker@wur.nl

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu (unit binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 54 71, info.wnm@wur.nl, www.wur.nl/wotnatuurenmilieu. WOT Natuur & Milieu is onderdeel van Wageningen University & Research.

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/563651> of op www.wur.nl/wotnatuurenmilieu. De WOT Natuur & Milieu verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten.

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu 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-04-013-006). Het onderzoek is gefinancierd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. Gegevens die binnen andere projecten worden verkregen en die geschikt zijn voor opname in BIS en BRO worden eveneens in de database en in deze rapportage opgenomen. Vanwege privacyoverwegingen zijn alle gegevens geanonimiseerd en worden de bronhouders van deze gegevens hier daarom niet bij naam genoemd. Desondanks zijn wij ook deze partijen zeer erkentelijk voor hun bijdragen.

Bodeminformatie is essentieel voor de opgaven die we in Nederland hebben, zoals voor het beperken van klimaatverandering en het aanpassen eraan, maar ook voor de transitie van de landbouw en woningbouw. Het is daarom waardevol dat deze informatie via de Basisregistratie Ondergrond (BRO) voor iedereen toegankelijk is. Elk jaar werken we aan het actualiseren en aanvullen van deze bodeminformatie, of het nu gaat over de Bodemkaart, de Geomorfologische Kaart van Nederland, het Grondwaterspiegeldieptemodel of de Hydrofysische gegevens van de bodem. In dit rapport worden de nieuw verkregen hydrofysische gegevens beschreven. Daarnaast is het afgelopen jaar een belangrijke stap gemaakt met het toevoegen van deze gegevens aan de BRO. In dit rapport wordt dit proces beschreven. Door opname in de BRO zijn de hydrofysische gegevens toegankelijk voor iedereen. Het gebruik van informatie over het bodem- en watersysteem draagt bij aan natuurlijke oplossingen voor de inrichting van Nederland.

We danken de collega's die lab- en veldproeven hebben uitgevoerd: Harm Gooren en Willy de Groot; collega's die werkzaamheden hebben uitgevoerd ten aanzien van het structureren van de hydrofysische gegevens voor de BRO: Nanny Heidema en Paul Gerritsen; en Marius Heinen voor de deelreview en Simone Verzandvoort voor het geheel reviewen van het rapport.

Dorothée van Tol-Leenders

Programmaleider Basisregistratie Ondergrond (BRO) bij Wageningen Environmental Research en intern contactpersoon bij Wageningen Environmental Research voor de Basisregistratie Ondergrond bij de Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu (WOT N&M)

Inhoud

Woord vooraf	5
Samenvatting	9
Summary	11
1 Inleiding	13
1.1 Domein en toepassing van hydrofysische gegevens	13
1.2 Aanleiding en probleemstelling	15
1.3 Projectdoelstelling	16
1.4 Basisregistratie Ondergrond (BRO)	16
1.5 Leeswijzer	16
2 Methoden voor uitbreiding hydrofysische gegevens	19
2.1 Gegevenskeuze, kwaliteit en presentatie	19
2.1.1 Welke hydrofysische gegevens in BIS en BRO	19
2.1.2 Kwaliteitscriteria	20
2.2 Selectiewijze monsterlocaties	21
2.2.1 Opschalingseenheden	21
2.2.2 Latin hypercube sampling	22
2.2.3 Selectiewijze bemonsteringslocaties	23
2.3 Bemonsteringswijze	23
2.4 Analysemethoden	24
2.4.1 Textuur c.q. korrelgrootteverdeling	24
2.4.2 Gloeiverlies	25
2.4.3 Retentie- en onverzadigde waterdoorlatendheidskarakteristiek	26
2.4.4 Verzadigde waterdoorlatendheid	28
2.4.5 Krimpverloop	28
2.5 Afgeleide gegevens	29
2.5.1 Ontwikkeling van filter en rekensheet in Excel	29
2.5.2 Het Mualem-Van Genuchten-concept: huidige werkwijze	30
2.5.3 Het PDI-concept: Uitbreiding op het MvG-concept	31
3 Uitbreiding gegevens in BIS	33
3.1 Nieuwe gegevens 2021	33
3.2 Aanbevelingen volgende uitbreiding	35
4 BRO Realisatie Landelijke Voorziening	37
4.1 Samenwerking met WENR-projecten	37
4.2 Stappen van veld naar BRO	38
4.3 Modelstructuur BRO in relatie tot hydrofysische gegevens	39
4.3.1 Definitie BHR en SFR; relatie tot hydrofysische gegevens	39
4.3.2 Hoofdindeling van het bodemkundig wandonderzoek in BRO	40
4.3.3 BRO Wandmonsteranalyse overzicht en syntaxis	41
4.3.4 Tabellen in de structuur voor hydrofysische gegevens in de BRO	42
5 Conclusies en Aanbevelingen	49
5.1 Conclusies	49
5.2 Aanbevelingen	49
Literatuur	51

Verantwoording	55
Bijlage 1 Enkele internationale databases met hydrofysische gegevens	57
Bijlage 2 Bodemkundige basisgegevens van monsters na update 2019	59
Bijlage 3 Afgeleide bodemkundige gegevens van monsters na update 2019	61
Bijlage 4 Belangrijkste veldopnamegegevens monsters na update 2019	63
Bijlage 5 Textuurgegevens van monsters na update 2019	65
Bijlage 6 Gemeten dichtheden en Ksm, Staringbouwsteen en Gefitte MvG-parameters van monsters na update 2019	67
Bijlage 7 Grafieken waterretentie en -doorlatendheid van monsters na update 2019	69
Bijlage 8 De 38 Opschalingseenheden	83
Bijlage 9 Codes van Bodemkundige Karakteriseringen	85
Bijlage 10 Totaal aantal monsters in 2021 voor Staringreeksbouwstenen	89
Bijlage 11 Totaal aantal monsters in 2021 van de 38 opschalingseenheden	91
Bijlage 12 INSPIRE, SOPHIE en GLOSOLAN	93
Bijlage 13 Begrippenlijst	95

Samenvatting

Sinds 2012 is WENR (voorheen Alterra) bezig met het toevoegen van nieuwe gegevens in BIS Nederland en BRO en hierover wordt jaarlijks gerapporteerd. In het kader van het meerjarige traject 'Bodemhydrofysica' als onderdeel van het Programma BRO in de WOT Natuur & Milieu, zijn in 2021 de volgende werkzaamheden verricht voor de verzameling van hydrofysische gegevens van de bodem in Nederland:

- Het in samenwerking met andere projecten verzamelen van nieuwe gegevens die afgeleid zijn van grondmonsters die geanalyseerd zijn in de periode na de update van 2019 op 25 locaties in Nederland.
- het opzetten en implementeren van een datastructuur voor hydrofysische gegevens in de BRO. De structuur is in dit rapport weergegeven.
- Er is gewerkt aan het dusdanig vormgeven van de aanwezige data dat deze opgenomen kunnen gaan worden in de BRO.

In 2021 zijn in totaal 60 nieuwe monsters toegevoegd aan de hydrofysische database, waarmee het totaal aantal monsters 300 bedraagt. Deze aanzienlijke uitbreiding was mogelijk door samenwerking met andere projecten.

Op basis van de huidige 300 monsters bevatten 33 van de 38 opschalingseenheden nu ten minste 5 monsters. Het aantal monsters binnen de eenheden 'organisch', 'eolisch' en 'niet-eolisch' varieert tussen de 0 voor 'kleilig silt' en 57 voor 'leemarm zand'. De verschillen in aantallen hebben uiteraard te maken met de mate van voorkomen van de opschalingseenheden in Nederland. De totale aantallen monsters van de Staringreeksbouwstenen zijn nu 266 (142 voor de bovengronden en 124 voor de ondergronden).

In 2021 is in nauw overleg met TNO vastgesteld welke data opgenomen worden in de BRO en in welke vorm dat plaatsvindt. Op een tweetal kleine onvolkomenheden na zijn deze beschrijvingen nu gereed en de meeste data zijn nu ook in aanleg in het juiste formaat klaargezet om op te nemen in de BRO. De opbouw van de BRO-structuur voor de hydrofysische data is schematisch in dit rapport beschreven.

Summary

Since 2012, WENR (formerly Alterra) has been adding new data to the Dutch BIS soil information system and the National Key Registry of the Subsurface (BRO). This is reported annually. In the multi-year Soil Hydro-Physics project, part of the WOT Nature & Environment BRO programme, the following work was carried out in 2021 for the collection of soil hydrophysical data in the Netherlands:

- collecting new data derived from soil samples taken at 25 locations in the Netherlands and analysed after the 2019 update, in collaboration with other projects;
- setting up and implementing a data structure for hydrophysical data in the BRO, described in this report;
- restructuring the existing data in such a way that it can be added to the BRO.

In 2021, a total of 60 new samples were added to the hydrophysical database, bringing the total number of samples to 300. This significant expansion was made possible through collaboration with other projects.

Based on the current 300 samples, 33 of the 38 'scaling-up units' (*opschalingseenheden*) now contain at least 5 samples. The number of samples within the 'organic', 'aeolian' and 'non-aeolian' units varies between 0 for 'clayey silt' and 57 for 'poor loamy sand'. The differences in these numbers reflect the occurrence of the units across the Netherlands. The total number of samples for the 'Staringreeks' soil units are now 266 (142 for the upper layers and 124 for the lower layers).

In 2021, in close consultation with TNO, a decision was made on what data types will be included in the BRO and in what form. Apart from two minor imperfections, these descriptions are now ready and most of the data have been converted to the right format to be included in the BRO. The report gives an overview of the BRO structure for hydrophysical data.

1 Inleiding

1.1 Domein en toepassing van hydrofysische gegevens

Hydrofysische gegevens van de bodem zijn de belangrijkste fundamentele gegevens die de bodem-waterinteracties beschrijven en bepalen:

- watertransport en waterretentie, en
- dichtheid van de bodem, deeltjesgrootteverdeling, krimp en zwel, hoeveelheid organische stof

Voorbeelden van gegevens die de interactie tussen de bodem en het daarin aanwezige water beschrijven, zijn de waterretentiekarakteristiek (het vermogen van een bodem om water vast te houden), waterdoorlatendheidskarakteristiek (het vermogen om water te transporteren bij verschillende droogtetoestanden). De dichtheid van de bodem, de hoeveelheid organische stof, de deeltjesgrootteverdeling, de krimp van bodem en dergelijke zijn belangrijke parameters die van invloed zijn op de bodem-waterinteractie.

Samen met het watertransport vindt ook transport plaats van opgeloste stoffen zoals stikstof, fosfaat, pesticiden, antibiotica, organische verbindingen etc. Er zijn veel processen en grootheden te bedenken die afhankelijk zijn van het water in de bodem, zoals biologische processen en temperatuur. Deze maken echter geen direct onderdeel uit van de bodem-waterinteractie en worden hier daarom niet tot de hydrofysische gegevens gerekend.

Het is vanzelfsprekend dat deze grondsoort-afhankelijke parameters als basisinformatie worden gebruikt bij een groot aantal disciplines die direct of indirect met water- en stoffentransport in de bodem zijn betrokken, zoals waterschappen, waterwinbedrijven, agrarische bedrijven, adviesbureaus, onderzoeksinstituten, wegenbouwers, natuurorganisaties, klimaatonderzoekers. 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, specifieker, de hydrofysica van de bodem.

Onder hydrofysische gegevens worden in dit doorlopende onderzoek die gegevens verstaan die het watergedrag in de bodem bepalen en als zodanig worden gebruikt. Feitelijk zijn het gegevens die van oudsher ook onder de overkoepelende term 'bodemfysische gegevens' worden geschaard. De prefix 'hydro' is gebruikt om aan te geven dat de gegevens sterk bepalend zijn voor het watergedrag in de bodem en in de praktijk worden gebruikt om bodem-/watergerelateerde eigenschappen fysisch vast te leggen in een aantal gedragsbepalende parameters. Ondanks overeenkomsten met gegevens die ook in de wegenbouw en infrastructurele werken worden gebruikt voor onder andere sterkteberekeningen en draagkracht, zijn de hydrofysische gegevens specifiek voor watergerelateerd gebruik bedoeld.

Hydrofysische gegevens zijn onder andere:

- De kracht of zuigspanning waarmee de bodem het water vasthoudt. Deze kracht is afhankelijk van het vochtgehalte, resulterend in de retentiekarakteristiek (opgenomen in BRO).
- De snelheid waarmee water door de bodem stroomt. De snelheid is afhankelijk van het vochtgehalte en de zuigspanning, resulterend in een waterdoorlatendheidskarakteristiek (opgenomen in BRO).
- Het organischestofgehalte (opgenomen in BRO) heeft een sterk water absorberend vermogen en verlaagt normaal gesproken de waterdoorlatendheid.
- De droge bulkdichtheid (opgenomen in BRO). Dit is een parameter die van groot belang is bij verdichtingsonderzoek. Een dichtere bodem heeft door de kleinere poriefractie minder mogelijkheden om water vast te houden en zal het watertransport vertragen. Het kan verantwoordelijk zijn voor water stagnerende lagen en plasvorming. Daarnaast is de bulkdichtheid een parameter die nodig is voor de berekening van de hoeveelheid koolstofopslag in de bodem, die vervolgens weer deels verantwoordelijk is voor watertransport.

- De textuur (= korrelgrootteverdeling, opgenomen in BRO) van de granulaire delen is bepalend voor de distributie van poriën en daarmee voor de waterretentie en waterdoorlatendheid en dichtheid van de bodem.
- Krimp- en zwelgegevens (opgenomen in BRO). Veen- en kleigronden, en in mindere mate leemgronden, krimpen en zwellen door het verkleinen of vergroten van het vochtgehalte in de bodem. Hiermee ontstaan respectievelijk verdwijnen macroporiën en scheuren die verantwoordelijk zijn voor een versnelde waterafvoer bij hevige regenbuien na een droge periode en voor waterstagnatie na een natte periode.
- Aggregaatstabiliteit (nog niet in BRO). Aggregaten worden gevormd door biologische, chemische en fysische activiteit. Kleinere korrels kitten daarbij aan elkaar, waardoor in het aggregaat kleinere poriën ontstaan en buiten de aggregaten juist grotere poriën ontstaan. Gronden met veel en stabiele aggregaten (dit zijn aggregaten die niet makkelijk uit elkaar vallen – dit kan gemeten worden in het laboratorium) zijn veelal geschikt voor landbouw. Deze gronden zijn in staat zijn veel water vast te houden in de aggregaten zelf, wat gunstig is voor gewasgroei en een klimaatbestendig landbouwsysteem. Tegelijkertijd zijn deze gronden in staat om water van piekbuien snel te kunnen afvoeren naar de ondergrond via de grotere poriën tussen de aggregaten. Vanwege budgettaire redenen zijn deze gegevens nog niet in de BRO ondergebracht.
- Waterafstotendheid (nog niet in BRO). Dit verschijnsel is vochtafhankelijk. Hoe droger met name een veen- of zandgrond is, des te waterafstotender deze wordt. Dit heeft gevolgen voor de bevochtiging van de bodem en kan grote problemen veroorzaken, zoals gezien is bij de dijkdoorbraak in Wilnis in 2003. Doordat de dijk geen vocht opnam bij de regenbui na droogte, is de dijk bezweken. Vanwege budgettaire redenen zijn deze gegevens nog niet in de BRO ondergebracht.

Een voorbeeld van een niet-hydrofysisch gegeven is de temperatuur, omdat dit geen dominant sturend effect heeft op de interactie tussen bodem en water.

De hydrofysische gegevens hebben een breed toepassingsgebied:

- voedselzekerheid (droogte- en waterschade aan gewassen);
- landbouw (precisiedrainage, irrigatie);
- bodemverzilting (verdamping en capillaire opstijging van zout water);
- broeikasgasemissies (N₂O, CO₂, CH₄) vanuit de bodem, die sterk beïnvloed worden door vochtgehalten en daarmee zuurstofgehalten;
- natuurbehoud (natte en droge natuurytypen);
- duurzaam landgebruik en 'healthy soils' (functie-allocatie);
- waterkwaliteit (in- en afspoeling van opgeloste stoffen naar grond- en oppervlaktewater);
- overstromingen en plasvorming (dijkstabiliteit, infiltratie, waterafstotendheid);
- infrastructurele schade door bodemdaling (zwel en krimp en oxidatie van klei en veen als gevolg van ontwatering).

Een voorbeeld van een concrete toepassing van de hydrofysische gegevens is de doorvertaling van de gegevens naar de Staringreeks en de bodemfysische eenheden kaart (zie kader).

Staringreeks

Uitgangspunt bij de opzet van de Staringreeks (Wösten et al., 1987; 1994; 2001; Heinen et al., 2020) is 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. De bovengrond is daarbij gedefinieerd als de wortelzone: de zone waar zich duidelijk wortels bevinden in het beschouwde jaar of van recente jaren. De ondergrond is gedefinieerd als het gedeelte onder de wortelzone. Vervolgens is van elke onderscheiden 18 boven- en 18 ondergronden een gemiddelde waterretentie- en waterdoorlatendheidskarakteristiek bepaald, de zogenaamde 36 Staringreeks bouwstenen. De Staringreeks bevat geen gegevens van afzonderlijke monsters, maar geeft gemiddelden van de karakteristieken voor elk van de 36 bouwstenen.

Het rapport met de Staringreeks-Update 2018 is te downloaden via <https://edepot.wur.nl/512761>.

BOFEK (bodempfysische eenheden kaart)

Voor simulatiemodellen voor de waterbalans in de onverzadigde-verzadigde zone in Nederland is kennis nodig over de waterretentie- en doorlatendheidseigenschappen van de onverzadigde zone. Voorbeelden van studies met dergelijke simulatiemodellen zijn Waterwijzer Landbouw, het Landelijk Hydrologisch Model (NHI-LHM) en diverse regionale modellen van waterschappen. Hierbij worden landelijke of regionale berekeningen uitgevoerd om bijvoorbeeld droogteschades, verdamping en grondwateraanvullingen te kwantificeren en ook om waterkwaliteit te modelleren (denk aan evaluatie mestbeleid of verspreiding bestrijdingsmiddelen). Op nationale en regionale schaal is er een grote variatie aan bodems zoals beschreven in de landelijke bodemkaart (1:50 000). In principe kan voor elk bodemprofiel een simulatie worden uitgevoerd. Om het aantal berekeningen te beperken, is de BOFEK-schematisatie opgezet (Heinen et al., 2021). Deze berust op de 368 afgeleide profielen van de Nederlandse bodemkaart die in de BOFEK zijn beschreven in termen van opbouw in Staringreeks-bouwstenen waarvan de waterretentie- en waterdoorlatendheidskarakteristieken bekend zijn. Op basis van die karakteristieken zijn voor alle standaardprofielen 8 eenvoudige hydrofysische kengetallen berekend die leidend zijn geweest bij de clustering van de 368 afgeleide profielen, onderscheiden naar 5 hoofdgroepen van bodems in Nederland: veengronden, moerige gronden, zandgronden, klei- en zavelgronden en leemgronden in een totaal van 79 BOFEK2020 clusters, de zogenaamde 'BOFEK-eenheden'. Clustering betekent dat bodemprofielen in groepen verdeeld worden, waarbij de profielen binnen een groep een grote, maar niet per definitie identieke, gelijkenis vertonen in hydrofysisch gedrag. Op de BOFEK-kaart hebben de 79 BOFEK2020-eenheden elk een eigen legendakleur.

De BOFEK is in te bekijken en te downloaden via

- <https://www.wur.nl/nl/show/Bodemfysische-Eenhedenkaart-BOFEK2020.htm>
- <https://bodemdata.nl/themakaarten>

1.2 Aanleiding en probleemstelling

Het brede toepassingsgebied van hydrofysische gegevens resulteert in een grote behoefte aan actuele gegevens van hoge kwaliteit. Momenteel zijn hydrofysische gegevens alleen vanuit Wageningen Environmental Research (WENR) beschikbaar in het Bodem Informatie Systeem (BIS) Nederland.

Het huidige totaal aantal in BIS aanwezige betrouwbare hydrofysische gegevens, verspreid over Nederland en over de gewenste opschalingseenheden zoals afzettingsmilieu, textuurklasse, organische stof hoeveelheden, en dergelijke, is niet toereikend om in Nederland landsdekkende dan wel regionale studies uit te kunnen voeren (Knotters et al., 2011). Om het tekort aan gegevens te ondervangen, worden in dit doorlopende project elk jaar systematisch kwalitatief hoogwaardige en gestandaardiseerde gegevens toegevoegd aan het Bodemkundig Informatie Systeem (BIS) Nederland.

De Basisregistratie Ondergrond (BRO) is een centrale registratie met publieke gegevens over de Nederlandse ondergrond, die uitvoering geeft aan de Wet Basisregistratie Ondergrond. De BRO bestaat uit 26 registratieobjecten, waarvan vijf bodemkundige registratieobjecten. LNV is bronhouder van de volgende registratieobjecten die in de basisregistratie ondergrond zijn opgenomen:

- Boorprofielen (BHR-P) en -analyses
- Wandprofielen (SFR) en -analyses
- Model: De bodemkaart 1:50.000 (SGM)
- Model: Geomorfologische kaart 1:50.000 (GMM)
- Model: Grondwaterspiegeldieptemodel (WDM)

Voor de BRO is LNV wettelijk verplicht om de data en metadata van de bovengenoemde registratieobjecten aan de 'Landelijke Voorziening BRO' te leveren. Deze taak heeft LNV, via de meerjarenwerkafspraken in de wettelijke onderzoekstaken, bij WENR gelegd.

De aan WENR gedelegeerde wettelijke taak is het jaarlijks verzamelen en uitbreiden van nieuwe, kwalitatief hoogwaardige hydrofysische gegevens van de bodem en deze via de BRO te ontsluiten. In 2021 zijn de boorprofielen in de BRO uitgebreid, zodat ook analyses, waaronder hydrofysische data, aan de BRO geleverd kunnen worden. Dit jaar (2021) was vooral gebruikt om de datastructuur van de BRO vorm te geven en om de al aanwezige data op een dusdanige wijze te ordenen en te completeren dat die aan deze BRO-structuur voldoet. De gegevens gaan nu en in de toekomst eerst in het interne WENR-databestand BIS (Bodem

Informatie Systeem) en worden daarna overgezet naar de BRO, mits voldaan wordt aan de eisen die BRO daarvoor stelt.

1.3 Projectdoelstelling

De doelstelling is tweeledig:

1. Het uitbreiden van BIS-gegevens met nieuwe, kwalitatief hoogwaardige hydrofysische gegevens van de bodem.
2. De hydrofysische gegevens uit het BIS via de BRO ontsluiten, zodat deze gegevens voor gebruikers samen met andere gegevens uit de BRO beschikbaar zijn.

Indirecte doelstellingen die voortvloeien uit de in dit project gegenereerde gegevens, maar die geen formeel onderdeel uitmaken van dit project, zijn:

- Het faciliteren van updates van de Staringreeks en de bodemfysische eenhedenkaart BOFEK.
- Als ook hydrofysische gegevens opgenomen zijn in de lijst van te verwerven gegevens voor INSPIRE (Bijlage 12), kunnen de gegevens van de BRO daaraan worden aangeboden.
- Het helpen vormgeven van harmonisatie van Europese (SOPHIE) en globale (GLOSOLAN).

1.4 Basisregistratie Ondergrond (BRO)

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 BZK. Het besluit tot invoering van de 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 de BRO wordt zowel BIS als DINO¹ 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 de 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 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.

De BRO bestaat uit 26 registratieobjecten, waarvan vijf bodemkundige registratieobjecten. Daarin zijn inmiddels gerealiseerd de Boormonsterprofielen, Bodemkaart van Nederland, de Geomorfologische Kaart van Nederland en de Grondwatertrappendynamiekaart. In 2022 worden ook de hydrofysische gegevens toegevoegd aan de BRO.

1.5 Leeswijzer

Dit rapport beschrijft de nieuw verzamelde hydrofysische gegevens (hoofdstuk 3), nadat in hoofdstuk 2 aandacht is besteed aan de methodiek van dataverzameling. In deze update met resultaten van monsters die genomen zijn in 2020, zijn 300 monsters beschikbaar tegenover 240 monsters van de update 2019. Dit zijn grote datareeksen per monster die op vele manieren gebruikt kunnen worden. Deze aanzienlijke uitbreiding

¹ 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.

was mogelijk door samenwerking met andere projecten. In hoofdstuk 4 wordt aandacht besteed aan de data-infrastructuur voor hydrofysische gegevens in de Basisregistratie Ondergrond (BRO), die dit jaar is uitgevoerd binnen de zogenaamde 'BRO Realisatie Landelijke Voorziening'. Dit is de bouw van het officiële uitgifteloket voor hydrofysische gegevens van de bodem in Nederland. Hoofdstuk 5 geeft de conclusies en enkele aanbevelingen.

In de bijlagen staan de gegevens van de monsters die geanalyseerd zijn in de periode na de update van 2019. Alle gegevens worden geïdentificeerd met een monsteridentificatienummer (MIN). Dit zijn gegevens van dezelfde horizont of diepte en dezelfde locatie. Een duplomonster krijgt een nieuw MIN-nummer.

Bijlage 1	Enkele internationale databases met hydrofysische gegevens
Bijlage 2	Bodemkundige basisgegevens van monsters na update 2019
Bijlage 3	Afgeleide bodemkundige gegevens van monsters na update 2019
Bijlage 4	Belangrijkste veldopnamegegevens monsters na update 2019
Bijlage 5	Textuurgegevens van monsters na update 2019
Bijlage 6	Gemeten dichtheden en Ksm, Staringbouwsteen en Gefitte MvG-parameters van monsters
Bijlage 7	Grafieken waterretentie en -doorlatendheid van monsters
Bijlage 8	De 38 Opschalingseenheden
Bijlage 9	Codes van Bodemkundige Karakteriseringen
Bijlage 10	Totaal aantal monsters in 2021 voor Staringreeksbouwstenen
Bijlage 11	Totaal aantal monsters in 2021 van de 38 opschalingseenheden
Bijlage 13	Begrippenlijst

2 Methoden voor uitbreiding hydrofysische gegevens

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.

2.1 Gegevenskeuze, kwaliteit en presentatie

2.1.1 Welke hydrofysische gegevens in BIS en BRO

Het is voor nieuwe monsters binnen de huidige omstandigheden niet mogelijk om alle hydrofysische gegevens te bepalen en op te nemen in BIS en BRO. Daarom kiezen we voor een selectie van de meest gebruikte parameters. Er wordt steeds gestreefd om per monster alle gegevens uit Tabel 2.1 te beschrijven en te meten. Dat is echter niet altijd mogelijk binnen projecten met een beperkt budget. Voor de bemonsteringen die direct in het kader van de BRO-updates plaatsvinden (dit project), worden wel altijd alle gegevens van Tabel 2.1 verzameld.

Tabel 2.1 Hoofdgroepen van de hydrofysische gegevens in BIS en BRO.

Hoofdgroepnaam	Omschrijving
Veldgegevens	
Profielbeschrijving	Beschrijving bodemopbouw tot 1,2 m-mv
Beschrijving	Hoofdkenmerken van grondmonsters
Coördinatenstelsels	Beschrijving van RD-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 (BoKa-code; vroeger: Geocode)
GrondsoortLegenda	Beschrijving van grondsoorten
Grondsoort	Grondsoorten afgeleid van de BoKa-code, hoeveelheid organische stof, lutum, leem, silt en M50
Laboratoriumgegevens	
Textuur (= korrelgrootteverdeling)	Gemeten granulaire gegevens van bodemmonsters (dus zonder organische stof, kalk en ijzer)
Droge bulkdichtheid	De droge bulkdichtheid
Gloeiverlies	Als maat voor het organischestofgehalte, bepaald door gloeien bij 550 graden Celcius
Verzadigde waterdoorlatendheid	Bepaald met de constant head-methode
Waterretentiekarakteristiek	Verschillende punten die het verband beschrijven tussen het watergehalte θ ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) en drukhoogte h (cm); dit wordt bepaald met de verdampingsmethode (opgenomen worden onder andere de gemeten gewichten, drukhoogten en tijd van de meting), zandbakmethode, drukplaatmethode en/of luchtdroogmethode
Waterdoorlatendheidskarakteristiek	Verschillende punten die het verband geven tussen de doorlatendheid K (cm d^{-1}) en θ of h ;
Beschrijving van de retentie- en doorlatendheidskarakteristiek met de Mualem-Van Genuchten-vergelijkingen	dit wordt bepaald met de constant head-methode, de verdampingsmethode Dit zijn de vergelijkingen die met een vaste set van 5 parameters gefit worden over de retentie- en doorlatendheidsgegevens
Krimpgegevens	Dit zijn gegevens over de fysieke dimensies van de grondmonsters bij verschillende vochtgehalten; dit wordt bepaald met de schuifmaat tijdens het drogen, of met de methode van Bronswijk. In de toekomst worden waarschijnlijk steeds meer optische methodieken gebruikt
Meetmethoden en Procedures Laboratoria	De protocollen die zijn gebruikt bij de uitvoering van de metingen In welk laboratorium de proeven zijn uitgevoerd

Volledige datasets

Er wordt steeds gestreefd om per monster alle gegevens van Tabel 2.1 te beschrijven in het complete meetbereik. Dit heeft meerdere voordelen:

- Directe kwaliteitscontrole: Per monster ontstaan samenhangende hydrofysische gegevens die met elkaar kunnen worden vergeleken. Als de gegevens van een monster niet met elkaar te verenigen zijn, bijvoorbeeld een heel hoog organischestofgehalte met een relatief laag verzadigd volumetrisch watergehalte, dan worden de gegevens niet in BIS opgenomen.
- Brede toepassing: Per monster ontstaan gegevens die een breed toepassingsgebied hebben, bijvoorbeeld een schatting van de koolstofopslag op basis van het organischestofgehalte, bulkdichtheid en kleigehalte. Als in een vervolgonderzoek ook bekeken moet worden hoeveel lachgas er uit de bodem verdwijnt in relatie tot het vochtgehalte, kan dat op basis van de retentie- en doorlatendheidskarakteristiek van hetzelfde monster. De uitkomsten van het ene onderzoek zijn dan te vergelijken met die van het andere, zonder dat ze strijdige uitgangspunten hebben.
- Correlatieonderzoek: Er kan op eenvoudiger wijze een relatie worden gelegd tussen de afzonderlijke gegevens van de monsters, bijvoorbeeld door de retentiekarakteristieken te vergelijken met textuurgegevens of bulkdichtheden.

