



BOFEK2012 versie 2

Status A

J.H.M. Wösten, F. de Vries & J.G. Wesseling

| WOt-technical report 86



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

BOFEK2012 versie 2

Dit Technical report is gemaakt conform het Kwaliteitshandboek van de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu.

Disclaimer WOt-publicaties

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

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL). Het PBL is een inhoudelijk onafhankelijk onderzoeksinstituut op het gebied van milieu, natuur en ruimte, zoals gewaarborgd in de Aanwijzingen voor de Planbureaus, Staatscourant 3200, 21 februari 2012.

Dit onderzoeksrapport draagt bij aan de kennis die verwerkt wordt in meer beleidsgerichte publicaties zoals Natuurverkenning, Balans van de Leefomgeving en andere thematische verkenningen.

Het onderzoek is gefinancierd door het Ministerie van Economische Zaken (EZ).

BOFEK2012 versie 2

Status A

J.H.M. Wösten, F. de Vries & J.G. Wesseling

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu

Wageningen, december 2016

WOt-technical report 86

ISSN 2352-2739

DOI: 10.18174/404573

Referaat

Wösten, J.H.M., F. de Vries & J.G. Wesseling (2016). BOFEK2012 versie 2; Status A. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-technical report 86. 93 blz.; 15 fig.; 6 tab.; 4 ref.; 4 bijlagen.

Aan de 315 bodemeenheden behorende bij de bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50.000, zijn waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken uit de Staringreeks toegekend. Met een model zijn voor deze eenheden functionele kenmerken berekend. Op grond van verwantschap in functionele kenmerken zijn de 315 bodemeenheden geclusterd in 72 bodemfysische eenheden en afgebeeld in de nieuwe BOdemFysische EenhedenKaart (BOFEK2012). Om bij modelberekeningen van water- en stoffentransport in de bodem deze gegevens te kunnen gebruiken, is een dataset samengesteld met informatie over (i) het GIS-bestand, met de geografische verbreiding van de BOFEK-eenheden in Nederland, en (ii) over profielschetsen met de laagopbouw van het bodemprofiel tot 1,20 m-mv. en de daaraan gerelateerde bodemfysische kenmerken. Voor de toekenning van Status A aan het BOFEK-bestand zijn een aantal onderwerpen nader onderzocht zoals gebruikte clusteringmethode, validatie van en controle op uitgevoerde berekeningen, controle op de omzetting van de bodemkaart naar BOFEK-kaart en toevoeging van meta-informatie.

Trefwoorden: bodemfysische eigenschappen, waterretentie- en doorlatendheidskarakteristiek, functionele kenmerken, clustering

Abstract

Wösten, J.H.M., F. de Vries & J.G. Wesseling (2016). BOFEK2012 version 2; A Status. Statutory Research Tasks Unit for Nature & the Environment. WOt-technical report 86. 93 pp; 15 Fig.; 6 Tab.; 4 Ref.; 4 Appendices.

Water retention and hydraulic conductivity properties from the Staring series have been attributed to the 315 soil typological units of the Soil Map of the Netherlands, scale 1: 50,000, and functional characteristics for these units were calculated using a model. Based on commonalities between these functional characteristics, the 315 soil typological units have been clustered to form 72 soil physics units, which make up the new soil physics units map 'BOdemFysische EenhedenKaart' (BOFEK2012). To make these data available for use in models to calculate water and nutrient transport in soils, a dataset has been compiled containing information on (i) the GIS database, with the geographical distribution of the BOFEK units in the Netherlands, and (ii) profile diagrams showing the soil layers to a depth of 1.2 metres below ground level, together with the relevant soil physical properties. For the award of A Status to the BOFEK database a number of aspects of the mapping methodology were reviewed, including the clustering method used, the validation and verification of the calculations made, the verification of the conversion from the soil map to the soil physics units map, and the addition of meta information.

Keywords: soil physical properties, water retention and hydraulic conductivity properties, functional characteristics, clustering

© 2016

Wageningen Environmental Research

Postbus 47, 6700 AA Wageningen

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

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

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

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

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

Woord vooraf

Wij bedanken het auditteam bestaande uit Harm Houweling, Janien van der Gref, George van Voorn en Geerten Hengeveld voor hun kritisch en opbouwend commentaar dat heeft geleid tot de toekenning van Status A aan het BOFEK-bestand.

Henk Wösten

Folkert de Vries

Jan Wesseling

Inhoud

Woord vooraf	5
Samenvatting	9
Summary	11
1 Inleiding	13
2 Clustering	15
3 Validatie van berekeningen	19
4 Controle ZEUS-berekeningen	25
4.1 Inleiding	25
4.2 Stromingsvergelijking	25
4.3 Analytische oplossingen en vergelijken van uitkomsten	26
4.3.1 Proportionele afname van K	26
4.3.2 Oplossing volgens Malik	28
4.4 De invloed van de stapgrootte op de resultaten	30
4.5 Conclusies	30
4.6 Referenties	30
5 Controle op de omzetting van de bodemkaart naar BOFEK-kaart	31
5.1 Beschrijving van de uitgevoerde controle	31
5.2 Uitkomsten	31
5.3 Aanpassing	34
6 Meta-informatie	37
Verantwoording	41
Bijlage 1 Zeus: kiezen en aanroepen van gewenste module uit Titanen pakket	43
Bijlage 2 Hades: Berekenen van drukhoogteprofielen voor infiltratie en capillaire opstijging	55
Bijlage 3 Tethys: het bepalen van de optimale ligging van splines voor het beschrijven van pF en $K(h)$ -relaties	63
Bijlage 4 Kronos: Visualiseren van bodemfysische karakteristieken en het genereren van tabellarische uitvoer	73
Bijlage 5 Checklist kwaliteitsstatus A	81

Samenvatting

Het BOFEK2012-bestand geeft een nieuwe, bodemfysische schematisatie van Nederland. Dit bestand wordt veelvuldig gebruikt als bron van bodemfysische invoer voor de onverzadigde zone in modelstudies naar water- en stoftransport in de bodem. Het bestand is gecreëerd door aan de 315 bodemeenheden behorende bij de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50.000, waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken uit de Staringreeks toe te kennen. Met een model zijn voor deze eenheden vervolgens functionele kenmerken berekend. Op grond van verwantschap in functionele kenmerken zijn de 315 bodemeenheden geclusterd in 72 bodemfysische eenheden en afgebeeld in de nieuwe BODEMFysische EenhedenKaart (BOFEK2012).

Om Status A aan het BOFEK-bestand toe te kennen, zijn een aantal onderwerpen nader onderzocht en daarvan doet dit rapport verslag.

Het gaat hierbij om:

- algemene werkwijze bij de vervaardiging van het BOFEK2012-bestand;
- gebruikte clusteringmethode;
- validatie van berekeningen uitgevoerd met de BOFEK- en PAWN-schematisatie;
- controle op de berekeningen met het rekenprogramma;
- controle op de omzetting van de bodemkaart naar BOFEK-kaart;
- meta-informatie;
- bijlagen met beschrijvingen van de relevante rekenprogramma's.

Op basis van de controle op de omzetting van de bodemkaart naar BOFEK-kaart, zoals gerapporteerd in hoofdstuk 5, is BOFEK2012 versie 2 (BOFEK2012_v2) opgeleverd en deze vervangt vanaf nu BOFEK2012 versie 1 (BOFEK2012_v1). De audit heeft betrekking op BOFEK2012 versie 2 (BOFEK2012_v2).

De validatie van de berekeningen, zoals gerapporteerd in hoofdstuk 3, is gedaan met BOFEK2012 versie 1. Omdat de aanpassingen zoals gerapporteerd in hoofdstuk 5 beperkt zijn, is de validatie zoals gerapporteerd in hoofdstuk 3 niet opnieuw uitgevoerd. In Bijlage 5 is de 'Checklist kwaliteitsstatus A' opgenomen.

Summary

The BOFEK2012 database underpins a new classification of soil physical properties in the Netherlands. This database is frequently used in modelling studies of water and nutrient transport in the soil as a source of input data on soil physical properties for the unsaturated zone. The database was created by adding water retention and hydraulic conductivity properties from the Staring series to the 315 soil typological units in the Soil Map of the Netherlands, scale 1: 50,000. The functional characteristics of these units were then calculated using a model. Based on commonalities between these functional characteristics, the 315 soil typological units were clustered to form the 72 soil physics units that make up the new soil physics units map 'BodemFysische EenhedenKaart' (BOFEK2012).

For the award of A Status to the BOFEK database a number of aspects were reviewed in depth. This report presents the outcome of that review, which covered:

- the methodology used to create the BOFEK2012 database;
- the clustering method used;
- validation of the calculations made using the BOFEK and PAWN classification;
- verification of the calculations made with the calculation program;
- verification of the conversion from the soil map to the soil physics units (BOFEK) map;
- meta information;
- appendices with descriptions of the relevant calculation programs.

Following verification of the conversion of the soil map to the soil physics units (BOFEK) map, as reported in Chapter 5 of this report, BOFEK2010 version 2 (BOFEK2012_v2) was formally adopted, replacing BOFEK2012 version 1 (BOFEK2012_v1). The audit was of BOFEK2012 version 2 (BOFEK2012_v2).

The validation of the calculations, as reported in Chapter 3, was made using BOFEK2012 version 1. As the amendments reported in Chapter 5 are minimal, the validation reported in Chapter 3 was not repeated. In Annex 5 the 'Ckecklist Status A' is included.

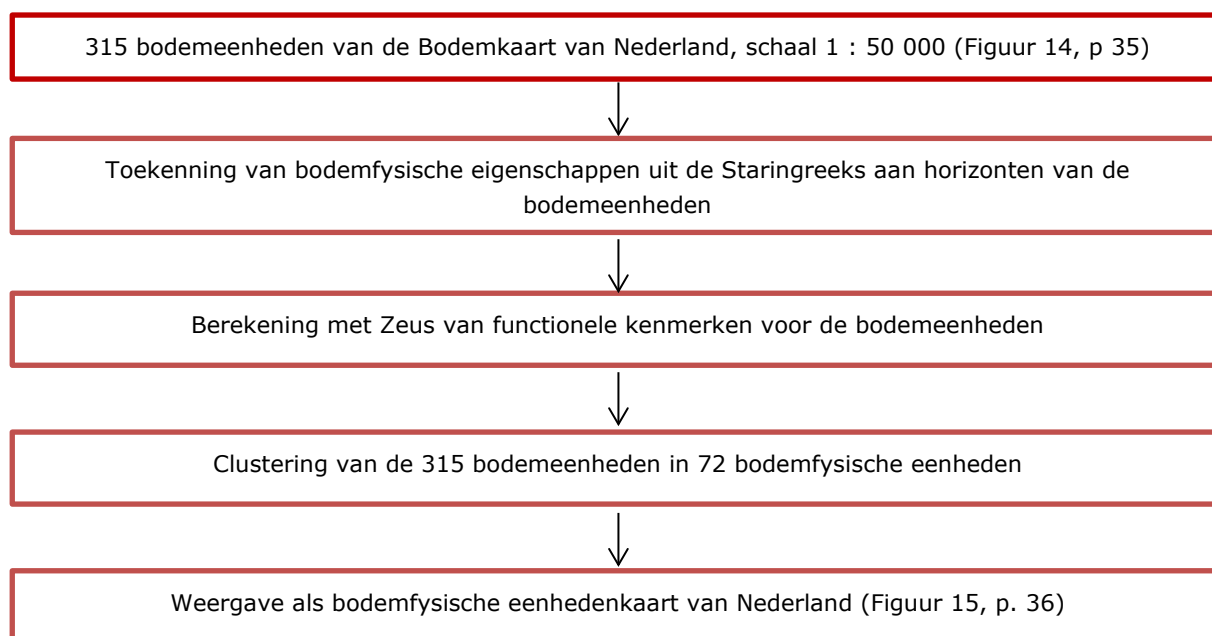
1 Inleiding

BOFEK2012 is de nieuwe, bodemfysische schematisatie van Nederland. De referentie naar het bestand is: Henk Wösten, Folkert de Vries, Tom Hoogland, Harry Massop, Ab Veldhuizen, Henk Vroon, Jan Wesseling, Joost Heijkers en Almer Bolman (2012). *BOFEK2012, de nieuwe, bodemfysische schematisatie van Nederland*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2387. 93 blz.; 25 fig.; 4 tab.; 18 ref.

Aan de 315 bodemeenheden behorende bij de bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50.000, zijn waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken uit de Staringreeks toegekend. Met een model zijn voor deze eenheden functionele kenmerken berekend. Op grond van verwantschap in functionele kenmerken zijn de 315 bodemeenheden geclusterd in 72 bodemfysische eenheden en afgebeeld in de nieuwe BOdemFysische EenhedenKaart (BOFEK2012). Om bij modelberekeningen van water- en stoffentransport in de bodem deze gegevens te kunnen gebruiken, is een dataset samengesteld met informatie over:

- GIS-bestand, met de geografische verbreiding van de BOFEK-eenheden in Nederland.
- Profielschetsen met de laagopbouw van het bodemprofiel tot 1,20 m-mv. en de daaraan gerelateerde bodemfysische kenmerken.

De stappen die zijn gevolgd om tot het eindproduct te komen, zijn hieronder schematisch weergegeven:



De audit voor Status A van BOFEK2012 heeft betrekking op BOFEK2012 versie 2 (BOFEK2012_v2). In hoofdstuk 5 wordt uitgelegd welke aanpassingen zijn doorgevoerd op BOFEK2012 versie 1 die hebben geleid tot versie 2. In Bijlage 5 is de 'Checklist kwaliteitsstatus A' opgenomen.

2 Clustering

Bij de clustering van de bodemeenheden is gebruik gemaakt van een standaard clustering-algoritme dat in R zit namelijk `kmeans` (Heuvelink, Wageningen Environmental Research: personal communication). Dit algoritme is de eerste keuze omdat het hier gaat om continue variabelen (Hartigan and Wong, 1979).

Dit algoritme is uitgebreid getest en gedocumenteerd in R. De beschrijving in R is als volgt:

Description

Perform kmeans clustering on a data matrix.

Usage

```
kmeans(x, centers, iter.max = 10, nstart = 1,
       algorithm = c("Hartigan-Wong", "Lloyd", "Forgy",
                    "MacQueen"), trace=FALSE)
## S3 method for class 'kmeans'
fitted(object, method = c("centers", "classes"), ...)
```

Arguments

<code>x</code>	numeric matrix of data, or an object that can be coerced to such a matrix (such as a numeric vector or a data frame with all numeric columns).
<code>centers</code>	either the number of clusters, say k , or a set of initial (distinct) cluster centres. If a number, a random set of (distinct) rows in <code>x</code> is chosen as the initial centres.
<code>iter.max</code>	the maximum number of iterations allowed.
<code>nstart</code>	if <code>centers</code> is a number, how many random sets should be chosen?
<code>algorithm</code>	character: may be abbreviated. Note that "Lloyd" and "Forgy" and alternative names for one algorithm.
<code>object</code>	an R object of class "kmeans", typically the result of <code>ob <- kmeans(..)</code> .
<code>method</code>	character: may be abbreviated. "centers" causes <code>fitted</code> to return cluster centers (one for each input point) and "classes" causes <code>fitted</code> to return a vector of class assignments.
<code>trace</code>	logical or integer number, currently only used in the default method ("Hartigan-Wong"): if positive (or true), tracing information on the progress of the algorithm is produced. Higher values may produce more tracing information.
<code>...</code>	not used.

Details

The data given by `x` are clustered by the `kmeans` method, which aims to partition the points into k groups such that the sum of squares from points to the assigned cluster centres is minimized. At the minimum, all cluster centres are at the mean of their Voronoi sets (the set of data points which are nearest to the cluster centre).

The algorithm of Hartigan and Wong (1979) is used by default. Note that some authors use `kmeans` to refer to a specific algorithm rather than the general method: most commonly the algorithm given by MacQueen (1967) but sometimes that given by Lloyd (1957) and Forgy (1965). The Hartigan-Wong algorithm generally does a better job than either of those, but trying several random starts (`nstart > 1`) is often recommended. In rare cases, when some of the points (rows of `x`) are extremely close, the algorithm may not converge in the "Quick-Transfer" stage, signalling a warning (and returning `ifault = 4`). Slight rounding of the data may be advisable in that case.

For ease of programmatic exploration, `k=1` is allowed, notably returning the center and `withinss`.

Except for the Lloyd-Forgy method, `k` clusters will always be returned if a number is specified. If an initial matrix of centres is supplied, it is possible that no point will be closest to one or more centres, which is currently an error for the Hartigan-Wong method.

Value

`kmeans` returns an object of class "kmeans" which has a `print` and a `fitted` method. It is a list with at least the following components:

<code>cluster</code>	A vector of integers (from 1:k) indicating the cluster to which each point is allocated.
<code>centers</code>	A matrix of cluster centres.
<code>totss</code>	The total sum of squares.
<code>withinss</code>	Vector of within-cluster sum of squares, one component per cluster.
<code>tot.withinss</code>	Total within-cluster sum of squares, i.e., <code>sum(withinss)</code> .
<code>betweenss</code>	The between-cluster sum of squares, i.e. <code>totss-tot.withinss</code> .
<code>size</code>	The number of points in each cluster.
<code>iter</code>	The number of (outer) iterations.
<code>ifault</code>	integer: indicator of a possible algorithm problem - for experts.

References

Forgy, E. W. (1965) Cluster analysis of multivariate data: efficiency vs interpretability of classifications. *Biometrics* **21**, 768-769.

Hartigan, J. A. and Wong, M. A. (1979). A K-means clustering algorithm. *Applied Statistics* **28**, 100-108.

Lloyd, S. P. (1957, 1982) Least squares quantization in PCM. Technical Note, Bell Laboratories. Published in 1982 in *IEEE Transactions on Information Theory* **28**, 128-137.

MacQueen, J. (1967) Some methods for classification and analysis of multivariate observations. In *Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*, eds L. M. Le Cam & J. Neyman, **1**, pp. 281-297. Berkeley, CA: University of California Press.