Helaas is het niet altijd mogelijk om de gehele set aan gegevens te verzamelen. Het zou gegevensvernietiging zijn om een incomplete set niet op te nemen in BIS of BRO. Het is aan de gebruiker om te beslissen om incomplete sets al dan niet te gebruiken. Daarom worden incomplete sets toch opgenomen, maar ook in dat geval vindt er vooraf een beoordeling plaats van de gegevens. De minimale kwaliteitseisen voor opname zijn dat in ieder geval duidelijk moet zijn waar het monster vandaan komt (coördinaten en diepte), hoe de betreffende meting is gedaan en of de gegevens plausibel zijn. Deze beoordeling vindt plaats op verschillende niveaus in het verwervingstraject: door de veldmedewerker, door de laborant en door de dataverwerker.

Ruwe gegevens

De waterretentie- en waterdoorlatendheidskarakteristiek kunnen met verschillende analytische vergelijkingen beschreven worden. Omdat geen enkel model in staat is om de metingen volledig correct te beschrijven (zie par. 2.4.3) 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 en BRO. Met de ruwe gegevens is de gebruiker altijd in staat om met eigen voorkeursmodellen een hydraulische karakteristiek af te leiden. Dit maakt de reeks ook voor toekomstig gebruik geschikt. Ook voor de andere gegevens is de principiële keuze gemaakt om de gegevens van een zo laag mogelijk analyseniveau op te nemen in BRO en BIS. Enige voorbewerking blijft er altijd bestaan, om de gegevens zo veel mogelijk geschikt te maken voor direct en universeel gebruik.

Afgeleide gegevens

Van de meeste monsters worden behalve de ruwe data ook afgeleide gegevens in BIS en BRO opgenomen, bijvoorbeeld de waterdoorlatendheids- en retentiegegevens die uit de verdampingsmethode via de Prefit (zie 2.5) worden berekend. Op basis van die gegevens en op basis van de retentie- en waterdoorlatendheidsgegevens van de andere meetmethoden, worden meestal de Mualem-Van Genuchten-krommen afgeleid. Dit is het tweede niveau van afgeleide gegevens.

Omdat de Mualem-Van Genuchten-vergelijkingen momenteel wereldwijd erg veel gebruikt worden, zijn deze modelparameters, bij wijze van voorbeeld, eveneens in BIS en BRO opgenomen. Van sommige historische gegevens zijn de ruwe meetgegevens helaas niet meer te achterhalen. In die gevallen worden de gegevens (met name de Mualem-Van Genuchten-parameters) toch opgenomen. Daar waar er geen bodemprofielen aanwezig zijn, worden ze gekoppeld aan 'dummy' bodemprofielen en in BIS opgeslagen, maar kunnen dan niet worden doorgevoerd naar de BRO.

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, temperatuursinvloeden of als het gebruikte model voor de prefit, 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 tensiometer-reeks, 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).

2.2 Selectiewijze monsterlocaties

2.2.1 Opschalingseenheden

Verzandvoort et al. (2011, hoofdstuk 5) stellen dat hydrofysische gegevens aan zowel bodemkundige als geologische eenheden moeten kunnen worden toegekend, bijvoorbeeld een retentiecurve aan een 'matig humusarme bovengrond' in de periode tussen 2010 en 2020. Dit betekent dat de hydrofysische gegevens op verschillende manieren ruimtelijk en in de tijd geselecteerd en opgeschaald kunnen worden. De eenheden of klassen worden daarom 'opschalingseenheden' genoemd. Voorwaarde voor verantwoorde opschaling is natuurlijk dat er voldoende gegevens per opschalingseenheid beschikbaar zijn in ruimte en tijd. De hoofdgroepen van de opschalingseenheden waarbinnen gegevens geselecteerd kunnen worden, zijn boven- en ondergrond, gehalte aan organische stof, textuur en afzettingsmilieu. Tabel 2.2 geeft hiervan een overzicht.

Tabel 2.2 Indeling in geologische en bodemkundige opschalingseenheden volgens Verzandvoort et al. (2011, hoofdstuk 5). Alle 38 onderscheiden opschalingseenheden zijn weergegeven in Bijlage 8.

Hoofdgroepen van de opschalingsmogelijkheden	Aantal eenheden (of klassen) per hoofdgroep	Cumulatief aantal opschalingseenheden
Boven- of ondergrond	Twee klassen	2
Afzettingsmilieu	Zes hoofdklassen	8
Textuur	<i>Eolische en sommige niet-eolische afzettingen: zes leemklassen, vijf klassen naar mediaan van de zandfractie</i> <i>Niet-eolische afzettingen: tien klassen op basis van lutumgehalte</i>	29
Gehalte aan organische stof	Zes klassen bij minerale gronden, drie klassen bij moerige gronden. De klassegrenzen verschillen voor zand (<8% lutum) en klei (>8% lutum)	38

In theorie is het aantal ruimtelijke opschalingseenheden $2 \times 6 \times 4 \times 5 \times 6 + 2 \times 6 \times 2 \times 6 + 2 \times 6 \times 10 \times 6 + 2 \times 6 \times 5 = 2364$ (Knotters et al., 2011).² In de praktijk ligt het aantal lager om twee redenen:

1. een aantal combinaties van klassen komt in werkelijkheid niet voor, bijvoorbeeld omdat bepaalde textuurklassen niet in bepaalde afzettingssmilieus voorkomen, of bepaalde klassen van gehalten aan organische stof niet in de ondergrond voorkomen;
2. de gebruiker van de gegevens bepaalt zelf volgens welke criteria er wordt opgeschaald, afhankelijk van het doel en de methode van opschaling. Hierbij worden niet altijd alle criteria gebruikt.

Als in elke opschalingseenheid ten minste twee monsterlocaties (met ten minste één monster per locatie) 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 gegevens toe te voegen aan de BIS- en BRO-database.

2.2.2 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, afzettingssmilieu, 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 BIS en BRO op te vullen. Geconcludeerd werd dat er minimaal 50 aanvullende horizonten bemonsterd moeten worden voor een goede dekking van de ruimtelijke hoofdaggregatie-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 meedoen in de telling. Bij de bemonstering en analyse is bij de start van het project een prioriteitsvolgorde aangehouden: de grootste oppervlakten per opschalingseenheid (Bijlage 8) zijn daarbij het eerst bemonsterd. Buiten het bemonsteren van de 38 opschalingseenheden wordt ook gekeken of de 36 Staringreeksbouwstenen voldoende nieuwe monsters bevatten. De Staringreeks – deze bevat per textuurklasse een gemiddelde retentie- en doorlatendheidskarakteristiek – wordt momenteel nog veel gebruikt, maar bevat nog veel oude monsters van meer dan 35 jaar oud. Bij de oudere Staringreeks zijn ook monsters gebruikt waarbij meetmethoden zijn gebruikt die nu als verouderd worden beschouwd. Daarom is er een update van de Staringreeks gekomen (Heinen et al., 2020) op basis van nieuw toegevoegde monsters aan het BIS, waarbij oudere monsters worden uitgefaseerd. Het vullen van de Staringreeks is ook van belang omdat deze ten grondslag ligt aan de Bodemfysische eenhedenkaart (BOFEK2020; Heinen et al., 2021). De prioritering voor nieuwe monsters ligt nu bij het vullen van de niet, of onvoldoende, in het veld aangetroffen

² Te berekenen als alle indelingen naar boven- en ondergrond, afzettingssmilieu, textuur en organischestofgehalte gecombineerd en gevuld worden. Het aantal van 2364 is theoretisch, omdat verondersteld is dat alle combinaties van klassen naar textuur en organischestofgehalte in alle zes afzettingssmilieus voor kunnen komen. Dat is onwaarschijnlijk, maar mogelijk. Het aantal van 2364 is als volgt berekend:

- Zandgronden $2 \times 6 \times 4 \times 5 \times 6 = 1440$ (2=boven-/ondergrond, 6=aantal klassen naar afzettingssmilieu, 4=aantal klassen naar leemgehalte bij zand, 5=aantal klassen naar M50, 6=aantal klassen naar O.S.-gehalte)
- Leemgronden $2 \times 6 \times 2 \times 6 = 144$ (2=boven-/ondergrond, 6= aantal klassen naar afzettingssmilieu, 2=aantal klassen naar leem (zandig/siltig), 6=aantal klassen naar O.S.-gehalte)
- Kleigronden $2 \times 6 \times 10 \times 6 = 720$ (2=boven-/ondergrond, 6= aantal klassen naar afzettingssmilieu, 10=aantal klassen naar lutumgehalte, 6=aantal klassen naar O.S.-gehalte)
- Moerige gronden $2 \times 6 \times 5 = 60$ (2=boven-/ondergrond, 6=aantal klassen naar afzettingssmilieu, 5=aantal klassen naar O.S.-gehalte, in combinatie met kleiig/zandig)

opschalingseenheden, waaronder de nog ontbrekende opschalingseenheid 'kleiig silt' en de weinig vertegenwoordigde Staringreeks-bouwstenen (Bovengronden B11: matig zware klei en B15: venig zand).

2.2.3 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.

2.3 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 cm³) voor onverstoorte 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 onverstoorte 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 onverstoorte monsters ten behoeve van de bepaling van de verzadigde waterdoorlatendheid ($h = 0$).
- Verstoorte grondmonsters in zakken ter bepaling van de textuur en organische stof.

De ringen voor de onverstoorte 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 100cm³-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

2.4 Analysemethoden

2.4.1 Textuur c.q. korrelgrootteverdeling

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 2.3 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 natzeefmethode. 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 de 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 subfracties 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 2.3 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 organischestofgehalte 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.

2.4.2 Gloeiverlies

Het gloeiverlies (Eng: loss-on-ignition) is een maat voor het organischestofgehalte van een grond-monster. Hoe groter het aandeel organisch materiaal, hoe groter het gloeiverlies zal zijn. In het laboratorium wordt het in het veld genomen verstoorte 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 organischestofgehalte is per definitie kleiner of gelijk aan het gloeiverlies. Het organischestofgehalte kan volgens de NEN 5754 (1992) 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} = organischestofgehalte van stoofdroge grond (%);
 L = lutumgehalte (%);
 Y = gehalte aan vrij ijzer (%). (Alleen corrigeren bij $Y > 5\%$.)

2.4.3 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.

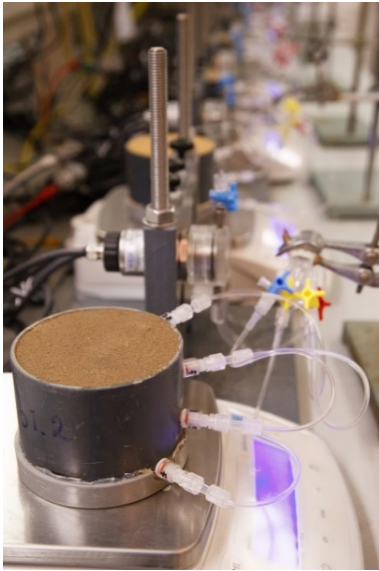
Zandbakmethode en droge bulkdichtheid

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 één zijde voorzien van een nylongaasje. Nadat het monster van onderaf met water verzadigd is, wordt het aan de boven- en onderzijde vlak afgewerkt. Op deze wijze ontstaat een monster met een nauwkeurig bekend grondvolume bij vooraf bekende vochtcondities. Daarna wordt het monster met het nylongaasje op de zandbak geplaatst. De zandbak bevat een fijn gesorteerde grondsoort die een hoge waterdoorlatendheid 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 onder in 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 ($L = 8\text{ cm}$, $D \approx 10\text{ cm}$) van onderaf met water verzadigd. Daarna wordt het aan de boven- en onderzijde vlak afgewerkt. Op deze wijze ontstaat een monster met een nauwkeurig bekend grondvolume bij vooraf bekende vochtcondities. Nadat het monster is verzadigd, wordt het 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 tensiometer-doorgangen in de monsterring zijn lucht- en waterdicht afgesloten, zodat hierdoor geen verdamping kan optreden.



Figuur 2.1 Geautomatiseerde opstelling voor de verdampingsmethode (Foto: Erik van den Elsen).

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, monsternmassa, drukhoogten) worden verkregen met een geautomatiseerde opstelling die door WUR in eigen beheer is ontwikkeld (zie Figuur 2.1).

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

Drukpanmethode

Met een hangende waterkolom, zoals 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 watergepulde 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.

2.4.4 Verzadigde waterdoorlatendheid

Een niet-verstoord, homogeen grondmonster in een ring ($H = 10$ cm; $D = 20$ cm) wordt van onderaf met water verzadigd. Daarna wordt het aan de boven- en onderzijde vlak afgewerkt. Op deze wijze ontstaat een monster met een nauwkeurig bekend grondvolume bij vooraf bekende vochtcondities. Daarna wordt het monster in een opstelling geplaatst. 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, 1997).

2.4.5 Krimpverloop

Het krimpverloop wordt meestal bepaald aan krimpgevoelige gronden, zoals klei en veen. Het krimpverloop wordt bepaald door de massa en het volume van het monster in een steeds drogere toestand te bepalen. De massa wordt bepaald met een balans en voor het bepalen van het volume bestaan verschillende methodes. Het monster wordt voor de eerste meting in de reeks verzadigd met water en de laatste meting wordt gedaan aan een volledig uitgedroogd monster. De uitvoerder bepaalt hoeveel metingen daartussen worden gedaan. De factor tijd is als zodanig niet belangrijk, maar in het begin van de bepaling wordt wel vaak frequenter gemeten dan aan het einde. In de manier waarop het volume wordt bepaald, vindt veel ontwikkeling plaats, en in de nabije toekomst zullen laseropstellingen en cameraopstellingen worden gebruikt. De in BRO onderscheiden methoden zijn:

- De methode van Bronswijk 1986, (Bronswijk et al., 1986). Deze methode levert een hele krimpkarakteristiek op en is de meest uitgebreide methode bij WENR op dit moment. Bij deze methode berust het bepalen van het volume van het monster op de wet van Archimedes, waarbij de hoeveelheid verplaatst water bij onderdompeling wordt bepaald. Het monster wordt na verzadiging vooraf gecoat met een hars die weliswaar water doorlaat, maar met een heel lage snelheid. Een kortstondige onderdompeling in water voorkomt dat het monster water opneemt, maar het drogen aan de lucht duurt lang, waardoor er wel water uit het monster kan verdwijnen en het monster droger wordt en krimpt. Met behulp van de krimpgegevens wordt vaak de poriënverhouding (= volume poriën/volume van de vaste fase) uitgezet

tegen de vochtverhouding (= volume vocht / volume van de vaste fase). Op deze wijze is snel inzicht te krijgen in het krimpgedrag.

- Cameraprocedure WENRv1. De procedure is nog niet operationeel, maar berust op het principe dat van een uitdrogend monster op een weegschaal een foto wordt gemaakt op een vaste afstand en hoek van het monster. Bij het monster wordt een object met bekende afmetingen geplaatst, bijvoorbeeld een liniaal. De dimensies van het monster op de foto's kunnen dan met fotoherkenningssoftware worden afgeleid.
- Laserprocedure WENRv1. De procedure is nog niet operationeel, maar berust op het principe dat van een uitdrogend monster op een weegschaal de afmetingen worden gemeten met een laser.
- Geen (bij bijvoorbeeld een schuifmaat). Vaak worden in het laboratorium de afmetingen van de drogende monsters van de verdampingsmethode met de schuifmaat gemeten om zodoende van een groot aantal monsters relatief eenvoudig een beeld te krijgen van het krimpgedrag. De afmetingen zijn aan het begin van de meting (bij verzadiging) bekend en gelijk aan de afmetingen van de monsterring. Op het moment dat de tensiometers zijn doorgeslagen wordt het monster van de opstelling gehaald en worden de gemiddelde hoogte en gemiddelde diameter bepaald door die te meten met de schuifmaat. Dit wordt nog eenmaal herhaald na drogen van het monster in de droogstoof bij 105 graden Celcius.

2.5 Afgeleide gegevens

2.5.1 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:

- a. Data-filtering;
- b. Genereren datareeksen $h(\theta)$ voor retentiekarakteristiek per bodemcompartiment door het uitvoeren van een PreFit;
- c. Genereren van datareeksen $K(h)$ voor de doorlatendheidskarakteristiek tussen de bodemcompartimenten door het toepassen van de zogenaamde 'instantaneous profile'-methode;
- d. 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 temperatuursinvloeden duidelijker zichtbaar worden. Dit resulteert in erg grote databestanden. Het is daarom wenselijk om de data zo veel mogelijk te ontdoen van ruis en het aantal datapunten te reduceren voorafgaand aan verdere verwerking.

Omdat kleine schommelingen in de data (ruis, of temperatuursinvloeden) 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, gebruikmakend 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 eerstelijns 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 gewichtsafnamen in de tijd. Vooral 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).

2.5.2 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 waterdoorlatendheidskarakteristiek te bepalen. Daarbij is in dit project gebruikgemaakt van het Mualem-Van Genuchten (MVG)-model (Mualem, 1976; Van Genuchten, 1980).

pF-datareeksen 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 datareeksen (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 ondervangen. 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., 1992). Hierbij heeft de gebruiker de mogelijkheid om aanvullende meetpunten, 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 - θ . 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 een-modale fit, terwijl de PreFit vaak een hogere modaliteit heeft.

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

Voor het droge traject hebben Peters (2013) en Iden & Durner (2014) 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 ovendroog (105°C) monster: de $\log(h)$ is dan 6,8 à 7. 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 toekomst geïmplementeerd gaat worden. De voorbereidingen voor het genereren van de PDI-parameters voor BIS en BRO worden nu al gefaseerd onderzocht. De resultaten hiervan zijn echter geen integraal onderdeel van voorliggend onderzoek en worden hier daarom niet weergegeven.

3 Uitbreiding gegevens in BIS

3.1 Nieuwe gegevens 2021

In 2021 is de database van het BIS uitgebreid van 240 naar 300 monsters (Tabel 3.1 en Figuur 3.1) met monsters die geanalyseerd zijn in de periode na de update van 2019 (Bakker et al., 2020). Het overgrote deel hiervan zal tevens in de BRO opgenomen gaan worden (hoofdstuk 4). Deze uitbreiding is veel groter dan op basis van het reguliere BRO-project verwacht zou mogen worden. Dat komt doordat er binnen dit BRO-project samenwerking gezocht is met niet aan dit project gerelateerde onderzoeksprojecten³ in uitvoering bij WENR. Alleen gegevens waarvan de kwaliteit voldoet aan de in hoofdstuk 2 gegeven eisen, zijn in BIS opgenomen.

Tabel 3.1 Aantallen monsters voor hydrofysische gegevens in BIS.

Jaar	Totaal	MvG	Textuur	LOI,Ksm,Rd	Compleet
1969-2004	44	42	32	0	0
2004-2012	10	10	10	10	10
> 2012	246	240	199	215	190
Totaal	300	292	241	225	200

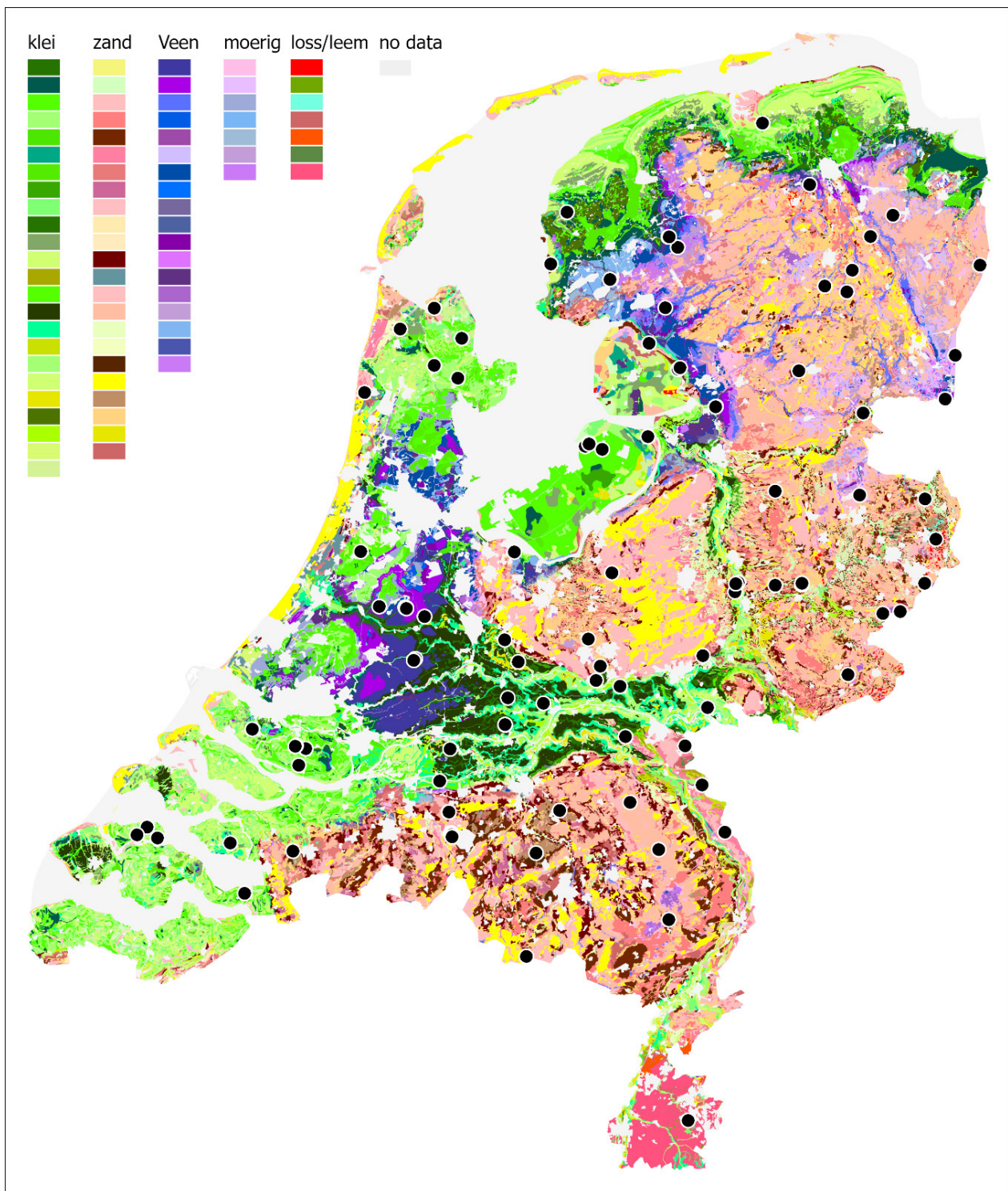
Waarbij:

Totaal	totaalaantal aanwezige monsters voor BIS over de aangegeven tijdsperiode, ongeacht de bepalingsmethode. Als er slechts één meting aanwezig is, bijvoorbeeld alleen een droge bulkdichtheid, dan telt deze toch mee in het totaal. Het aantal monsters dat in BRO komt kan iets kleiner zijn door het strikte protocol, maar de verwachting is dat dit ongeveer hetzelfde aantal zal zijn.
MvG	aantal monsters waarvan een Mualem-Van Genuchten-fit (zie par. 2.5.2) beschikbaar is, die is afgeleid met de huidige uitwerkmethode (zie par. 2.5). Meestal zijn dit monsters die geanalyseerd zijn met de verdampingsmethode. Vaak zijn ook de waterverzadigde doorlatendheid en de retentiekarakteristiek met de zandbak-, drukplaat- en luchtdroog-methode gemeten.
Textuur	aantal monsters waarvan de korrelgrootteverdeling is bepaald. Een monster telt mee in het aantal als de som van de fracties van de gemeten klassen over 0-2000 µm groter is dan 99,5% en het aantal gemeten klassen groter is dan 0.
LOI,Ksm,Rd	aantal monsters waarvan ten minste het gloeiverlies (LOI = 'loss on ignition', zie par. 2.4.2) én de verzadigde waterdoorlatendheid (Ksm, zie par. 2.4.4) én de droge bulkdichtheid (Rd, zie par. 2.4.3) zijn gemeten.
Compleet	aantal monsters dat ten minste alle van de vorige drie genoemde items bevat.

Op basis van de huidige 300 monsters bevatten 33 van de 38 opschalingseenheden (zie par. 2.2.1) van Bijlage 8 en Bijlage 11 nu ten minste 5 monsters. Het aantal monsters binnen de eenheden 'organisch', 'eolisch' en 'niet-eolisch' varieert tussen de 0 voor 'kleilig silt' en 57 voor 'leemarm zand'. De verschillen in aantallen hebben uiteraard te maken met de mate van voorkomen van de opschalingseenheden in Nederland. In Bijlage 10 zijn de aantallen monsters per Staringreeksbouwsteen weergegeven.

³ Het betreft onderstaande projecten (ook genoemd in hoofdstuk 3):

- Publiek Private Samenwerking Beter Bodembeheer (PPS Beter Bodembeheer) - Ondergrondverdichting
- Nationaal Onderzoeksprogramma Broeikasgassen Veenweiden (NOBV)
- Lumbricus, Onderzoeksprogramma voor een klimaatrobuust bodem- en watersysteem
- Soil Heroes - Plattelandsontwikkelingsprogramma's (POP3) Proeftuin regeneratieve landbouw



Figuur 3.1 Locaties met de verzamelde hydrofysische gegevens (zwarte punten), per locatie zijn vaak meerdere monsters genomen (duplomonsters uit dezelfde horizont of uit een andere horizont met een andere diepte), totaal resulterend in gegevens van 300 monsters. De monsterlocaties zijn hier weergegeven over de BOFEK2020-kaart. De 72 BOFEK-clusters zijn in de legenda verder samengevoegd in de vijf hoofdgroepen. In de figuur zijn de afzonderlijke clusters nog wel te zien.

Er is dit jaar onder andere gezocht naar een 'kleilig siltige' bovengrond. Dit wordt gedaan op basis van de Bodemkaart van Nederland (schaal 1:50.000). De bodemkaart is samengesteld op basis van veldschattingen van onder andere de textuur. Daarom, maar ook door lokale verschillen met een lagere resolutie dan 1:50 000, kunnen geen garanties worden gegeven dat gronden met specifieke textuurkenmerken waarnaar gezocht wordt ook daadwerkelijk op de plek worden aangetroffen die als zodanig door de bodemkaart wordt aangegeven. Sommige monsters worden nog geanalyseerd op textuur. Het kan daarom zijn dat een of meer

monsters in de huidige set (wellicht de monsters met monsteridentificatienummer (MIN) 10259, 10260, 10256 en 10266) alsnog de toekenning 'kleiig silt' kunnen krijgen binnen de database.

3.2 Aanbevelingen volgende uitbreiding

De hydrofysische gegevens die momenteel in BIS aanwezig zijn, samen met de jaarlijkse uitbreiding, zijn aanzienlijk in vergelijking met andere hydrofysische gegevens binnen Europa. Enkele datasets, zoals ook genoemd in Bijlage 1, zijn de internationale database UNSODA⁴ (Nemes et al., 2001) met veel gegevens uit de Verenigde Staten en een aantal uit verschillende landen binnen Europa, waarbij veel verschillende meetmethodieken zijn gebruikt zoals GRIZZLY (Haverkamp et al., 1998) en de databases die alleen pedotransferfuncties bevatten zoals ROSETTA⁵ (Schaap et al., 2001) en HYPRES⁶ (Wösten et al., 1999). Dit project biedt in verband met de compleetheid van meetgegevens per monster en in de eenheid van meetmethoden die zijn gebruikt een betrouwbare en gestandaardiseerde dataset. WENR wil daarom graag bijdragen bij de implementatie van hydrofysische gegevens in INSPIRE. Het verzamelen van dit soort gegevens wordt steeds belangrijker gevonden, hetgeen ook blijkt uit de activiteiten binnen andere internationale projecten, zoals onder andere SOPHIE en GLOSOLAN, waarin wordt gewerkt aan harmonisatie van hydrofysische gegevens, maar ook in beleidskaders zoals de EU Mission Area on Soil Health and Food⁷, het nationale Gemeenschappelijk Landbouwbeleid (GLB)⁸, de nieuwe Europese Bodemstrategie⁹ of het Global Soil Partnership.¹⁰

De prioriteit binnen dit project is om de hydrofysische gegevens aan te vullen met vooral de nog ontbrekende opschalingseenheid 'kleiig silt' en de weinig vertegenwoordigde Staringreeks-bouwstenen (Bovengronden B11: matig zware klei en B15: weinig zand). Hopelijk vinden we die in 2022 wel. Daarna worden de aantallen per opschalingseenheid aangevuld tot ten minste tien locaties per eenheid. Daarmee wordt inzicht verkregen in de spreiding van de meetwaarden van de hydrofysische gegevens binnen elk van de opschalingseenheden. Dit maakt het mogelijk om correlaties te zoeken tussen de verschillende textuurklassen, gemeten dichtheden, gemeten retentiewaarden, doorlatendheden, krimp en dergelijke. Dit kan weer van belang zijn bij een eventuele generalisatie of clustering van gegevens, zoals dat bij de afleiding van de Staringreeks is gebeurd.

⁴ <https://data.nal.usda.gov/dataset/unsoda-20-unsaturated-soil-hydraulic-database-database-and-program-indirect-methods-estimating-unsaturated-hydraulic-properties>

⁵ <https://cals.arizona.edu/research/rosetta/>

⁶ <https://www.hutton.ac.uk/learning/natural-resource-datasets/hypres>

⁷ <https://www.sieusoil.eu/mission-area-soil-health-and-food/>

⁸ <https://www.rvo.nl/onderwerpen/agrarisch-ondernemen/glb/nieuw-glb>

⁹ <https://ecer.minbuza.nl/-/europese-commissie-presenteert-vernieuwde-bodemstrategie>

¹⁰ <https://www.fao.org/global-soil-partnership/en/>

4 BRO Realisatie Landelijke Voorziening

De Landelijke Voorziening van de BRO is een centraal landelijk distributiepunt bedoeld om decentraal ingewonnen informatie centraal te kunnen verstrekken. De landelijke voorziening bestaat uit het BRO-loket met op de achtergrond informatiesystemen. Deze systemen zorgen ervoor dat informatie op de juiste plek in het BRO-loket beschikbaar komt. Via het Bronhouderportaal leveren overheden gegevens aan bij de landelijke voorziening. Deze gegevens worden daar centraal beheerd en toegankelijk gemaakt. Binnen BRO Realisatie Landelijke Voorziening wordt onder andere gewerkt aan de bouw van de (model)structuur waarbinnen gegevens moeten worden opgeslagen, maar ook aan de werkelijke transitie van de gegevens van BIS Nederland naar BRO. In 2021 is vooral gewerkt aan het ontwerp van de datastructuur voor hydrofysische gegevens van de bodem in BIS en BRO. In 2022 worden data werkelijk overgebracht van BIS naar BRO. De datastructuur voor hydrofysische gegevens in BIS is zo veel mogelijk gelijk gehouden aan die van de BRO om een eenvoudige overdracht zo veel mogelijk te waarborgen. De BIS database van Wageningen Environmental Research (WENR) is echter wat flexibeler van opzet, waardoor BIS meer gegevens vanuit het WENR-domein bevat dan BRO.

In 2021 is besloten welke data in welke vorm worden opgenomen in de BRO. Daarbij is nauw samengewerkt met TNO, die uiteindelijk verantwoordelijk is voor het implementeren van de datastructuur. De bulk van het werk is inmiddels gerealiseerd en de meeste data zijn nu ook in aanleg in het juiste formaat klaargezet om op te nemen in de BRO. Sommige onderdelen, met name de zogenaamde 'Regels' en 'kardinaliteiten' binnen de BRO-datastructuur geven nog tegenstrijdigheden, waardoor een juiste opname van de data op onderdelen nog niet kan plaatsvinden. Er wordt nog gewerkt aan het oplossen ervan. De opbouw van de BRO-structuur voor de hydrofysische data is in dit hoofdstuk schematisch beschreven.

4.1 Samenwerking met WENR-projecten

In 2021 is de database van het BIS uitgebreid van 240 naar 300 monsters (Tabel 3.1 en Figuur 3.1). Deze monsters zijn in 2020 verzameld. Het overgrote deel hiervan zal tevens in de BRO opgenomen gaan worden (hoofdstuk 4). Deze uitbreiding is veel groter dan op basis van het reguliere BRO-project verwacht zou mogen worden. Dat komt doordat er binnen dit BRO-project samenwerking gezocht is met niet aan dit project gerelateerde onderzoeksprojecten¹¹ in uitvoering bij WENR. Ook in andere jaren wordt dit zo veel mogelijk gedaan. Bij sommige onderzoeksprojecten zijn geen mogelijkheden voor het laten bepalen van uitgebreide gegevens zoals dat normaal gesproken bij het BRO-project gebeurt. In dat geval wordt er gekeken of binnen het BRO-project mogelijkheden zijn voor aanvulling. Zo ontstaat een win-winsituatie: de onderzoeker heeft een uitgebreidere set gegevens en de BRO heeft met hetzelfde budget de beschikking over meer gegevens. Het impliceert dat soms toch niet-complete sets aan gegevens per monster aanwezig zullen zijn, bijvoorbeeld als geen of slechts een deel van de textuurgegevens aanwezig is, of geen organische stof, of geen doorlatendheidskarakteristiek, e.d. Ondanks dat hier wel steeds naar gestreefd wordt, worden ook niet-complete sets opgenomen in de BRO. Dit wordt in de bijlagen van dit rapport dan aangegeven als n.a. = is niet aanwezig of P.M. = wordt nog uitgevoerd. Het maakt ook dat de aantallen zoals aangegeven in Tabel 3.1 nog naar boven bijgesteld kunnen gaan worden. Omdat de datastructuur van de BRO nog in ontwikkeling is, zijn de data nog niet beschikbaar in de BRO-database. Dit zal naar verwachting in 2022 gebeuren.

¹¹ Het betreft onderstaande projecten (ook genoemd in hoofdstuk 3):

- Publiek Private Samenwerking Beter Bodembeheer (PPS Beter Bodembeheer) - Ondergrondverdichting
- Nationaal Onderzoeksprogramma Broeikasgassen Veenweiden (NOBV)
- Lumbricus, Onderzoeksprogramma voor een klimaatrobuust bodem- en watersysteem
- Soil Heroes - Plattelandsontwikkelingsprogramma's (POP3) Proeftuin regeneratieve landbouw

4.2 Stappen van veld naar BRO

De data die in BRO komen, doorlopen in chronologische volgorde de volgende stappen:

1. Monsternamen en profielbeschrijving in het veld. Monsternamen voor BIS en BRO vindt altijd plaats binnen een bodemhorizont, dus nooit over twee horizonten heen. Er vindt daarom afstemming plaats tussen de karteerder (= degene die de profielbeschrijving maakt) en de monsternemer. Vooraf is bekend welke gegevens moeten worden verzameld.
2. De monsters worden in het lab geprepareerd en nagekeken op eventuele onvolkomenheden: ze moeten homogeen zijn, onverstoord, de monsterringen moeten volledig gevuld zijn en geen onregelmatigheden vertonen.
3. De monsters worden stapsgewijs verzadigd en daarna op verschillende meetopstellingen geplaatst om de ruwe meetgegevens te verkrijgen. De analyses vinden plaats volgens geldende ISO-, NEN- of WENR-normen. Vaak zijn er vanuit WENR ten opzichte van de ISO-normen aanvullende eisen gesteld. Eventuele labformulieren worden bij deze stap bijgehouden en bij het beëindigen van de metingen gescand.
4. De meetgegevens worden opgenomen in standaard rekensheets, zodat berekeningen en interpretatie achteraf op een standaardwijze kan plaatsvinden en dat alle informatie die voor de BRO nodig is, ook daadwerkelijk wordt verzameld, bijvoorbeeld de temperatuur van het lab, de meettijden etc. Tijdens de metingen wordt er altijd kritisch gekeken naar het meetproces en de meetresultaten en wordt er nagegaan of er eventuele inconsistenties zijn in de metingen. Een inconsistentie in een meetreeks kan bijvoorbeeld zijn dat er bij een meting een gewicht toeneemt, terwijl er een desorptiecurve (van nat naar droog) van de retentiekarakteristiek bepaald wordt: dat is fysisch onmogelijk. In dat geval wordt de meting opnieuw gedaan of wordt het monster langer op de opstelling gehouden om te stabiliseren.
 - a. De ruwe data, de rekensheets en de gescande labformulieren worden aan de labbeheerder overhandigd, die ze volgens een standaard structuur op een sharepoint opslaat, zodat alle gebruikers precies weten waar de data teruggevonden kunnen worden. De sharepoint is alleen te bewerken door de labbeheerders, waardoor er tussentijds geen wijzigingen aangebracht kunnen worden door ongeautoriseerde gebruikers. De share is wel leesbaar voor script om dit zo veel mogelijk te automatiseren en te standaardiseren. Oneigenlijke koppelingen en meetwaarden worden hier meestal al opgemerkt en dan vervolgens teruggekoppeld aan de laborant, veldwerker en projectleider. De overzichtsfile is zodanig ingericht dat de structuur al zo veel mogelijk overeenkomt met de BRO-structuur (zie hieronder) en wordt nagegaan of alle verplichte velden zijn ingevuld. In deze stap wordt tevens een uniek monsteridentificatienummer (MIN) toegekend aan een set monsters, ofwel aan een set metingen, waarvan de monsters gestoken zijn uit dezelfde horizont, diepte en van dezelfde locatie afkomstig zijn. Een set met duplomonsters van dezelfde horizont, diepte en locatie krijgt meestal een nieuw nummer. Beide sets kunnen dan later in zijn geheel naast elkaar worden gezet en met elkaar worden vergeleken.
 - b. De automatisch gegenereerde data van de verdampingsmethode worden samengebracht met tijdens de proef handmatig verzamelde gegevens en verwerkt in een filterprogramma (zie par. 2.5.1).
5. Een deel van de gegevens die onder punt 4 zijn samengebracht, wordt gebruikt om het MvG-fitprogramma (zie par. 2.5.2) van data te voorzien en om de fits uit te voeren. Deze stap is belangrijk, omdat hier veel gegevens samenkomen, waardoor inconsistenties tussen de verschillende metingen goed kunnen worden opgemerkt. Dit is ook de stap waarin soms wordt besloten om bepaalde metingen die geen logisch verband houden met de rest van de metingen, niet in BIS en BRO op te gaan nemen. Het komt ook voor dat er slechts twee metingen zijn die tegenstrijdig zijn en niet ook nog aan andere metingen kunnen worden getoetst. In dat geval wordt besloten om geen van beide metingen in BIS en BRO op te nemen.
6. Na de punten 4 en 5 worden alle data in het uiteindelijke BIS-format gezet en weer aan de sharepoint aangeboden in de zogenaamde Struct-file.
7. De Struct-file wordt aangeboden aan BIS, waarna deze automatisch wordt nagelopen op volledigheid, ongeoorloofde gegevens en ongeoorloofde dataformats en wordt vervolgens in de BIS-database opgeslagen.
8. Daarna worden met behulp van een zogenaamd 'mapping'-programma de data uit BIS getransformeerd naar het BRO-format en worden de data wederom nagelopen op volledigheid, ongeoorloofde gegevens en ongeoorloofde dataformats. De regels die hiervoor worden gehanteerd, kunnen enigszins afwijken van die van BIS, omdat BIS flexibeler is in het toelaten van onvolledige datasets.

4.3 Modelstructuur BRO in relatie tot hydrofysische gegevens

Het voert te ver om hier de gehele modelstructuur van de BRO te laten zien. De gehele structuur en alle daaraan gekoppelde details kunnen worden geraadpleegd via de zogenaamde 'BRO Gegevenscatalogi' (zie Tabel 4.1). Deze catalogi zijn de bewegwijzering voor de toeleverancier en de gebruiker van de gegevens. Voorliggend rapport beoogt inzicht te verschaffen in de belangrijkste elementen van de hydrofysische gegevens in BRO. De gegevensstructuur van BIS wijkt op onderdelen af van die van BRO, maar de data worden via mapping-programma's dusdanig bewerkt dat BIS en BRO nauw op elkaar aansluiten. Het voert te ver om hier ook de BIS-structuur uit te leggen. Daarom beperkt dit rapport zich tot de BRO-datastructuur voor hydrofysische gegevens.

4.3.1 Definitie BHR en SFR; relatie tot hydrofysische gegevens

Het bodemkundige onderzoek binnen BRO kent twee categorieën met bodemkundige gegevens: boringen en wandonderzoeken. Beide categorieën gegevens worden in BRO volgens een eigen catalogus beschreven (Tabel 4.1).

Tabel 4.1 Overzicht van de twee catalogi BHR en SFR.

Categorie (catalogus)	Subcategorie	Afkorting
Booronderzoek ¹² (Eng: Bore Hole Research, BHR)	Profielbeschrijving	BHR-p
	Analyses	BHR-a
Wandonderzoek ¹³ (Eng: Surface Face Research, SFR)	Profielbeschrijving	SFR-p
	Analyses	SFR-a

- Booronderzoek wordt uitgevoerd met een (Edelman)boor. De monsters voor het analysedeel worden in de directe nabijheid van de boring genomen.
- Wandonderzoek bestaat uit het graven van een profielkuil. Aan de hand van de bodemwand wordt de profielbeschrijving uitgevoerd. De monsters voor het analysedeel worden uit de wand genomen.

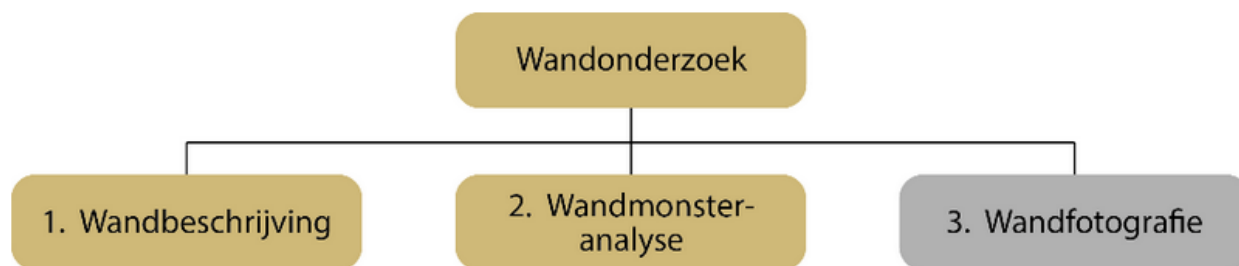
Ten aanzien van de hydrofysische gegevens zijn er geen verschillen in beide categorieën. Hier wordt daarom volstaan met de beschrijving aan de hand van de catalogus 'BRO Gegevenscatalogus Wandonderzoek – bodemkunde', maar deze is wat betreft de structuur gelijk. De nummering van de items kan afwijken.

¹² <https://www.bro-productomgeving.nl/bpo/latest/bodem-en-grondonderzoek/booronderzoek-bhr/bodemkundig-booronderzoek-bhr-p>

¹³ <https://docs.geostandaarden.nl/bro/sfr/>

4.3.2 Hoofddeling van het bodemkundig wandonderzoek in BRO

In Figuur 9 is de hoofddeling weergegeven van het bodemkundig wandonderzoek. De hydrofysische gegevens zijn onderdeel van 'wandmonsteranalyse'. In dit rapport wordt alleen het onderdeel Wandmonsteranalyse toegelicht.



Figuur 4.1 Hoofddeling van het bodemkundig wandonderzoek. In deze versie van de catalogus is Wandfotografie nog niet meegenomen. De hydrofysische gegevens zijn onderdeel van Wandmonsteranalyse, maar hebben een directe relatie met Wandbeschrijving, omdat monsters uit een bodemhorizont worden genomen waarbij de horizont beschreven is in Wandbeschrijving.

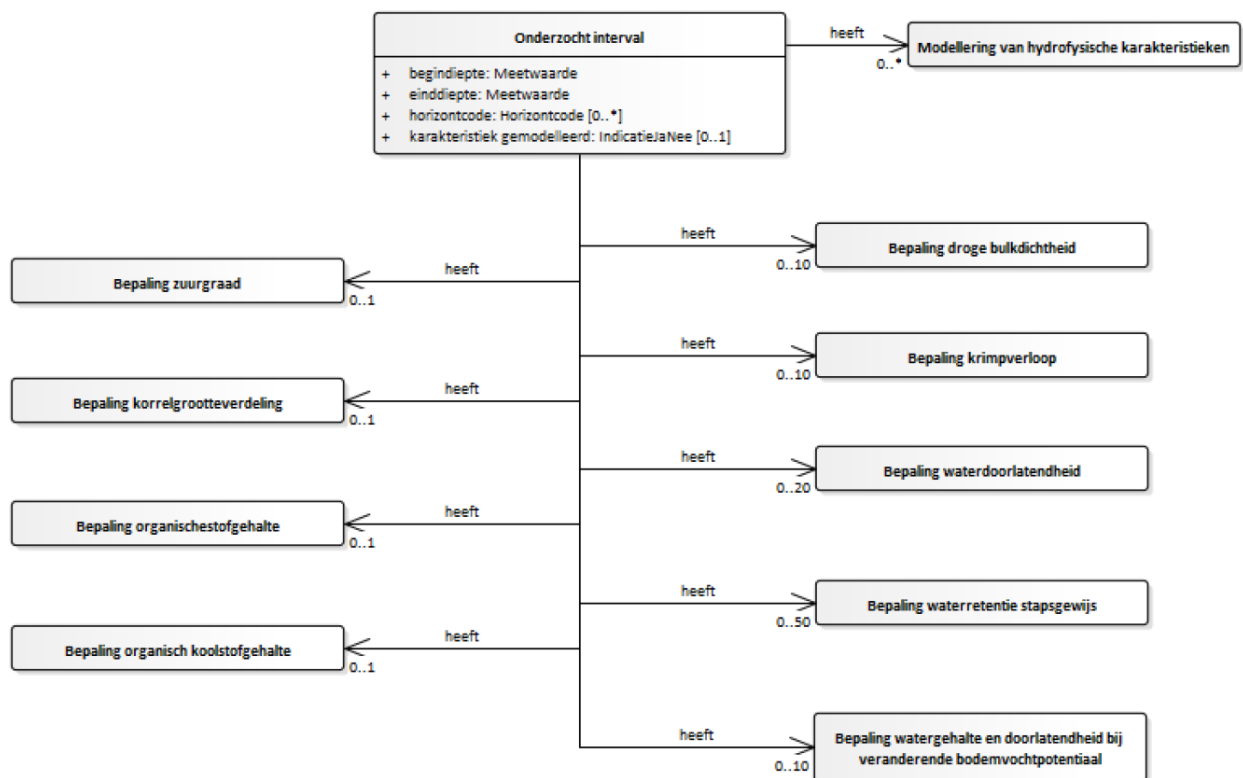
4.3.3 BRO Wandmonsteranalyse overzicht en syntaxis

Figuur 10 geeft een relatiediagram, waarbij 'Onderzocht interval', ofwel het eerste blokje van het relatiediagram, direct hangt onder 'Wandmonsteranalyse' van de vorige paragraaf. Het relatiediagram geeft de gegevens weer die momenteel opgenomen kunnen worden onder een Onderzocht interval. Elk blokje stelt een tabel voor met gegevens. De pijlen geven de relatie aan tussen de gegevens.

Cijfers

De cijfers bij de pijlen geven aan hoe vaak de tabel gevuld kan worden onder een bepaald onderzocht interval, ofwel hoeveel monsteranalyses er per interval opgenomen kunnen worden. Het eerste cijfer geeft aan hoe vaak het item minimaal voor moet komen; het tweede cijfer achter de puntjes geeft aan hoe vaak het item mag voorkomen. Enkele voorbeelden die ook voor de overige tabellen uit deze paragraaf gelden:

- 0..1 het item moet 0 keer aanwezig zijn, ofwel het item hoeft niet opgenomen te worden. Het item mag maximaal 1 keer opgenomen worden.
- 0..10 het item moet 0 keer aanwezig zijn, ofwel het item hoeft niet opgenomen te worden. Het item mag maximaal 10 keer opgenomen worden.
- 5..* het item moet tenminste 5 keer aanwezig zijn. Het item mag maximaal oneindig keer opgenomen worden (indicatie *), er is dus geen beperking in het maximale aantal.



Figuur 4.2 Overzicht van de tabellen (blokken) die gevuld kunnen worden met gegevens. Er zijn ook enkele niet-hydrofysische gegevens in opgenomen. De cijfers bij de pijlen geven aan hoe vaak de tabel gevuld moet of mag worden onder een interval, ofwel hoeveel monsteranalyses er per interval opgenomen kunnen worden. De cijfers achter een attribuut binnen een blokje geven aan hoe vaak het attribuut voor moet of mag komen.

Indicaties in de tabel

De attributen (regels) in een blokje (= tabel) beginnen met een '+'. Dit betekent dat het attribuut opgenomen kan worden in de betreffende tabel. Daarachter komt de naam van het attribuut (=variabelenaam). Vervolgens komt er een dubbele punt met daarachter de indicatie om welk datatype het gaat, bijvoorbeeld:

Meetwaarde geeft een gemeten waarde in cijfers weer.

IndicatieJaNee geeft weer dat de waarde een Ja of een Nee is.

Horizontcode dit is de naam van een subtabel, in dit geval met de naam 'Horizontcode' die gevuld is met vooraf vastgestelde waarden waaruit gekozen kan worden. Een horizontcode kan bijvoorbeeld 2Cu, 1Ahg, 1Cw zijn etc. Deze tabellen met vaste waarden zijn alle terug te vinden in de BRO-catalogus onder de betreffende naam.

[0..1] betekenis is gelijk aan die van de cijfers bij de pijlen, alleen staan bij de regels in een tabel altijd haken genoteerd. Als er geen cijferindicatie is genoteerd, moet de waarde altijd aanwezig zijn, zoals bij begin- en einddiepte.

Procedure en Methode

In de tabellen komen vaak de termen Bepalingsprocedure en Bepalingsmethode na elkaar voor. Hier wordt het volgende mee bedoeld:

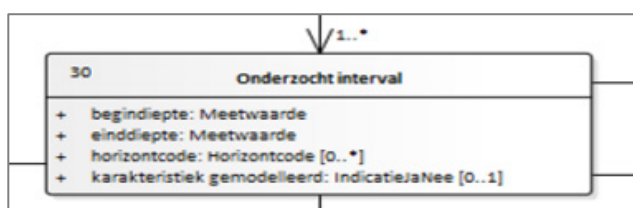
- Bepalingsprocedure is meestal een NEN, ISO of eigen opgestelde norm, bijvoorbeeld ISO11274v2014plusWENR2020 voor de bepaling van de retentiekarakteristiek. De postfix 'plusWENR' betekent dat er standaard uitgegaan wordt van de ISO-norm, maar dat er aanvullende of afwijkende regels zijn gesteld door WENR.
- Bepalingsmethode geeft een onderdeel aan binnen de procedure die gebruikt wordt, in dit geval bijvoorbeeld de zandbak-, drukplaat- of luchtdroog-methode.

Verloop en Toestand

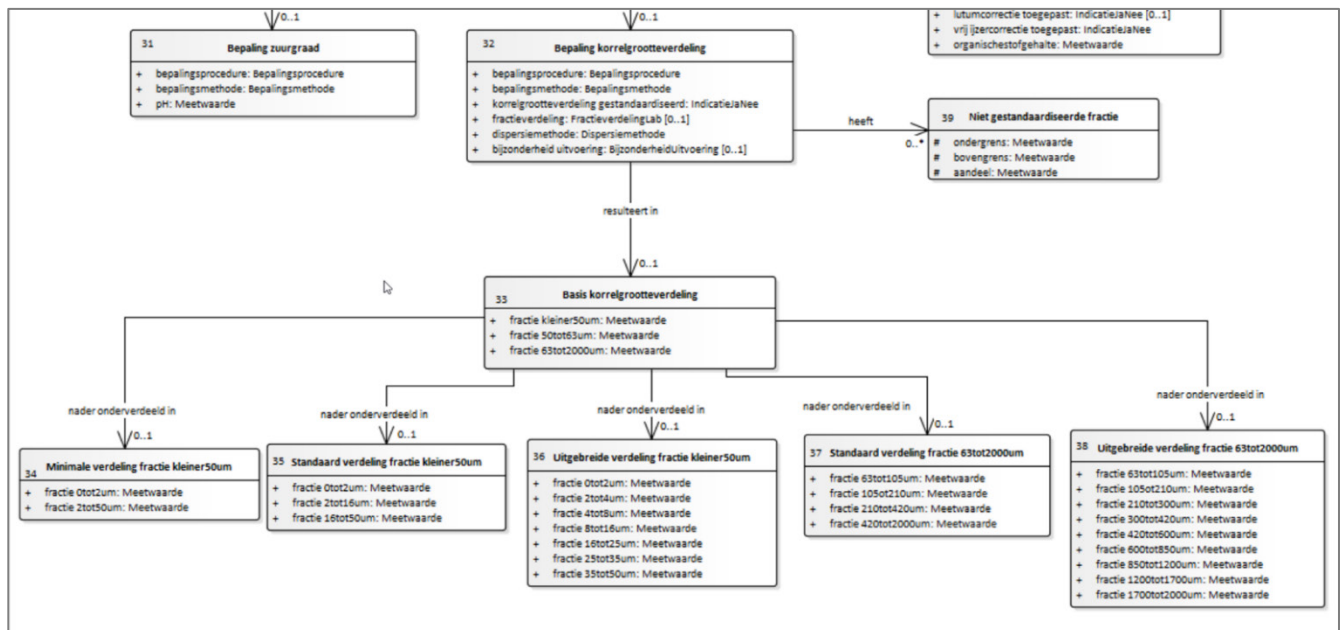
Bij meetreeksen komt er vaak een blokje voor met de indicatie '..verloop' met daaronder een blokje met de indicatie '..toestand'. De eerste geeft slechts aan dat er een meetreeks volgt, het eerste blokje bevat geen waarden. De meetreeks zelf staat in de tweede tabel '..toestand'.

4.3.4 Tabellen in de structuur voor hydrofysische gegevens in de BRO

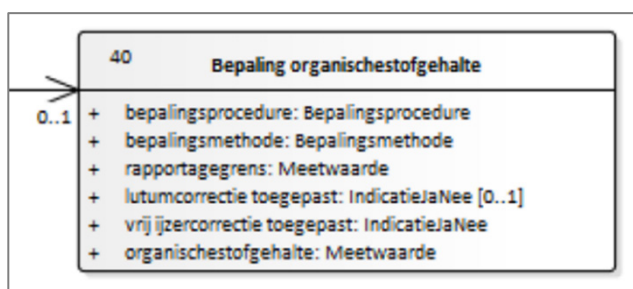
In *Figuur 11* t/m *Figuur 18* is de inhoud van elk van de hydrofysische tabellen weergegeven. Elke tabel heeft in de linker bovenhoek een volgnummer. Dit nummer is op te zoeken in de BRO-catalogus, waar een gedetailleerde beschrijving is gegeven van de betreffende tabel. In de figuren is de laatste versie van de datastructuren weergegeven. Hierin kunnen gaandeweg de implementatie in 2022 nog kleine wijzigingen optreden.



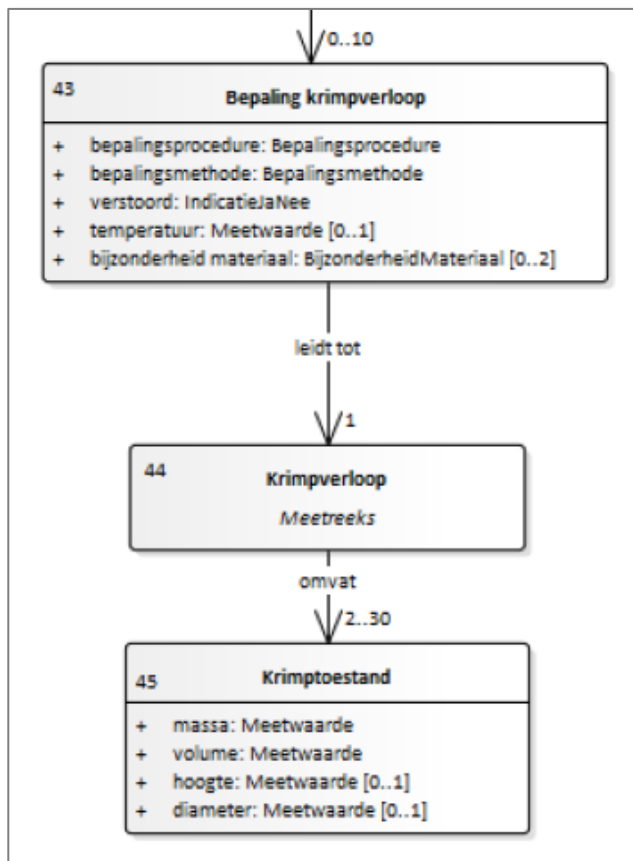
Figuur 4.3 Tabel in de structuur voor hydrofysische gegevens in de BRO met 'Onderzocht interval' in de BRO met de onderverdeling van de monsters naar het bodeminterval (diepte en horizont). 'Karakteristiek gemodelleerd' geeft aan of er Mualem-vanGenuchten karakteristieken zijn bepaald.



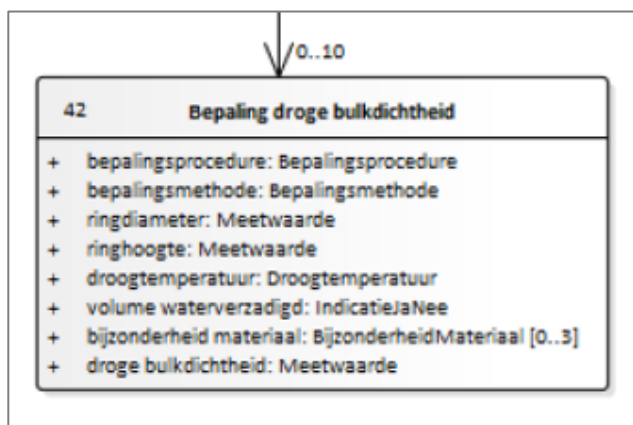
Figuur 4.4 Tabellen in de structuur voor hydrofysische gegevens in de BRO met verschillende indelingen van de korrelgrootte van de monsters; Tabel (32) geeft de bepalingprocedure en methode en enkele gegevens over de uitvoering; Tabel (39) maakt het mogelijk om ook niet-standaardverdelingen op te nemen; Tabel (33) bevat een aantal standaardreeksen: de drie basisgetallen kunnen in de tabellen (34) t/m (38) verder onderverdeeld worden. Standaardreeksen worden zo veel mogelijk nagestreefd, omdat die het gebruik vergemakkelijken. Voor de hydrofysica worden meestal de tabellen (33), (35) en (37) gebruikt. In tabel (37) mist nu helaas nog de fractie 105-150 µm. Daarom worden voorsnog de meeste hydrofysische data geladen in tabel (39).



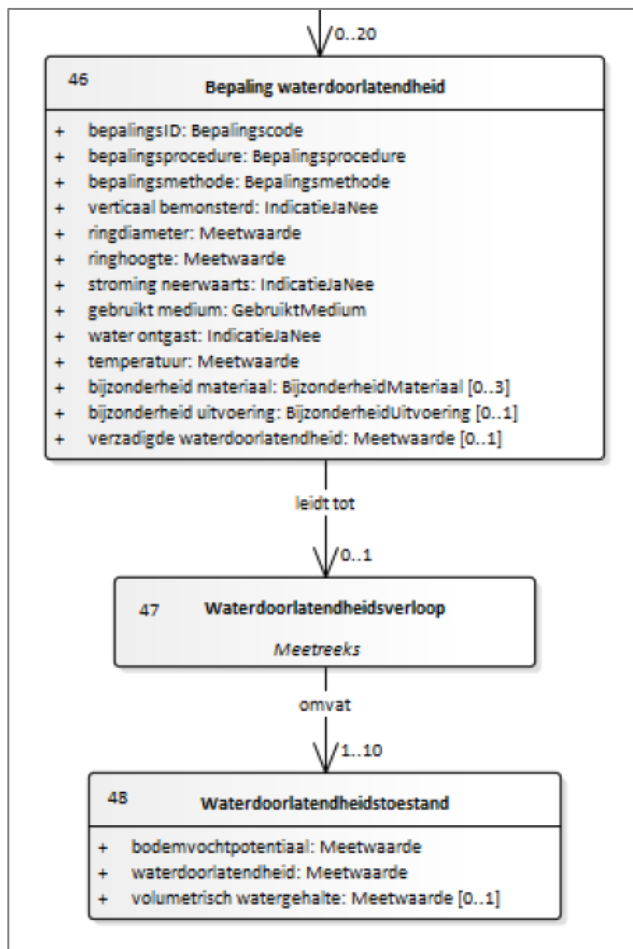
Figuur 4.5 Tabel in de structuur voor hydrofysische gegevens in de BRO met de bepaling van het organischestofgehalte. Deze tabel is in hoofdzaak bedoeld voor het weergeven van het loss on ignition-gehalte (LOI). Het kan echter ook een benadering geven van het organischestofgehalte (OS) als er op het LOI-gehalte een ijzer- en lutum-correctie wordt toegepast. Of de weergegeven waarde onder 'Bepaling organischestofgehalte' het LOI of het OS betreft, wordt dus bepaald door de aanduiding Ja of Nee bij de 'lutumcorrectie toegepast' en bij de 'vrij ijzercorrectie toegepast'.