Het aantal clusters is gebaseerd op het 'Calinski-Harabasz'-criterium. Hierbij moet er meer dan één profiel per cluster aanwezig zijn en is ook naar de getalswaarde van de berekende functionele kenmerken per cluster gekeken. Clustercentra die voor de functionele kenmerken sterk lijken op de centra van één van de overige clusters leveren hierbij geen zinvol onderscheid op. De clustering is ook visueel beoordeeld aan de hand van diagrammen van berekende functionele kenmerken zoals weergegeven in de figuren 4 en 5 in het BOFEK-rapport (Wösten *et al.*, 2012). Hiervan is gebruik gemaakt om aantallen clusters te onderscheiden die onderling ook voldoende verschillend zijn.

Nadat de keuze voor het aantal clusters is gemaakt, is voor ieder profiel berekend tot welk cluster het behoort. Bij kmeans-clustering zoals hier toegepast, betekent het dat profielen die zijn uitgedrukt in genormaliseerde functionele kenmerken het dichtst bij een clustercentrum liggen die tot dat cluster behoren. Naast een toekenning van alle profielen aan een cluster zijn ook de afstanden van ieder profiel t.o.v. de overige clustercentra berekend; hiermee kan in twijfelgevallen worden besloten een profiel aan een ander cluster toe te kennen waarvan de functionele kenmerken weinig verschillen.

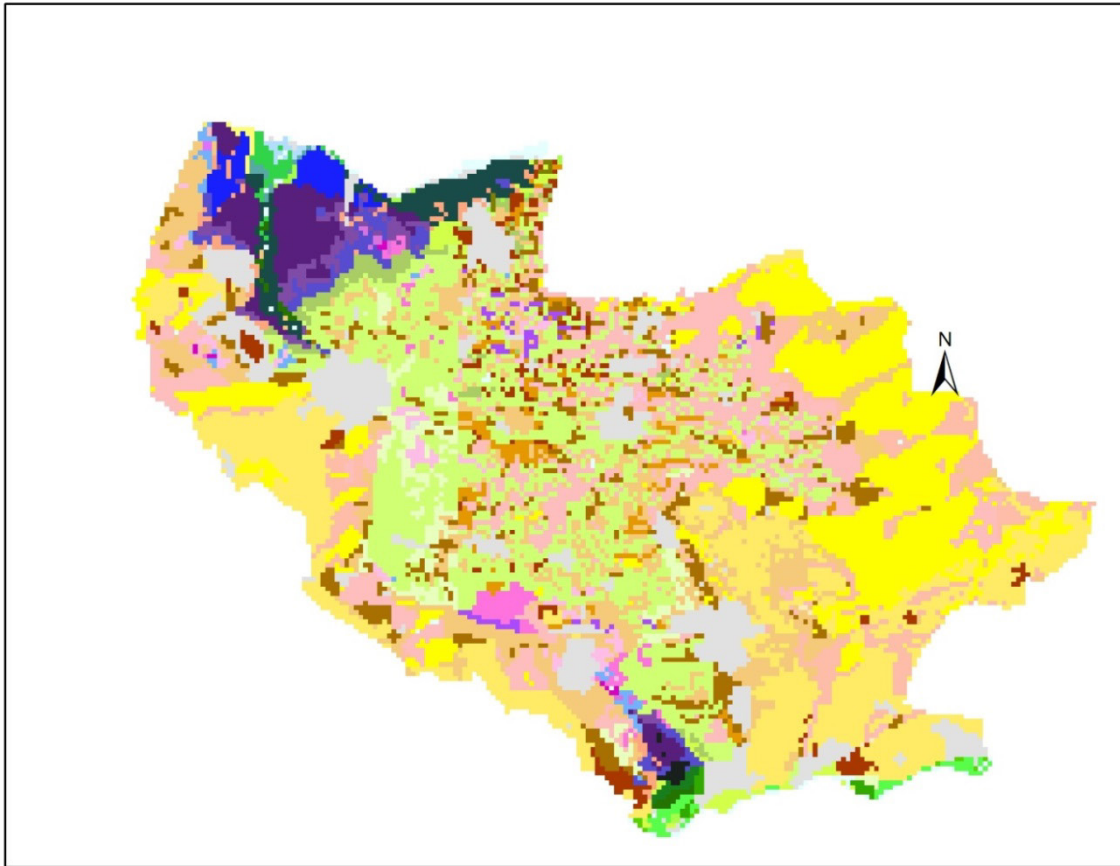
Naast de randvoorwaarde dat deze schematisering de Nederlandse gronden moet groeperen in een optimaal aantal clusters op basis van kenmerken die in belangrijke mate het hydrologisch gedrag bepalen, was er ook de randvoorwaarde dat er clusters ontstaan met een min of meer overeenkomstige en herkenbare profielopbouw, waarbij de laagopbouw getypeerd kan worden met bouwstenen van de Staringreeks. Door de multivariate clustering per grondsoort uit te voeren, is al voorkomen dat er bijvoorbeeld zandgronden en veengronden in één cluster zijn samengevoegd.

De clusteranalyse leverde echter ook binnen de grondsoorten groepen met bodemeenheden op met een aanzienlijke diversiteit in profielopbouw, zoals een cluster waarin kleigronden met een zandondergrond en kleigronden met een ondergrond van veen zijn gecombineerd, of een combinatie van profielen met grof zand en profielen met fijn zand. Voor clusters met dit soort combinaties kan geen realistisch representatief profiel worden opgesteld. Er is daarom nog een nabewerking uitgevoerd om clusters te formeren met profielen met een overeenkomstige profielopbouw. Zo zijn bijvoorbeeld clusters waarin kleigronden met een zandondergrond en kleigronden met een veenondergrond opgesplitst in twee clusters. Bij deze nabewerking is ook gelet op de geografische ligging en verbreiding van de eenheden binnen een cluster. Het is bijvoorbeeld niet logisch dat kleigronden in het zeekleigebied gecombineerd worden met kleigronden in Zuid-Limburg. Deze nabewerking had betrekking op een twintigtal bodemeenheden (circa 6% van het totaal aantal bodemeenheden).

De clustering resulteerde in een tabel waarin aan alle 317 bodemtypen een clusternummer is toegekend. Deze tabel is in ArcGIS gecombineerd met het GIS-bestand van de bodemkaart. Door middel van een 'Dissolve-bewerking' zijn de kaartvlakken met overeenkomstige clusternummers samengevoegd. Dit resulteerde in het BOFEK-GIS-bestand.

3 Validatie van berekeningen

Bij wijze van validatie zijn voor testgebied 1 rondom het IJsselmeer dat onder andere het beheersgebied van Waterschap Vallei & Eem omvat, voor het droge jaar 2003 berekeningen uitgevoerd (Figuur 1). De verschillen tussen de BOFEK-variant en de PAWN-variant worden nader beschouwd voor grondwaterstanden en de berekende verdamping (Figuren 2-4).



Legenda

Vallei en Eem Bofek2012

Moerige gronden

- 202 Zavel- en kleidek op moerige tussenlaag op zandondergrond
- 203 Kleiarm veen op zandondergrond
- 205 Zanddek op moerige tussenlaag op zandondergrond

Veengronden

- 101 Kleilig moerige bovengrond of kleidek op eutroof veen tot tenminste 120 cm-mv.
- 102 Kleilig moerige bovengrond of kleidek op veen en zandondergrond binnen 120 cm-mv.
- 103 Kleiarmer moerige bovengrond op veen met binnen 120 cm-mv. vaak een zandondergrond
- 105 Kleilig moerige bovengrond of kleidek op oligotroof veen veelal tot dieper dan 120 cm-mv.
- 107 Oligotroof veen tot dieper dan 120 cm-mv.
- 108 Veen op zandondergrond binnen 120 cm-mv.
- 109 Zanddek of veenkoloniaal dek op mesotroof veen en een zandondergrond binnen 120 cm-mv.
- 110 Zanddek of veenkoloniaal dek op oligotroof veen met een zandondergrond binnen 120 cm-mv.

Zandgronden

- 301 Leemarme (podzol-)gronden
- 302 Leemarme (stuf-)zandgronden
- 303 Leemarme tot zwak lemige zandgronden met een kleidek
- 304 Zwak lemige (podzol-)gronden
- 305 Zwak lemige zandgronden met grof zand in de ondergrond
- 307 Zwak lemige zandgronden met een kleidek
- 309 Zwak lemige (beekerd-)gronden deels met grof zand in de ondergrond
- 310 Zwak lemige zandgronden met een matig dik cultuurdek
- 311 Zwak lemige zandgronden met een dik cultuurdek (enkeerdgronden)
- 312 Lemige (podzol-)gronden

- 313 Lemige (beekerd-)gronden
- 316 Lemige zandgronden met een kleidek
- 317 Lemige zandgronden met een dik cultuurdek (enkeerdgronden)
- 320 Grof zandige (podzol-)gronden
- 322 Grof zandige gronden met een dik cultuurdek (enkeerdgronden)
- 325 Mariene en fluviatiele zandgronden met een kleidek

Kleigronden

- 401 Ongerijpte (slappe) zavel en klei (marien)
- 402 Zavel en lichte klei op veen (marien)
- 404 Klei op veen (fluviatiel)
- 405 Zware klei op veen (marien)
- 408 Lichte zavel op zand (marien en fluviatiel)
- 410 Zware zavel op zand (marien en fluviatiel)
- 412 Klei op zand (marien)
- 414 Zavel en lichte klei met zware tussenlaag
- 415 Zware klei of zware tussenlaag (marien en fluviatiel)
- 416 Lichte zavel homogeen profiel (marien en fluviatiel)
- 418 Zware zavel homogeen profiel (marien en fluviatiel)
- 419 Zware zavel homogeen profiel (vooral fluviatiel)
- 421 Lichte klei homogeen profiel (marien)
- 422 Zware klei (fluviatiel, komgronden)

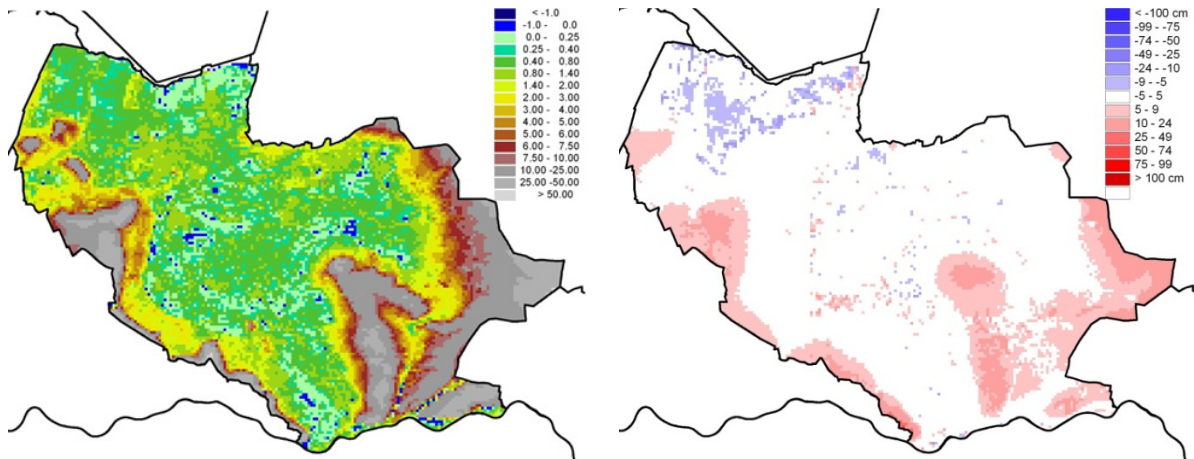
Overig

- 999 Bebouwing, dijken, groeves enz.
- 998 Water

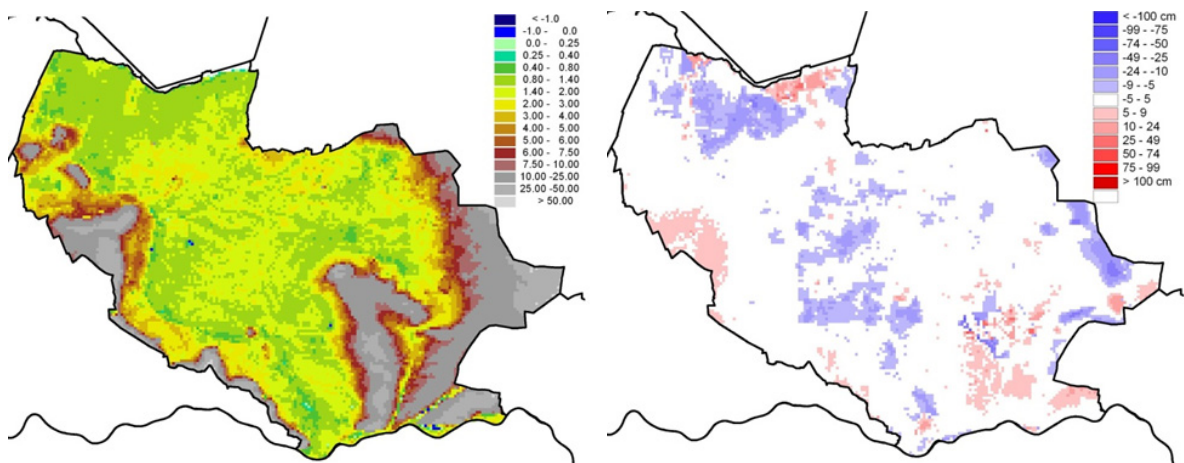
Figuur 1 Bodemfysische eenheden binnen het waterschap Vallei & Eem (250 x 250 meter).

Voor de vergelijking tussen BOFEK2012 en PAWN (Policy Analysis of Water Management for the Netherlands - bestand Bodemopbouw) zijn de LG3 en de HG3 voor 2003 bepaald. De LG3 is het gemiddelde van de drie laagste grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld berekend op 14e of 28ste van de maand. De HG3 wordt analoog bepaald uit de hoogste grondwaterstanden.

De vervanging van de PAWN-schematisatie door BOFEK2012-schematisatie heeft relatief geringe effecten voor de grondwaterstanden. In het jaar 2003 neemt de dynamiek uitgedrukt als verschil tussen LG3 en HG3 gemiddeld met 2,9 cm toe (zie tabel 1). De verhoging van de HG3 voor zandgronden is hierbij doorslaggevend.

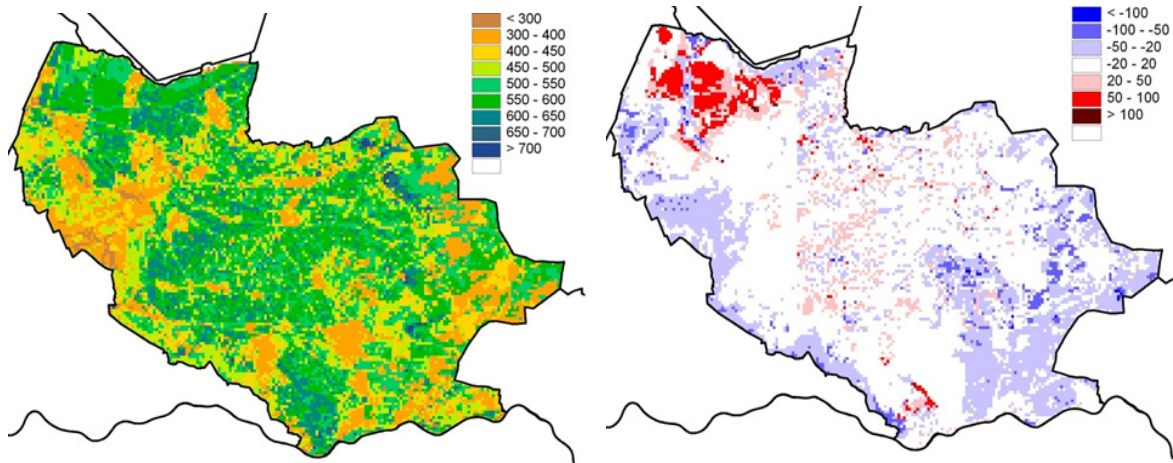


Figuur 2 HG3 (links) en de verandering van de HG3 (rechts) door de vervanging van de PAWN-schematisatie (links) door de BOFEK2012-schematisatie (rechts); blauwe kleuren duiden op een verlaging.



Figuur 3 LG3 (links) en de verandering van de LG3 (rechts) door de vervanging van de PAWN-schematisatie (links) door de BOFEK2012-schematisatie (rechts); blauwe kleuren duiden op een verlaging.

De verdamping laat een enigszins gemengd beeld zien. Gemiddeld is deze in het jaar 2003 5 mm (1%) lager in de BOFEK-variant (532 versus 527 mm). Veengronden en moerige gronden laten een hogere verdamping zien terwijl de kleigronden en zandgronden gemiddeld minder verdampen (zie tabel 1).



Figuur 4 Actuele verdamping (mm) in het jaar 2003 (links) en de verandering van de verdamping (mm) door de vervanging van de PAWN-schematisatie (links) door de BOFEK2012-schematisatie (rechts); blauwe kleuren duiden op een afname.