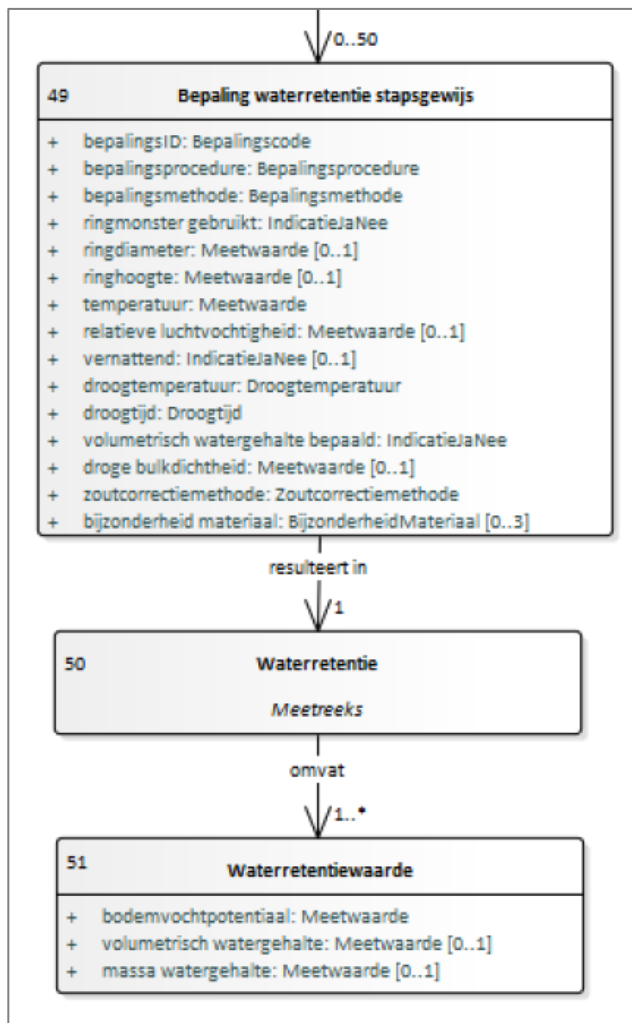
Figuur 4.6 Tabellen in de structuur voor hydrofysische gegevens in de BRO met krimpgegevens, met name van belang voor veen- en kleigronden. Bepalingen kunnen uitgevoerd worden met de methode van Bronswijk via de Wet van Archimedes, met de lasermethode, met de cameramethode of met de schuifmaat. Uit de gegevens van (45) kunnen de gebruikelijke krimpkarakteristieken worden afgeleid, bijvoorbeeld de karakteristiek waarin de poriënverhouding is uitgezet tegen de vochtverhouding (Eng: void- en moist-ratio). Een parameter die nog in (45) geïmplementeerd moet worden, is de indicatie of het een waarde betreft die is bepaald bij een waterverzadigde, stoofdroke of tussenliggende toestand van het grondmonster.



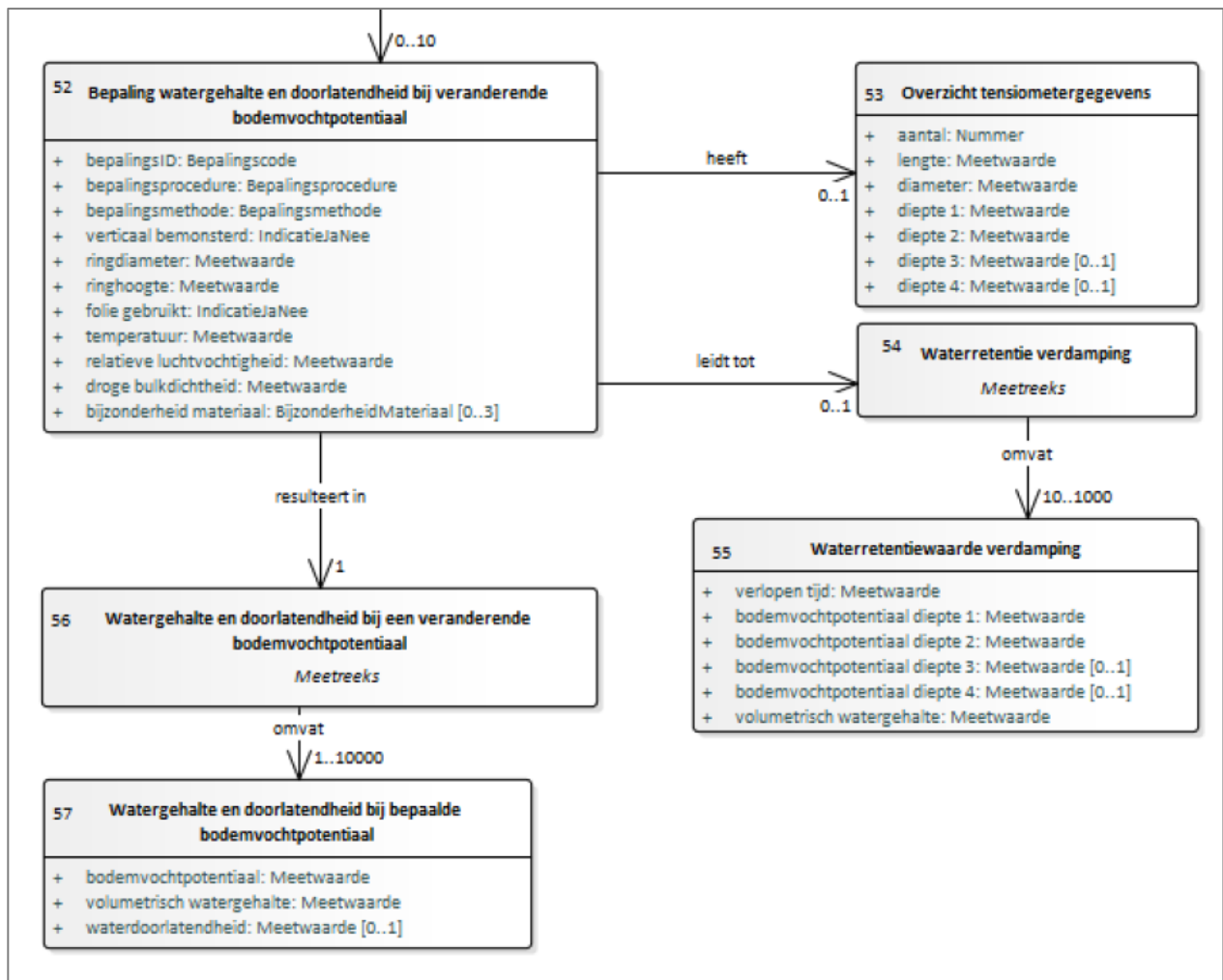
Figuur 4.7 Tabel in de structuur voor hydrofysische gegevens in de BRO met de droge bulkdichtheid van zowel de zandbakmethode als de verdampingsmethode of andere voorkomende methoden. Bijzonderheid materiaal kan zijn: geaggregeerd, scheur, wormgat of geen. Als er niets is ingevuld, is niet bekend of er al dan niet een bijzonderheid is geconstateerd.



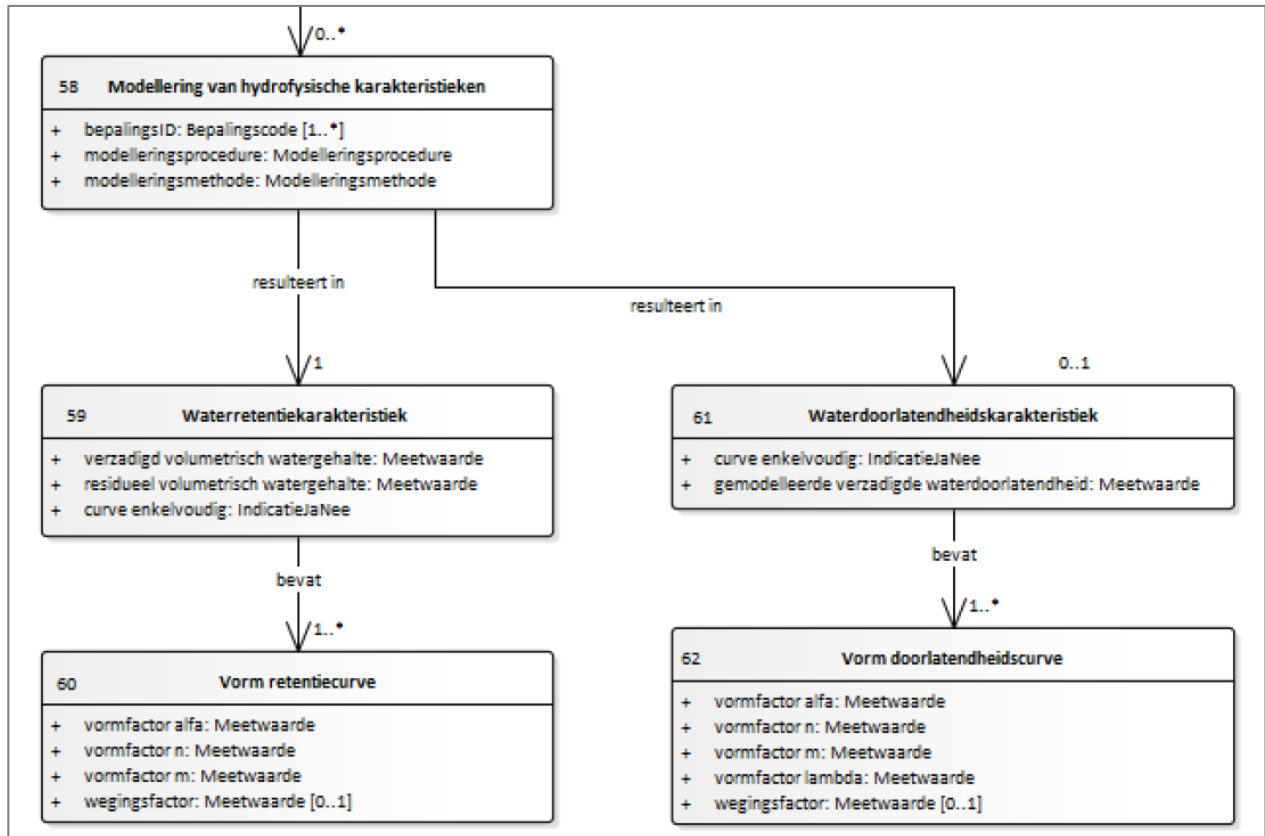
Figuur 4.8 Tabellen in de structuur voor hydrofysische gegevens in de BRO met de verzadigde waterdoorlatendheid (46) en doorlatendheid bij kleine zuigspanningen (48) die stapsgewijs zijn bepaald (dus niet via de continue verdampingsmethode).



Figuur 4.9 Waterretentiewaarden die stapsgewijs zijn bepaald (dus niet via de continue verdampingsmethode).



Figuur 4.10 Waterretentie en onverzadigde waterdoorlatendheid: reeksen die verkregen zijn via de verdampingsmethode. Het betreft hier alleen de meetcondities (52 en 53) en verkregen ruwe retentiegegevens met volumetrisch watergehalte van het totale monster (54 en 55). De puntenreeksen die vervolgens via de Instantaneous Profile Method (IPM-methode) daarvan is afgeleid, is weergegeven in (56 en 57).



Figuur 4.11 Mualem-Van-Genuchten fit-parameters die zijn afgeleid van zowel de verdampingsmethode (Figuur 4.10) als van de retentiegegevens (Figuur 4.9) als van de waterdoorlatendheid (Figuur 4.8).

5 Conclusies en Aanbevelingen

5.1 Conclusies

In het kader van het meerjarige traject 'Bodemhydrofysica' als onderdeel van het Programma BRO in de WOT Natuur & Milieu, zijn in 2021 de volgende werkzaamheden verricht voor de dataverzameling van hydrofysische gegevens van de bodem in Nederland:

- Het in samenwerking met andere projecten verzamelen van nieuwe data die afgeleid zijn van grondmonsters op 25 locaties in Nederland. Van 300 monsters zijn nu grote aantallen waarnemingen in meetreeksen per monster beschikbaar (ten opzichte van 240 monsters bij de update uit 2019).
- Het opzetten en implementeren van een datastructuur voor hydrofysische gegevens in de BRO. De structuur is in dit rapport weergegeven.
- Er is gewerkt aan het dusdanig vormgeven van de aanwezige data dat deze opgenomen kunnen worden in de BRO.
- BIS bevatte tot voor kort nog een datastructuur voor hydrofysische gegevens die niet goed aansloot bij de BRO. Om de doorvoer van hydrofysische gegevens van de BIS naar de BRO soepel te kunnen laten verlopen, is nu, parallel aan de opzet van de datastructuur van BRO, gekozen voor een BIS-structuur die daar zo veel mogelijk bij aansluit. BIS is wat flexibeler opgezet, waardoor er meer gegevens een plek kunnen krijgen. Bovendien geeft het mogelijkheden voor commentaarvelden.

5.2 Aanbevelingen

Uitbreiding gegevens

In dit rapport is aangegeven dat er van 300 monsters grote meetreeksen beschikbaar zijn. Het verdient aanbeveling om het aantal monsters en het aantal monsterlocaties verder uit te breiden. De prioritering voor nieuwe monsters ligt bij het vullen van de niet, of onvoldoende, in het veld aangetroffen opschalingseenheden, waaronder de nog ontbrekende opschalingseenheid 'kleiig silt' en de weinig vertegenwoordigde Staringreeks-bouwstenen (Bovengronden B11: matig zware klei en B15: weinig zand).

Een hiaat in de meetreeksen is nog de waterdoorlatendheid nabij verzadiging. Er is nog weinig bekend over dit meettraject, wat onzekerheden geeft bij de modellering van hydrologische onderzoeken. Bij WENR is daarom in het verleden gestart met de ontwikkeling van de k50-methode. Het wordt aanbevolen om deze methode verder af te maken en te valideren.

De 'traditionele' manier om deze gegevens in het veld en in het laboratorium te bepalen, onder andere door het nemen van ringmonsters, is arbeidsintensief. Daarom wordt aanbevolen om meer aandacht te schenken aan de ontwikkeling van nieuwe en snellere technieken. Daarvan moet nog wetenschappelijk aangetoond worden dat zij de hydrofysische bodemeigenschappen in kaart kunnen brengen. Er zijn waardevolle perspectieven, bijvoorbeeld:

- De ontwikkeling van de gammaspectrometer. Deze meet de van nature aanwezige radioactieve straling van de bodemfracties in klei, silt en zand in de bodem, en geeft daarmee een schatting van de grove textuurverdeling, onderverdeeld in lutum-, silt- en zandfracties. De methode moet verder worden ontwikkeld voor gebruik op grotere diepten en moet verder worden gevalideerd.
- De cosmic-ray neutron sensor voor het meten van het vochtgehalte.
- Mid Infra Red (MIR) voor het meten van organische stof en textuur. Deze moet daarvoor nog worden gevalideerd voor Nederlandse gronden.
- Remote Sensing door deze niet zelfstandig gebruiken, maar in combinatie met nauwkeurige conventionele methoden. Zelfstandig zijn ze te onnauwkeurig, maar in combinatie met labmethoden kunnen ze van waarde blijken te zijn.

Aanbevolen wordt om in eerste instantie te focussen op de gammaspectrometer. Het blijkt in de praktijk dat het beter is om één methode gebruiksklaar en gevalideerd te hebben dan om meerdere methoden tegelijkertijd te ontwikkelen waarvan de uitkomst steeds te onzeker blijkt.

Ontsluiting van hydrofysische gegevens

De hydrofysische gegevens in BIS worden in 2022 ook grotendeels publiek openbaar gemaakt vanuit het BRO-loket. Niet alle gegevens kunnen daarbij naar de BRO overgezet worden in verband met sommige restricties die de BRO aan de gegevens stelt. Het portaal Bodemdata.nl heeft momenteel nog geen mogelijkheden om de hydrofysische gegevens te bekijken. Wel is daar de Bodemfysische Eenheden Kaart (BOFEK2020; zie ook paragraaf 1.6) in te zien.

De datastructuur voor hydrofysische gegevens wordt in 2022 afgerond. Dat is ook het jaar waarin de gegevens ontsloten gaan worden. Het wordt aanbevolen om in de volgende rapportage aandacht te schenken aan de wijze waarop de data door gebruikers kunnen worden opgevraagd met een aantal voorbeeldscripts en welke rol WENR en BRO daarin moeten hebben. Daarnaast wordt aanbevolen om te monitoren in welke vorm gebruikers de data graag gebruiken.

Zodra ook hydrofysische gegevens opgenomen zijn in de lijst van te verwerven gegevens voor INSPIRE (zie Bijlage 12), kunnen de gegevens van de BRO daaraan worden aangeboden. Harmonisatie van Europese en globale standaarden voor hydrofysische bepalingen en gegevens gebeurt in de SOPHIE- en GLOSOLAN-initiatieven (zie Bijlage 12). Wij bevelen aan om vanuit dit doorlopende project actief betrokken te zijn bij deze ontwikkelingen.

Gemiddelde karakteristieken, de Staringreeks en BOFEK

In 2018 is er op basis van nieuwe informatie van hydrofysische gegevens in BIS een update gemaakt van de Staringreeks. In 2020 is daarmee de nieuwe BOFEK-kaart afgeleid. Het is wenselijk om deze updates op regelmatige basis uit te voeren. Als de wijzigingen echter te vaak worden doorgevoerd, kan verwarring ontstaan bij gebruik in verschillende onderzoeken. Daarom wordt aanbevolen om updates eens in de vijf jaar uit te voeren en om zowel de Staringreeks als BOFEK onderdeel te laten uitmaken van de BRO zodat deze makkelijker toegankelijk worden.

De update van de Staringreeks is vanwege de onderlinge vergelijkbaarheid uitgevoerd op basis dezelfde uitgangspunten en afhankelijke variabelen als waarmee de vorige Staringreeks is afgeleid. Het verdient aanbeveling om met statistische modellen te onderzoeken of er andere of betere afhankelijkheden bestaan tussen de verschillende nieuw ingewonnen hydrofysische gegevens. Daarmee kan inzichtelijk worden gemaakt of een andere aanpak wellicht tot betere gemiddelde karakteristieken zou leiden. Een voorbeeld is om te kijken naar de relatie tussen delen van de textuurgegevens en delen van de retentiekarakteristiek. Nu wordt nog gekeken naar gehele karakteristieken, waardoor specifieke afhankelijkheden misschien over het hoofd worden gezien. Door deze opsplitsing kunnen in eerste instantie meer variabelen ontstaan voor het afleiden van een nieuwe gemiddelde (Staring)reeks, maar deze kunnen later op basis van prioritering weer worden teruggebracht naar minder variabelen.

Literatuur

Bakker, G., M. Heinen, H.P.A. Gooren, W.J.M. de Groot, P.D. Peters (2020). Hydrofysische gegevens van de bodem in de Basisregistratie Ondergrond (BRO) en het Bodemkundig Informatie Systeem (BIS); Update 2019. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-technical report 186.

<https://edepot.wur.nl/526509>

Basis Registratie Ondergrond: <https://basisregistratieondergrond.nl/>

Beter Bodembeheer: <https://www.beterbodembeheer.nl/nl/beterbodembeheer/themas/Verdichting-ondergrond.htm>

Bodemfysische Eenheden Kaart (BOFEK2020)-1: <https://www.wur.nl/nl/show/Bodemfysische-Eenhedenkaart-BOFEK2020.htm>

Bodemfysische Eenheden Kaart (BOFEK2020)-2: <https://bodemdata.nl/themakaarten>

BRO Bodemkundig booronderzoek <https://www.bro-productomgeving.nl/bpo/latest/bodem-en-grondonderzoek/booronderzoek-bhr/bodemkundig-booronderzoek-bhr-p>

BRO Bodemkundig wandonderzoek: <https://docs.geostandaarden.nl/bro/sfr/>

Bronswijk, J. J. B. (1986). *Handleiding voor het bepalen van het zwel- en krimpvermogen van een bodem.* (Nota / Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding; No. 1719). I.C.W.
<https://edepot.wur.nl/253223>

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.

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.

Erkens, Gilles, Sanneke van Asselen, Saskia Hommes-Slag, Roel Melman, Henk Kooi, Harry van Essen, Merit van den Berg, Ralf Aben, Christian Fritz, Coline Boonman, Mandy Velthuis, Tom Heuts, Reinder, Nouta, Rudi Hessel, Daniël van de Craats, Harry Massop, Paul Gerritsen, Jordy van 't Hull, Gerard Velthof, Jan van den Akker, Karel van Houwelingen, Ype van der Velde, Jim Boonman, Ron Lootens, Merit van den Berg, Ko van Huissteden, Mariet Hefting, Ronald Hutjes, Bart Kruijt, Sarah Faye Harpenslager, Gijs van Dijk, Bas van de Riet, Fons Smolders, (2021). Nationaal Onderzoeksprogramma Broeikasgassen Veenweiden (NOBV) - Data-analyse 2020-2021. Samenwerking tussen Deltares, Utrecht/Delft, Radboud Universiteit Nijmegen, Nijmegen, Wageningen Environmental Research, Wageningen, Vrije Universiteit Amsterdam, Amsterdam, Universiteit Utrecht, Utrecht, Wageningen Universiteit, Wageningen, Onderzoekcentrum B-Ware, Nijmegen

EU Bodemstrategie: <https://ecer.minbuza.nl/-/europese-commissie-presenteert-vernieuwe-bodemstrategie>

EU Mission Area on Soil Health and Food: <https://www.sieusoil.eu/mission-area-soil-health-and-food/>

Gemeenschappelijk landbouwbeleid (GLB): <https://www.rvo.nl/onderwerpen/agrarisch-ondernemen/glb/nieuw-glb>

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.

Global Soil Partnership: <https://www.fao.org/global-soil-partnership/en/>

GLOSOLAN: <https://www.fao.org/global-soil-partnership/glosolan/en/>

Haverkamp, R., C. Zammit, F. Bouraoui, K. Rajkai, J.L. Arrúe, and N. Heckmann, (1998). GRIZZLY, Grenoble Catalogue of Soils: Survey of soil field data and description of particle-size, soil water retention and hydraulic conductivity functions. Laboratoire d'Etude des Transferts en Hydrologie et Environnement (LTHE), Grenoble Cedex 9, France.

Heinen, M., P. Dik, J. Cruijsen, (2021). Aanpassing en toepassing SWAP gericht op bodem en hydrologische maatregelen. Deelrapport thema Bewuste Bodem in onderzoeksprogramma Lumbricus. WENR rapport 3059, Wageningen Environmental Research. <https://edepot.wur.nl/541561>

Heinen, M., F. Brouwer, K. Teuling, D. Walvoort, (2021). BOFEK2020 – Bodemfysische schematisatie van Nederland; Update bodemfysische eenhedenkaart. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3056.

Heinen, M., G. Bakker, J.H.M. Wosten, (2020). Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: de Staringreeks – Update 2018. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 2978

HYPRESS: <https://www.hutton.ac.uk/learning/natural-resource-datasets/hypres>

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.

INSPIRE: <https://inspire.ec.europa.eu/>

KLIMAP: <https://www.klimap.nl/>

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, M. Heinen, (2011). Aanvullende bodemfysische gegevens voor BIS-Nederland. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2245

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.

Leij, F.J., W.J. Alves, M.Th. van Genuchten, and J.R. Williams, (1996). The UNSODA-Unsaturated Soil Hydraulic Database. User's Manual Version 1.0. Report EPA/600/R-96/095. National Risk Management Research Laboratory, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH.

Lumbricus: <https://www.programmalumbricus.nl>

Mualem, Y. (1976). A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. Israel. Water Resources Research, Vol. 12, No. 3.

Nemes, A., M.G. Schaap, F.J. Leij, J.H.M. Wösten. 2001. Description of the unsaturated soil hydraulic database UNSODA version 2.0. Journal of Hydrology 251: 151-162.

NEN 5754:2014 nl. Bodem - Berekening van het gehalte aan organische stof volgens de gloeiverliesmethode.

NOBV: <https://www.nobveenweiden.nl/>

Peters, A. (2013). Simple consistent models for water retention and hydraulic conductivity in the complete moisture range. *Water Resources Research* 49: 6765-6780.

ROSETTA: <https://cals.arizona.edu/research/rosetta/>

Schaap, M.G., F.J. Leij, M.Th. van Genuchten. 2001. ROSETTA: a computer program for estimating soil hydraulic parameters with hierarchical pedotransfer functions. *Journal of Hydrology* 251: 163-176. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(01\)00466-8](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(01)00466-8)

Soil Heroes: <https://www.soilheroesfoundation.com/projects/water-retention-proof-of-practice/>

SOPHIE: <https://www.wur.nl/en/article/Soil-Program-on-Hydro-Physics-via-International-Engagement-SOPHIE.htm>

UNSODA: <https://data.nal.usda.gov/dataset/unsoda-20-unsaturated-soil-hydraulic-database-database-and-program-indirect-methods-estimating-unsaturated-hydraulic-properties>

Verzandvoort, S., H. Vroon, J. Wesseling, G. Bakker, K. Oostindie, G. Stoffelsen, N. Heidema en G. Heuvelink, (2011). Programma Actualisatie BIS (BO-01-00-2). Deelproject Actualisatie Staringreeks. Wageningen, Alterrapport 2238.

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.

Watson, K.K. (1966). An instantaneous profile method for determining the hydraulic conductivity of unsaturated porous materials. *Water Resour. Res.* 2, 709-715.

Wet Basis Registratie Ondergrond: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0037095/2020-01-01>

Wilhelminakanaal Tilburg: <https://www.wur.nl/nl/show/Bodemkundige-informatie-en-grote-infrastructurele-werken-Gerben-Bakker-WENR-en-Leon-TiggelmanJohn-Kimenai-Heijmans.htm>

Wosten, J.H.M., A. Lilly, A. Nemes, C.I. Bas. 1999. Development and use of a database of hydraulic properties of European soils. *Geoderma* 90: 169-185. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(98\)00132-3](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(98)00132-3)

Niet gepubliceerde bronnen

Heinen, M. en G. Bakker (2016a). Hydrofysische bodemgegevens: voorkeursmethoden. Interne notitie. Wageningen Environmental Research (Alterra).

Verantwoording

WOT-technical report: 216

BAPS-projectnummer: WOT-04-013-006

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu (WOT N&M) hecht grote waarde aan de kwaliteit van zijn eindproducten. Een review van de rapporten op wetenschappelijke kwaliteit door een referent maakt standaard onderdeel uit van ons kwaliteitsbeleid.

Dit doorlopende project wordt continu afgestemd met onderzoekers en karteerders (van bodem, grondwater, geomorfologie) binnen Wageningen Environmental Research (WENR). De inhoud wordt zo veel mogelijk op standaardwijze verkregen en voorbereid voor opname in de BRO (2022). De detaillering van de datastructuur is dit jaar met TNO vormgegeven en vastgelegd. Er vindt ook op EU-niveau afstemming plaats via SOPHIE en internationaal via GLOSOLAN ten aanzien van harmonisatie van gegevens. 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 (Dorothee Tol-Leenders).

De auteurs bedanken alle direct- en indirect betrokkenen voor hun bijdrage aan het tot stand komen van deze rapportage, zoals ook vermeld in het voorwoord.

Akkoord referent

functie: projectmedewerker

naam: Simone Verzandvoort

datum: 3-12-2021

Akkoord Extern contactpersoon

functie: senior beleidsmedewerker

naam: Frans Lips

datum: 28-1-2022

Akkoord Intern contactpersoon

naam: Dorothee van Tol

datum: 28-1-2022

Bijlage 1 Enkele internationale databases met hydrofysische gegevens

Enkele databases die ook hydrofysische gegevens bevatten (Glinski et al., 2011).

Databases of Soil Physical and Hydraulic Properties, Table 1 Selected characteristics of international soil physical and hydraulic databases

	UNSODA	GRIZZLY	NRCS-NSSC	HYPRES	IGBP-DIS	WISE (version 3.1)
Reference	Leij et al., 1996, Nemes et al., 2001	Haverkamp et al., 1998	Soil Survey Staff, 1997	Wösten et al., 1999	Tempel et al., 1996	Batjes, 2008
Approx. database size	790	660	>100,000	5,521	>100,000	>48,000
Number of tables	36	4	23 (varies with issuance)	6	1	7
Resource area	Worldwide	Mostly Europe, USA	Mostly USA	Europe (West)	Worldwide	Worldwide
Tropical soils	Very few	Very few	Few	No	Yes	Yes
Methodology	Mixed	Mixed	Uniform	Mixed	Mixed	Mixed
Water retention [θ(h)]	Yes	Yes	Yes (limited points)	Yes	Yes	Yes
Saturated conductivity [K(s)]	Yes	Some	No	Yes	No	No (some in version 1.1)
Unsaturated conductivity [K(θ)]	Yes	Some	No	Yes	No	No
Field soil hydraulic data	Yes	No	No	No	No	No
Availability of database	Free	Free	Free	Limited	Free	Free
Strength	Field hydraulic data available	Detailed θ(h) data	Database size, uniform methodology	Most K(s) and K(θ)	Tropical data	Tropical data
Weakness	Database size	Database size, ease of availability	Limited q(h) points, no K(s), K(θ)	Limited access/availability	Limited θ(h) points, no K(s), K(θ)	Limited θ(h) points, no K(s), K(θ)
Notes	Built-in reporting with graphics	Three countries and one U.S. state dominate	Different measurement conditions exist	Sample geographic distribution varies	Includes much of NRCS-NSSC	Earlier versions stored θ(h) at more pressures

Bijlage 2 Bodemkundige basisgegevens van monsters na update 2019

In de volgende tabel worden de enkele gemeten basisgegevens weergegeven van grondmonsters die geanalyseerd zijn in de periode na de update 2019 (Bakker et al., 2020). Met deze gegevens kan de grondsoortbenaming worden afgeleid. In de afgelopen twee jaar zijn er door corona achterstanden opgelopen in de laboratoria, waardoor sommige textuurbepalingen nog op zich laten wachten. Deze zijn weergegeven met een 'PM'-indicatie en worden in een later stadium alsnog aangevuld.

MIN	<i>Monster Identificatie Nummer</i>
BoKa	<i>Code Bodemkundige Karakterisering (Bijlage 9)</i>
Fracties	<i>Lutum, Silt, Leem en M50 gebaseerd op massafracties van de granulaire (=minerale) delen; Fractie organisch Stof (OS) gebaseerd op massafracties in het bulkvolume (inclusief minerale delen >2000 µm, kalk, ijzer en organische stof) en berekend volgens de NEN5754: $OS = LOI\% - 0,07 * Lut\% - 0,12 * Fe\%$ (laatste term is 0 verondersteld, volgens NEN5754 alleen meegenomen als gehalte vrij ijzer 'Fe%' >5%)</i>
Veldschatting	<i>Alleen aangegeven als de waarden betrekking hebben op veldschattingen. In de overige gevallen betreft het laboratoriumbepalingen.</i>

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)	
10199	211	30.0	50.0	-	-	21.1	Lu, Si
10200	152	15.0	30.0	-	-	92.9	Lu, Si
10201	152	2.0	5.0	-	-	95.1	Lu, Si
10202	211	30.0	50.0	-	-	20.8	Lu, Si
10203	152	5.0	10.0	-	-	92.9	Lu, Si
10204	211	34.0	50.0	-	-	14.8	Lu, Si
10205	152	2.0	6.0	-	-	84.4	Lu, Si
10206	111	34.0	50.0	-	-	12.9	Lu, Si
10207	111	4.0	10.0	-	-	82.4	Lu, Si
10208	111	4.0	8.0	-	-	53.9	Lu, Si
10209	111	2.0	5.0	-	-	93.5	Lu, Si
10210	131	2.0	4.0	-	-	89.0	Lu, Si
10211	111	4.0	8.0	-	-	59.2	Lu, Si
10212	111	2.0	4.0	-	-	93.1	Lu, Si
10213	692	3.1	4.8	7.9	184	4.1	
10214	692	2.5	5.2	7.7	184	4.7	
10215	692	2.6	4.3	6.9	187	3.9	
10216	411	3.5	4.9	8.4	185	5.0	
10217	692	2.3	4.5	6.8	182	4.9	
10218	692	3.1	4.0	7.1	185	4.2	
10219	692	3.0	4.5	7.5	186	3.2	
10220	692	2.6	4.4	7.0	189	3.5	
10221	692	2.8	3.9	6.7	189	3.4	
10222	411	2.9	4.5	7.4	184	3.5	
10223	692	2.6	4.9	7.5	181	3.7	
10224	411	1.7	4.7	6.4	183	3.9	
10225	411	1.3	0.8	2.1	182	0.3	
10226	411	0.3	1.4	1.7	187	0.4	
10227	411	1.0	0.2	1.2	191	0.2	
10228	411	0.4	1.6	2.0	176	0.6	
10229	211	PM	PM	PM	PM	12.4	
10230	111	PM	PM	PM	PM	51.1	

MIN	BoKa	Fracties (%)					Veldschatting (Lu, Si, Le, M50, OS)
		Lutum	Silt	Leem	M50	OS	
		(0-2 um)	(2-50 um)	(0-50 um)	(mm)	(g/g)	
10231	131	PM	PM	PM	PM	81.8	
10232	211	PM	PM	PM	PM	16.5	
10233	111	PM	PM	PM	PM	16.3	
10234	131	PM	PM	PM	PM	63.3	
10235	111	PM	PM	PM	PM	32.6	
10236	120	PM	PM	PM	PM	71.7	
10237	120	PM	PM	PM	PM	79.3	
10238	111	PM	PM	PM	PM	28.4	
10239	120	PM	PM	PM	PM	91.0	
10240	120	PM	PM	PM	PM	74.4	
10241	211	PM	PM	PM	PM	14.8	
10242	111	PM	PM	PM	PM	60.7	
10243	152	PM	PM	PM	PM	92.8	
10244	211	PM	PM	PM	PM	15.7	
10245	111	PM	PM	PM	PM	77.1	
10246	152	PM	PM	PM	PM	94.4	
10247	693	2.0	3.4	5.4	175	5.0	
10248	411	1.4	4.2	5.6	173	3.1	
10249	411	0.7	0.6	1.3	171	0.3	
10250	693	2.0	1.4	3.4	175	3.6	
10251	411	2.3	2.7	5.0	182	2.4	
10252	411	0.2	1.0	1.2	165	0.3	
10253	211	PM	PM	PM	PM	4.3	
10254	211	PM	PM	PM	PM	1.6	
10255	211	14.1	20.3	34.4	1025	1.5	
10256	211	3.6	5.8	9.4	1025	0.7	
10257	211	21.2	28.5	49.7	1025	2.3	
10258	211	9.0	14.1	23.1	1025	0.7	
10259	211	PM	PM	PM	PM	5.0	
10260	211	PM	PM	PM	PM	8.0	
10261	321	51.9	33.4	85.3	128	6.2	
10262	321	53.4	34.5	87.9	125	5.1	
10263	112	2.5	5.1	7.6	204	9.4	
10264	112	2.2	4.7	6.9	204	10.3	
10265	211	PM	PM	PM	PM	1.0	
10266	211	PM	PM	PM	PM	0.8	

Bijlage 3 Afgeleide bodemkundige gegevens van monsters na update 2019

In de volgende tabel worden de gemeten afgeleide bodemkundige gegevens van bodemonsters die geanalyseerd zijn in de periode na de update 2019 (Bakker et al., 2020). De in deze tabel weergegeven 'Afgeleide bodemkundige gegevens' zijn rechtstreeks afgeleid van de 'Bodemkundige Basis Gegevens', waardoor ook hierop de 'PM'-indicaties betrekking hebben. Zij worden in een later stadium alsnog aangevuld.

MIN	Monster Identificatie Nummer
Hoofdingdeling	Afzettingssmilieu OE38-code van 'De 38 opschalingseenheden' van Bijlage 8: Moerig_Mineraal (MM), Moerig (Mo), Mineraal (Mi), Eolisch (E), of niet-Eolisch (nE). De meeste afzettingssmilieus kunnen op basis van de BoKa-code (geocode) worden vastgesteld. Om echter alle afzettingssmilieus te kunnen vaststellen is ook een meting van het lutumgehalte en het organischestofgehalte nodig
Moerig_Mineraal	Code volgens bijlage 'De 38 opschalingseenheden': indeling naar OS
Eolisch	Code volgens bijlage 'De 38 opschalingseenheden': indeling naar leemfractie
Niet-Eolisch	Code volgens bijlage 'De 38 opschalingseenheden': indeling naar lutumfractie
Totale benaming	Afgeleid van de Bodemkundige Basisgegevens

MIN	Hoofd-indeling	Moerig_Mineraal	Eolisch	niet-Eolisch	Totale benaming	O.b.v. veldschatting (Ja)
10199	nE	zH		IK	zeer humeus, lichte klei	Ja
10200	MM	V			veen-spalterveen	Ja
10201	MM	V			veen-overig veenmosveen	Ja
10202	nE	zH		IK	zeer humeus, lichte klei	Ja
10203	MM	V			veen-overig veenmosveen	Ja
10204	nE	zH		IK	zeer humeus, lichte klei	Ja
10205	MM	V			veen-overig veenmosveen	Ja
10206	MM	zH		IK	zeer humeus lichte klei	Ja
10207	MM	V			veen-overige	Ja
10208	MM	V			veen-overige	Ja
10209	MM	V			veen-overige	Ja
10210	MM	V			veen-mesotroof broekveen	Ja
10211	MM	V			veen-overige	Ja
10212	MM	V			veen-overige	Ja
10213	E	mH	laZ		matig humeus, leemarm matig fijn zand	
10214	E	mH	laZ		matig humeus, leemarm matig fijn zand	
10215	E	mH	laZ		matig humeus, leemarm matig fijn zand	
10216	E	zH	laZ		zeer humeus, leemarm matig fijn zand	
10217	E	mH	laZ		matig humeus, leemarm matig fijn zand	
10218	E	mH	laZ		matig humeus, leemarm matig fijn zand	
10219	E	mH	laZ		matig humeus, leemarm matig fijn zand	
10220	E	mH	laZ		matig humeus, leemarm matig fijn zand	
10221	E	mH	laZ		matig humeus, leemarm matig fijn zand	
10222	E	mH	laZ		matig humeus, leemarm matig fijn zand	
10223	E	mH	laZ		matig humeus, leemarm matig fijn zand	
10224	E	mH	laZ		matig humeus, leemarm matig fijn zand	
10225	E	uHa	laZ		uiterst humusarm, leemarm matig fijn zand	
10226	E	uHa	laZ		uiterst humusarm, leemarm matig fijn zand	
10227	E	uHa	laZ		uiterst humusarm, leemarm matig fijn zand	
10228	E	uHa	laZ		uiterst humusarm, leemarm matig fijn zand	
10229						PM
10230						PM

MIN	Hoofd- indeling	Moerig_ Mineraal	Eolisch	niet- Eolisch	Totale benaming	O.b.v. veldschatting (Ja)
10231						PM
10232						PM
10233						PM
10234						PM
10235						PM
10236						PM
10237						PM
10238						PM
10239						PM
10240						PM
10241						PM
10242						PM
10243						PM
10244						PM
10245						PM
10246						PM
10247	E	zH	laZ		zeer humeus, leemarm matig fijn zand	
10248	E	mH	laZ		matig humeus, leemarm matig fijn zand	
10249	E	uHa	laZ		uiterst humusarm, leemarm matig fijn zand	
10250	E	mH	laZ		matig humeus, leemarm matig fijn zand	
10251	E	mH	laZ		matig humeus, leemarm matig fijn zand	
10252	E	uHa	laZ		uiterst humusarm, leemarm matig fijn zand	
10253	nE	mH		zZ	matig humeus, zware zavel	
10254	nE	zHa		mlZ	zeer humusarm, matig lichte zavel	
10255	nE	mHa		mlZ	matig humusarm, matig lichte zavel	
10256	nE	zHa		kaZ	zeer humusarm, kleiarm zeer grof zand	
10257	nE	mH		zZ	matig humeus, zware zavel	
10258	nE	zHa		zlZ	zeer humusarm, zeer lichte zavel	
10259						PM
10260						PM
10261	nE	zH		zzK	zeer humeus, zeer zware klei	
10262	nE	zH		zzK	zeer humeus, zeer zware klei	
10263	E	H	laZ		humusrijk, leemarm matig fijn zand	
10264	E	H	laZ		humusrijk, leemarm matig fijn zand	
10265						PM
10266						PM

Bijlage 4 Belangrijkste veldopnamegegevens monsters na update 2019

<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, opgenomen in het veld tijdens de boorprofielbeschrijving en monstername</i>
<i>Gt</i>	<i>Grondwatertrap, in het veld geschat op basis van reductie- en oxidatieverschijnselen</i>
<i>GHG</i>	<i>Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand</i>
<i>GLG</i>	<i>Gemiddeld Laagste Grondwaterstand</i>

MIN	Monster-naam	Monster-datum	Monsterdiepte (cm-mv)		RD-Coördinaten		StdPntCd	Gt	GHG	GLG
			Van	Tot	X	Y				
10199	KouMD_7-15	12-6-2018	7	15	173465.52	551337.43	1ssp13	IIIb	30	80
10200	KouMD_26-34	12-6-2018	28	36	173465.52	551337.43	1ssp13	IIIb	30	80
10201	KouMD_70-78	12-6-2018	70	78	173465.52	551337.43	1ssp13	IIIb	30	80
10202	KouZD_5-13	12-6-2018	5	13	173465.52	551337.43	1ssp13	IIIb	30	80
10203	KouZD_42-50	12-6-2018	42	50	173465.52	551337.43	1ssp13	IIIb	30	80
10204	AlbMD_8-16	14-6-2018	8	16	189541.98	563097.07	1ssp21	IIa	25	80
10205	AlbMD_68-76	14-6-2018	68	76	189541.98	563097.07	1ssp21	IIa	25	80
10206	AlbZD_9-17	14-6-2018	9	17	189541.98	563097.07	1ssp21	IIa	25	80
10207	AldZD_52-60	14-6-2018	52	60	189541.98	563097.07	1ssp21	IIa	25	80
10208	GerMD_8-16	14-6-2018	8	16	192074.6	560149.36	1vcp17	IIa	20	60
10209	GerMD_48-56	14-6-2018	48	56	192074.6	560149.36	1vcp17	IIa	20	60
10210	GerMD_80-86	14-6-2018	80	86	192074.6	560149.36	1vcp17	IIa	20	60
10211	GerZD_10-18	14-6-2018	10	18	192074.6	560149.36	1vcp17	IIa	20	60
10212	GerZD_45-53	14-6-2018	45	53	192074.6	560149.36	1vcp17	IIa	20	60
10213	B1P5P.1	10-10-2019	5	15	129177.05	405142.51	4s432	VIo	60	130
10214	B1P7S.1	10-10-2019	5	15	129179.53	405154.58	4s432	VIo	60	130
10215	B2P9p.1	10-10-2019	5	15	129207.32	405161.68	c4i432	VIo	60	150
10216	B2P11s.1	10-10-2019	5	15	129205.7	405149.3	2r432	VIo	60	150
10217	B3P22s.1	10-10-2019	5	15	129236.62	405149.08	4s432	VIId	65	0
10218	B3P20p.1	10-10-2019	5	15	129236.94	405137.56	4i432	VIId	80	0
10219	B1P5P.2	15-10-2019	30	40	129177.05	405142.51	4s432	VIo	60	130
10220	B1P7S.2	15-10-2019	25	35	129179.53	405154.58	4s432	VIo	60	130
10221	B2P9p.2	15-10-2019	30	40	129207.32	405161.68	c4i432	VIo	60	150
10222	B2P11s.2	15-10-2019	35	45	129205.7	405149.3	2r432	VIo	60	150
10223	B3P22s.2	15-10-2019	25	35	129236.62	405149.08	4s432	VIId	65	0
10224	B3P20p.2	15-10-2019	30	40	129236.94	405137.56	4i432	VIId	80	0
10225	B2P11s.3	15-10-2019	70	80	129205.7	405149.3	2r432	VIo	60	150
10226	B2P9p.3	15-10-2019	65	75	129207.32	405161.68	c4i432	VIo	60	150
10227	B1P7s.3	15-10-2019	70	80	129179.53	405154.58	4s432	VIo	60	130
10228	B3P20p.3	15-10-2019	70	80	129236.94	405137.56	4i432	VIId	80	0
10229	ZWA_RF10	8-6-2020	10	20	202549.22	516568.36	1sc	IIa	20	70
10230	ZWA_RF27	8-6-2020	27	37	202549.22	516568.36	1sc	IIa	20	70
10231	ZWA_RF45	8-6-2020	45	55	202549.22	516568.36	1sc	IIa	20	70
10232	ZWA_DR8	8-6-2020	8	18	202530.41	516416.56	1sc	IIa	20	70
10233	ZWA_DR20	8-6-2020	20	30	202530.41	516416.56	1sc	IIa	20	70
10234	ZWA_DR75	8-6-2020	75	85	202530.41	516416.56	1sc	IIa	20	70
10235	ZEG_MP15	30-3-2020	15	25	117536.88	461160.23	1db	IIa	20	70
10236	ZEG_MP35	30-3-2020	35	45	117536.88	461160.23	1db	IIa	20	70

MIN	Monster-naam	Monster-datum	Monsterdiepte (cm-mv)		RD-Coördinaten		StdPntCd	Gt	GHG	GLG
			Van	Tot	X	Y				
10237	ZEG_MP55	30-3-2020	55	65	117536.88	461160.23	1db	IIa	20	70
10238	ZEG_RF20	30-3-2020	20	30	117539.38	461028.22	o1db	IIa	10	75
10239	ZEG_RF40	30-3-2020	40	50	117539.38	461028.22	o1db	IIa	10	75
10240	ZEG_RF65	30-3-2020	65	75	117539.38	461028.22	o1db	IIa	10	75
10241	ALB_MS10	1-4-2020	10	20	189534.52	563083.52	1ss	IIIa	10	85
10242	ALB_MS40	1-4-2020	40	50	189534.52	563083.52	1ss	IIIa	10	85
10243	ALB_MS70	1-4-2020	70	80	189534.52	563083.52	1ss	IIIa	10	85
10244	ALB_RF10	1-4-2020	10	20	189686.37	563053.74	1ss	IIIa	15	95
10245	ALB_RF40	1-4-2020	40	50	189686.37	563053.74	1ss	IIIa	15	95
10246	ALB_RF70	1-4-2020	70	80	189686.37	563053.74	1ss	IIIa	15	95
10247	VreP1	4-5-2020	8	18	186904.53	394852.05	2r432	VIo	70	140
10248	VreP2	4-5-2020	33	43	186904.53	394852.05	2r432	VIo	70	140
10249	VreP3	4-5-2020	65	75	186904.53	394852.05	2r432	VIo	70	140
10250	VreW1	4-5-2020	8	18	186921.74	394852.11	2r432	VIo	70	140
10251	VreW2	4-5-2020	33	43	186921.74	394852.11	2r432	VIo	70	140
10252	VreW3	4-5-2020	65	75	186921.74	394852.11	2r432	VIo	70	140
10253	ID3S1K1P27.1	1-1-2020	10	20	87332.372	423434.66	M5p235aF	VIo	60	0
10254	ID3S1K1P27.2	1-1-2020	45	55	87332.372	423434.66	M5p235aF	VIo	60	0
10255	ID12S1K1P1.1	1-1-2020	5	15	87998.654	418036.34	M5p235aF	VIo	50	0
10256	ID12S1K1P1.2	1-1-2020	45	55	87998.654	418036.34	M5p235aF	VIo	50	0
10257	ID26S1K1P13.1	1-1-2020	5	15	87058.048	423191.49	M5p235a	VIo	60	0
10258	ID26S1K1P13.2	1-1-2020	35	45	87058.048	423191.49	M5p235a	VIo	60	0
10259	Kui11	23-9-2020	10	20	184201.73	533866.61	4k4114a	IIIa	25	90
10260	Kui12	23-9-2020	10	20	184201.73	533866.61	4k4114a	IIIa	25	90
10261	Tri12	12-10-2020	13	23	145447.79	436513.75	R4o323c	VIo	45	170
10262	Tri11	12-10-2020	13	23	145447.79	436513.75	R4o323c	VIo	45	170
10263	Grol11	12-11-2020	5	15	238560.04	547954.7	2n433	IIIb	30	110
10264	Grol12	12-11-2020	5	15	238560.04	547954.7	2n433	IIIb	30	110
10265	Baa11	12-11-2020	28	38	192749.74	527124.82	5k4214	VIo	60	150
10266	Baa12	12-11-2020	28	38	192749.74	527124.82	5k4214	VIo	60	150

Bijlage 5 Textuurgegevens van monsters na update 2019

In de afgelopen twee jaar zijn er door corona achterstanden opgelopen in de laboratoria, waardoor sommige textuurbepalingen aan monstermateriaal nog op zich laten wachten. Deze zijn weergegeven met een 'PM'-indicatie en worden in een later stadium alsnog aangevuld. De monsters met indicatie '-' komen niet beschikbaar. In de volgende tabel worden de gemeten textuurgegevens van de monsters weergegeven die geanalyseerd zijn in de periode na de update 2019 (Bakker et al., 2020). 'PM'-indicaties geven nog ontbrekende gegevens aan. Zij worden in een later stadium alsnog aangevuld. De textuurgegevens van deze tabel zijn gebaseerd op gemeten gewichtsfracties (in %) van de minerale delen die kleiner zijn dan 2000 µm. Fracties ten opzichte van minerale delen kunnen (vooral bij organischestof rijke bodemonsters) een vertekend beeld geven als men in de bulkhoeveelheden is geïnteresseerd. In dat geval moeten ook het organischestofgehalte, 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. Organischestoffracties 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
10199	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10201	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10202	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10203	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10204	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10205	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10206	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10207	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10208	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10209	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10210	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10211	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10212	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10213	3.1	2.3	2.5	-	0.7	6.9	-	17.7	-	36.1	27.9	2.7
10214	2.5	1.9	3.3	-	0.7	7.5	-	17.9	-	35.9	27.3	3
10215	2.6	1.4	2.9	-	0.8	6.7	-	15.7	-	37.8	29.1	2.9
10216	3.5	1.4	3.5	-	1	7.3	-	16.9	-	35.7	27.7	3.1
10217	2.3	1.9	2.6	-	0.8	7.3	-	18.6	-	37.4	26.4	2.6
10218	3.1	0.9	3.1	-	0.9	6.3	-	17.8	-	36.8	28	3.1
10219	3	0.9	3.6	-	0.8	6.4	-	17.4	-	35.7	29.2	3
10220	2.6	1.9	2.5	-	0.5	6.4	-	16.8	-	35.4	30.6	3.2
10221	2.8	1.5	2.4	-	0.8	6.4	-	16.1	-	36	30.6	3.5
10222	2.9	1.2	3.3	-	0.8	7.3	-	18.4	-	35.1	27.9	3
10223	2.6	1.7	3.2	-	1	7.7	-	18.1	-	37.6	25.8	2.3
10224	1.7	2.3	2.4	-	0.7	7.2	-	17.5	-	38.6	27.5	2.3
10225	1.3	-0.2	1	-	0.7	7.5	-	19	-	40.5	28	2.2
10226	0.3	1	0.4	-	0.3	6.7	-	16.8	-	41.5	30.7	2.3
10227	1	0.2	0	-	0	3.8	-	15.9	-	44.1	33.7	1.7
10228	0.4	0.8	0.8	-	0.7	9.3	-	21.8	-	39.6	25.1	1.4
10229	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM

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
10230	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM
10231	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM
10232	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM
10233	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM
10234	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM
10235	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM
10236	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM
10237	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM
10238	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM
10239	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM
10240	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM
10241	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM
10242	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM
10243	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM
10244	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM
10245	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM
10246	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM
10247	2	1.1	2.3	-	0.5	10.3	-	21.2	-	36.1	23.9	2.5
10248	1.4	1.4	2.8	-	0.5	10.2	-	22.2	-	37.7	21.8	1.9
10249	0.7	0.5	0.1	-	0.2	11.7	-	23.9	-	38.8	21.8	2.3
10250	2	0.8	0.6	-	0.5	10.2	-	23.2	-	35.1	24.7	2.8
10251	2.3	0.8	1.9	-	0.4	7.2	-	20.7	-	36	27.8	2.8
10252	0.2	0	1	-	0.3	12.1	-	27.2	-	37.9	19.4	1.8
10253	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM
10254	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM
10255	14.1	7.2	13.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10256	3.6	1.2	4.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10257	21.2	11.6	16.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10258	9	5.6	8.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10259	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM
10260	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM
10261	51.9	22.6	10.8	-	1.2	4.8	-	2.8	-	1.8	2.1	2.1
10262	53.4	24.5	10	-	1.7	3.2	-	2.7	-	1.6	1.8	1.2
10263	2.5	1.6	3.5	-	1.6	5.8	-	12	-	29.6	35.8	7.7
10264	2.2	1.7	3	-	1.6	5.8	-	11.9	-	30.6	36.8	6.5
10265	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM
10266	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM

Bijlage 6 Gemeten dichtheden en Ksm, Staringbouwsteen en Gefitte MvG- parameters van monsters na update 2019

Tijdens de meting van de verzadigde waterdoorlatendheid *Ksm* 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 in het laboratorium gemeten verzadigde doorlatendheid (*Ksm*) kan daarom veel groter zijn dan de gefitte modelparameter *Ksf*. *Ksm* stelt de maximale doorlatendheid voor die in de praktijk gehaald kan worden. Meestal wordt *Ksf* in grondwaterstromingsmodellen zoals SWAP gebruikt, omdat daarin de Mualem-vanGenuchten-parameters worden toegepast. Het is niet goed mogelijk om in de modellering de *Ksm*-waarden te gebruiken. Daarom moet men zich bij modelresultaten voor het natte tot verzadigde bereik altijd bewust zijn van de verschillen tussen *Ksm* en *Ksf*.

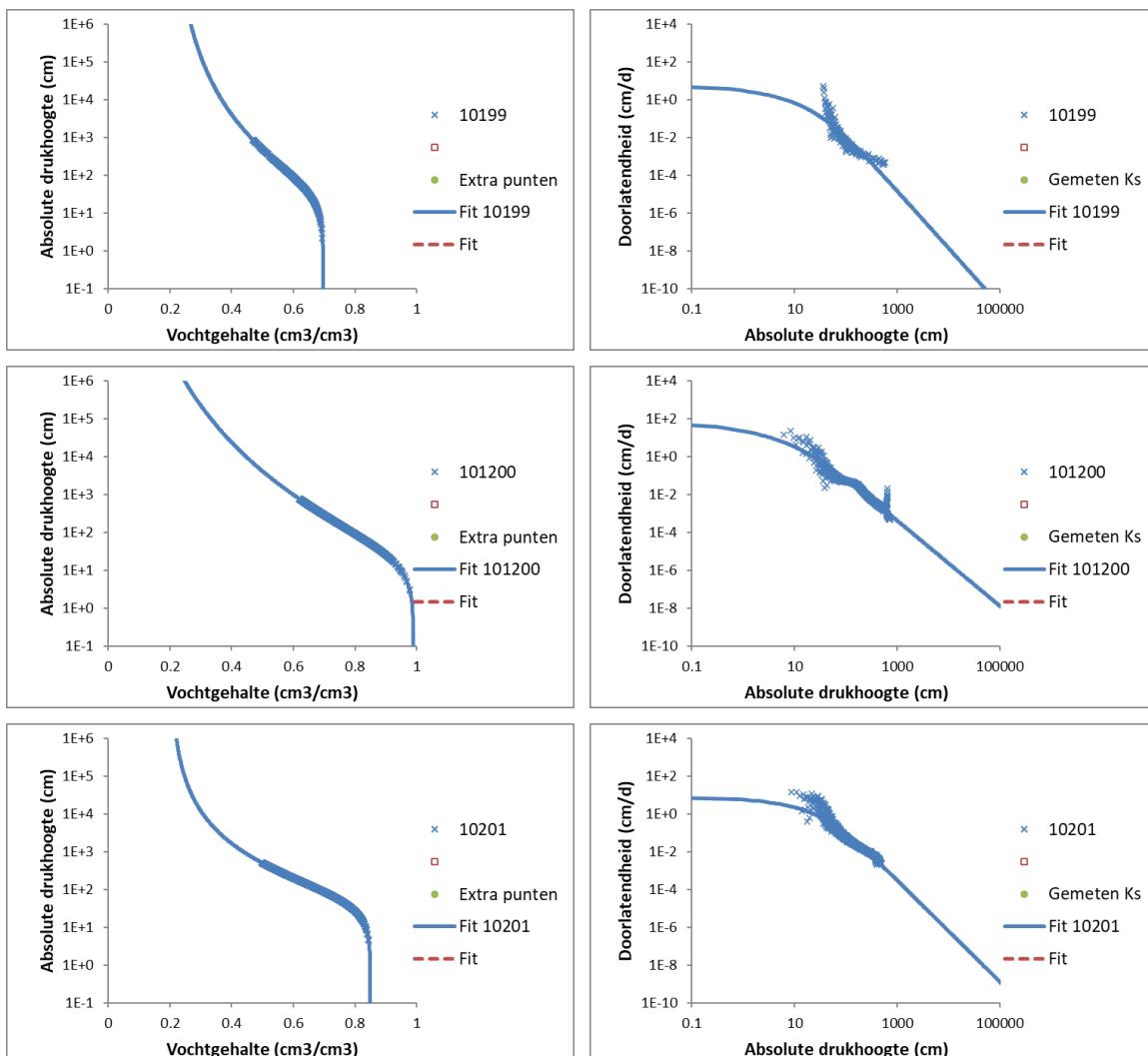
<i>MIN</i>	<i>Monster Identificatie Nummer</i>
<i>B/O</i>	<i>Staringreeks-bouwsteen afgeleid van gemeten waarden. Bij ontbreken van meetwaarden is de bouwsteen niet weergegeven, omdat de gegevens bij onvoldoende gegevens nauwelijks in context kunnen worden beschouwd. B = Bovengrond; O = Ondergrond</i>
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>Ksf</i>	<i>Gefitte verzadigde waterdoorlatendheid (Eng: Fitted saturated water conductivity)</i>
<i>Ksm</i>	<i>Gemeten verzadigde waterdoorlatendheid (Eng: Measured saturated water conductivity). Deze waarde kan ontbreken als er vanuit het project maar beperkt budget voorhanden is.</i>
<i>Rd</i>	<i>Gemeten doge bulkdichtheid (Eng: Dry bulk density)</i>