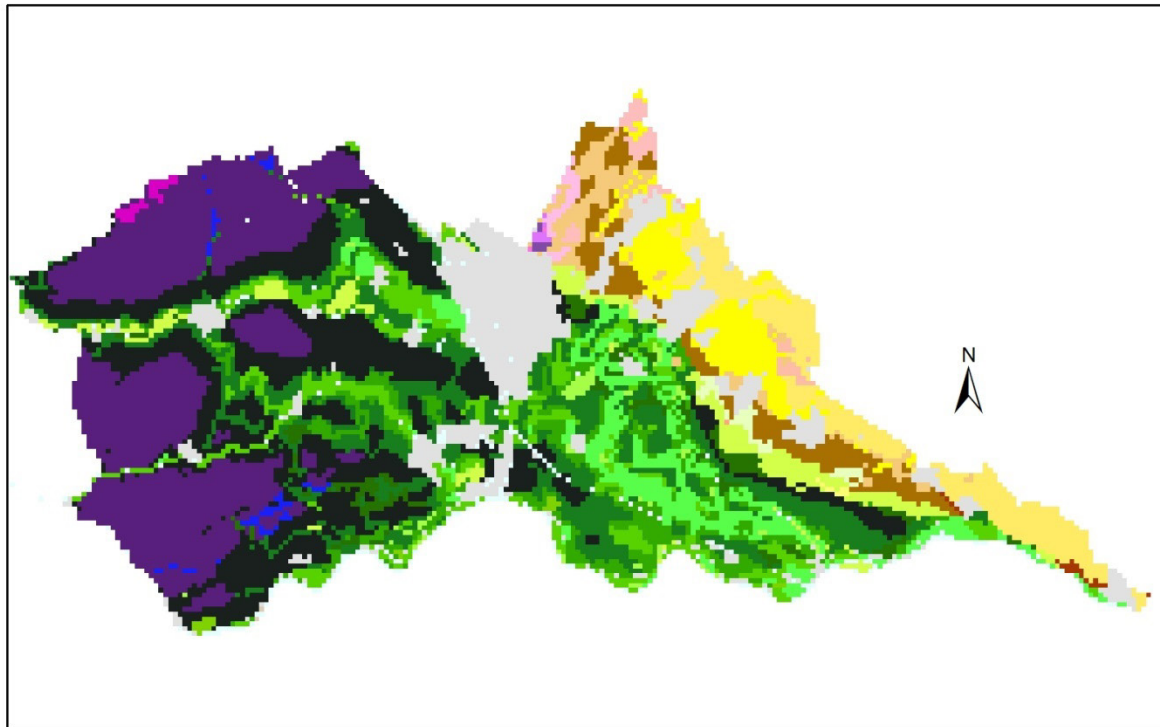
Tabel 1 Toename van de verdamping, LG3 en HG3 als gevolg van de vervanging van de PAWN-schematisatie door de BOFEK201-schematisatie voor het Waterschap Vallei & Eem in het jaar 2003.

	Areaal (ha)	Toename verdamping (mm)	Toename LG3 (cm)	Toename HG3 (cm)
Veen	5 825	30,0	-4,8	-2,8
Moerig	3 375	35,2	-7,3	0,4
Zand	93 375	-8,5	0,1	3,2
Klei	4 475	-12,1	2,8	-1,3
Totaal	107 050	-5,2	-0,3	2,6

Op eenzelfde manier als voor testgebied 1 zijn voor het droge jaar 2003 ook berekeningen uitgevoerd voor testgebied 2 (Figuur 5). Testgebied 2 omvat onder andere het beheersgebied van Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden (HDSR). De verschillen tussen de BOFEK-variant en de PAWN-variant worden nader beschouwd voor grondwaterstanden en de berekende verdamping (Figuren 6-8).

Voor de vergelijking tussen BOFEK en PAWN zijn de LG3 en de HG3 voor 2003 bepaald. De LG3 is het gemiddelde van de drie laagste grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld berekend op 14e of 28ste van de maand. De HG3 wordt analoog bepaald uit de hoogste grondwaterstanden.

De vervanging van de PAWN-schematisatie door de BOFEK2012-schematisatie is vooral zichtbaar in de LG3 in 2003. Het effect op de HG3 is relatief gering. In het jaar 2003 neemt de dynamiek uitgedrukt als verschil tussen LG3 en HG3 gemiddeld af met 2,8 cm, vooral door het minder wegzakken van de LG3. Het beeld is wel gevarieerd. De LG3 in veengronden komt gemiddeld ongeveer 8 cm dieper uit, terwijl de LG3 in kleigronden met ongeveer 8 cm stijgt.



Legenda

HDSR BOFEK2012

Moerige gronden

- 203 Kleiarm veen op zandondergrond
- 205 Zanddek op moerige tussenlaag op zandondergrond

Veengronden

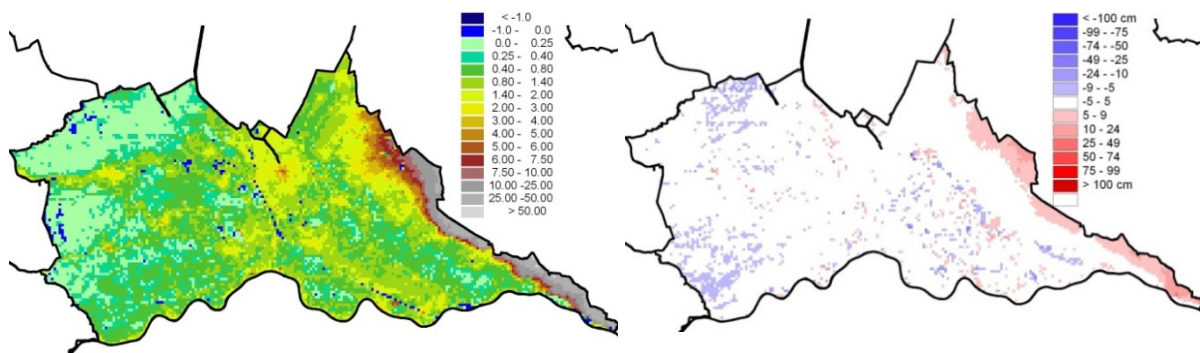
- 101 Kleilig moerige bovengrond of kleidek op eutroof veen tot tenminste 120 cm-mv.
- 102 Kleilig moerige bovengrond of kleidek op veen en zandondergrond binnen 120 cm-mv.
- 105 Kleilig moerige bovengrond of kleidek op oligotroof veen veelal tot dieper dan 120 cm-mv.
- 107 Oligotroof veen tot dieper dan 120 cm-mv.
- 110 Zanddek of veenkoloniaal dek op oligotroof veen met een zandondergrond binnen 120 cm-mv.

Zandgronden

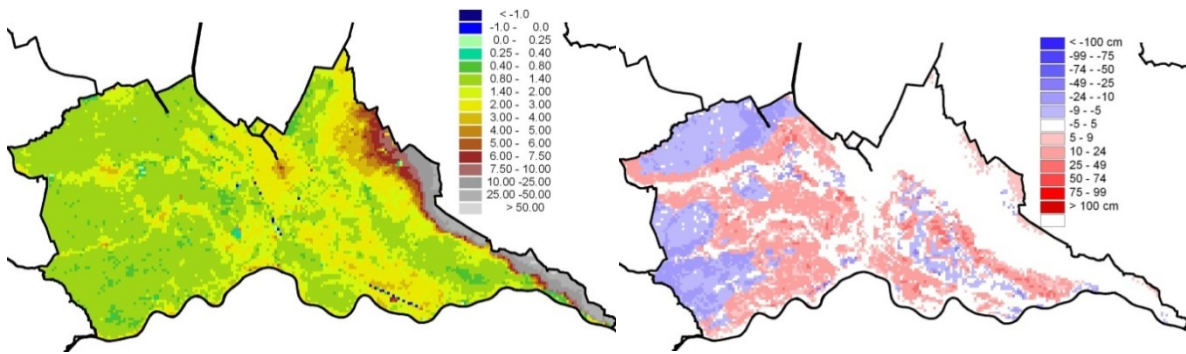
- 301 Leemarme (podzol-)gronden
- 302 Leemarme (stulf-)zandgronden
- 303 Leemarme tot zwak lemige zandgronden met een kleidek
- 304 Zwak lemige (podzol-)gronden
- 307 Zwak lemige zandgronden met een kleidek
- 309 Zwak lemige (beekeerd-)gronden deels met grof zand in de ondergrond
- 310 Zwak lemige zandgronden met een matig dik cultuurdek
- 311 Zwak lemige zandgronden met een dik cultuurdek (enkeerdgronden)

- 313 Lemige (beekeerd-)gronden
 - 320 Grof zandige (podzol-)gronden
 - 322 Grof zandige gronden met een dik cultuurdek (enkeerdgronden)
 - 326 Grof zandige (mariene en fluviaale) zandgronden
- Kleigronden**
- 404 Klei op veen (fluviaal)
 - 408 Lichte zavel op zand (marien en fluviaal)
 - 410 Zware zavel op zand (marien en fluviaal)
 - 414 Zavel en lichte klei met zware tussenlaag
 - 415 Zware klei of zware tussenlaag (marien en fluviaal)
 - 416 Lichte zavel homogeen profiel (marien en fluviaal)
 - 417 Lichte zavel (fluviaal)
 - 418 Zware zavel homogeen profiel (marien en fluviaal)
 - 419 Zware zavel homogeen profiel (vooral fluviaal)
 - 422 Zware klei (fluviaal, komgronden)
- Overig**
- 999 Bebouwing, dijken, groeves enz.
 - 998 Water

Figuur 5 Bodemfysische eenheden binnen het Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden (resolutie 250 x 250 meter).

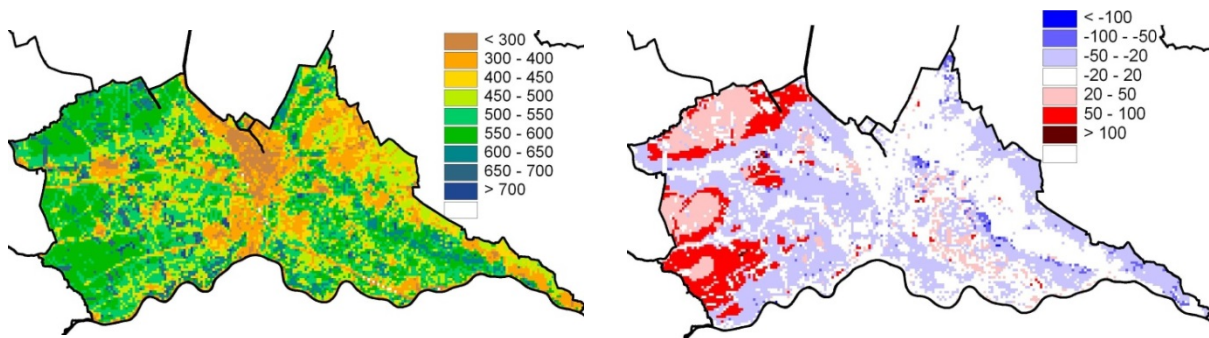


Figuur 6 HG3 (links) en de verandering van de HG3 (rechts) door de vervanging van de PAWN-schematisatie (links) door de BOFEK2012-schematisatie (rechts); blauwe kleuren duiden op een verlaging.



Figuur 7 LG3 (links) en de verandering van de LG3 (rechts) door de vervanging van de PAWN-schematisatie (links) door de BOFEK2012-schematisatie (rechts); blauwe kleuren duiden op een verlaging.

De verdamping laat een enigszins gemengd beeld zien. Gemiddeld is deze in het jaar 2003 4 mm (1%) lager in de BOFEK-variant (535 versus 531 mm). Veengronden en moerige gronden laten een hogere verdamping zien terwijl de meeste zandgronden en kleigronden minder verdampen (zie Tabel 2). Dit is consistent met de verandering van de LG3. De onderliggende oorzaak van de verschillen ligt in de gebruikte Staringreeksbouwstenen. Zo is er in de PAWN-schematisatie voor kleigronden vaker dan in de BOFEK2012-schematisatie gekozen voor een bouwsteen voor middelzware klei (O12) in plaats van voor zware klei (O13).



Figuur 8 Actuele verdamping (mm) in het jaar 2003 (links) en de verandering van de verdamping (mm) als gevolg van de vervanging van de PAWN-schematisatie (links) door de BOFEK2012-schematisatie (rechts); blauwe kleuren duiden op een afname.

Tabel 2 Toename van de verdamping, LG3 en HG3 als gevolg van de vervanging van de PAWN-schematisatie door de BOFEK2012-schematisatie voor HDSR in het jaar 2003.

	Areaal (ha)	Toename verdamping (mm)	Toename LG3 (cm)	Toename HG3 (cm)
Veen	16 075	40.4	-8.2	-2.9
Moerig	325	15.0	-2.0	-0.8
Zand	23 475	-10.9	2.6	2.9
Klei	43 125	-17.2	7.6	0.0
Totaal	83 000	-4.1	3.1	0.3

Concluderend kan worden gesteld dat:

- De hoogste grondwaterstanden worden niet sterk beïnvloed door de wijze van schematiseren. Voor de laagste grondwaterstanden geldt dat deze in kleigronden minder diep uitzakken, terwijl ze in veengronden en moerige gronden gemiddeld dieper uitzakken.
- Het effect van de wijze van schematiseren op de verdamping is gemiddeld gering. De actuele verdamping neemt in het vrij droge jaar 2003 af met ongeveer 1%. Voor zand- en kleigronden neemt de verdamping overwegend af. Veengronden en moerige gronden laten juist een toename van de verdamping zien.
- Als gevolg van de overgang van de PAWN-schematisatie naar de BOFEK2012-schematisatie treden er verschillen op in zowel de grondwaterstanden als de verdamping. Deze verschillen hangen samen met de bodemtypen en de onderliggende toekenning van de Staringreeksbouwstenen, maar zijn gebiedsgemiddeld gering.

In het bovenstaande is een vergelijking gemaakt tussen berekeningsresultaten verkregen met de PAWN-schematisatie en de BOFEK2012-schematisatie. De conclusie is dat de onderlinge verschillen gering zijn en dat daarmee de twee schematisaties de werkelijkheid ongeveer even goed of eventueel ook even fout weergeven. Het betreft dus een relatieve vergelijking van twee schematisatie methoden. Wat nog ontbreekt is een absolute validatie waarbij de berekeningsuitkomsten worden vergeleken met onafhankelijk verkregen uitkomsten.

Voor een absolute validatie is het nuttig om de voorspelling van de bodemfysische opbouw van BOFEK-eenheden te vergelijken met onafhankelijke metingen van de waterretentie- en doorlatendheidskarakteristiek in een aantal BOFEK eenheden. Hierbij kan gedeeltelijk gebruik gemaakt worden van de PRIAPUS-database met gemeten bodemfysische karakteristiek. De puntmetingen uit PRIAPUS voor een ruimtelijk begrensde BOFEK-eenheid dienen te worden bewerkt tot gemiddelde bodemfysische karakteristieken voor de BOFEK-eenheid waarna de vergelijking kan worden gemaakt tussen de voorspelling en de werkelijke meting. Op dit moment bevat PRIAPUS onvoldoende gemeten bodemfysische karakteristieken om deze exercitie te kunnen uitvoeren. Naarmate de PRIAPUS-database echter verder gevuld raakt, komt een absolute validatie van BOFEK ook beter in beeld.

4 Controle ZEUS-berekeningen

4.1 Inleiding

Voor elk van de 315 bodemeenheden zijn functionele kenmerken berekend met het Zeus-rekenprogramma wat onderdeel is van het Titanen-softwarepakket (Wesseling *et al.*, 2016). Het Titanen-softwarepakket bestaat uit twaalf programma's waarbij hier gebruik gemaakt wordt van Zeus als hoofdprogramma (Bijlage 1), Hades voor het berekenen van drukhoogteprofielen voor infiltratie en capillaire opstijging (Bijlage 2), Tethys voor het bepalen van de optimale ligging van splines voor het beschrijven van pF en $K(h)$ -relaties (Bijlage 3), en Kronos voor de visualisatie van gemeten en gefitte bodemfysische karakteristieken en het genereren van tabellarische uitvoer (Bijlage 4).

Om te achterhalen of de uitkomsten van de Hades-berekeningen kloppen, zijn deze vergeleken met twee analytische oplossingen van de Darcy-vergelijking en met de uitkomsten van Capsev-berekeningen (Wesseling *et al.*, 1984; *Computer program Capsev. ICW nota 1500*). Capsev (1984) is de voorloper van het huidige Hades-programma. De resultaten van de vergelijking staan hieronder beschreven en de conclusie is dat de uitkomsten van Hades goed overeenkomen met die van Capsev en met die van de analytische oplossingen.

De stationaire grondwaterstromingstheorie is in het verleden al regelmatig toegepast (bijv. Wesseling and Brandyk, 1984). Recentelijk is het Titanen-softwarepakket ontwikkeld (Wesseling *et al.*, 2016), waarmee een aantal bodemkenmerken kunnen worden berekend uitgaande van stationaire stroming. Het pakket is al ingezet bij meer projecten. Om een indruk te krijgen van de kwaliteit van de uitkomsten van het pakket is er een vergelijking gemaakt van de uitkomsten van het pakket met de uitkomsten van het reeds bestaande programma Capsev (Wesseling, 1991) en met analytische oplossingen. De resultaten van deze studie worden in dit rapport gepresenteerd. Omdat alle bouwstenen van de Titanenreeks dezelfde rekenprocedure gebruiken, is alleen gewerkt met het programma Hades dat drukhoogteprofielen berekent.

4.2 Stromingsvergelijking

De (stationaire) stroming van water in de bodem kan wiskundig worden beschreven door de vergelijking van Darcy:

$$q = -K(h) \frac{dH}{dz} \quad (1)$$

- q = fluxdichtheid [LT^{-1}](cm d⁻¹), positief naar boven
- $K(h)$ = hydraulisch geleidingsvermogen als functie van h [LT^{-1}](cm d⁻¹)
- H = totale potentiaal [L](cm)
- h = drukhoogte [L](cm)
- z = plaats (positief naar boven, 0 op grondwatervniveau) [L](cm)

De relatie tussen totale potentiaal en drukhoogte (andere potentialen negerend) kan worden geschreven als:

$$H = h + z \quad (2)$$

Wat leidt tot:

$$q = -K(h) \frac{dH}{dz} = -K(h) \left(\frac{dh}{dz} + 1 \right) \quad (3)$$

Omdat de drukhoogte in onverzadigde grond negatief is, wordt er vaak gerekend met de (positieve) zuigspanning s :

$$s = -h \quad (4)$$

waardoor de stromingsvergelijking wordt omgevormd tot:

$$q = K'(s) \left(\frac{ds}{dz} - 1 \right) \quad (5)$$

waarbij $K'(s)$ dezelfde waarde heeft als $K(h)$. Herschrijven van de vergelijking leidt tot:

$$\frac{q}{K'(s)} = \frac{ds}{dz} - 1 \quad (6)$$

Ofwel:

$$\frac{ds}{dz} = \frac{q}{K'(s)} + 1 \quad (7)$$

en dus:

$$dz = \frac{ds}{\frac{q}{K'(s)} + 1} \quad (8)$$

Als we er nu vanuit gaan dat de zuigspanning op plaats z_0 gelijk is aan s_0 en die op z_1 gelijk aan s_1 , dan kan de voorgaande vergelijking worden geïntegreerd, hetgeen leidt tot:

$$\int_{z_0}^{z_1} dz = \int_{s_0}^{s_1} \frac{ds}{\frac{q}{K'(s)} + 1} \quad (9)$$

Deze vergelijking kan in sommige gevallen analytisch worden opgelost, afhankelijk van de functie $K'(s)$.

4.3 Analytische oplossingen en vergelijken van uitkomsten

In deze sectie zullen twee analytische oplossingen worden gebruikt. De eerste oplossing gaat uit van een proportioneel met de zuigspanning afnemende doorlatendheid. Bij de tweede oplossing is de doorlatendheid een exponentiële functie van de zuigspanning. In beide gevallen zal de analytische oplossing worden vergeleken met de resultaten van Hades en van Capsev, waarbij in het laatste geval de $K'(s)$ -relatie als tabel wordt ingelezen en er zowel logaritmisch als lineaire interpolatie wordt toegepast.

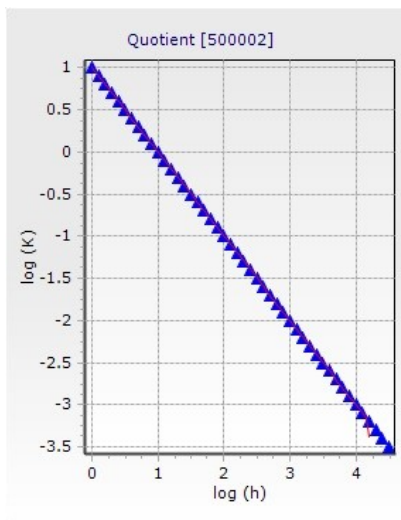
4.3.1 Proportionele afname van K

Als we aannemen dat de waarde van K omgekeerd evenredig is met de zuigspanning, ofwel

$$K'(s) = K_{sat}/s \quad (10)$$

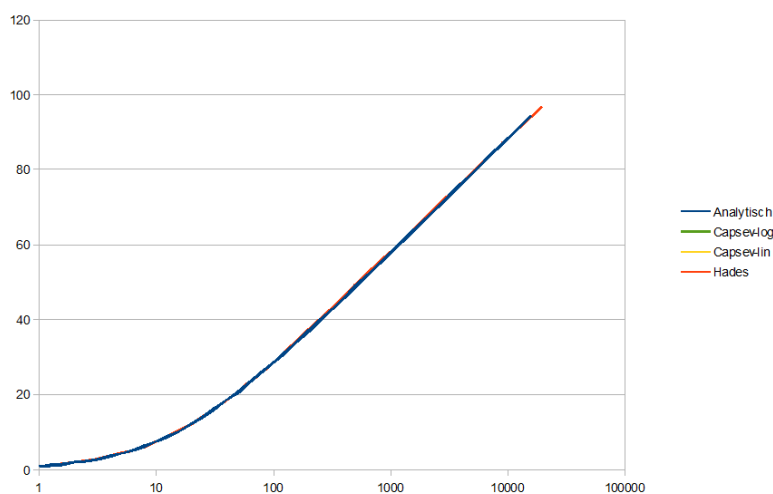
Dan kan de stromingsvergelijking op de volgende wijze worden opgelost:

$$\begin{aligned}
\int_{z_0}^{z_1} dz &= \int_0^{s_1} \frac{ds}{\frac{q}{K_{sat}/s} + 1} \\
&= \int_{s_0}^{s_1} \frac{K_{sat}/s}{q + K_{sat}/s} ds \\
&= \int_{s_0}^{s_1} \frac{K_{sat}}{qs + K_{sat}} ds \\
&= K_{sat} \int_{s_0}^{s_1} \frac{\frac{1}{q} d(qs + K_{sat})}{qs + K_{sat}} \\
&= \frac{K_{sat}}{q} \ln(qs + K_{sat}) \Big|_{s_0}^{s_1} \\
&= \frac{K_{sat}}{q} \ln\left(\frac{qs_1 + K_{sat}}{qs_0 + K_{sat}}\right)
\end{aligned} \tag{11}$$



Figuur 9 De $K(h)$ -relatie zoals berekend met vergelijking 10 (blauw) en de daar doorheen gefitte spline-benadering (rood).

Allereerst is voor een aantal s -waarden de bijbehorende K -waarde berekend met vergelijking 10. Vervolgens is hier met het programma Tethys (Wesseling *et al.*, 2016) een serie splines doorheen gefit (Figuur 9). Deze splines zijn vervolgens weer gebruikt als invoer voor Hades en om er tabellen mee te maken voor Capsev. Berekeningen met Capsev en Hades voor een fluxdichtheid van $0,75 \text{ cm} \cdot \text{d}^{-1}$ leveren dan de drukhoogteprofielen zoals getoond in Figuur 10.



Figuur 10 De drukhoogteprofielen zoals berekend met de verschillende oplossingsmethodes voor de proportionele afname van K met s .

Uit Figuur 10 blijkt dat de vier oplossingen vrijwel identieke uitkomsten leveren. Om een beter inzicht te krijgen in de verschillen zijn in Tabel 3 de stijghoogtes weergegeven die corresponderen met zuigspanningen van 100 cm, 1000 cm en 10 000 cm (resp. pF 2,3 en 4). Voor de berekende waarden bij 100 cm is het grootste verschil 0,3 cm ofwel 1,05% van de analytische uitkomst. Bij een zuigspanning van 1000 cm is dit 0,7 cm (1,21%) en bij de zuigspanning van 10 000 cm is het grootste verschil 0,7 cm (0,78%).

Tabel 3 De berekende stijghoogtes (cm) bij een zuigspanning van 100 cm, 1000 cm en 10 000 cm voor de vier verschillende methodes

Methodes	Interpolatie	s=100 cm	s=1000 cm	s=10000 cm
Analytisch	-	28.5	57.7	88.3
Capsev	Logaritmisch	28.6	58.0	88.4
Capsev	Lineair	28.8	58.4	89.0
Hades	-	28.7	58.1	88.5

4.3.2 Oplossing volgens Malik

Malik *et al.* (1989) beschreven het hydraulisch geleidingsvermogen van de grond met een exponentiële functie:

$$K(h) = ae^{-b(s-s_a)} \quad (12)$$

als $s > s_a$ en

$$k = a \quad (13)$$

als $s \leq s_a$ waarbij

- $K(h)$ = hydraulisch geleidingsvermogen als functie van h [LT^{-1}]($cm\ d^{-1}$)
- s_a = zuigspanning bij luchtintrede [L](cm)
- a, b = constantes

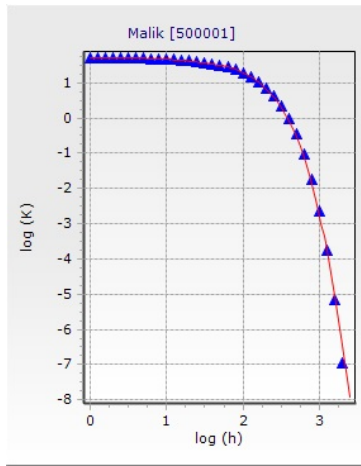
Hierdoor kan a worden gezien als de doorlatendheid bij verzadiging, K_{sat} . Invullen van deze vergelijking in de stromingsvergelijking van Darcy en integreren levert dan de volgende vergelijking op voor het drukhoogteprofiel (Malik *et al.*, 1989):

$$\begin{aligned} z_1 &= -\frac{1}{b} \left| \ln \left(1 + \frac{A}{q} e^{-bs} \right) \right|_0^{s_1} \\ &= -\frac{1}{b} \left(\ln \left(1 + \frac{A}{q} e^{-bs_1} \right) - \ln \left(1 + \frac{A}{q} \right) \right) \end{aligned} \quad (14)$$

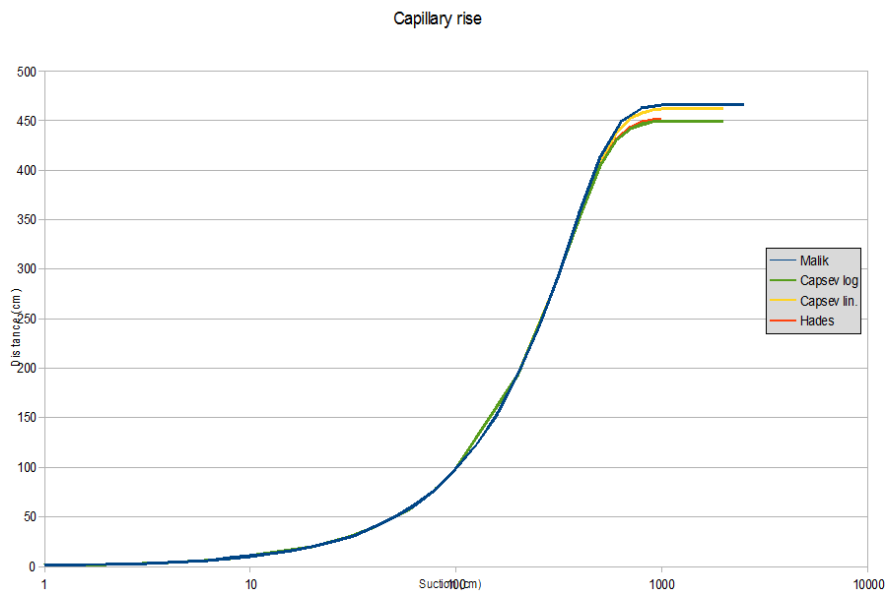
Met

$$A = ae^{bs_a} \quad (15)$$

Om de drukhoogteprofielen uit de programma's Hades en Capsev te vergelijken, is een datareeks gegenereerd met de parameterwaarden $a=50$, $b=0.01$ en $s_a=5$. Met behulp van het programma Tethys is door deze datareeks een spline-curve gefit (Figuur 11). Met behulp van deze splines en het programma Kronos (Wesseling *et al.*, 2016) is dan weer een invoerbestand voor Capsev gegenereerd. Om nu de uitkomsten van de analytische oplossing zoals hierboven is gegeven te vergelijken met de uitkomsten van Hades en Capsev, zijn drukhoogteprofielen gegenereerd voor een fluxdichtheid van $0.5\ cm\ d^{-1}$. De resultaten zijn grafisch weergegeven in Figuur 12.



Figuur 11 De $K(h)$ -relatie volgens Mailk et al. (1989) zoals gegenereerd uit de vergelijking (blauw) en de daar doorheen gefitte spline-benadering (rood).



Figuur 12 De drukhoogteprofielen zoals berekend voor de benadering van Malik met de verschillende oplossingsmethodes.

Uit Figuur 12 blijkt dat de lijnen tot een zuigspanning van 500 cm vrijwel identiek verlopen. Daarboven treden kleine verschillen op. Opvallend is wel dat de oplossing van Hades vrijwel overeenkomt met die van Capsev met lineaire interpolatie en deze iets lager uitvallen dan de analytische oplossing en de oplossing van Capsev met logaritmische interpolatie die ook weer vrijwel samenvallen. Om de verschillen te verduidelijken zijn in Tabel 4 de maximale berekende hoogtes voor de verschillende methodes weergegeven.

Tabel 4 De maximale waarden van de stijghoogte die zijn berekend bij de benadering van Malik et al. (1989) en de absolute en relatieve verschillen t.o.v. de analytische oplossing.

Methode	Interpolatie	z_{max}	Δ_{abs}	Δ_{rel}
Analytisch	-	467	0	0
Capsev	Logaritmisch	449	18	0.040
Capsev	Lineair	462	5	0.011
Hades	-	451	16	0.035

4.4 De invloed van de stapgrootte op de resultaten

Hoewel er in de wiskunde hele goede en nauwkeurige methodes bekend zijn voor het numeriek integreren (b.v. trapeziumregel, Runge-Kutta, enz) is er bij het Titanenpakket voor gekozen om een simpele maar supersnelle methode te gebruiken. Hierbij wordt gewerkt met een constante integratiestap Δs (zie vergelijking 9). Ervan uitgaande dat z_0 op grondwaterniveau ligt, dan kan de integraal worden geschreven als:

$$z_1 = \sum_0^{N_1} \frac{\Delta s_i}{\frac{q}{K'(s_{i+\frac{1}{2}})} + 1} \quad (16)$$

waarbij N_1 het aantal stappen is tot aan s_1 en K wordt geëvalueerd midden tussen s_i en s_{i+1} . Deze methode van integreren wordt in alle modules uit de Titanenreeks toegepast. Uit deze vergelijking blijkt direct de invloed van de grootte van Δs op de waarde van z_1 . Om deze invloed te kwantificeren is voor de beschrijving van Malik *et al.* (1989) een aantal berekeningen gedaan met Hades waarbij de grootte van de integratiestap is gevarieerd. De berekende maximale stijghoogtes voor een flux-dichtheid van $0,5 \text{ cm d}^{-1}$ zijn weergegeven in Tabel 5.

Tabel 5 De invloed van de stapgrootte op de maximale stijghoogte.

Stapgrootte	Max. hoogte
0.001	451.102
0.010	451.102
0.100	451.102
0.500	451.102
1.000	451.102
2.000	451.105
5.000	451.481
10.000	451.482

Uit Tabel 5 blijkt duidelijk dat de toegepaste stapgrootte van 0,1 cm zuigspanning voldoende klein is om betrouwbare resultaten op te leveren.

4.5 Conclusies

- De grootte van de integratiestap zoals die in de Titanenreeks is gebruikt (0,1 cm) is voldoende klein om nauwkeurige resultaten te genereren.
- De uitkomsten van de Titanenreeks, het oudere Capsev en de beschouwde analytische oplossingen komen goed overeen.
- Kleine afwijkingen in de gebruikte $K(h)$ -relatie leiden direct tot (relatief kleine) verschillen in stijghoogtes
- De keuze in Capsev of er lineair of logaritmisch geïnterpoleerd wordt veroorzaakt kleine verschillen in stijghoogtes.

4.6 Referenties

- Malik, R.S., S. Kumar, and R.K. Malik (1989). Maximal capillary rise flux as a function of height from the water table. *Soil Science*, 148(5):322–216.
- Wesseling, J.G. (1991). Capsev: Steady state moisture flow theory; program description; user manual. Technical report, Staring Centre, Wageningen, The Netherlands. Report 37.
- Wesseling, J.G. and T. Brandyk (1984). Steady state capillary rise in some soil profiles. *Zeitsch. Pflanzenern. u. Bodenkunde*, 148:54–65.
- Wesseling, J.G., H.R.J. Vroon en F. Brouwer (2017, in prep). Het Titanenproject: Een set software-tools voor het verwerken van veld- en labgegevens. Technical report, Wageningen Environmental Research, Wageningen.

5 Controle op de omzetting van de bodemkaart naar BOFEK-kaart

Er is een controle uitgevoerd op de juiste omzetting van het oorspronkelijk bestand van de Bodemkaart 1 : 50 000 naar het BOFEK-bestand.

5.1 Beschrijving van de uitgevoerde controle

De BOFEK-kaart is afgeleid van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000 versie 2006. Daarbij is gebruik gemaakt van de gegevens in SC-rapport 654 (De Vries, 1999). Dit rapport bevat voor de landelijke eenheden van de bodemkaart schematische beschrijvingen van de profielopbouw. De bodemkaart onderscheidt meer dan 1000 unieke eenheden, waarvan een groot aantal slechts een kleine oppervlakte beslaan. In SC-rapport 654 is voor de eenheden met een oppervlakte van minimaal 500 ha de profielopbouw beschreven. Eenheden met een kleinere oppervlakte zijn geclusterd met de eenheden waarvoor het profiel beschreven is. Elk profiel wordt aangeduid met een zgn. Bod-nr. Na 1999 is door middel van een 'quick scan' extra informatie verzameld over de kaartvlakken met veengronden. Per vlak is steekproefsgewijs bepaald of de veenlaag nog voldoende dik was om het als veengrond te karakteriseren. Een deel van de kaartvlakken zijn toen aangemerkt als 'gedeformeerde veengronden', omdat de veenlaag inmiddels te dun was (< 40 cm). Bij deze kaartvlakken met gedeformeerde veengronden is de kaartvlakcode niet gewijzigd.

Voor de clustering Bod-nr. naar BOFEK-eenheid is een sleutel ontwikkeld die beschreven wordt in het rapport bij de kaart (bijlage 3 in: Wösten *et al.*, 2013). Bij het toekennen van de BOFEK-eenheden is rekening gehouden met de deformatie van de veengronden.

In deze basale test voor de audit is gecontroleerd of de sleutel op de juiste wijze is toegepast. De controle bestond uit:

- Een overlay-actie in GIS, waarbij het BOFEK-bestand is gecombineerd met het bestand van de bodemkaart.
- Een frequency-actie in GIS, waarbij op basis van het overlay-bestand een overzicht gemaakt is van de bodemtypen en het daaraan gekoppelde bod-nr. per BOFEK-eenheid (zie voorbeeld Tabel 6).
- Aan de hand van dit overzicht en de sleutel in bijlage 3 van het BOFEK-rapport is nagegaan of de bodemtypen op de juiste manier zijn ingedeeld.

5.2 Uitkomsten

Tabel 6 geeft een voorbeeld van de controletabel met moerige gronden. In de kolom opmerkingen is aangegeven of er afwijkingen zijn. De uitkomsten van de check voor de complete kaart zijn vastgelegd in een exceltabel, met per grondsoort een sheet. Tabel 7 geeft een overzicht van de fouten bij de indeling en het kaartje in Figuur 13 geeft de ligging van de fout ingedeelde kaartvlakken. In totaal is 4247 ha fout ingedeeld.

BOFEK is gebaseerd op een oude versie van de bodemkaart.

- In de periode 2010 – 2014 is er een actualisatie uitgevoerd in de gebieden met veengronden. Dit resulteerde in een geactualiseerde bodemkaart versie 2014. Uit de resultaten blijkt dat een deel van de moerige gronden door oxidatie van het veen inmiddels is veranderd in een minerale grond en een deel van de veengronden in een moerige of minerale grond. Deze actualisatie is dus na de 'quick scan' uitgevoerd en ook na het vervaardigen van de BOFEK-kaart

Bij een aantal Bod-nummers is terecht een opsplitsing naar twee BOFEK-eenheden.