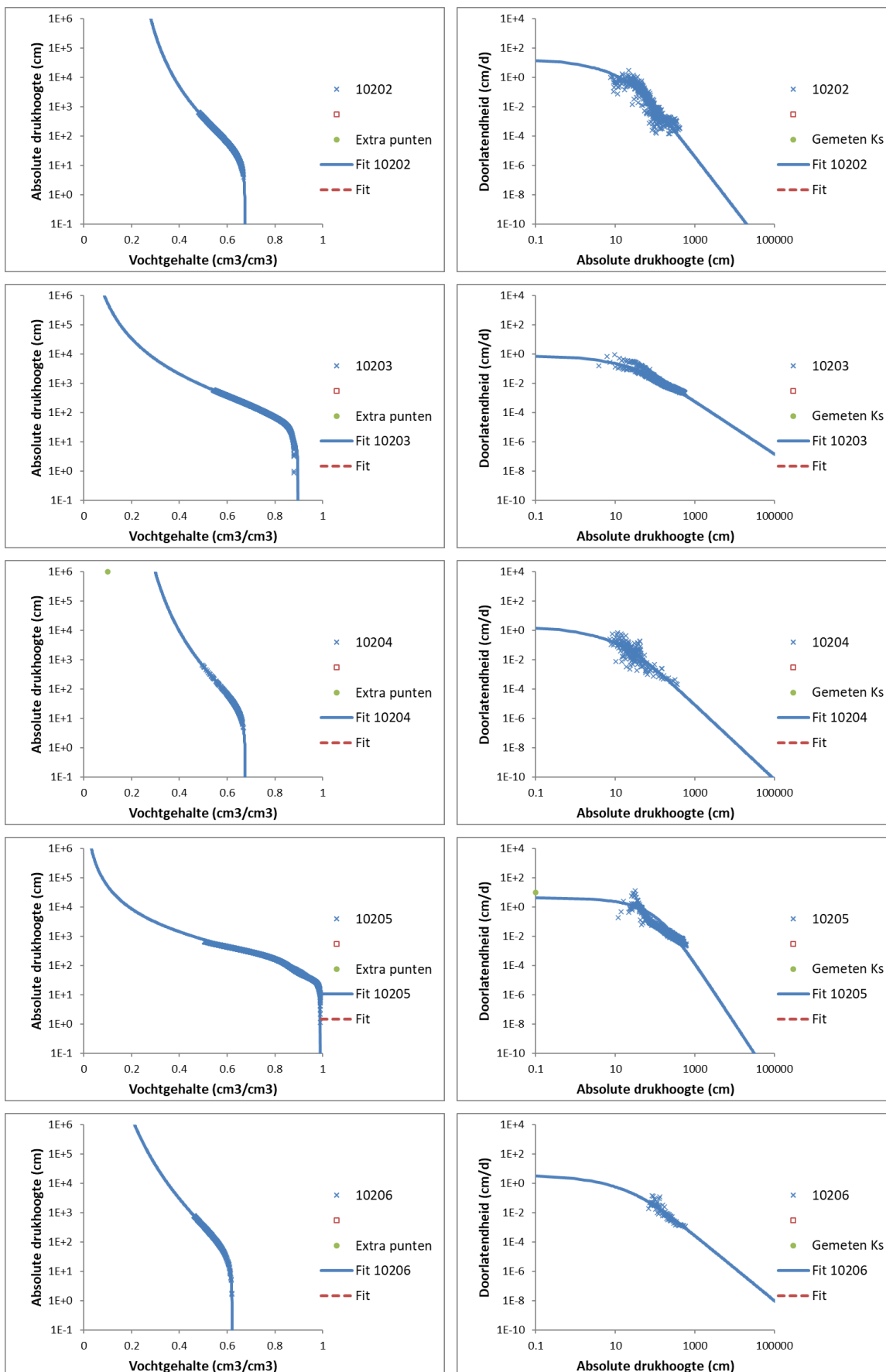
MIN	B/O	θ_r	θ_s	<i>a</i>	<i>n</i>	<i>L</i>	<i>Ksf</i>	<i>Ksm</i>	<i>Rd</i>
		(cm ³ .cm ⁻³)	(cm ³ .cm ⁻³)	(cm ⁻¹)	(-)	(-)	(cm.d ⁻¹)	(cm.d ⁻¹)	(g.cm ⁻³)
10199		0.19774	0.69716	0.02657	1.19276	3.37647	11.9	-	0.807
10200		0.00000	0.95714	0.02325	1.13216	0.00010	20.0	-	0.199
10201		0.19894	0.84966	0.01737	1.34771	0.00010	10.2	-	0.114
10202		0.19917	0.67500	0.03247	1.17008	7.07054	41.8	-	0.844
10203		0.00000	0.89758	0.01189	1.25026	-2.79736	1.2	-	0.137
10204		0.19329	0.67572	0.03802	1.14394	1.79778	5.5	-	0.878
10205		0.00000	0.99000	0.00690	1.39011	3.49595	5.6	-	0.128
10206		0.00878	0.62045	0.01773	1.11225	0.00010	16.1	-	0.906
10207		0.12896	0.92934	0.02127	1.17681	-3.32170	2.6	-	0.171
10208		0.20081	0.76284	0.03086	1.24214	5.65768	35.1	-	0.493
10209		0.00000	0.87257	0.01253	1.19592	1.81970	12.8	-	0.130
10210		0.00000	0.75364	0.09286	1.12047	0.00010	1036.6	-	0.111
10211		0.19997	0.78590	0.01773	1.32131	1.11633	3.3	-	0.432
10212		0.00000	0.98999	0.04950	1.12811	0.00010	214.5	-	0.127
10213	B1	0.03027	0.42000	0.02377	1.78589	1.72516	168.0	188.4	1.318
10214	B1	0.02761	0.45000	0.01984	1.64116	3.54868	227.8	509.5	1.422
10215	B1	0.02211	0.43600	0.01925	1.78269	2.48240	335.8	325.2	1.394
10216	B1	0.06913	0.44500	0.02090	1.67375	4.41231	376.6	479.9	1.346
10217	B1	0.03597	0.43000	0.01654	1.83005	3.11301	72.9	155.1	1.384

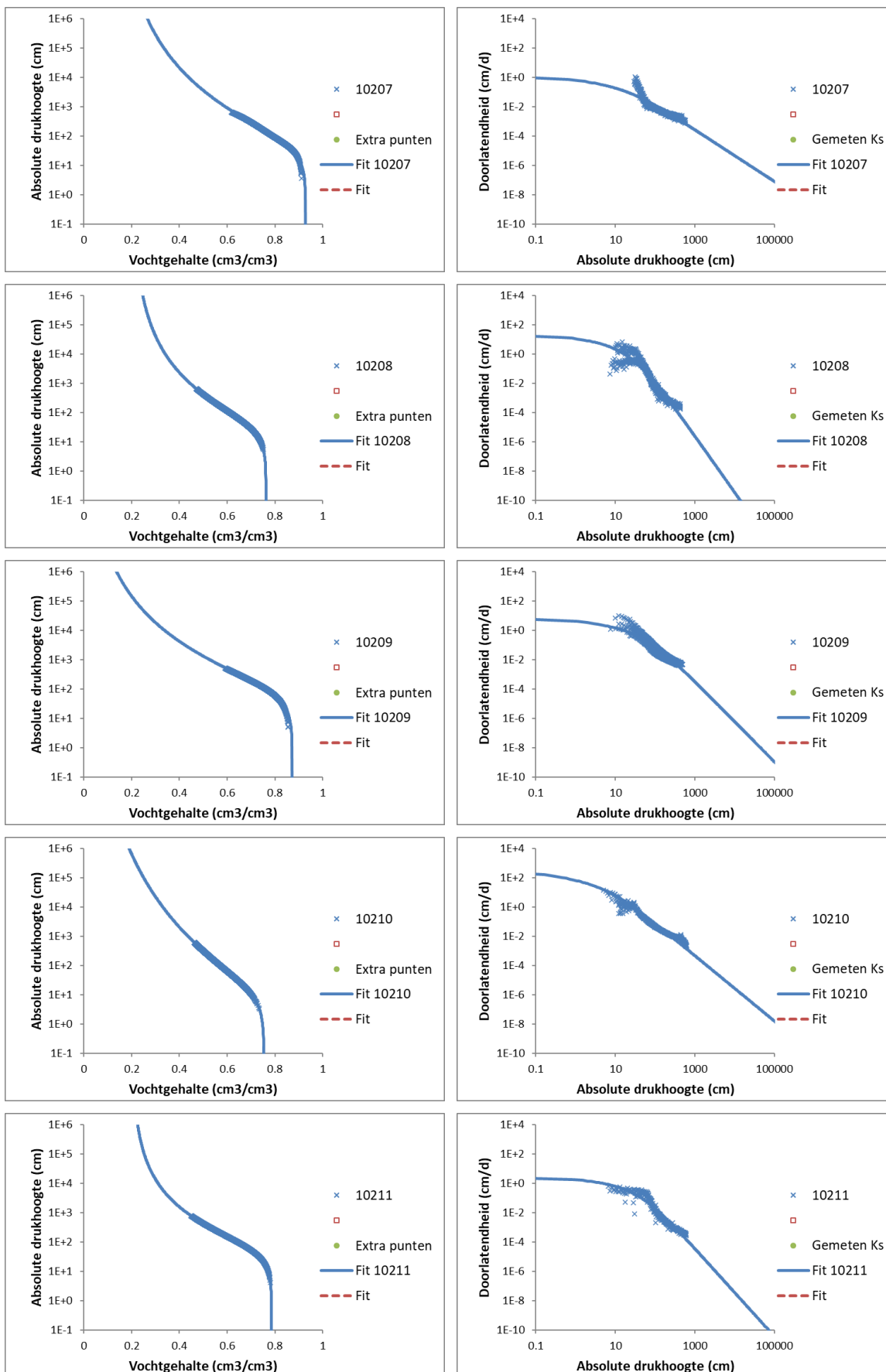
MIN	B/O	Ør	Øs	a	n	L	Ksf	Ksm	Rd
		(cm3.cm-3)	(cm3.cm-3)	(cm-1)	(-)	(-)	(cm.d-1)	(cm.d-1)	(g.cm-3)
10218	B1	0.02783	0.39000	0.01826	1.68429	2.15861	64.1	57.2	1.466
10219	B1	0.01731	0.33500	0.02524	1.42949	4.87967	966.3	977.2	1.544
10220	B1	0.02620	0.38390	0.02324	1.61987	4.14981	415.3	2896.7	1.469
10221	B1	0.02715	0.35500	0.01677	1.76296	3.26219	118.5	172.1	1.514
10222	B1	0.02746	0.38000	0.02302	1.59223	2.59185	344.1	195.7	1.549
10223	B1	0.03830	0.40200	0.01828	1.92657	1.54254	39.3	68.2	1.493
10224	B1	0.02647	0.34731	0.02196	1.68478	3.17986	411.8	188.7	1.548
10225	B1	0.01263	0.29000	0.01997	2.75500	1.32764	284.1	419.8	1.708
10226	B1	0.01307	0.30500	0.02035	3.33248	0.70609	47.9	135.5	1.720
10227	B1	0.01115	0.33500	0.02424	3.36073	0.65669	120.8	264.4	1.660
10228	B1	0.01392	0.31000	0.01537	3.14119	1.54949	113.5	177.3	1.722
10229		0.00000	0.64000	0.02852	1.16303	15.03683	310.6	4031.6	0.929
10230		0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.0	0.9	0.479
10231		0.00000	0.95457	0.00973	1.41273	0.00010	3.0	5.0	0.116
10232		0.00000	0.62365	0.01725	1.19965	8.73659	31.8	136.2	1.015
10233		0.00000	0.62150	0.03230	1.14870	9.32302	61.9	675.8	1.011
10234		0.00000	0.96800	0.01279	1.36247	0.00010	11.7	92.4	0.107
10235		0.00000	0.74500	0.00444	1.22732	9.31233	0.3	72.5	0.661
10236		0.00000	0.84253	0.00706	1.22599	5.02226	1.6	181.2	0.248
10237		0.00000	0.91116	0.01460	1.25815	0.00010	6.5	188.3	0.164
10238		0.00000	0.70456	0.01112	1.17368	15.92341	11.6	79.6	0.671
10239		0.00000	0.85000	0.01073	1.25996	8.18910	23.7	203.1	0.237
10240		0.00000	0.85047	0.00833	1.32452	2.01536	5.2	20.2	0.168
10241		0.00000	0.60900	0.03714	1.12791	3.37745	13.0	1432.5	0.928
10242		0.00000	0.79000	0.00590	1.22225	5.79899	0.4	365.1	0.404
10243		0.00000	0.89194	0.01012	1.29876	3.93330	11.6	176.3	0.134
10244		0.00000	0.64542	0.01695	1.18828	6.41690	4.8	230.4	0.895
10245		0.00000	0.89199	0.00626	1.23749	5.77779	2.6	196.8	0.201
10246		0.00000	0.90799	0.00308	1.40878	0.00010	0.2	15.3	0.154
10247	B1	0.02458	0.43269	0.02594	1.55061	0.00010	52.5	82.2	1.462
10248	B1	0.03308	0.38004	0.01905	1.91694	2.00863	39.4	112.2	1.613
10249	O1	0.00514	0.30624	0.01781	3.08558	0.86844	8.8	150.0	1.722
10250	B1	0.02656	0.38500	0.01789	1.71936	0.64396	13.6	102.8	1.601
10251	B1	0.01910	0.34915	0.02030	1.56648	1.48892	52.3	238.9	1.634
10252	O1	0.01562	0.28565	0.01502	3.66484	0.00010	8.2	142.5	1.789
10253	B1	0.00000	0.44000	0.01232	1.13599	-3.07937	3.0	2685.9	1.468
10254	B1	0.00000	0.40669	0.00989	1.26336	5.02358	11.6	14.9	1.596
10255	B1	0.00000	0.42964	0.02284	1.19378	1.61375	14.2	16.4	1.494
10256	B1	0.03251	0.36467	0.00959	2.85685	1.81348	32.3	42.5	1.588
10257	B1	0.00000	0.39600	0.04053	1.10366	6.09508	77.0	192.2	1.647
10258	B1	0.03436	0.39001	0.01035	1.52398	4.15953	16.5	21.2	1.609
10259		0.00000	0.47984	0.00985	1.26501	8.94396	68.5	303.0	1.273
10260		0.00000	0.48371	0.00831	1.27858	11.18699	65.3	203.1	1.271
10261	B12	0.00000	0.54400	0.01010	1.16497	13.01682	3.9	151.6	1.216
10262	B12	0.00000	0.54900	0.00925	1.15602	12.40836	5.2	69.4	1.260
10263	B1	0.00511	0.45200	0.01480	1.30321	4.15185	57.0	35.7	1.352
10264	B1	0.00000	0.44200	0.01604	1.27649	5.12123	88.0	78.7	1.374
10265		0.02078	0.45000	0.00784	1.88880	5.11465	236.2	n.a.	1.504
10266		0.02886	0.44100	0.00682	2.30769	4.60051	151.9	48.7	1.432

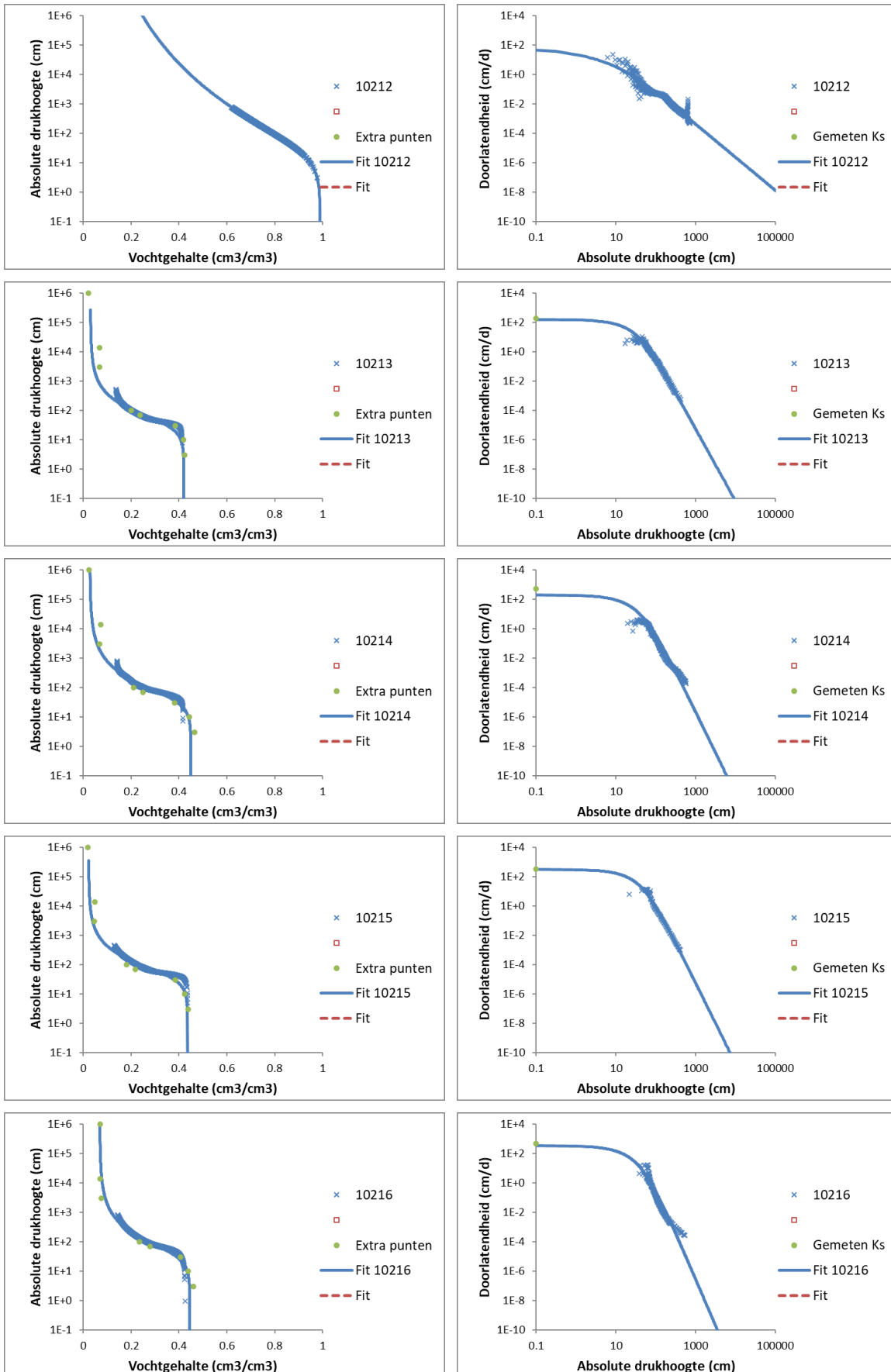
Bijlage 7 Grafieken waterretentie en -doorlatendheid van monsters na update 2019

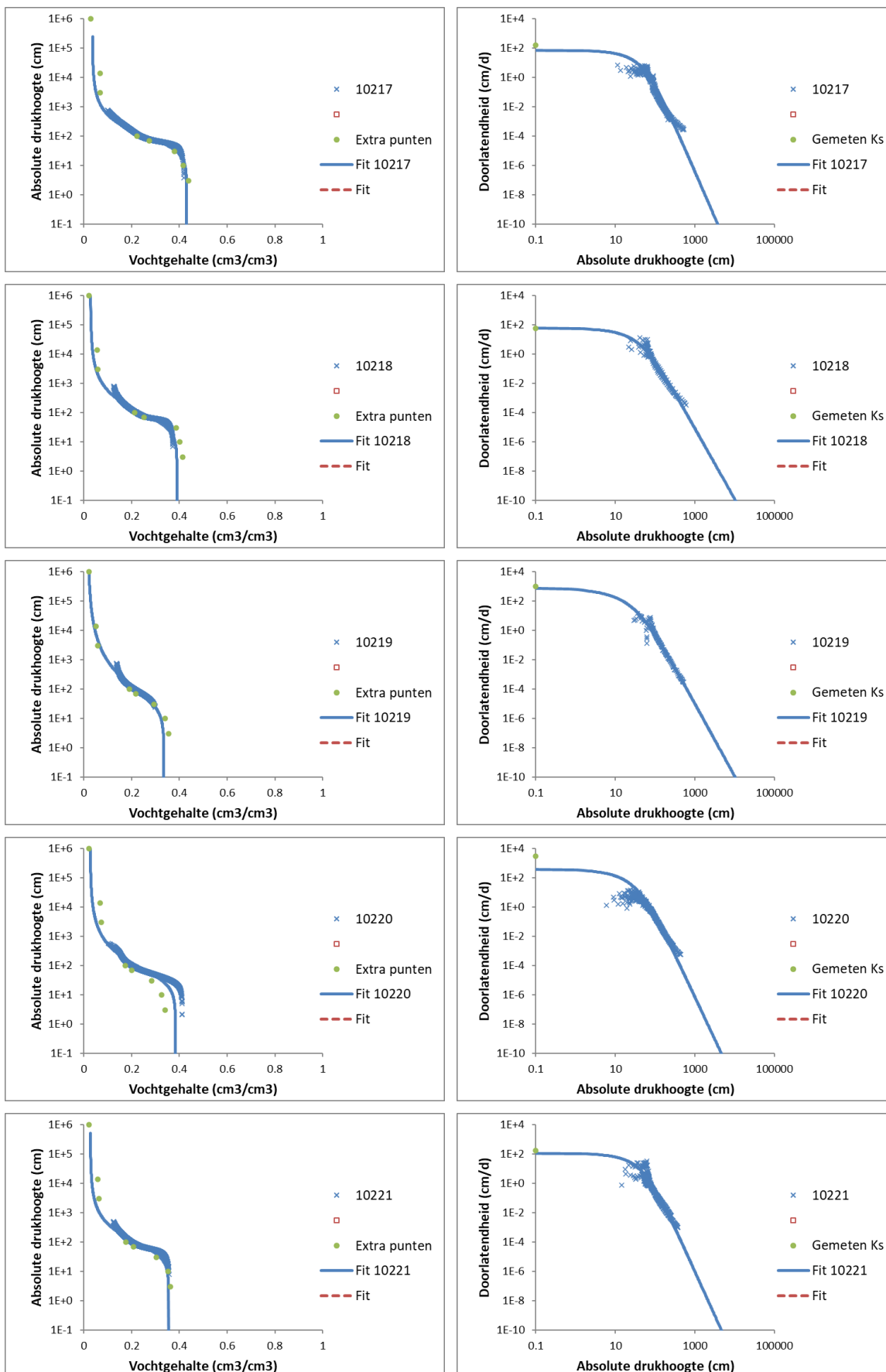
In de figuren van deze bijlage zijn links de waterretentie- en rechts de waterdoorlatendheidskarakteristieken van de grondmonsters weergegeven die geanalyseerd zijn in de periode na de update 2019 (Bakker et al., 2020). Duplomonsters zijn steeds samen in één grafiek weergegeven. De data (blauwe kruisjes (1^e monster) en rode open vierkantjes (duplomonster, mogelijk niet aanwezig) 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 retentiekarakteristiek nog extra meetpunten opgenomen vanuit de zandbak- en drukpanmethode (groene stippen). In de doorlatendheidskarakteristiek zijn extra meetpunten opgenomen van de apart gemeten verzadigde waterdoorlatendheid (groene stippen; zie par. 2.4.4). De retentie- en doorlatendheidskarakteristieken zijn per monster gefit met een unimodale 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. De vochtgehalten worden altijd weergegeven in relatie tot de oorspronkelijke afmetingen van het monster bij verzadiging, waardoor eventuele krimp rekenkundig geen invloed heeft op de meetresultaten. De gebruiker kan deze grafieken nog niet zien bij het uitgifteloket van de BRO, maar zij zijn met bijvoorbeeld een R-script vrij eenvoudig te genereren uit de data die in BRO zijn opgenomen.

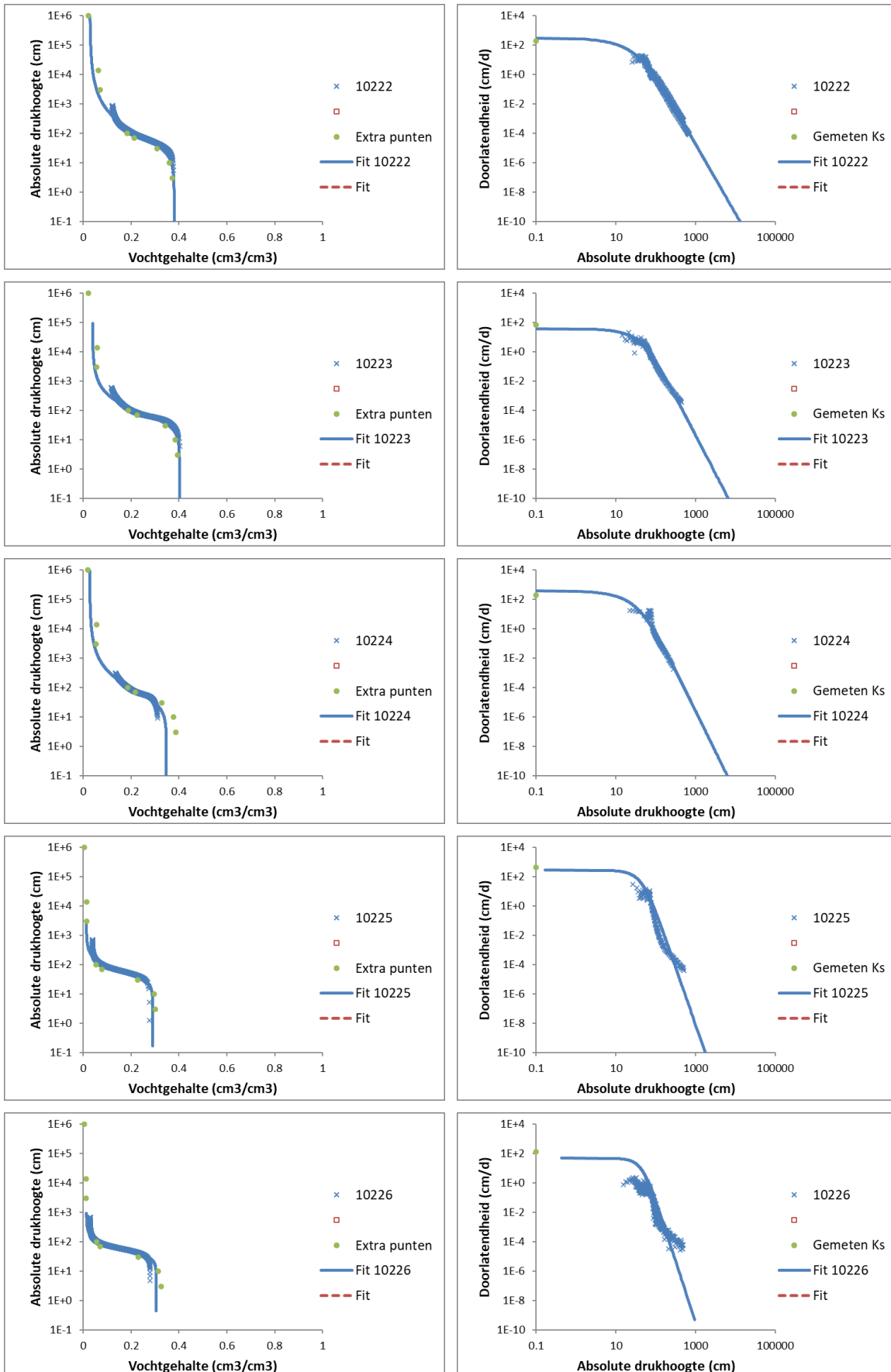


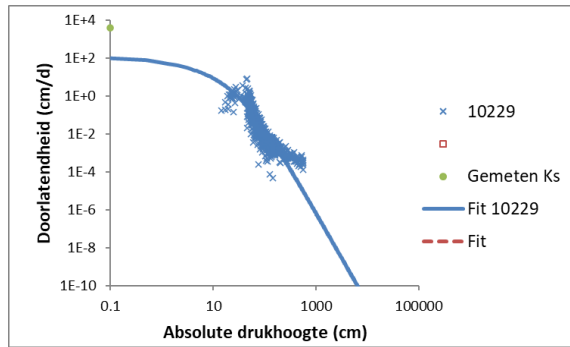
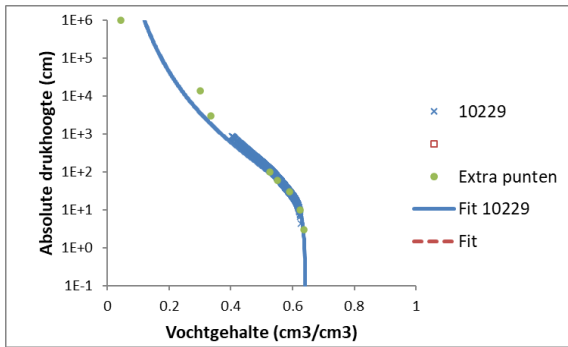
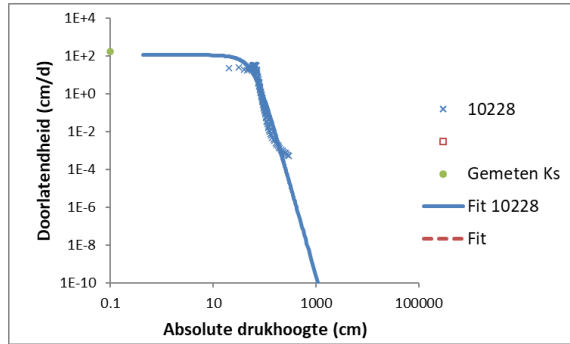
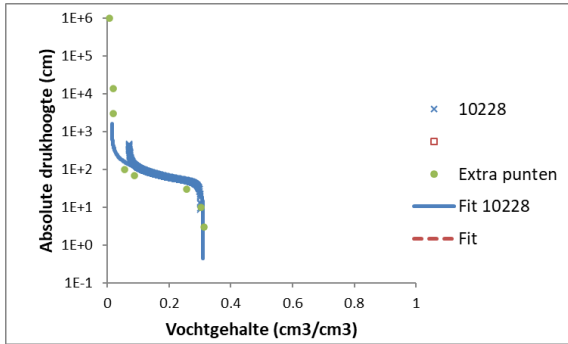
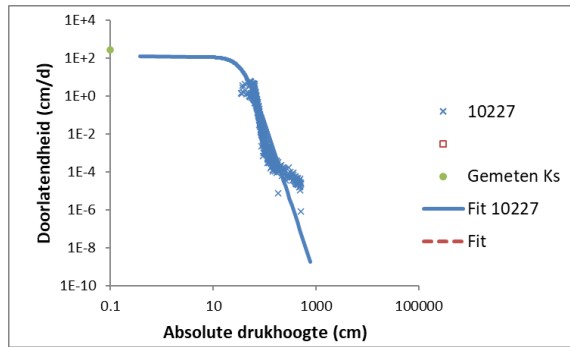
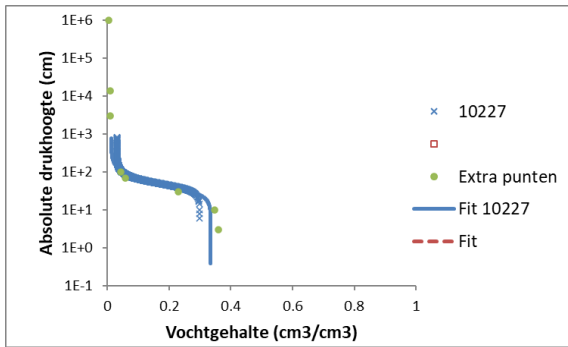