- Zoals in het begin is aangegeven is een deel van de veengronden gedeformeerd. Bij het toekennen van de BOFEK-eenheden is hiermee rekening gehouden. De 'gedeformeerde veengronden' zijn bij

overeenkomstige moerige gronden ingedeeld. Deze opsplitsing op basis van veendikte is dus terecht.

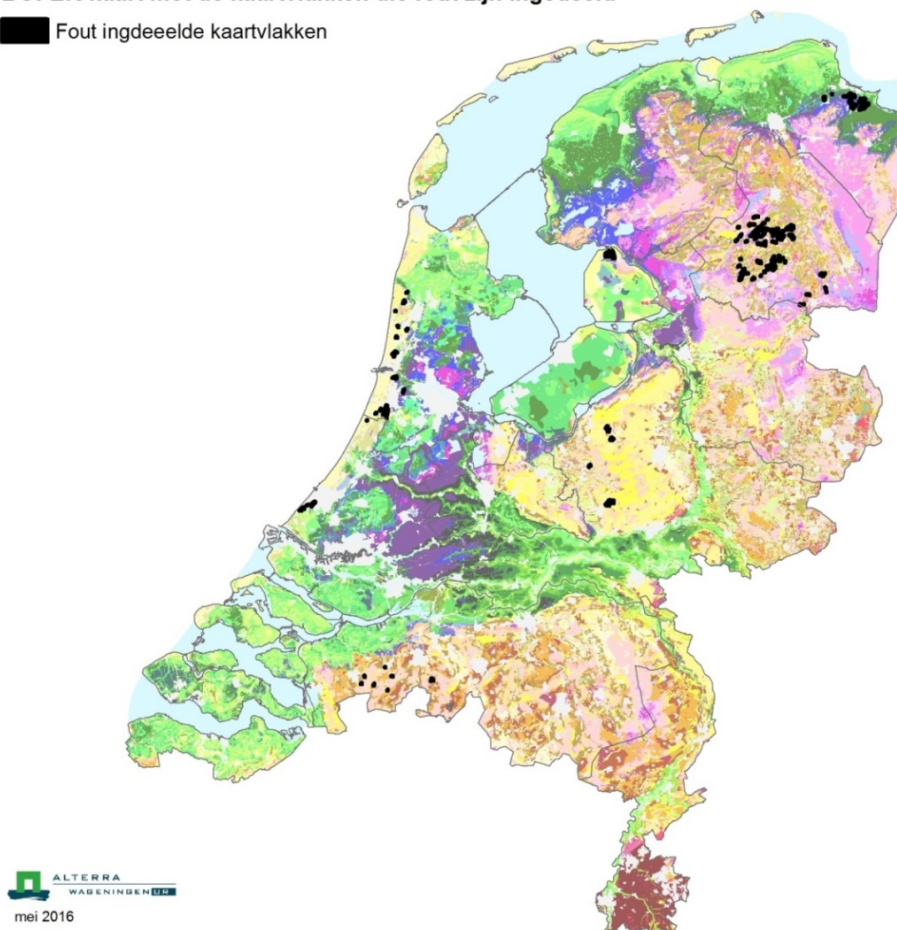
- Ook bij andere Bod-nummers is soms een opsplitsing gemaakt. Het gaat daarbij vaak om associaties van moerige gronden in combinatie met minerale gronden. Bij het toekennen van de BOFEK-eenheid is dan uitgegaan van de minerale grond, terwijl het profiel bij het Bod-nr. een moerige grond typeert. Rekening houdend met oxidatie van het veen is dit een terechte opsplitsing.

Een aantal kaartvlakken is fout ingedeeld

- Bij de bodems met een dikke eerdlaag, de enkeerdgronden, is voor BOFEK onderscheid gemaakt in de enkeerdgronden in dekzand (BOFEK 311) en de enkeergronden in de strandwallen langs de kust (BOFEK 327). Dit omdat het zand van strandwallen wat betreft korrelgroottesamenstelling en organische-stofgehalte in de toplaag sterk afwijkt van de samenstelling van dekzand. Bij de controle bleek dat een aantal kaartvlakken in de strandwallen verkeerd was ingedeeld.
- In de kop van de Noordoostpolder is eenheid uVz (Bod-nr. 1255) met een oppervlakte van 365 ha verkeerd ingedeeld. Deze gronden horen bij BOFEK 106 (in plaats van 108). En de gedeformeerde vlakken bij 205 in plaats van 203.
- Moerige gronden met een zanddek en leem in de ondergrond (zWzt, Bod-nr. 2121 en 2151, 275 ha) zijn verkeerd ingedeeld. Deze horen bij BOFEK 206 in plaats van bij 204.
- Enkele kaartvlakken met grof zand (gY30, onderdeel van Bod-nr. 3010, 297 ha op de Veluwe) zijn bij fijnzandige gronden ingedeeld. Moet worden BOFEK 320 in plaats van 310.
- Een flink aantal kaartvlakken met associaties met keileem zijn ingedeeld bij eenheden zonder keileem (Bod-nr. 4070, ca, 1833 ha, in Drenthe). Moet worden BOFEK 315 in plaats van 312).
- Een vlak met associatie zEZ21-VI/zEZ21-VII is toegekend aan een BOFEK-eenheid met podzolgronden (Bod-nr 8060, 24 ha). Dit moet zijn BOFEK 311 in plaats van 304.
- Een aantal kaartvlakken met zware kleigronden en kattenklei in Noord-Groningen is toegekend aan zware klei op veen (Bod-nr 15470, 695 ha). Dit moet zijn BOFEK 415 in plaats van 405).

BOFEK-kaart met de kaartvlakken die fout zijn ingedeeld

■ Fout ingedeelde kaartvlakken



Figuur 13 BOFEK-kaart met de ligging van de fout ingedeelde kaartvlakken

In totaal is 4247 ha fout ingedeeld. In het GIS-bestand met de overlay zijn de deze gebieden gemarkeerd en is in een aparte kolom het juiste BOFEK-nr. aangegeven. Figuur 13 geeft de ligging van de fout ingedeelde kaartvlakken.

Tabel 6 Overzicht van bodemtypen van de moerige gronden per BOFEK-eenheid en eventuele correcties.

Moerige gronden			BOFEK-eenheid nummer met dominant bodemtype en oppervlakte								
BOD-NR	Bodem-type	Opmerking	Wo	kWz	vWz	vWzx	zWz	zWzx	Rn52	Mn22	Grand Total
2010	kWp			7454							7454
2015	kWp			512							512
2020	vWp				18729						18729
2030	vWpx					3593					3593
2040	zWp						2607				26076
							6				
2050	zWpx							7210			7210
2060	iWp				32367						32367
2070	iWpx					4345					4345
2080	Wo	vlak Wo/Rn ingedeeld volgen Rn (410) oké	10398							318	10716
2081	Wgl		947								947
2090	Wol		9252								9252
2110	kWz			5220							5220
2115	kWz			422							422
2120	zWz						18619				18619
2121	zWzx	fout, vlak zWzt moet naar 206				244		442			686
2125	uWz						304				304
2130	vWz	vlak vWz/KRn ingedeeld volgen KRn (408) oké			23405				104		23509
2131	vWzg				1239						1239
2140	vWzx					3404					3404
2150	fiWz				2493						2493
2151	fvWzt					1526					1526
2160	iWz				12982						12982
Grand Total			20597	13608	91215	13112	44999	7652	104	318	191605

Tabel 7 *Overzicht van de fout ingedeelde BOD_NR en hun correctie*

BOD_NR	Bodem-type	Aanduiding associaties	BOFEK2012	Correctie-BOFEK	Oppervl (ha)	Opmerking
1255	uVz-F		108	106	1	fout bij toekenning
1255	uVz-F		203	205	14	fout bij toekenning
1255	uVz		108	106	113	fout bij toekenning
1255	uVz		203	205	237	fout bij toekenning
2121	zWzt		204	206	244	fout bij toekenning
2151	fzWzt		204	206	31	fout bij toekenning
3010	U32ORnr120	gY30-VIII/ gHd30-VIII	310	320	297	fout bij toekenning
4070	U1617nr104	Hn23x- IIIb/KX-IIIb	312	315	9	fout bij toekenning
4070	U1617nr106	Hn23x- sVb/KX-sVb	312	315	1797	fout bij toekenning
4070	U1617nr107	Hn23xF- sVb/KXF-sVb	312	315	27	fout bij toekenning
8016	EZg21v		311	327	106	Kustzanden i.p.v. dekzand
8016	EZg21w		311	327	36	Kustzanden i.p.v. dekzand
8030	bEZ21-G		311	327	95	Kustzanden i.p.v. dekzand
8030	bEZ21		311	327	29	Kustzanden i.p.v. dekzand
8030	U1419nr101	bEZ21- VI/pZg30-VI	311	327	32	Kustzanden i.p.v. dekzand
8060	zEZ21		311	327	460	Kustzanden i.p.v. dekzand
8060	U32ORnr014	zEZ21- VI/zEZ21-VII	304	311	24	fout bij toekenning
15470	gMn88Cl		405	415	695	fout bij toekenning

5.3 Aanpassing

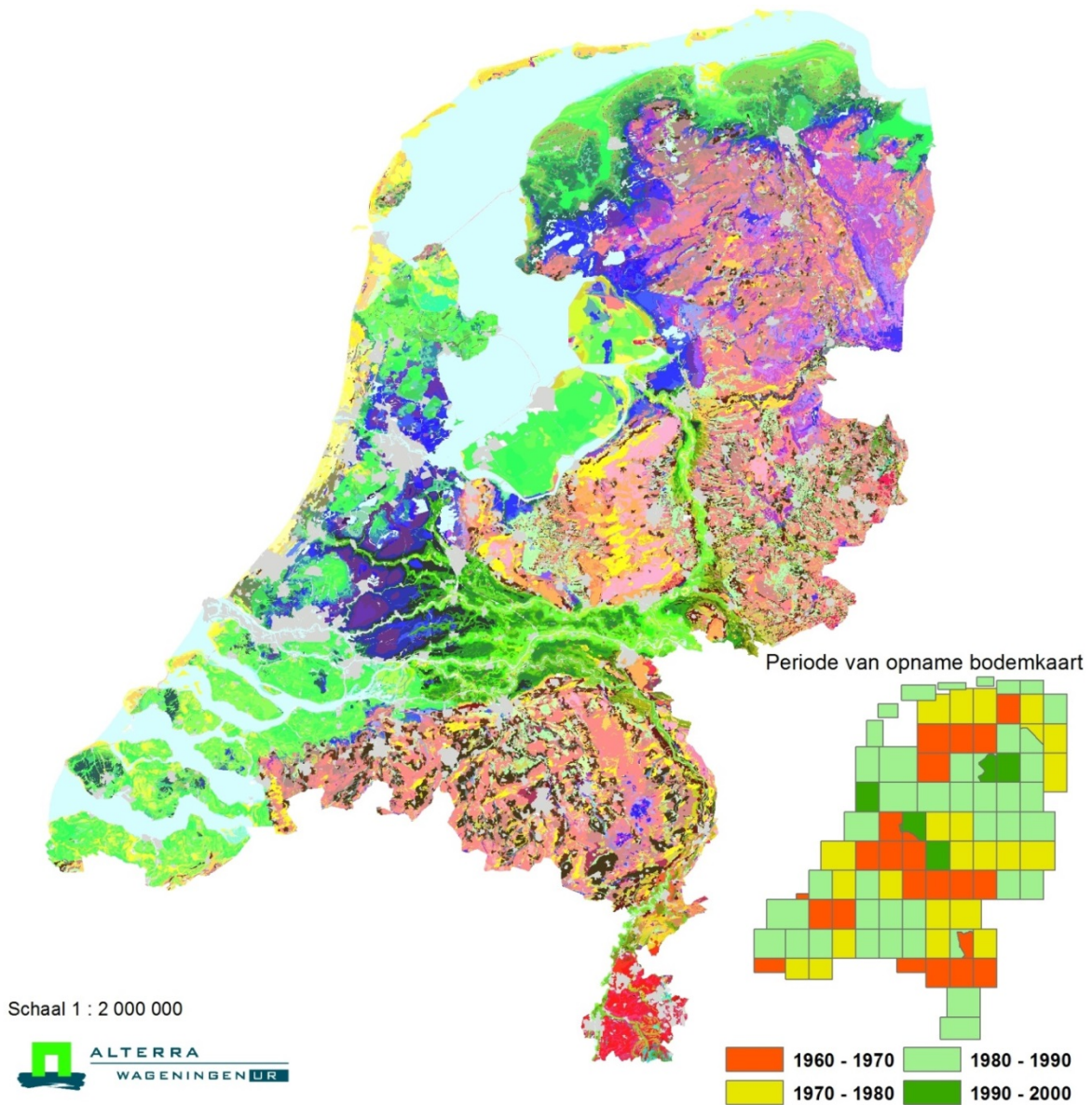
Zoals geconstateerd is bij de omzetting van de bodemkaart naar de BOFEK-kaart bij een klein areaal van 4247 ha een fout gemaakt. Deze fouten zijn overeenkomstig Tabel 7 gecorrigeerd en dit resulteert in BOFEK2012 versie 2 (BOFEK2012_v2). Deze versie 2 vervangt vanaf nu BOFEK2012 versie 1 (BOFEK2012_v1). De audit heeft betrekking op BOFEK2012 versie 2 (BOFEK2012_v2).

De validatie van de berekeningen, zoals gerapporteerd in Hoofdstuk 3, is gedaan met BOFEK2012 versie 1. Aangezien de gerapporteerde correcties beperkt zijn, is de validatie zoals gerapporteerd in hoofdstuk 3 niet opnieuw uitgevoerd.

De BOFEK-kaart is gebaseerd op de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000 (Figuur 14). Inmiddels is versie 2014 beschikbaar. Voor een verbeterde versie van de BOFEK-kaart kan het beste worden uitgegaan van Bodemkaart versie 2014. De BOFEK-kaart (Figuur 15) wordt inmiddels voor een groot aantal toepassingen gebruikt, onder andere bij het NHI (Nederlands Hydrologisch Instrumentarium).

Literatuur

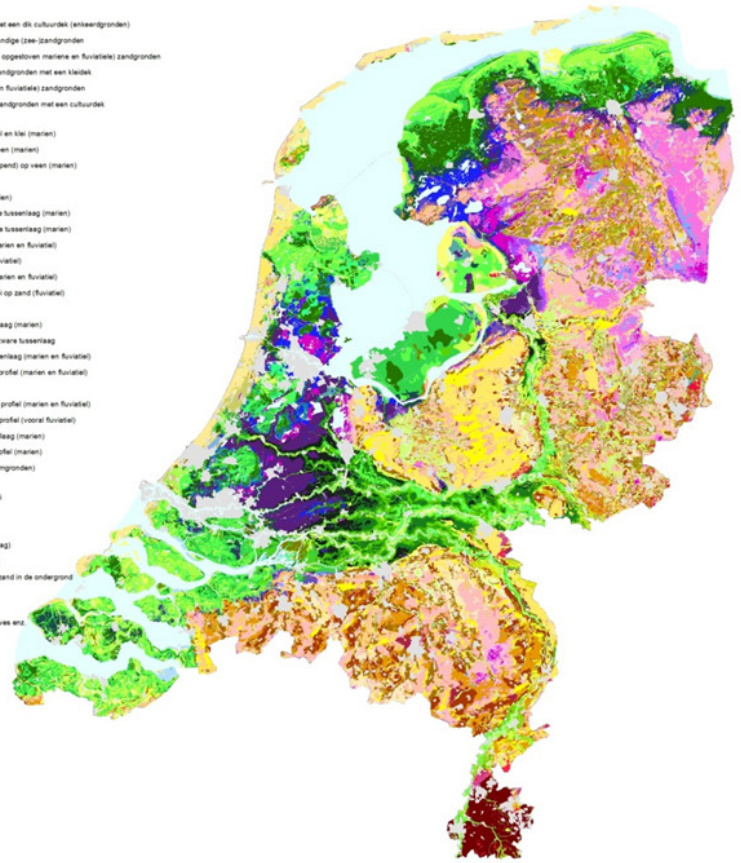
- Vries, F. de (1999). Karakterisering van Nederlandse gronden naar fysisch-chemische kenmerken. Alterra rapport 654. Alterra Wageningen UR., Wageningen.
- Wösten, J.H.M., F. de Vries, T. Hoogland, H.T.L. Massop, A.A. Veldhuizen, H.R.J. Vroon, J.G. Wesseling, J. Heijkers & A. Bolman (2013). BOFEK2012, de nieuwe, bodemfysische schematisatie van Nederland. Alterra-rapport 2387. Alterra, Wageningen UR, Wageningen.



Figuur 14 Sterk verkleinde weergave van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50.000 en per kaartblad de periode van opname.