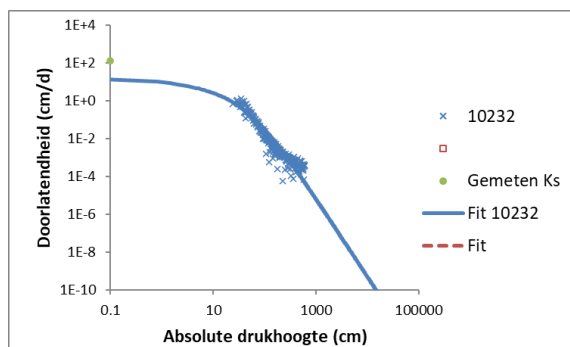
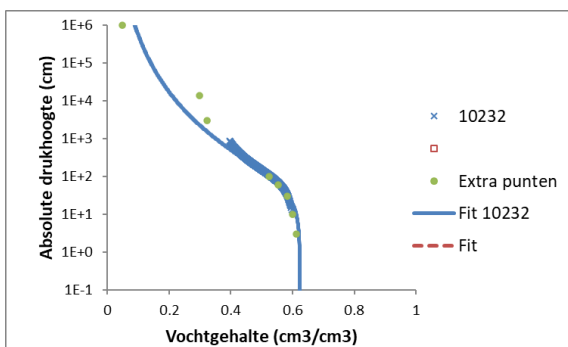
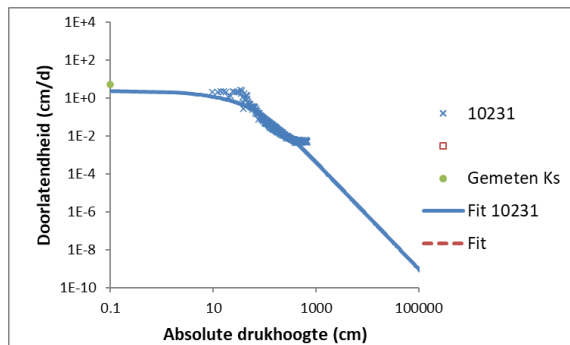
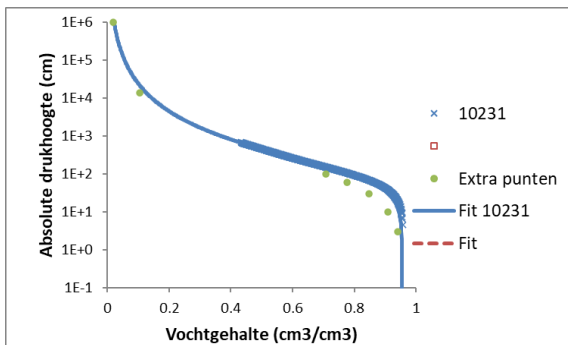


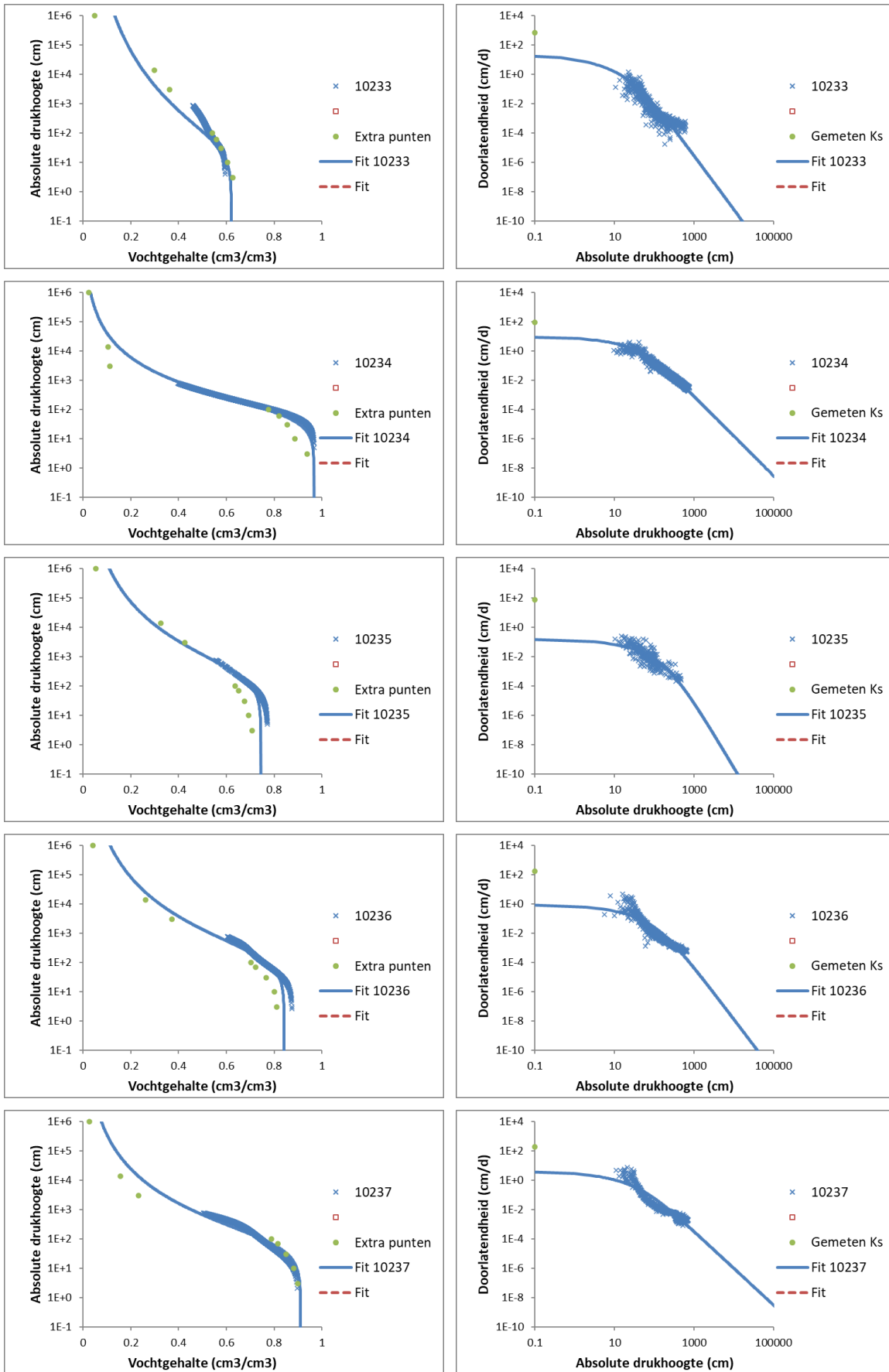


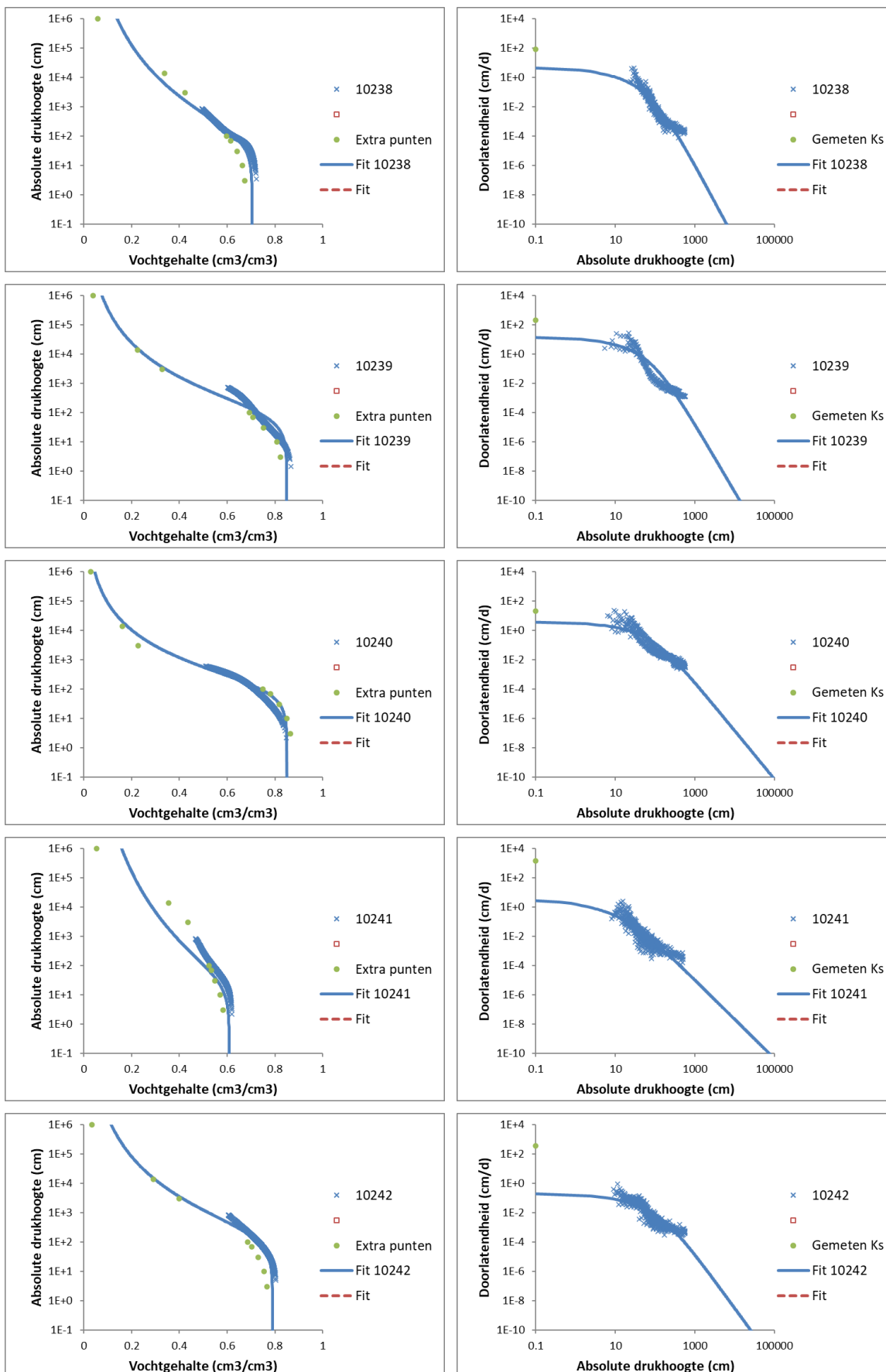


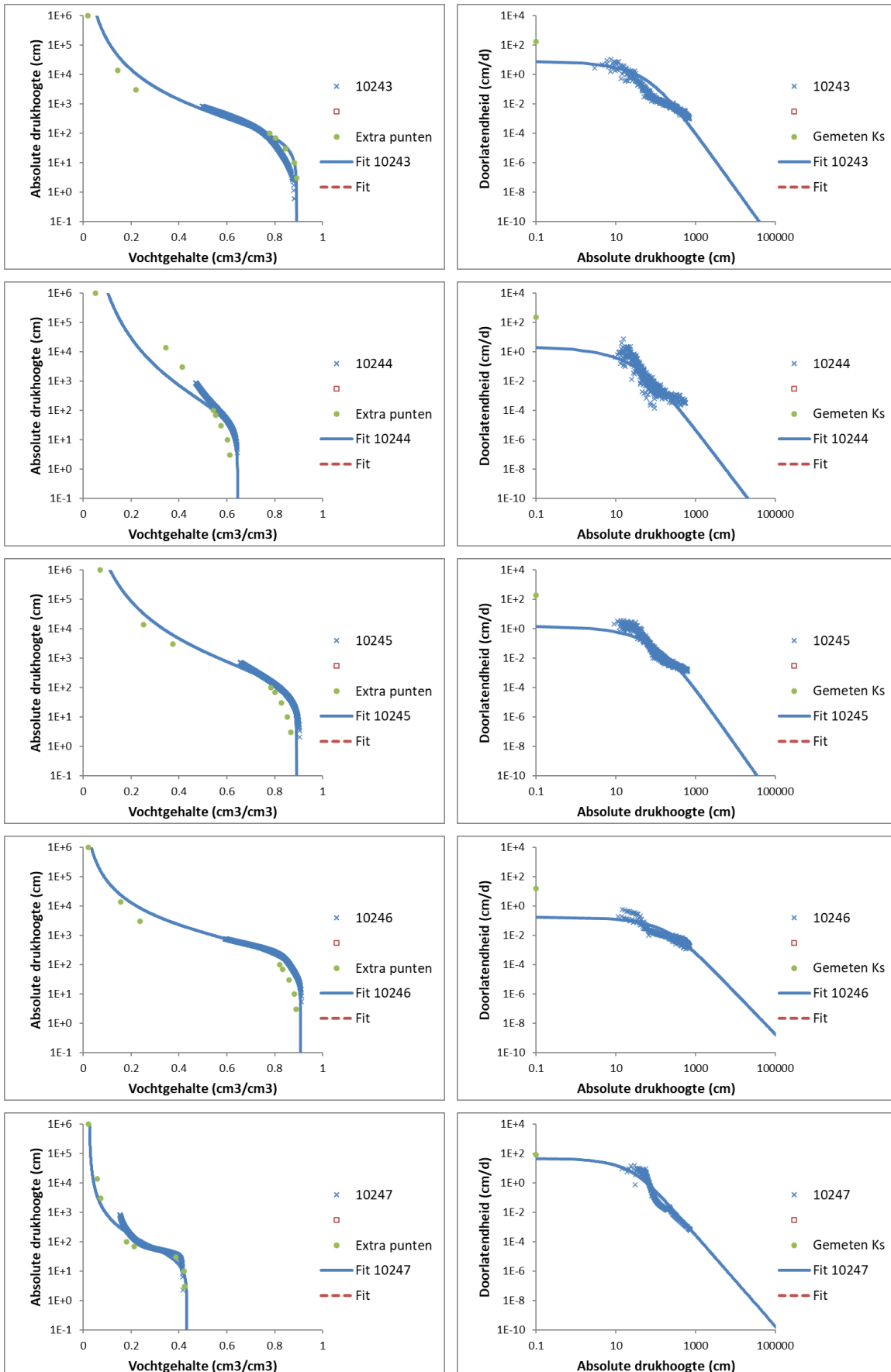
10230 n.a.

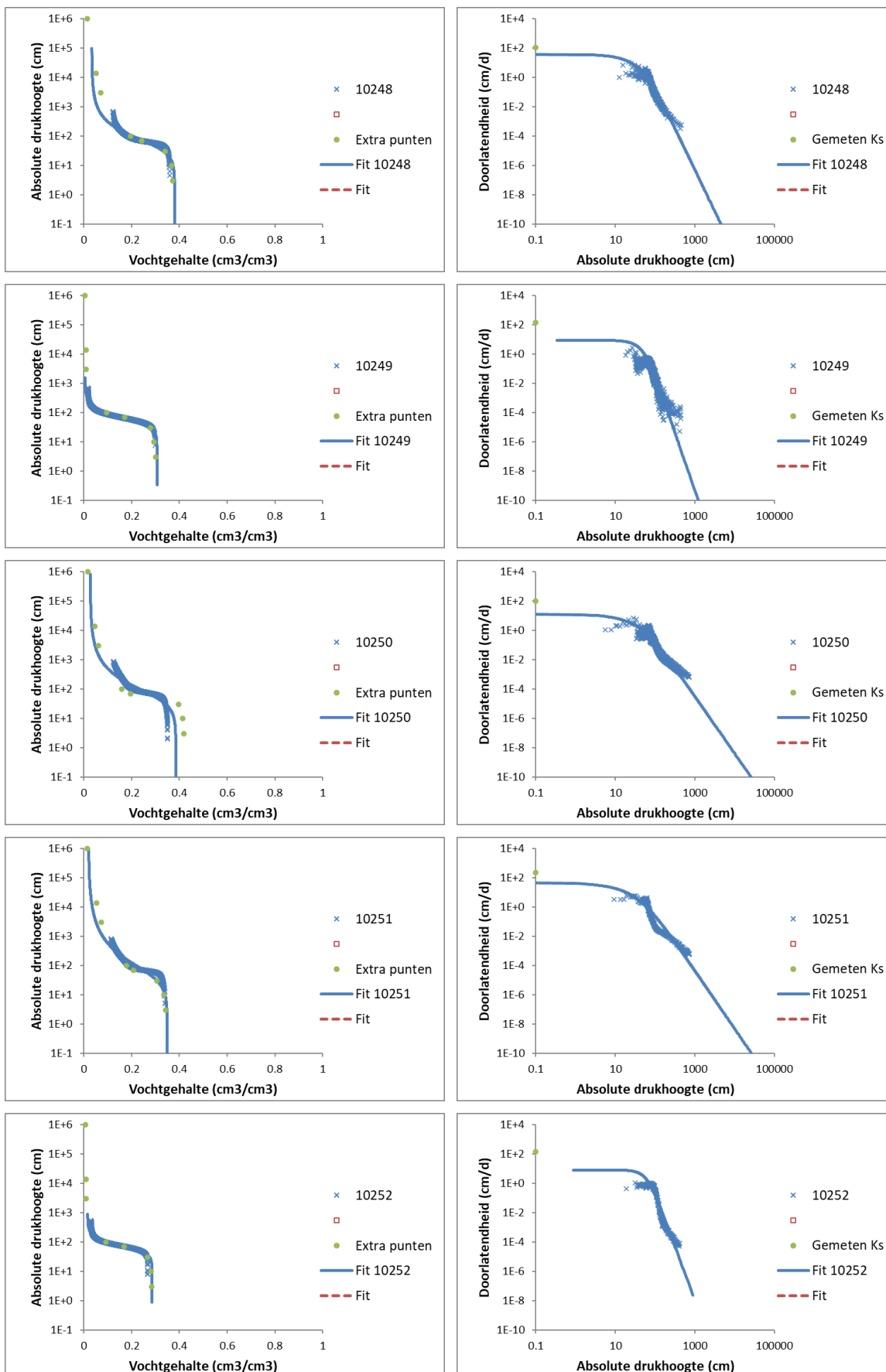
10230 n.a.

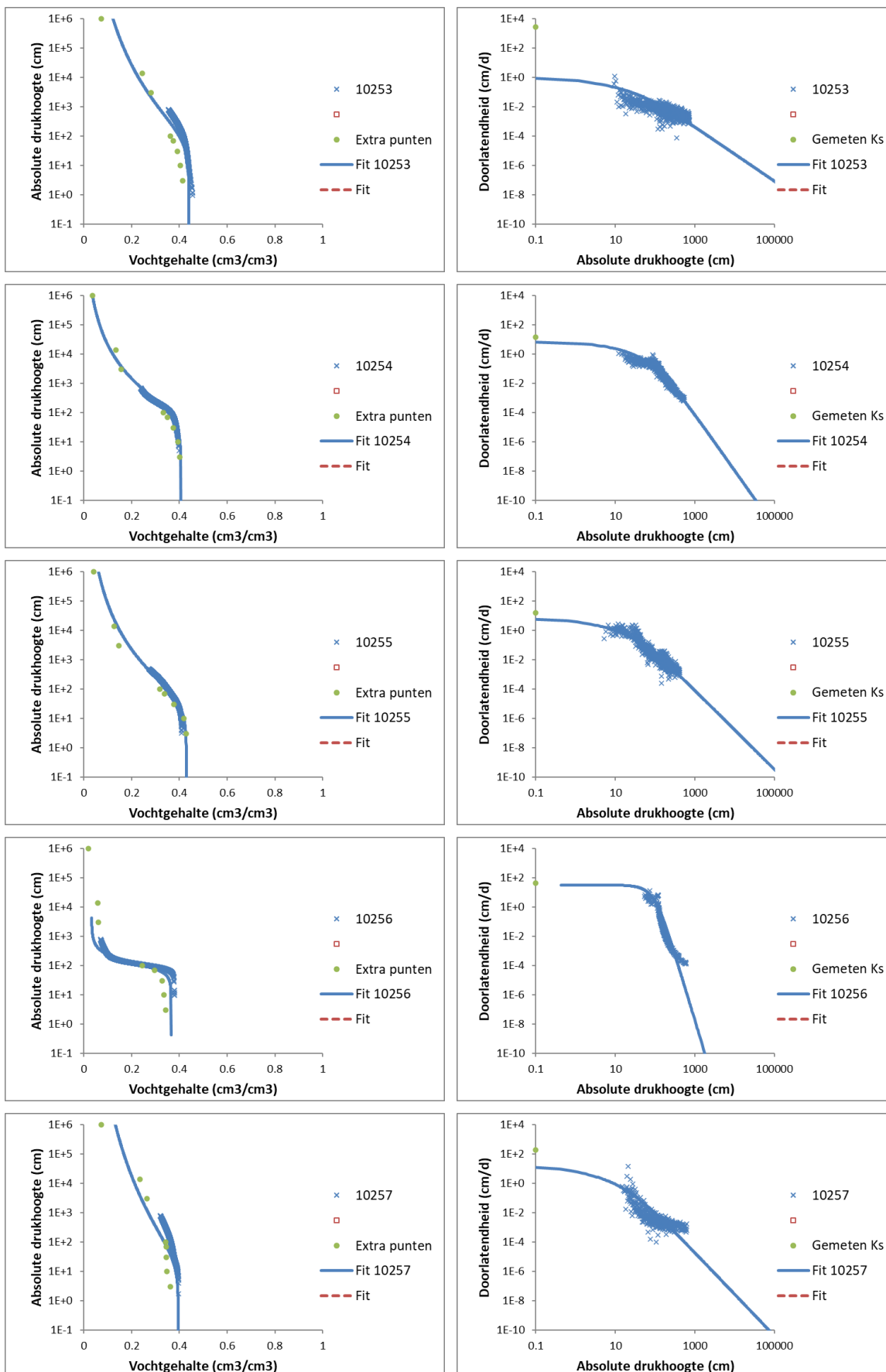


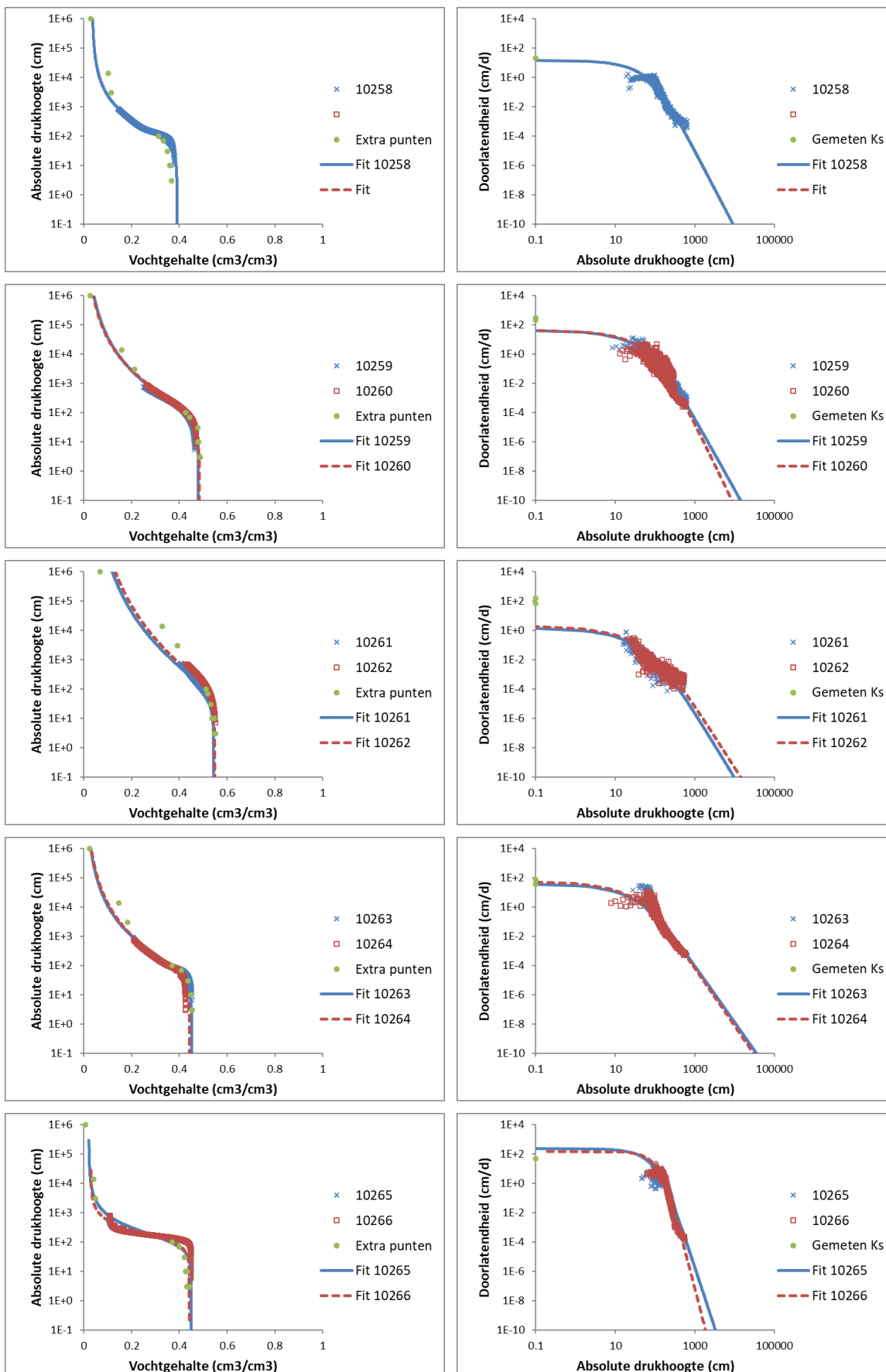












Bijlage 8 De 38 Opschalingseenheden

Opschaling van hydrofysische informatie

Er is behoefte aan een nieuwe indeling in bodemfysische eenheden (Knotters et al., 2011), waarbij bodemfysische karakteristieken op meerdere niveaus, zowel bodemkundig als geologisch, kunnen worden ingedeeld en geselecteerd. De criteria op basis waarvan aggregatie of opschaling kan plaatsvinden, zijn 1) boven- en ondergrond, 2) gehalte aan organische stof, 3) textuur en 4) afzettingsmilieu. In theorie is het aantal mogelijke ruimtelijke eenheden waarbinnen kan worden opgeschaald (*domains of interest*) maximaal 2364. 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.

Eenheid	OE38-Code	Omschrijving
Geologie	0-199	Moerig materiaal
	200-299	Mariene (holocene) afzettingen
	300-399	Fluviatile 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 (afzettingswijze)	MM	Moerig_Mineraal
	E	Eolisch
	nE	Niet-eolisch
Organisch ¹⁴	V	veen
	kV	kleiig veen
	vK	venige klei
	H	humusrijk
	zH	zeer humeus
	mH	matig humeus
	mHa	matig humusarm
	zHa	zeer humusarm
	uHa	uiterst humusarm
	zV	zandig veen
Eolisch	vZ	venig zand
	laZ	leemarm zand
	zlZ	zwak lemig zand
	slZ	sterk lemig zand
	zslZ	zeer sterk lemig zand
	zL	zandige leem
Niet-eolisch	sL	siltige leem
	kaZ	kleiarm zand
	kaS	kleiarm silt
	kZ	kleiig zand
	kS	kleiig silt
	zlZ	zeer lichte zavel
	mlZ	matig lichte zavel
	zZ	zwarte zavel
	lK	lichte klei
	mzK	matig zwarte klei
	zzK	zeer zwarte klei

¹⁴ Indeling en benaming naar het gehalte aan organisch materiaal.

Bijlage 9 Codes van Bodemkundige Karakteriseringen

In deze bijlage zijn de codes van bodemkundige karakteriseringen (BoKa) weergegeven, ook wel 'geocode' genoemd. Een aantal BoKa-codes komt zelden nog voor, omdat de betreffende codes alleen zijn gebruikt bij 'oude' archief boorstaten. Deze zijn in onderstaande tabel grijs gemarkeerd. De oude codes eindigen meestal op één of twee nullen (bijv. 100, 200, 300, maar ook 110 en 130).

De code 530 (= smeltwaterafzetting) komt alleen voor bij boorbeschrijvingen die behoren tot archief boorstaten (volgens de BRO-standaard IMBRO/A; De letter A staat voor 'archiefgegevens'. IMBRO/A-gegevens is een aparte categorie gegevens in de BRO waaraan minder eisen worden gesteld ten aanzien van de beschikbaarheid van metagegevens). Smeltwaterafzettingen zijn meestal niet-eolisch, maar het is niet uit te sluiten dat er bij smeltwaterafzettingen toch een (groot) aandeel zandig materiaal zit, net zoals dat bij eolische afzettingen meestal het geval is, waardoor het niet meteen duidelijk is of typering via de leem- of de lutumdriehoek moet worden uitgevoerd. Dat probleem is verholpen door code 530 buiten werking te stellen en de code op te splitsen in code 531 (smeltwaterafzetting zand) en code 532 (smeltwaterafzetting (warven)klei).