BOFEK2012: De "nieuwe" BodemFysische EenhedenKaart

- Veengronden**
- 101 Kleiig moerige bovengrond of kleidek op eutroof veen tot tenminste 120 cm-mv.
- 102 Kleiig moerige bovengrond of kleidek op veen en zandondergrond binnen 120 cm-mv.
- 103 Kleiarme moerige bovengrond op veen met binnen 120 cm-mv vaak een zandondergrond
- 104 Kleiarme moerige bovengrond op veen met binnen 120 cm-mv een zandondergrond met leem
- 105 Kleiarme moerige bovengrond of kleidek op oligotroof veen veelal tot dieper dan 120 cm-mv.
- 106 Zandek op veen met een ondergrond van zand of klei. Alleen in de NOOI
- 107 Oligotroof veen tot dieper dan 120 cm-mv.
- 108 Veen op zandondergrond binnen 120 cm-mv.
- 109 Zandek of veenktonaal dek op meesroof veen en een zandondergrond binnen 120 cm-mv.
- 110 Zandek of veenktonaal dek op oligotroof veen met een zandondergrond binnen 120 cm-mv.
- Kleiige gronden**
- 201 Kleiig veen op zavel- en kleiondergrond
- 202 Zavel- en kleidek op moerige tusselaag op zandondergrond
- 203 Kleiarm veen op zandondergrond
- 204 Kleiarm veen op zandondergrond met kalleem of leem
- 205 Zandek op moerige tusselaag op zandondergrond
- 206 Zandek op moerige tusselaag op zandondergrond met kalleem of leem
- Zandgronden**
- 301 Leemarme (podzol)gronden
- 302 Leemarme (kluif)zandgronden
- 303 Leemarme tot zwak lemige zandgronden met een kleidek
- 304 Zwak lemige (podzol)gronden
- 305 Zwak lemige zandgronden met grof zand in de ondergrond
- 306 Zwak lemige zandgronden met leem in de ondergrond
- 307 Zwak lemige zandgronden met een kleidek
- 308 Zwak lemige zandgronden met een kleidek en kalleem in de ondergrond
- 309 Zwak lemige (beekerd)gronden deels met grof zand in de ondergrond
- 310 Zwak lemige zandgronden met een matig dik cultuurdak
- 311 Zwak lemige zandgronden met een dik cultuurdak (enkeelzandgronden)
- 312 Lemige (podzol)gronden
- 313 Lemige (beekerd)gronden
- 314 Lemige zandgronden met leem in de ondergrond
- 315 Lemige zandgronden met kalleem in de ondergrond
- 316 Lemige zandgronden met een kleidek
- 317 Lemige zandgronden met een dik cultuurdak (enkeelzandgronden)
- 318 Lemige zandgronden met een dik cultuurdak (enkeelzandgronden) en leem in de ondergrond
- 319 Lemige zandgronden met een cultuurdak en kalleem in de ondergrond
- 320 Grof zandige (podzol)gronden
- 321 Grof zandige gronden met een kleidek
- 322 Grof zandige gronden met een dik cultuurdak (enkeelzandgronden)
- 323 Ultrafijn en zeer fijn zandige (zee-)zandgronden
- 324 Matig fijn zandige (deels opgestroven mariene en fluviatiele) zandgronden
- 325 Mariene en fluviatiele zandgronden met een kleidek
- 326 Grof zandige (mariene en fluviatiele) zandgronden
- 327 Fijn zandige (mariene) zandgronden met een cultuurdak
- Klei-gronden**
- 401 Ongegrigte (klupe) zavel en klei (marien)
- 402 Zavel en lichte klei op veen (marien)
- 403 Zavel en lichte klei (oplopend) op veen (marien)
- 404 Klei op veen (fluviatiele)
- 405 Zwarte klei op veen (marien)
- 406 Lichte zavel met moerige tusselaag (marien)
- 407 Zwarte zavel met moerige tusselaag (marien)
- 408 Lichte zavel op zand (marien en fluviatiele)
- 409 Lichte zavel op zand (fluviatiele)
- 410 Zwarte zavel op zand (marien en fluviatiele)
- 411 Zwarte zavel en lichte klei op zand (fluviatiele)
- 412 Klei op zand (marien)
- 413 Zavel met zware tusselaag (marien)
- 414 Zavel en lichte klei met zware tusselaag
- 415 Zwarte klei of zware tusselaag (marien en fluviatiele)
- 416 Lichte zavel homogeen profiel (marien en fluviatiele)
- 417 Lichte zavel (fluviatiele)
- 418 Zwarte zavel homogeen profiel (marien en fluviatiele)
- 419 Zwarte zavel homogeen profiel (voornamelijk fluviatiele)
- 420 Lichte klei met een aardlaag (marien)
- 421 Lichte klei homogeen profiel (marien)
- 422 Zwarte klei (fluviatiele, komgronden)
- Leemgronden**
- 501 Overig leem en oude klei
- 502 Kalleemgronden
- 503 Kalleembonte
- 504 Zandige leem (poldervaag)
- 505 Zandige leem (poldervaag)
- 506 Zandige leem met grof zand in de ondergrond
- 507 Stijpe leem
- Overig**
- 999 Bebouwing, dijken, groeven enz.
- 998 Water



april 2012


Figuur 15 Het resultaat van de clustering, de bodemfysische eenhedenkaart

6 Meta-informatie

Identificatie

BOFEK2012 versie 2

Alternatieve titel: Bodemfysische eenheden kaart 2012

Versie: 2

Unieke Identifier: 62de2d81-5cc9-44a4-9f8f-4f2787088cad

Creatie datum: 2016-10-25

Publicatie datum: 2016-11-01

Status: Compleet

Samenvatting: Dit bestand geeft de ruimtelijke verbreiding van bodemfysische eenheden. Dit zijn gebieden met een overeenkomstige bodemopbouw en een overeenkomstig hydrologisch gedrag. In een aparte excel-tabel is de profielopbouw van de eenheden opgenomen.

Doel van vervaardiging: Dit bestand geeft de ruimtelijke verbreiding van bodemfysische eenheden. Dit zijn gebieden met een overeenkomstige bodemopbouw en een overeenkomstige hydrologisch gedrag. Aan een bodemfysische eenheid is een geschematiseerd bodemprofiel gekoppeld en aan de afzonderlijke lagen in het bodemprofiel kunnen aan de hand van de Staringreeks vervolgens belangrijke bodemfysische karakteristieken worden toegevoegd voor modelberekeningen van water- en stoffentransport in de bodem. In totaal zijn er 72 bodemfysische eenheden onderscheiden. Bij een kwaliteitscheck bleek dat in versie 1 ca. 120 kaartvlakken onjuist waren ingedeeld. In de huidige versie 2 zijn deze fouten hersteld. Voor een goed gebruik van BOFEK2012 dient de gebruiker te beschikken over minimaal een HBO niveau op de onderdelen bodemkunde, bodemfysica en GIS.

Toepassingschaal: 1 : 50 000; 1 : 1 000 000

Ruimtelijk schema: Vector

Herzieningsfrequentie: Niet gepland

Onderwerpen: Natuur en milieu; Geowetenschappelijke data

Trefwoorden: Bodem

Thesaurus trefwoorden: GEMET - INSPIRE themes, version 1.0

Publicatiedatum thesaurus: 2008-06-01

Aanvullende informatie:

Aanvullende documentatie in: Wosten, H, F.de Vries, T. Hoogland, H. Massop, A. Veldhuizen, H. Vroon, J. Wesseling, J. Heijkers en A. Bolman (2012). *BOFEK2012, de nieuwe bodemfysische schematisatie van Nederland*. Alterra, rapport 2387.: <http://edepot.wur.nl/247678>

Gerelateerde datasets:

Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000 versie 2006, 2012-12-18

BOFEK 2012 versie 1, 2012-04-27

Gebruiksbeperkingen: Geen gebruiksbeperkingen

Overige beperkingen: Geen beperkingen

<http://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/deed.nl>

Taal van de bron: Nederlands

Service

Contact

Contact Wageningen Environmental Research:

Rol organisatie: Eigenaar

Website organisatie: <http://www.wur.nl/nl/Expertises-Dienstverlening/Onderzoeksinstituten/Environmental-Research.htm>

Naam contactpersoon: Vries, F. de

Rol contactpersoon: Auteur en inhoudelijk beheer

E-mail: Folkert.devries@wur.nl

Metadata

Metadata auteur: Folkert de Vries

Naam organisatie: Wageningen Environmental Research

Rol organisatie: Eigenaar

Website organisatie: <http://www.wur.nl/nl/Expertises-Dienstverlening/Onderzoeksinstituten/Environmental-Research.htm>

Naam contactpersoon: Vries, F. de

Rol contactpersoon: Auteur en inhoudelijk beheer

E-mail: Folkert.devries@wur.nl

Adres : Postbus 47

Postcode: 6700 AA

Plaats: Wageningen

Land: NL

Telefoonnummer: 0317 486512

Metadata taal: Nederlands

Metadata hiërarchieniveau: Dataset

Metadata unieke identifier: e05caa69-8821-4101-8ed5-03cb7010bf4e

Metadata wijzigingsdatum: 2016-11-30

Metadata standaard naam: ISO 19115

Metadata standaard versie: Nederlandse metadata profiel op ISO 19115 voor geografie 1.3

Dekking

Code referentiesysteem: 28992

Verantwoordelijke organisatie voor namespace referentiesysteem: EPSG

Beschrijving geografisch gebied: Geheel Nederland

Omgrenzende rechthoek in decimale graden:

Minimum x-coördinaat: 3.254

Maximum x-coördinaat: 7.244

Minimum y-coördinaat: 50.735

Maximum y-coördinaat: 53.559

Temporele dekking:

Van datum: 2012-05-01

Tot datum: 2015-12-30

Beschrijving temporele dekking:

De gegevens zijn afgeleid van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000 (versie 2006). Deze kaart is vervaardigd in de periode 1960 - 1995. Door allerlei ingrepen kunnen er sindsdien veranderingen zijn opgetreden. Dit geldt in grote mate bij gronden met oppervlakkige veenlagen. Door natuurlijke processen oxideren en krimpen deze lagen, waardoor ze inklinken of zelfs geheel verdwijnen. In veel veengebieden bedraagt de maaiveldaling door oxidatie en krimp van veenlagen 0,5 tot 1 cm per jaar. Op den duur ontstaan er door de veenafname nieuwe bodemtypen. Veengronden worden moerige gronden en moerige gronden veranderen in minerale gronden. In 2005 is bij kaartvlakken met veengronden te midden van de zandgronden een veldcheck uitgevoerd, om na te gaan of er nog veengronden voorkomen. De kaartvlakken waarbij de veendikte minder dan 40 cm bedroeg zijn gelabeld met het label "gedefomeerde veengrond" (Bodemkaart versie 2006). Voor de gedefomeerde veengronden is voor BOFEK aangenomen dat het nu moerige gronden zijn.

Kwaliteit

Algemene beschrijving herkomst: De gegevens zijn afgeleid van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000 in combinatie met informatie uit Alterra-rapport 654 (Vries, F. de (1999). Karakterisering van Nederlandse gronden naar fysisch-chemische kenmerken. Wageningen, Alterra, rapport 654).

Geometrische nauwkeurigheid: 10 - 50 meter

Volledigheid: De dataset is compleet voor geheel Nederland beschikbaar. De stedelijke gebieden zijn bodemfysisch niet gekarakteriseerd.

Specificaties:

Datum voltooiing: 2012-12-18

Uitgevoerde bewerkingen:

Beschrijving: Stap 1: Om te komen tot een adequate en functionele bodemfysische bodem-schematisatie zijn in dit project de complete profielen van de 315 bodemeenheden van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000 (versie 2006), met bodemfysische bouwstenen van de Staringreeks gekarakteriseerd. Vervolgens zijn voor alle eenheden met het rekenprogramma Zeus belangrijke functionele kenmerken berekend, zoals: • De maximale diepte van de grondwaterstand waarbij een flux van 1 mm/d en een flux van 2 mm/d de onderkant van de wortelzone (bij pF 4.2) nog kan bereiken (kritieke z-afstand bij 1 mm/d en 2 mm/d). • Het verzadigingstekort bij een flux van 1 en 2 mm/d over de bodemlagen tussen de berekende grondwaterstand en maaiveld. • De weerstand voor verticale stroming (C-waarde) van het profiel tussen maaiveld en 1,20 m -mv. • De horizontale stroming van water (kD-waarde). • De hoeveelheid beschikbaar vocht in de wortelzone, onderverdeeld in gemakkelijk opneembaar en moeilijk opneembaar.

Datum bewerking: 2012-10-25

Bewerkende organisatie: Wageningen Environmental Research (Alterra)

Beschrijving: Stap 2: De uitkomsten van de berekeningen zijn met een multivariate cluster-analysetechniek geanalyseerd, waarbij de bodemeenheden vervolgens op basis van overeenkomstige kenmerken zijn gegroepeerd in een optimaal aantal clusters. Bij de daarna uitgevoerde nabewerking is er op gelet dat er binnen een cluster naast de overeenkomst in hydrologisch gedrag ook overeenkomst is in profielopbouw. dit heeft geresulteerd in BOFEK2012 versie 1.

Datum bewerking: 2012-10-25

Bewerkende organisatie: Wageningen Environmental Research (Alterra)

Beschrijving: Stap 3: In 2016 is er voor de WOT Natuur & Milieu een kwaliteitscontrole uitgevoerd. Hieruit bleek dat 126 kaartvlakken onjuist waren ingedeeld. Deze fouten zijn hersteld, hetgeen BOFEK2012 versie 2 opleverde. De volgende correcties zijn uitgevoerd: • Bij de bodems met een dikke eerdlaag, de enkeerdgronden, is voor BOFEK onderscheid gemaakt in de enkeerdgronden in dekzand (BOFEK 311) en de enkeergronden in de strandwallen langs de kust (BOFEK 327). Dit omdat het zand van strandwallen wat betreft korrelgroottesamenstelling en organische-stofgehalte in de toplaag sterk

afwijkt van de samenstelling van dekzand. Bij de controle bleek dat een aantal kaartvlakken in de strandwallen verkeerd was ingedeeld. Dit is gecorrigeerd. • In de kop van de Noordoostpolder is eenheid uVz (Bod-nr. 1255) met een oppervlakte van 365 ha verkeerd ingedeeld. Deze gronden zijn nu ingedeeld bij BOFEK 106 (i.p.v. 108). En de gedeformeerde vlakken bij 205 i.p.v. 203. • Moerige gronden met een zanddek en leem in de ondergrond (zWzt, Bod-nr. 2121 en 2151, 275 ha) waren in versie 1 verkeerd ingedeeld. Deze zijn nu ingedeeld bij BOFEK 206 i.p.v. bij 204. • Enkele kaartvlakken met grof zand (gY30, onderdeel van Bod-nr. 3010, 297 ha op de Veluwe) waren bij fijnzandige gronden ingedeeld. Dit is nu BOFEK 320 i.p.v. 310. • Een flink aantal kaartvlakken met associaties met keileem waren ingedeeld bij eenheden zonder keileem (Bod-nr. 4070, ca 1833 ha, in Drenthe). Deze gronden zijn nu ingedeeld bij BOFEK 315 i.p.v. 312).

Datum bewerking: 2016-10-25

Bewerkende organisatie: Wageningen Environmental Research

Inhoud

Object naam: BOFEK2012_versie02

Object definitie: Kaartvlakken met overeenkomstig hydrologisch gedrag

Attributen

OBJECTID

Shape

BOFEK2012: Nummer van de BOFEK-eenheid voor koppeling met de profielschets waarin de bodemopbouw schematisch wordt weergegeven.

PAWN: Nummer van de PAWN-eenheid. Dit is een globale indeling van de bodemopbouw naar bodemfysisch gedrag in 23 eenheden.

Shape_Length

Shape_Area

Distributie

Distributeur:

Naam organisatie: GeoDesk

Rol organisatie: Distributeur

Website organisatie: <http://www.wur.nl/nl/Expertises->

Dienstverlening/Onderzoeksinstituten/Environmental-Research/Faciliteiten-Producten/Kaarten-en-GIS-bestanden.htm

Naam contactpersoon: Geodesk

Rol contactpersoon: distributeur

E-mail: geodesk@wur.nl

Adres : Postbus 47

Postcode: 6700 AA

Plaats: Wageningen

Provincie: Gelderland

Land: Nederland

Telefoonnummer: 0317 484111

Leverings-/gebruikseenheid: Landsdekkend

Online toegang:

<http://www.wur.nl/nl/show/Bodemfysische-Eenhedenkaart-BOFEK2012.htm>, website, Bofek2012

Prijsinformatie: Gratis

Verantwoording

In het publicatiebeleid van WOT Natuur & Milieu is vastgelegd dat rapportages zoals de documentatie van een model of bestand uitgebracht worden in de reeks WOt-technical reports. In het geval deze documentatie onderdeel is van de kwaliteitsborging van het model of bestand wordt de review van de documentatie uitgevoerd door een auditteam volgens een formele auditprocedure aan de hand van de checklist 'Status A voor modellen' of de checklist 'Status A voor bestanden'. Status A is de door WOT Natuur & Milieu gehanteerde norm voor de basiskwaliteit van modellen en bestanden en legt de nadruk op volledigheid van de documentatie en structureel beheer van een model of bestand.

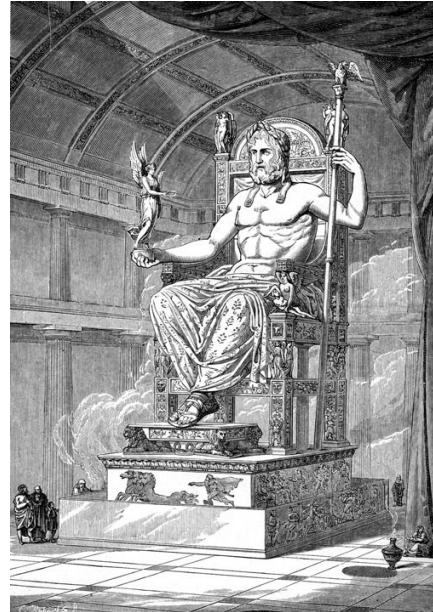
De documentatie van BOFEK2012 versie 2 (deze rapportage) is beoordeeld door een auditteam van de WOT Natuur & Milieu, bestaande uit Harm Houweling, Janien van der Gref, George van Voorn en Geerten Hengeveld.

De beoordeling is uitgevoerd aan de hand van de checklist 'Status A voor modellen'. Hierbij is vastgesteld dat de documentatie van BOFEK2012 versie 2 voldoet aan deze norm.

De auteurs bedanken allen voor hun bijdrage aan het tot stand komen van deze rapportage.

Bijlage 1 Zeus: kiezen en aanroepen van gewenste module uit Titanen pakket

Zeus (Oudgrieks: genitivus of) is een figuur uit de Griekse mythologie. Hij is de oppergod, die heerste vanaf de berg Olympus. Hij was een zoon van Kronos (Lat. Saturnus) en Rhea, twee van de twaalf Titanen, de machtige zonen en dochters van Ouranos, de hemelgod. De betekenis van zijn naam duidt op een verwantschap met de verering van het heldere uitspannel. Zeus meest wezenlijke functie is die van hemelgod. De natuur en al haar verschijnselen waren aan hem onderworpen. Hij slingerde de bliksems, verzamelde de wolken en dreef ze uiteen; regen en sneeuwval werden door hem veroorzaakt. Daarom golden allerlei hoge bergen als zijn verblijf: de Ida op Kreta, de Lycaeus in Arcadi, maar de bekendste is de Olympus in Thessali. De adelaar (oorspronkelijk symbool van de bliksem) was zijn heilige vogel, de eik zijn heilige boom, zijn schild was de aegis. Door bliksems, donderslagen, regenboog en de vlucht van vogels gaf Zeus voortekenen aan de mens. Al vroeg, wellicht reeds in de Myceense tijd (ca. 1600 tot ca. 1100 v.Chr.), werd hij de centrale figuur van het Griekse pantheon en stelde hij de overige goden op de achtergrond. Naar het voorbeeld van hoofden van aanzienlijke geslachten op aarde stelde men Zeus voor als het hoofd van de godenfamilie. Zijn familie had ook haar verblijf op de Olympus en gehoorzaamde hem. Zo werd Zeus niet slechts de bevestiger van de harmonie in de natuur, maar vooral ook van de maatschappelijke orde. Koningen en vorsten ontleenden hun macht aan Zeus en waren aan hem verantwoording schuldig. Hij was de raadgevende god, de beschermer van de volksvergadering en handhaver van de eed. Ook het gezin stond onder zijn hoede: als Zeus Herkeios (= Beschermer van de hof) had hij een altaar op de binnenplaats van de woning. Vooral gasten en vreemdelingen stonden onder zijn bescherming.



B1-1 Inleiding

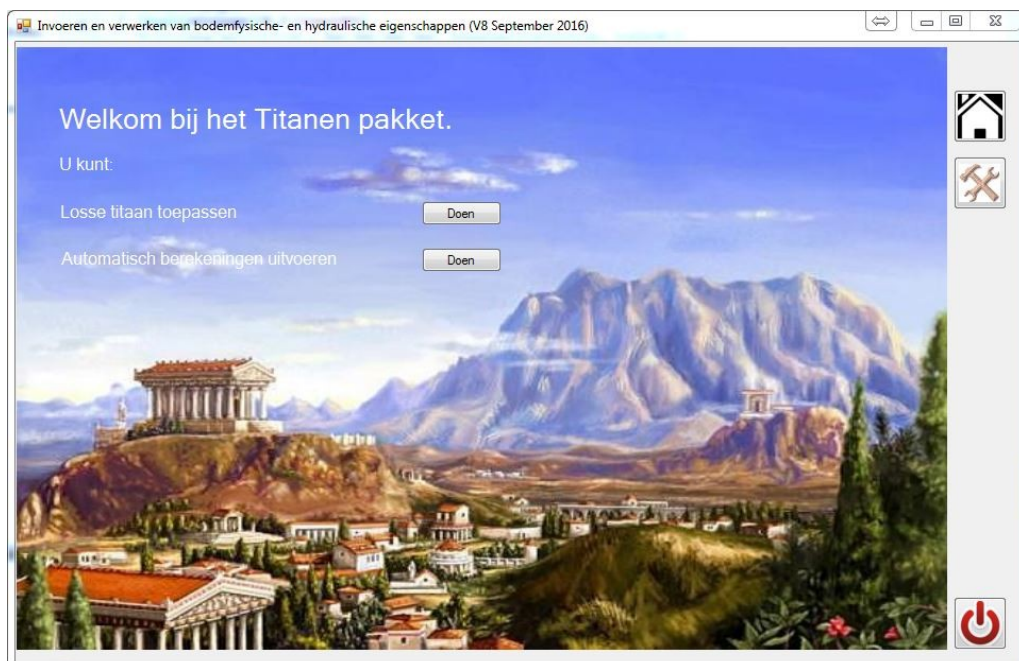
Bij de opzet van het Titanen-pakket is ervan uitgegaan dat elke module in het pakket slechts één functie heeft. Modules die meerdere functies hebben worden vaak gecompliceerd en lastig te onderhouden. Computerprogramma's die veel kunnen worden bovendien vaak traag in het gebruik. Ook kan uitbreidbaarheid een probleem worden. Vele goede redenen dus om voor aparte modules te kiezen. Toen we echter een aantal modules in gebruik hadden genomen bleek toch dat het starten van de verschillende programma's toch problematisch kon zijn. Om de gebruiker eenvoudig de juiste module te helpen kiezen, is het programma Zeus ontwikkeld¹. Het programma toont de beschikbare modules, geeft een korte omschrijving van de functionaliteit ervan en roept de gewenste module aan. Na het beëindigen van de berekeningen met de gekozen module wordt de gebruiker weer teruggeleid naar Zeus.

Tijdens het ontwikkelen van nieuwe modules zijn de reeds bestaande modules uitgebreid getest en toegepast binnen projecten. Daarbij bleek dat er behoefte bestond om op een snelle manier de invloed van een veranderd gegeven inzichtelijk te kunnen maken. Hierbij kan worden gedacht aan de invloed van de effectieve worteldiepte (nieuw gewas) op de maximale capillaire opstijging of het effect van een verlaging van de GHG (Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand) op de berging. Een en ander zou gemakkelijk vanuit een GIS-omgeving moeten kunnen worden geregeld. Daarom is Zeus zodanig aangepast dat de mogelijkheid bestaat om een aantal gegevens uit een Excel-bestand in te lezen, hier berekeningen mee uit te voeren en de resultaten weer naar het Excel-bestand weg te schrijven. Dit Excel-bestand kan dan weer in de GIS-omgeving worden ingelezen om de resultaten zichtbaar te maken.

B1-2 Het programma

B1-2.1 Algemeen

Het programma Zeus is geschreven in C# en is beschikbaar als uitvoerbaar bestand (Zeus.exe). Na het starten van het programma verschijnt het scherm zoals weergegeven in Figuur B1-1.



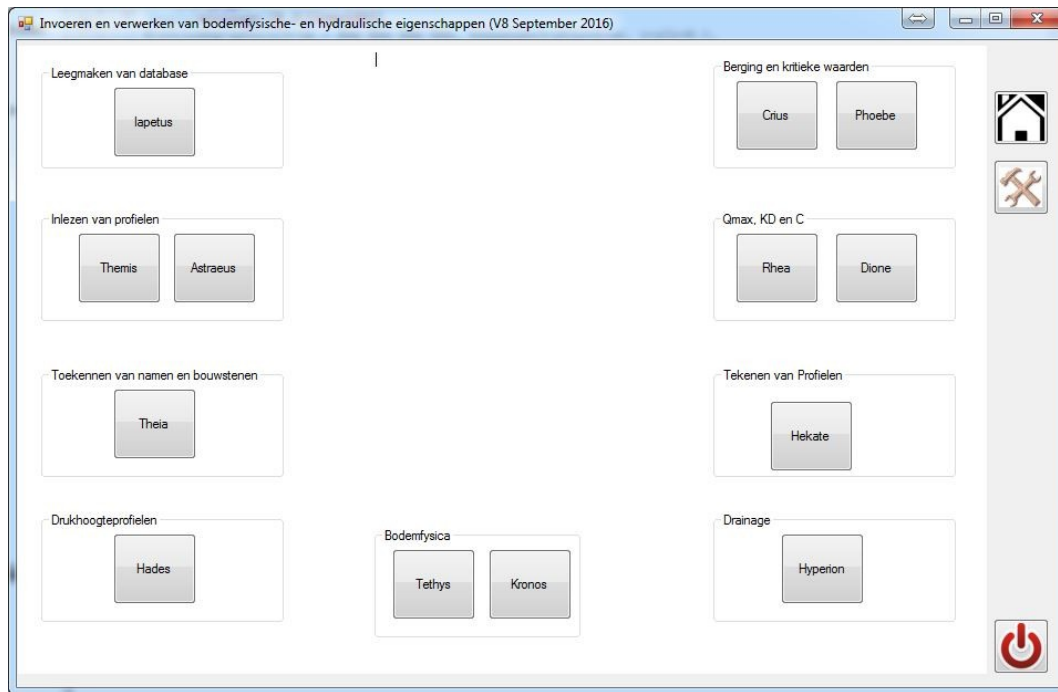
Figuur B1-1 Het initiële scherm van het programma Zeus.

¹ In eerste instantie konden de modules ook zelfstandig worden gestart. Om het gemak van de gebruiker te vergroten (beter overzicht van functionaliteit), is ervoor gekozen om de modules alleen nog vanuit Zeus te laten aanroepen. Starten van een enkele module geeft nu een foutmelding.

Dit scherm bestaat uit twee delen: aan de linkerkant een schilderij van de berg Olympus, woonplaats van de Griekse Goden en Titanen met daarop twee knoppen met 'Doen' erop. De bovenste knop is bedoeld om een losse module te kunnen aanroepen (zie par. B1.2.2), de onderste geeft de mogelijkheid om automatisch een serie berekeningen door te laten rekenen (zie par. B1.2.4). Aan de rechterzijde bevinden zich drie knoppen: één met een huisje, één met het symbool voor gereedschap en één met een symbolische aan-uit knop. Deze laatste dient om het programma af te sluiten. De knop met gereedschap (Engels: tools) dient om instellingen te wijzigen. Door op de knop met het huisje te drukken komt de gebruiker terug in het scherm van Fig. B1.1.

B1-2.2 Aanroepen van een gewenste module

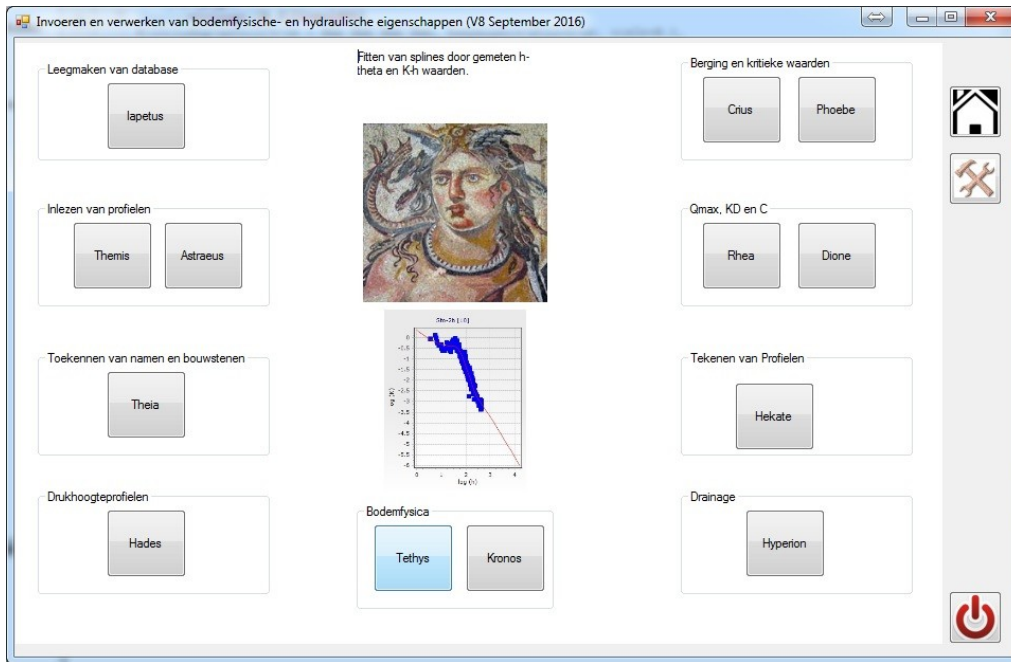
Als op de bovenste knop met 'Doen' van het initiële scherm wordt geklikt, dan zal het scherm van Zeus veranderen naar het scherm zoals gegeven in Figuur B1-2.



Figuur B1-2 Het scherm van Zeus als wordt gekozen voor het uitvoeren van een enkele module.

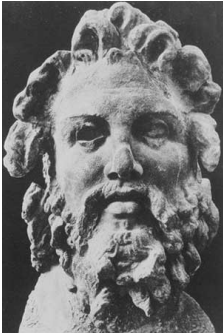
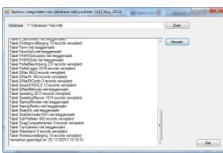



Verdeeld over het scherm bevinden zich nu 13 knoppen waarmee een Titaan aangeroept kan worden. Ter verduidelijking zijn deze knoppen in velden geplaatst waarbij de functie kort wordt omschreven. Aan de linkerzijde bevinden zich de invoermodules en enkele rekenmodules. Aan de rechterzijde bevinden zich de knoppen voor de overige rekenmodules en de uitvoermodule, evenals de drainagemodule. In het midden zijn twee knoppen geplaatst die alleen op de bodemfysica (pF-curve) betrekking hebben². Om een korte beschrijving van de functionaliteit van de modules te zien te krijgen, kan de gebruiker met de muis over een van de knoppen met Griekse namen bewegen. Als de cursor op een van deze knoppen staat, zal het beeld enigszins wijzigen. Het (oorspronkelijk witte) veld tussen de knoppen verandert nu. In het midden van het scherm verschijnt nu informatie over de betreffende module. Bovenaan wordt in een tekstvlak een korte beschrijving van de functionaliteit gegeven. Daaronder wordt een plaatje van de desbetreffende Titaan gegeven en ten slotte zal (in de relevante gevallen) een voorbeeld van de uitvoer worden getoond. Door op de knop te klikken, wordt de desbetreffende module geactiveerd. In Figuur B1-3 wordt met de muis over de knop 'Tethys' gegaan. Een kort overzicht van de aanroepbare modules en hun functionaliteit is gegeven in Tabel B1-1.


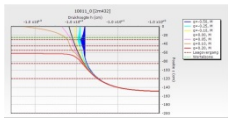





² Als een van de knoppen is uitgereisd betekent dit dat het programma de desbetreffende module niet kan vinden in de opgegeven folder. Zie subparagraaf B1-2.3 en paragraaf B1-4 voor het aanpassen hiervan.



Figuur B1-3 Het scherm van Zeus als met de muis over de knop 'Tethys' wordt gegaan.

Tabel 1 De dertien modules die door Zeus kunnen worden aangeroepen en hun functionaliteit.

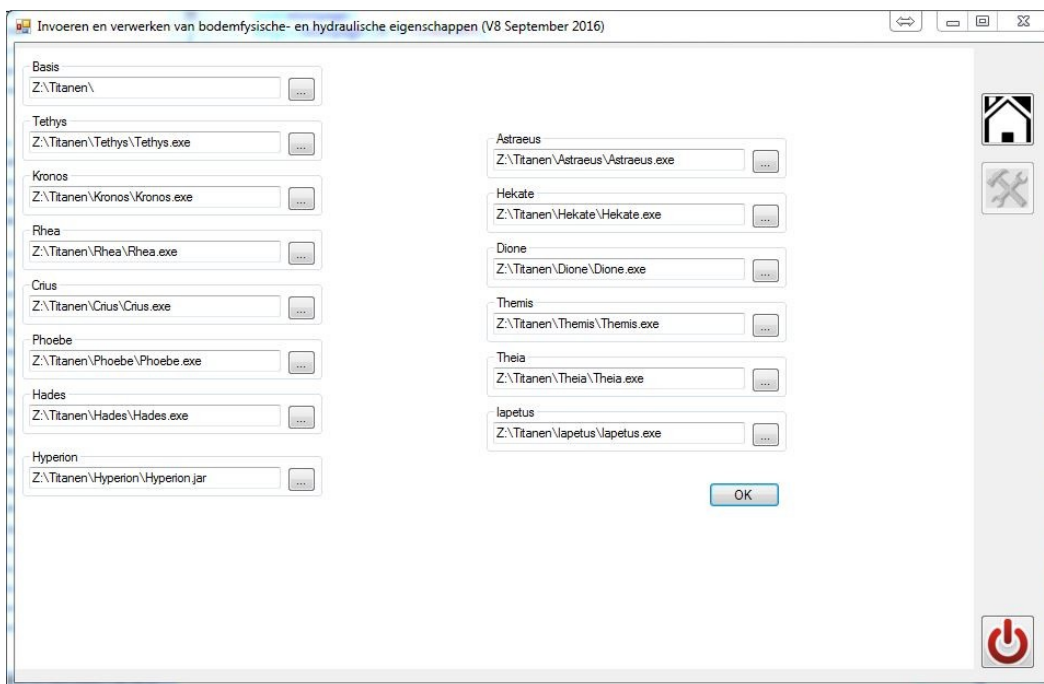
Titaan	Naam	Functie	Uitvoer
	Iapetus	In de praktijk is gebleken dat het regelmatig nodig is om een database met gemeten en afgeleide profielgegevens leeg te maken. Het programma Iapetus doet dit automatisch.	
	Themis	Met behulp van Themis kunnen de met een veld-computer geregistreerde profielgegevens worden gecontroleerd en overgezet naar de eigen databases. Het programma kan ook in het veld worden gebruikt op de Motion veldcomputer om te controleren of de gegevens correct zijn ingevuld.	
	Astraeus	Astraeus is ontwikkeld voor het handmatig invoeren van bodemprofielen en het toekennen van Staring bouwstenen en bodemfysische karakteristieken aan de horizonten van het profiel. Al deze gegevens worden opgeslagen in een database. Ook veranderingen aan bestaande profielen kunnen op eenvoudige wijze worden ingevoerd. De profielopbouw wordt grafisch weergegeven.	
	Theia	Om de bodemklasse te bepalen uit de voor iedere horizont gegeven textuur en het organische stofgehalte kan het programma Theia worden gebruikt. Ook kent deze aan iedere horizont van het profiel de bijbehorende bouwsteen uit de Staringreeks toe.	