BoKa-code Geo-code	Beschrijving	Formatie	Opmerking	Oude archief boorstaten
0	Onbekend			
100	MOERIG MATERIAAL			Oud
110	Zonder herkenbare plantenresten (bijv. veraard of sterk verweerd)	Meestal Formatie v. Nieuwkoop; in beekdalen F. v. Boxtel, Laagpakket v. Singraven	mesotroof	Oud
111	Als 110, maar buiten de beekdalen	Formatie v. Nieuwkoop		
112	Als 110, maar in de beekdalen	Formatie v. Boxtel, Laagpakket v. Singraven		
120	Bosveen, eutroof broekveen	F. v. Nieuwkoop	eutroof	
130	Zeggeveen, rietzeggeveen, mesotroof broekveen	Meestal F. v. Nieuwkoop; in beekdalen F. v. Boxtel, Lp. V. Singraven	mesotroof	Oud
131	Als 130, maar buiten de beekdalen	Formatie v. Nieuwkoop		
132	Als 130, maar in de beekdalen	Formatie v. Boxtel, Laagpakket v. Singraven		
140	Rietveen, zeggerietveen	F. v. Nieuwkoop	eutroof	
150	Veenmosveen	F. v. Nieuwkoop, Lp. Van Griendtsveen	oligotroof	
151	Bolster	F. v. Nieuwkoop, Lp. Van Griendtsveen	oligotroof	
152	Overig veenmosveen	F. v. Nieuwkoop, Lp. Van Griendtsveen	oligotroof	
160	Sedimentair veen (bijv. gliede, gyttja, bagger, meerbodem, detritus)	Sedimentair veen	eutroof	
170	Strooisellaag	Strooisellaag		Oud
171	Als 170, maar van loofhout	Strooisellaag		
172	Als 170 maar van naalddhout	Strooisellaag		
190	Overige veensoorten (bijv. Scheuchzeriaveen)	Overig		
200	MARIENE AFZETTINGEN (holoceen)			Oud
210	Getij-afzetting; zout, brak	Formatie van Naaldwijk, Laagpakket van Walcheren		
211	Jong (Afzettingen van Duinkerke; incl. zand)	Formatie van Naaldwijk, Laagpakket van Walcheren		
212	Oud (Afzettingen van Calais; incl. zand)	Formatie van Naaldwijk, Laagpakket van Wormer		
220	Getij-afzetting; zoet	F. v. Echteld		
230	Onderwaterafzetting (lagunair)	Formatie van Naaldwijk		

BoKa-code Geo-code	Beschrijving	Formatie	Opmerking	Oude archief boorstaten
300	FLUVIATIELE AFZETTINGEN			Oud
310	Zeer recente afzettingen in uiterwaarden	Formatie van Echteld of Formatie van Beegden		Oud
311	Als 310, maar ten noorden van Nijmegen	Formatie v. Echteld		
312	Als 310, maar in Maasdal ten zuiden van Nijmegen	Formatie v. Beegden		
320	Holocene afzetting van Rijn of Maas	Formatie van Echteld of Formatie van Beegden		Oud
321	Rijn & Maas (ten noorden van Nijmegen)	Formatie van Echteld		
322	Maas (ten zuiden van Nijmegen)	Formatie van Beegden		
330	Pleistocene afzetting van Rijn of Maas	Formatie van Kreftenheye, Beegden, Urk, Sterksel of Waalre		
331	Laat-Pleistoceen (Formatie van Kreftenheye)	Formatie van Kreftenheye		
332	Midden- en Vroeg-Pleistoceen (niet gestuwd)	Formatie van Beegden, Sterksel, Waalre of Urk		Oud
333	Als 332, maar ten zuiden van Nijmegen	Formatie v. Beegden		
334	Als 332, maar centraal Brabant	Formatie v. Sterksel		
335	Als 332, maar West Brabant	Formatie v. Waalre		
336	Als 332, maar Noord Nederland	Formatie v. Urk		
340	Afzetting van overige rivieren (bijv. Vecht, Berkel, Roer) en beekklei	Formatie van Boxtel, Laagpakket van Singraven		
390	Overige (bijv. Formatie van Appelscha)	Pleistoceen ongedifferentieerd		
400	EOLISCHE EN FLUVIO-PERIGLACIALE AFZETTINGEN			Oud
410	Dekzand	Formatie van Boxtel, Laagpakket van Wierden		Oud
411	Jong dekszand	Formatie van Boxtel, Laagpakket van Wierden		
412	Oud dekszand	Formatie van Boxtel, Laagpakket van Wierden		
413	Fluvio-periglaciaal	Formatie van Boxtel, Laagpakket van Singraven		
420	Löss	Formatie van Boxtel, Laagpakket van Schimmert		Oud
421	Löss; dekaafzettingen	Formatie van Boxtel, Laagpakket van Schimmert		
422	Löss in lokale depressies (bv. Brabants leem)	Formatie van Boxtel		
430	Kustduinzand	Formatie van Naaldwijk, Laagpakket van Schoorl		Oud
431	Jong kustduinzand	Formatie van Naaldwijk, Laagpakket van Schoorl		
432	Oud kustduinzand	Formatie van Naaldwijk, Laagpakket van Schoorl		
440	Rivierduinzand	Formatie van Boxtel, Laagpakket van Delwijnen		
450	Landduinzand (bv. stuifzand)	Formatie van Boxtel, Laagpakket van Kootwijk		
490	Overige afzettingen (bv. eolisch premorenaal zand)	Formatie van Boxtel		

BoKa-code Geo-code	Beschrijving	Formatie	Opmerking	Oude archief boorstaten
500	GLACIALE EN FLUVIO-GLACIALE AFZETTINGEN			Oud
510	Keileem	Formatie van Drenthe, Laagpakket van Gieten		
520	Keizand	Formatie van Drenthe, Laagpakket van Gieten (evt. Laag van Gasselte)		
530	Smeltwaterafzettingen	F. v. Drenthe, Lp. Van Schaarsbergen		Oud
531	Smeltwaterafzetting; zand	F. v. Drenthe, Lp. Van Schaarsbergen		
532	Smeltwaterafzetting; (warven)klei	F. v. Peelo		
533	Smeltwaterafzetting; potklei	Formatie van Peelo, Laagpakket van Nieuwolda		
600	OVERIGE AFZETTINGEN			Oud
610	Hellingafzetting, incl. puinwaaierafzetting (aan de voet van droge dalen)	Lp. v. Schaarsbergen of F. v. Bortel (grove puinwaaiers in Z-Limburg)		Oud
611	Hellingafzetting, langs stuwwallen	Lp. v. Schaarsbergen		
612	Hellingafzetting, Zuid-Limburg	F. v. Bortel		
620	Secundaire löss (bijv. colluvium)	F. v. Bortel		
630	Gestuwde afzettingen	NN (voor formatie) + GST:WG		Oud
631	Gestuwde afzettingen van Rijn of Maas	Formatie van Ecteld, Kreftenheye, Beegden, Urk, Sterksel of Waalre		
632	Gestuwde afzettingen van oostelijke rivieren	Formaties van Appelscha of Peize		
633	Tertiaire afzettingen	Tertiaire afzettingen		
690	Overige			
691	Overige geogene afzettingen (bijv. kalksteen, tertiaire klei)	Tertiair of ouder		
692	Antropogeen homogeen (bijv. mestdek, toemaakdek)	Antropogeen homogeen		
693	Antropogeen heterogeen (bijv. zand + veen)	Antropogeen heterogeen		
699	Onbekend, ongedifferentieerd (bijv. gliede, mineraal)	Onbekend		

Bijlage 10 Totaal aantal monsters in 2021 voor Staringreeksbouwstenen

In deze tabel zijn de totale aantallen in 2021 aanwezige monsters per Staringreeks-bouwsteencode weergegeven. De aantallen hebben meestal betrekking op monsters met een Mualem-vanGenuchten-fit. In enkele gevallen kan het ook voorkomen dat de er een bouwsteencode is toegekend zonder dat er een fit is uitgevoerd; de bouwsteencode heeft dan betrekking op een van de andere bepalingen die aan het monster zijn gedaan. Het doet dan echter wel mee in het aantal monsters van de betreffende bouwsteen. Meestal is de toekenning van de bouwsteencode gedaan op basis van metingen van textuur, gloeiverlies en droge bulkdichtheid, maar in enkele gevallen zijn de toekenningen gedaan op basis van veldschattingen van textuur, gloeiverlies en droge bulkdichtheid. In de meeste gevallen is de reden hiervoor dat binnen het project waarin het monster is verzameld, niet voor uitgebreide laboratoriummetingen van het betreffende monster is gekozen.

Aantal BIS-monsters voor Staringreeksbouwstenen			
Bovengrond		Ondergrond	
B1	37	O1	26
B2	16	O2	11
B3	9	O3	3
B4	2	O4	5
B5	10	O5	18
B6	4	O6	4
-	-	O7	2
B7	6	O8	2
B8	6	O9	5
B9	11	O10	5
B10	12	O11	9
B11	1	O12	6
B12	6	O13	4
B13	2	O14	4
B14	2	O15	3
B15	1	-	-
B16	5	-	-
B17	9	-	-
B18	3	-	-
-	-	O16	4
-	-	O17	10
-	-	-	-
-	-	O18	3
Totaal	142	Totaal	124

Bijlage 11 Totaal aantal monsters in 2021 van de 38 opschalingseenheden

In deze tabel zijn de totale aantallen in 2021 aanwezige monsters per OE38-opschalingseenheid weergegeven. De aantallen hebben meestal betrekking op monsters met een Mualem-vanGenuchten-fit. In enkele gevallen kan het ook voorkomen dat er een OE38-code is toegekend zonder dat er een fit is uitgevoerd; de OE38-code heeft dan betrekking op een van de andere bepalingen die aan het monster zijn gedaan. Het doet dan echter wel mee in het aantal monsters van de betreffende code. Meestal is de toekenning van de code gedaan op basis van metingen van textuur, gloeiverlies en droge bulkdichtheid en schattingen van het afzettingsmilieu (BoKa-code) en de worteldiepte. In enkele gevallen zijn de toekenningen gedaan op basis van alleen veldschattingen. In de meeste gevallen is de reden hiervoor dat binnen het project waarin het monster is verzameld, niet voor uitgebreide laboratoriummetingen van het betreffende monster is gekozen.

Eenheid	OE38-Code	Omschrijving	Aantal	Totaal
Bodemkundige Karakterisering (BoKa)	0-199	Moerig materiaal	24	265
	200-299	Mariene (holocene) afzettingen	79	
	300-399	Fluviatiele afzettingen	50	
	400-499	Eolische- en fluvio-periglaciale afzettingen	70	
	500-599	Glaciale en fluvio-glaciale afzettingen	8	
	600-699	Overige afzettingen	34	
Boven- en Ondergrond	B	Bovengrond	152	292
	O	Ondergrond	140	
Hoofddeling	MM	Moerig_Mineraal	43	262
	E	Eolisch	108	
	nE	Niet-eolisch	111	
Organisch	V	veen	18	251
	kV	kleig veen	4	
	vK	venige klei	9	
	H	humusrijk	5	
	zH	zeer humeus	11	
	mH	matig humeus	50	
	mHa	matig humusarm	53	
	zHa	zeer humusarm	37	
	uHa	uiterst humusarm	57	
	zV	zandig veen	3	
	vZ	venig zand	4	
Eolisch	laZ	leemarm zand	57	117
	zlZ	zwak lemig zand	20	
	slZ	sterk lemig zand	21	
	zslZ	zeer sterk lemig zand	8	
	zL	zandige leem	6	
	sL	siltige leem	5	
Niet-eolisch	kaZ	kleiarm zand	23	118
	kaS	kleiarm silt	4	
	kZ	kleig zand	12	
	kS	kleig silt	0	
	zlZ	zeer lichte zavel	8	
	mlZ	matig lichte zavel	12	
	zZ	zwarte zavel	19	
	lK	lichte klei	21	
	mzK	matig zware klei	7	
	zzK	zeer zware klei	12	

Bijlage 12 INSPIRE, SOPHIE en GLOSOLAN

INSPIRE

INSPIRE¹⁵ is een Europese kaderrichtlijn die als doel heeft om ruimtelijke gegevens van overheidsorganisaties te harmoniseren en openbaar te maken voor EU-milieubeleid. Deze Europese gegevens moeten het delen van ruimtelijke informatie over het milieu tussen organisaties in de publieke sector mogelijk maken, de toegang van het publiek tot ruimtelijke informatie in heel Europa vergemakkelijken en helpen bij de beleidsvorming over de grenzen heen. INSPIRE is gebaseerd op de infrastructuur voor ruimtelijke informatie die zijn opgezet en beheerd door de lidstaten van de Europese Unie. De richtlijn heeft betrekking op 34 ruimtelijke-gegevensthema's die nodig zijn voor milieutoepassingen. De richtlijn is op 15 mei 2007 in werking getreden en zal in verschillende fasen worden geïmplementeerd.

SOPHIE

SOPHIE¹⁶, met ruim 200 deelnemers en 14 aangesloten laboratoria binnen Europa voor het genereren van hydrofysische gegevens, is in Wageningen opgericht in 2017. Het SOPHIE-platform probeert in een internationale setting richting te geven aan harmonisatie, standaardisatie en innovatie van hydrofysische veld- en laboratoriummetingen. Het doel van SOPHIE is het realiseren van gekwalificeerde hydrofysische gegevens die nodig zijn in de EU-beleidsvorming. Dit wordt tot stand gebracht door laboratoria, onderzoekers, beleidsmakers en andere belanghebbenden uit de EU bij elkaar te brengen en afspraken te maken over ontwikkelingen ten aanzien van harmonisatie van gegevens en methodieken, en het samen optrekken in de innovatie ten aanzien van kosteneffectieve laboratorium- en veldmethoden.

GLOSOLAN

Het Global Soil Laboratory Network (GLOSOLAN¹⁷) is in 2017 opgericht om de capaciteit van laboratoria wereldwijd op het gebied van bodemanalyse (chemisch, biologisch en hydrofysisch) op te bouwen en te versterken en om in te spelen op de behoefte aan harmonisatie van bodemanalysegegevens. Harmonisatie van methoden, eenheden, gegevens en informatie is van cruciaal belang om (1) betrouwbare en vergelijkbare informatie tussen landen en projecten te verschaffen; (2) het genereren van nieuwe geharmoniseerde bodemdatasets mogelijk maken; en (3) op feiten gebaseerde besluitvorming voor duurzaam bodembeheer te ondersteunen. Het werk van GLOSOLAN ondersteunt de implementatie van de Sustainable Development Goals, de 'Agenda 2030' voor duurzame ontwikkeling en het mandaat van de FAO op het gebied van voedselzekerheid en voeding. GLOSOLAN doet regelmatig een beroep op SOPHIE ten aanzien van harmonisatie van hydrofysische gegevens.

¹⁵ <https://inspire.ec.europa.eu/>

¹⁶ <https://www.wur.nl/en/article/Soil-Program-on-Hydro-Physics-via-International-Engagement-SOPHIE.htm>

¹⁷ <https://www.fao.org/global-soil-partnership/glosolan/en/>

Bijlage 13 Begrippenlijst

C	differentiële vochtcapaciteit c.q. profielweerstand (d-1)
Fysische kengetallen	voor een gedetailleerde uitleg van de acht fysische kengetallen zie Heinen et al., 2021. C = differentiële vochtcapaciteit c.q. profielweerstand (d-1), W1rz = gemakkelijk opneembaar water tussen -100 en -400 cm zuigspanning (cm in 30 cm wortelzone), W2rz = moeilijk opneembaar water tussen -400 en -16000 cm zuigspanning (cm in 30 cm wortelzone), Zcrit2 = kritieke stijghoogte bij flux van 2 mm per dag (cm), Qcrit = De kritieke flux of opwaartse flux die nog door het hele profiel geleverd kan worden aan maaiveld indien de grondwaterspiegel aan de onderzijde van het bodemprofiel ligt (op 120 cm) (cm d-1), IntW0 = integraal van de waterretentiekarakteristiek, deze is sterk gecorreleerd met het beschikbare water in de ondergrond (cm), IntK0 = integraal van de waterdoorlatendheidskarakteristiek (cm ² d-1), Pindex = differentiële vochtcapaciteit (-)
GLOSOLAN	Global Soil Laboratory Network. Doel is om op globaal niveau te komen tot geharmoniseerde chemische, biologische en hydrofysische bodemgegevens. De samen te stellen normen moeten vooral betaalbaar zijn voor minder vermogende organisaties
GLP	Gemeenschappelijk Landbouwbeleid
GSP	Global Soil Partnership
HYPRES	Europese database die alleen pedotransfer functies bevat (Wösten et al., 1999)
IntW0	integraal van de waterretentiekarakteristiek, deze is sterk gecorreleerd met het beschikbare water in de ondergrond (cm)
IntK0	integraal van de waterdoorlatendheidskarakteristiek (cm ² d-1)
Moerig	Meer dan 15% organische stof
Pindex	differentiële vochtcapaciteit (-)
Qcrit	kritieke flux of de opwaartse flux die nog door het hele profiel geleverd kan worden aan maaiveld indien de grondwaterspiegel aan de onderzijde van het bodemprofiel ligt (op 120 cm) (cm d-1)
ROSETTA	Amerikaanse database die alleen pedotransferfuncties bevat (Schaap et al., 2001)
SOPHIE	Soil Program on Hydro-Physics via International Engagement. Doel is de realisatie van kwalitatief hoogwaardige, geharmoniseerde en gestandaardiseerde hydrofysische gegevens door samenwerking tussen Europese onderzoeksinstituten en laboratoria
Standaard puntencode	De standaardpuntencode is opgenomen om specialistische gebruikers direct te kunnen bedienen. De code bestaat uit zeven onderdelen, achtereenvolgens zijn dat de toevoegingen vooraan, het subgroepdeel, het cijferdeel, het kalkverloop, de toevoegingen achteraan, de vergravingen en de grondwatertrap. In de BRO Catalogus Wandonderzoek is het attribuut 'Codegroep' opgenomen die een lijst aanduidt met de codegroepen die de bodem op het hoogste niveau typeren en de opbouw van de standaardpuntencode bepalen
UNSODA	internationale hydrofysische database (Nemes et al., 2001) met veel gegevens uit de Verenigde Staten en een aantal uit verschillende landen binnen Europa, waarbij veel verschillende meetmethodieken zijn gebruikt
Veengrond	Gronden, die tussen 0 en 80 cm diepte voor meer dan de helft van deze dikte uit 'moerig' materiaal bestaan
Veraard veen	veen, voornamelijk bestaande uit gehumificeerde, niet meer herkenbare plantenresten. Minder dan 10% van de organische stof blijft na wrijven als vezels herkenbaar
W1rz	gemakkelijk opneembaar water tussen -100 en -400 cm zuigspanning (cm in 30 cm wortelzone)

W2rz	moeilijk opneembaar water tussen -400 en -16000 cm zuigspanning (cm in 30 cm wortelzone)
Zcrit2	kritiek stijghoogte bij flux van 2 mm per dag (cm)

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

168	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 (2020). <i>Greenhouse gas reporting of the LULUCF sector in the Netherlands. Methodological background, update 2020.</i>	179	Knegt, de B., M. Pleijte, E. de Wit-de Vries, I. Bouwma, F. Kistenkas, W. Nieuwenhuizen (2020). <i>Samenhang Klimaatakkoord en natuurbeleid. Proces en implementatie van het Klimaatakkoord door provincies en maatschappelijke partijen en de potentiële effecten op biodiversiteitsdoelen van de Vogel- en Habitatrichtlijn.</i>
169	Van Kraalingen, D., E.L. Wipfler, F. van den Berg, W.H.J. Beltman, M.M.S. ter Horst & J.A. te Roller (2020). <i>User manual for FOCUSPIN version 3.3.</i>	180	Mattijssen T.J.M., M. Pleijte, J. Dengerink, T. Koster, M. Visscher (2020). <i>Indicatoren voor burgerbetrokkenheid bij natuur: een zoektocht naar nieuwe aanknopingspunten voor monitoring.</i>
170	Bos-Groenendijk, G.I., C.A.M van Swaay (2020). <i>Habitatrichtlijnrapportage 2019: Annex B Habitatrichtlijnsoorten; Achtergronddocument.</i>	181	Kamphorst, D.A., M. Pleijte, F. Kistenkas (2020). <i>Uitvoering van de Vogel- en Habitatrichtlijn in de praktijk: spanningen en mogelijke oplossingsrichtingen.</i>
171	Janssen, J.A.M. (red.), R.J. Bijlsma (red.), G.H.P. Arts, M.J. Baptist, S.M. Hennekens, B. de Knegt, T. van der Meij, J.H.J. Schaminée, A.J. van Strien, S. Wijnhoven, T.J.W. Ysebaert (2020). <i>Habitatrichtlijnrapportage 2019: Annex D Habitattypen. Achtergronddocument.</i>	182	Elschot K., M.E.B. Van Puijenbroek, D.D.G. Lagendijk, J-T. Van der Wal, C. Sonneveld (2020). <i>Lange-termijnontwikkeling van kwelders in de Waddenzee (1960-2018).</i>
172	Van Kleunen, A., M. van Roomen, E. van Winden, M. Hornman, A. Boele, C. Kampichler, D. Zoetebier, H. Sierdsema & C. van Turnhout (2020). <i>Vogelrichtlijnrapportage 2013-2018 van Nederland – status en trends van soorten.</i>	183	Koffijberg K., P. de Boer, S.C.V. Geelhoed, J. Nienhuis, K. Oosterbeek, J. Postma (2020). <i>Broedsucces van kustbroedvogels in de Waddenzee in 2018.</i>
173	Glorius, S.T., A. Meijboom (2020). <i>Ontwikkeling van de bodemdiergemeenschap in de geulen van referentiegebied Rottum; Tussenrapportage 13 jaar na sluiting (najaar 2018).</i>	184	IJsseldijk, L.L., M.J.L. Kik, L. van Schalkwijk & A. Gröne (2020). <i>Postmortaal onderzoek van bruinvissen (Phocoena phocoena) uit Nederlandse wateren, 2019. Biologische gegevens, gezondheidsstatus en doodsoorzaken.</i>
174	Kuindersma, W., D. van Doren, R. Arnouts, D.A. Kamphorst, J.G. Niesink, E. de Wit-de Vries (2020). <i>Realisatie Natuurnetwerk door provincies. Achtergrondstudie bij de Tweede Lerende Evaluatie Natuurbact.</i>	185	Os, J. van, L.J.J. Jeurissen, J.C. Verkaik (2020). <i>Rekenregels schapen en geiten voor de landbouwtelling; Verantwoording van het gebruik van het Identificatie & Registratiesysteem.</i>
175	Bouwma, I.M., D.A. Kamphorst, D. van Doren, T.A. de Boer, A.E. Buijs, C.M. Goossen, J.L.M. Donders, J.Y. Frissel, S. van Broekhoven (2020). <i>Provinciaal beleid voor maatschappelijke betrokkenheid bij natuur – het beleid nader bekeken in 8 casussen. Achtergrondstudie bij de Tweede Lerende Evaluatie Natuurbact.</i>	186	Bakker, G., M. Heinen, H.P.A. Gooren, W.J.M. de Groot, P.D. Peters (2020). <i>Hydrofysische gegevens van de bodem in de Basisregistratie Ondergrond (BRO) en het Bodemkundig Informatie Systeem (BIS); Update 2019.</i>
176	Gerritsen, A.L., H. Agricola, C. Aalbers, J. van Os (2020). <i>Natuur en landbouw verbinden. Achtergrondstudie bij de Tweede Lerende Evaluatie Natuurbact.</i>	187	Kuindersma, W., E. de Wit - de Vries, F.G. Boonstra, M. Pleijte, D.A. Kamphorst (2020). <i>Het Nederlandse natuurbeleid in zijn institutionele context. Beschrijving en analyse van de interne en externe congruentie van het Nederlandse natuurbeleidsarrangement in relatie tot landbouwbeleid, waterbeleid (voor de grote rivieren) en recreatiebeleid (1975-2018).</i>
177	Brouwer, F., D.J.J. Walvoort (2020). <i>Basisregistratie Ondergrond (BRO) Actualisatie bodemkaart. Herkartering van de veengebieden aan de flanken van de Utrechtse Heuvelrug.</i>	188	Kuiters, A.T., G.A. de Groot, D.R. Lammertsma, H.A.H. Jansman, J. Bovenschen (2020). <i>Genetische monitoring van de Nederlandse otterpopulatie; Ontwikkeling van populatieomvang en genetische status 2019/2020.</i>
178	Bruggen, C. van, A. Bannink, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, L.A. Lagerwerf, H.H. Luesink, G.L. Velthof & J. Vonk (2020). <i>Emissies naar lucht uit de landbouw, 1990-2018; Emissies van ammoniak, stikstofdioxide, lachgas, methaan, niet-methaan vluchtige organische stoffen, fijnstof en koolstofdioxide uit kalkmeststoffen – Berekeningen met het model NEMA.</i>	189	Gerritsen, A.L., H.J. Agricola & J. van Os (2020). <i>Ruimtelijk-economische dynamiek van de landbouw. Rapport 1: analyses van ontwikkelingen in gewasarealen, dieraantallen, grondgebruik,</i>

	<i>grondprijzen, verdien Capaciteiten en verbredingsactiviteiten.</i>
190	Pouwels, R., A. van Hinsberg, V. Mensing, S. van Tol & J.Y. Frissel (2020). <i>Achtergrondrapport referentiescenario's natuurverkenning 2050</i>
191	Hennekens, S., J. Holtland, N. van Rooijen, W. Wamelink & W. Ozinga (2020). <i>Indicatie waarden voor voedselrijkdom van de bodem; een vergelijking tussen drie indicatiesystemen.</i>
192	Glorius, S.T. & A. Meijboom (2020). <i>Ontwikkeling van enkele droogvallende mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee; situatie 2019.</i>
193	Glorius, S.T. & A. Meijboom (2020). <i>Ontwikkeling van de bodemdiergemeenschap in de geulen van referentiegebied Rottum; Tussenrapportage 14 jaar na sluiting (najaar 2019).</i>
194	Adams, A.S. & W.J. Remmelts (2020). <i>Achtergronddocumentatie Vogel- en Habitatrichtlijnrapportage Annex A.</i>
195	Van der Meij, W.M. & G.J. Maas (2020). <i>Kwaliteitsdocument van de Geomorfologische kaart van Nederland.</i>
196	Buijs, A.E., D.A. Kamphorst, C.B.E.M. Aalbers (2020). <i>Draagt maatschappelijke betrokkenheid bij aan de legitimiteit van het natuurbeleid? Inventarisatie van beleidsverwachtingen en review van literatuur.</i>
197	Knegt, B. de, M. van der Aa, L. van Gerven, K. Hendriks, S. Koopmans, M. Lof, M. Riksen, H. Roelofsen, S. de Vries, I. Woltjer (2020). <i>Graadmeter Diensten van Natuur, update 2020; Vraag, aanbod, gebruik en trend van goederen en diensten uit ecosystemen in Nederland.</i>
198	Bouwma, I.M., M.C. van Riel, J.G. Nuesink, J.A. Veraart, R. Pouwels (2020). <i>Verkenning naar de samenhang van de Vogel- en Habitatrichtlijn en de Kaderrichtlijn Water. Een analyse voor het vergroten van de synergie tussen de richtlijnen.</i>
199	Muskens, G., M. La Haye, R. van Kats, S. Moonen & E.A. van der Grift (2020). <i>Ontwikkeling van de hamsterpopulatie in Limburg; Stand van zaken 2019-2020.</i>
200	J.J.T.I. Boesten, M.M.S. ter Horst (2021). <i>Manual for PEARLNEQ v6.</i>
201	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 (2021). <i>Greenhouse gas reporting of the LULUCF sector in the Netherlands. Methodological background, update 2021.</i>
202	M.E. Sanders, H.A.M. Meeuwsen, H.D. Roelofsen, R.J.H.G. Henkens (2021). <i>Voortgang natuurnetwerk en areaal beschermd natuurgebied. Technische achtergronden bij de digitale Balans van de Leefomgeving 2020.</i>
203	Bruggen, C. van, A. Bannink, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, L.A. Lagerwerf, H.H. Luesink, M.B.H. Ros, G.L. Velthof, J. Vonk en T. van der Zee

	(2021). <i>Emissies naar lucht uit de landbouw berekend met NEMA voor 1990-2019.</i>
204	IJsseldijk, L.L., van Schalkwijk, L., M.J.L. Kik & A. Gröne (2021). <i>Postmortaal onderzoek van bruinvissen (Phocoena phocoena) uit Nederlandse wateren, 2020. Biologische gegevens, gezondheidsstatus en doodsoorzaken.</i>
205	Kros, J., J.C.H. Voogd, J. van Os, L.J.J. Jeurissen (2021). <i>INITIATOR Versie 5 - Status A; Beschrijving van de kwaliteitseisen ter verkrijging van het kwaliteitsniveau Status A.</i>
206	Waesink, R., D.J. van der Hoek, B. de Kragt & J. Schütt (2021). <i>Aanbevelingen voor verbetering van de landelijke analyse van effect herstelmaatregelen op biodiversiteit; Verdiepende analyse in zes natuurgebieden.</i>
207	Kamphorst, D.A., J.L.M. Donders, T.A. de Boer & J.G. Nuesink (2021). <i>Maatschappelijk debat naar aanleiding van het PAS-arrest en de mogelijke invloed op het natuurbeleid; Discours- en sociale media analyse naar aanleiding van het PAS arrest.</i>
208	Schöll, L. van, R. Postma, P.A.I. Ehlert, L. Veenemans, D.W. Bussink (2022). <i>Opties voor opname van plant-biostimulanten in de Nederlandse Meststoffenwet; WP-2 Implementatie van VO-EU 2019/1009 in de Meststoffenwet.</i>
209	Koffijberg K., P. de Boer, S.C.V. Geelhoed, J. Nienhuis, H. Schekkerman, K. Oosterbeek, J. Postma (2021). <i>Broedsucces van kustbroedvogels in de Waddenzee in 2019.</i>
211	Kuiters, A.T., G.A. de Groot, D.R. Lammertsma, H.A.H. Jansman & J. Bovenschen (2021). <i>Status van de Nederlandse otterpopulatie: genetische variatie, mortaliteit en infrastructurele knelpunten in 2020.</i>
212	Glorius, S.T. & A. Meijboom (2021). <i>Ontwikkeling van enkele droogvallende mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee; Periode 1995 tot en met 2020.</i>
214	Sanders, M.E., G.W.W. Wamelink, R. Jochem, H.A.M. Meeuwsen, D.J.J. Walvoort, R.M.A. Wegman, H.D. Roelofsen, R.J.H.G. Henkens (2022). <i>Milieucondities en ruimtelijke samenhang natuurgebieden; Technische achtergronden indicatoren digitale Balans van de Leefomgeving 2020.</i>
216	Bakker, G. (2022). <i>Hydrofysische gegevens van de bodem; Uitbreiding gegevens in 2021 en overdracht naar de Basisregistratie Ondergrond.</i>



Thema Basisregistratie Ondergrond

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 0317 48 54 71
E info.wnm@wur.nl
wur.nl/wotnatuurenmilieu

ISSN 2352-2739

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.800 medewerkers (6.000 fte) en 12.900 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.