Titaan	Naam	Functie	Uitvoer
	Hades	Als wordt uitgegaan van stationaire stroming, dan kunnen, bij een gegeven fluxdichtheid en grondwaterstand, op eenvoudige wijze het verloop van de drukhoogte met de diepte worden berekend. gegeneerd. Deze drukhoogteprofielen zijn de basis voor verdere berekeningen. De profielen kunnen worden gegeneerd m.b.v. het programma Hades voor zowel homogene als heterogene bodems.	
	Crius	Een van de belangrijkste kenmerken van een bodem is het bergend vermogen. Dit is afhankelijk van de diepte van het grondwater. Het programma Crius berekent de berging van een bodemprofiel als functie van de grondwaterstand.	
	Phoebe	Een veelgebruikt kenmerk van bodems is de kritieke z-afstand. Dit is de maximale afstand die tussen het grondwater en de onderzijde van de wortelzone mag zitten om nog een opgegeven (stationaire) fluxdichtheid mogelijk te maken. Deze afstand wordt door Phoebe berekend, evenals het bijbehorende bergend vermogen van het bodemprofiel.	
	Rhea	Om voor een continue wateraanvoer te zorgen voor verdamping en transpiratie moet er water vanuit het grondwater naar de wortelzone worden getransporteerd. Hoe groot deze hoeveelheid maximaal kan zijn is afhankelijk van de eigenschappen van de bodem en de diepte van de grondwaterstand. Het programma Rhea berekent de maximale fluxdichtheid als functie van de grondwaterstand voor een te specificeren bodemprofiel.	
	Dione	Voor berekeningen aan de verzadigde grondwaterstroming zijn de weerstand (c) en de transmissiviteit (kD) van belang. De c -waarde geeft een maat voor de weerstand bij verticale stroming, de kD -waarde voor horizontale stroming. Beide worden uitgerekend voor het hele profiel en voor het doorstroomde deel bij GHG en GLG door het programma Dione.	
	Hekate	Na het invoeren van bodemprofielen en het uitvoeren van een groot aantal berekeningen wordt er vaak een grafische weergave van de schematisatie gevraagd. De module Hekate kan deze grafische weergave automatisch maken en geeft tevens een overzicht van de belangrijkste (afgeleide) kenmerken van het profiel. Deze weergave kan direct worden gebruikt voor rapportage-doeleinden.	

Titaan	Naam	Functie	Uitvoer
	Hyperion	Hyperion kan worden gebruikt om voor de profielen in de profielendatabase drainagesystemen door te rekenen en te ontwerpen. Hiertoe kan worden gekozen uit drie berekeningswijzen van de drainageflux.	
	Tethys	Door de gebruiker wordt een aantal bodemonsters geselecteerd. Van deze monsters worden de gemeten punten van de $h(\theta)$ en $K(h)$ -relatie ingelezen uit de database. Door deze punten wordt vervolgens de optimale ligging van een aantal splines bepaald. Resultaten worden niet alleen naar de database weggeschreven maar kunnen ook als grafiek worden opgeslagen. Ook is er de mogelijkheid om de gefitte relaties als invoerbestanden voor simulatiemodellen op te slaan.	
	Kronos	Het programma Kronos toont de gemeten waarden van $h(\theta)$ - en $K(h)$ -relaties. Het biedt de mogelijkheid om de gefitte spline-benadering en/of de gefitte Mualem - Van Genuchten relatie te tonen, waardoor deze visueel kunnen worden vergeleken. Er kunnen drie soorten uitvoerbestanden worden gemaakt: SOL-bestanden, ISS-bestanden en NHI-bestanden.	

B1-2.3 Het instellingenschermb

De door Zeus aan te roepen modules hoeven niet in dezelfde folder te staan als het bestand Zeus.exe. Er wordt standaard vanuit gegaan dat elke module zich in een folder bevindt met dezelfde naam als de module en dat dit subfolders zijn van de folder waarin Zeus zich bevindt. De gebruiker kan echter al deze locaties naar keuze aanpassen. Om dit te doen moet op de knop met het gereedschap worden geklikt. Dan zal het scherm zich wijzigen zoals weergegeven in Figuur B1-4.

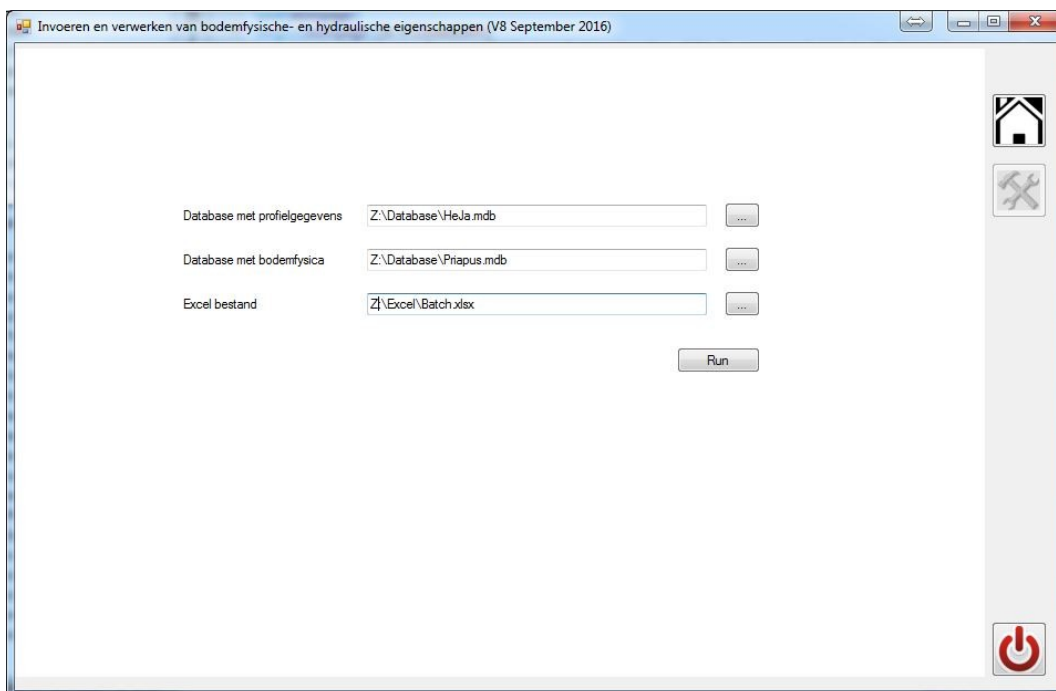


Figuur B1-4. Het scherm met instellingen van Zeus.

De knop met het gereedschap is nu uitgegrijpsd. Dat houdt in dat opnieuw erop klikken geen effect heeft. Op het scherm staan 14 tekstvelden met bijbehorende knoppen. Als alle modules in subfolders van een folder staan, dan kan deze folder worden opgegeven in het veld linksboven. Na het verlaten van dit veld worden alle andere velden aangepast. Individuele folders kunnen worden aangepast door de naam van de folder in het desbetreffende tekstvak te typen of door op de knop aan de rechterzijde van het tekstvak te klikken en in het hierdoor geopende dialoogvenster de juiste folder te selecteren. Nadat alle tekstboxes zijn ingevuld kan de keuze definitief worden gemaakt door op OK te klikken. De gekozen folders worden dan opgeslagen en het scherm uit Figuur B1-1 verschijnt weer.

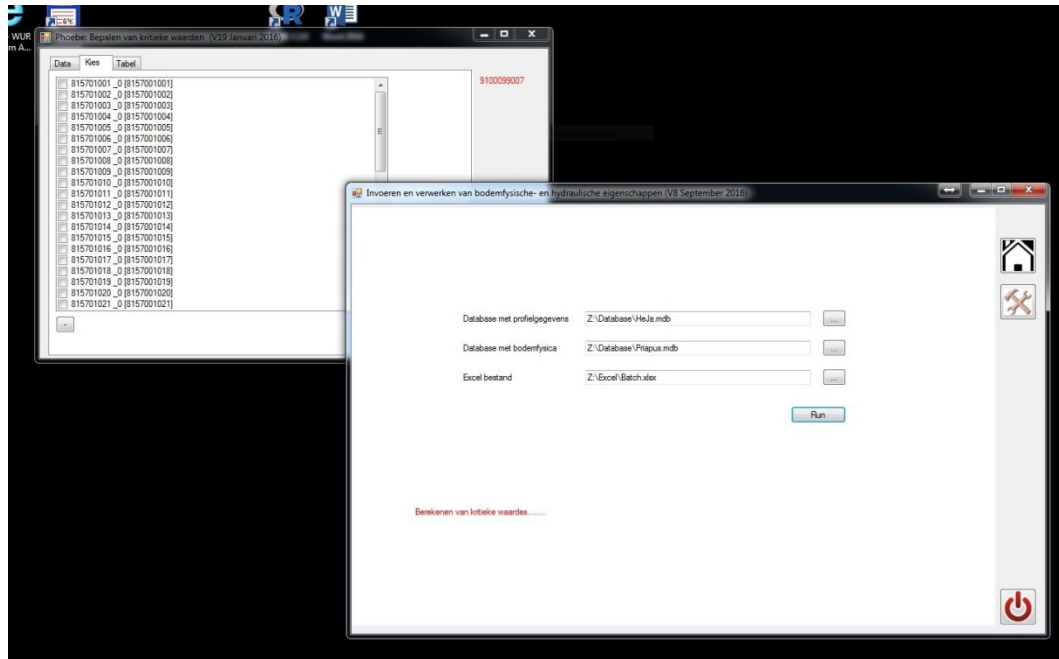
B1-2.4 Automatisch berekeningen laten uitvoeren

Als in het initiële scherm wordt gekozen om automatische berekeningen uit te voeren, dan zal het scherm in Figuur B1-5 verschijnen. Hierop bevinden zich drie tekstboxes. In de bovenste tekstbox moet de naam van de database met profielgegevens worden gegeven³. In de middelste box moet de naam van de Access- database met te gebruiken bodemfysische data worden gegeven en in de onderste box moet de naam van het Excel-bestand met door te rekenen profielen worden gegeven. Rechts van deze boxes bevinden zich weer 'blader'-knoppen, waarmee snel het gewenste bestand kan worden opgezocht. De opbouw van het Excel-bestand zal worden besproken in paragraaf B1-3. Door op 'Run' te klikken worden de berekeningen gestart. Alvorens een van de modules aan te roepen zal Zeus eerst het ini-bestand van de desbetreffende module aanpassen om aan te geven welke databases gebruikt moeten worden. Vervolgens worden dan achtereenvolgens Crius (berging), Rhea (maximale fluxdichtheid), Phoebe (kritieke waarden) en Dione (*kD* en *C*-waarden) aangeroepen. Een voorbeeld is gegeven in Figuur B1-6, waar Crius bezig is met bergingsberekeningen. Het soort berekeningen dat wordt uitgevoerd is weergegeven op het scherm van Zeus in rode letters. De schermen van de rekenende modules zullen geen gekozen profielen of resultaten tonen. Wel zal de voortgang van de berekeningen worden getoond. Er worden bij deze berekeningen geen resultaten naar de database geschreven, alleen naar het Excel-bestand. Als de berekeningen klaar zijn zullen de schermen van de modules verdwijnen van het beeld en alleen het scherm van Zeus zal weer zichtbaar zijn.



Figuur B1-5 Het scherm als wordt gekozen voor het automatisch verwerken van gegevens

³ Bij de automatische verwerking wordt altijd uitgegaan van een Access-database



Figuur B1-6 Automatisch uitvoeren van berekeningen. In dit voorbeeld worden bergingsberekeningen uitgevoerd met behulp van Crius.

B1-3 Het Excel-bestand

Zoals in de voorgaande paragrafen al is beschreven, kan Zeus automatisch een aantal berekeningen uit laten voeren door de modules Crius, Rhea, Phoebe en Dione (Engels: batch-processing). De gewenste invoergegevens worden ingelezen uit een Excel-bestand waarvan de naam moet worden opgegeven. Dit Excel-bestand moet aan een aantal eisen voldoen:

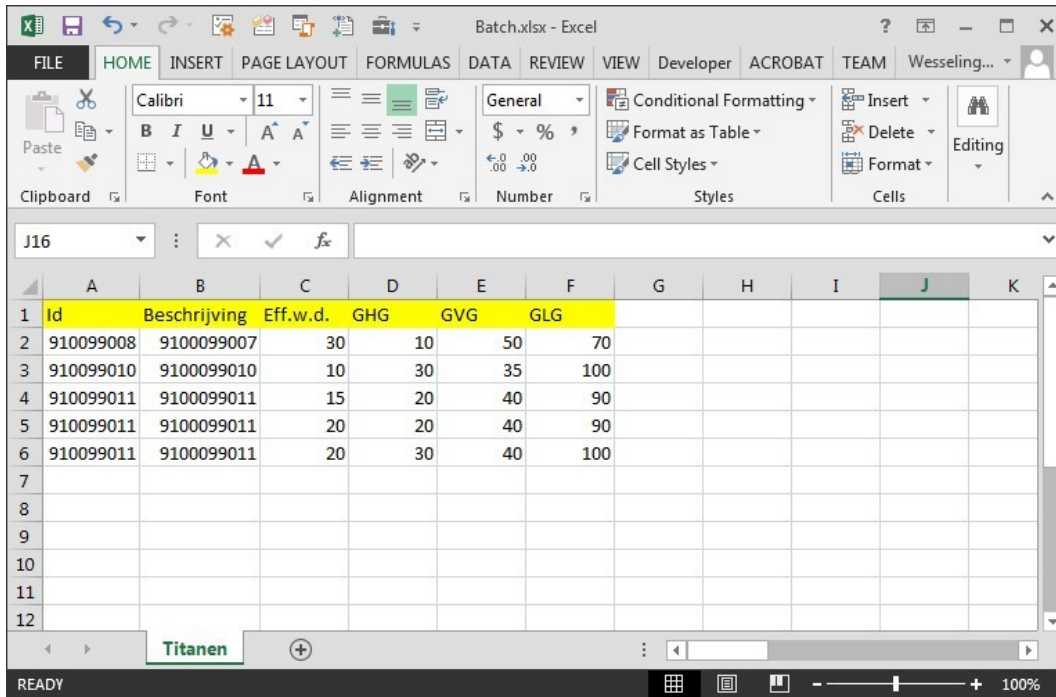
- Het tabblad met gegevens moet de naam 'Titanen' hebben;
- De eerste rij bevat de namen van de variabelen;
- De variabelen die zijn gegeven in Tabel B1-2 moeten aanwezig zijn, de volgorde is niet van belang.

Tabel B1-2 De verplichte velden in de eerste rij van het Excel-bestand

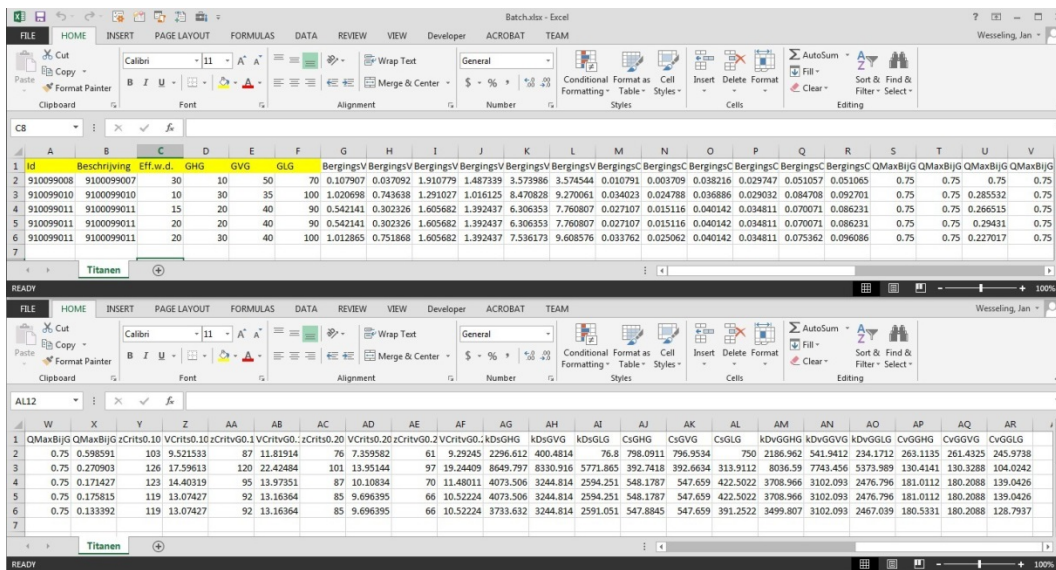
Naam	Beschrijving
Id	Identificatienummer van bodemprofiel (moet overeenkomen met nummer in database)
Beschrijving	Beschrijving van profiel (wordt verder niets mee gedaan)
Eff.w.d.	Effectieve worteldiepte (cm beneden maaiveld)
GHG	Gemiddelde Hoogste Grondwaterstand (cm beneden maaiveld)
GVG	Gemiddelde Voorjaars Grondwaterstand (cm beneden maaiveld)
GLG	Gemiddelde Laagste Grondwaterstand (cm beneden maaiveld)

Een voorbeeld van een Excel-bestand is gegeven in Figuur B1-7. Indien waarden voor GHG, GVG of GLG zijn gegeven van -999 of -9999 zal er geen berekening voor de betreffende grondwaterstand worden uitgevoerd. Ook als een waarde van GHG, GVG of GLG eindigt op een 1 of op een 2 worden er geen berekeningen voor uitgevoerd. Na afloop van de berekeningen⁴ ziet het Excel-bestand eruit zoals weergegeven in Figuur B1-8. De betekenis van de kolommen wordt gegeven in Tabel B1-3.

⁴ Houd er rekening mee dat batch-berekeningen veel tijd kunnen vragen



Figuur B1-7. Een voorbeeld van een Excel-bestand met invoergegevens voor het automatisch uitvoeren van berekeningen. Verplichte velden zijn in geel aangegeven.



Figuur B1-8 Het Excel-bestand uit Fig. 2.7 na het uitvoeren van de berekeningen. Omdat er veel kolommen zijn toegevoegd wordt het bestand in deze figuur m.b.v. twee instanties van Excel gevisualiseerd.

Tabel B1-3 De uitvoervelden in het Excel-bestand.

Naam	Beschrijving	Eenheid	Module
BergingsVolumeBijGHGs	Bergingsvolume berekend met splines voor GHG	cm	Crius
BergingsVolumeBijGHGvG	Bergingsvolume berekend met Van Genuchten voor GHG	cm	Crius
BergingsVolumeBijGVGs	Bergingsvolume berekend met splines voor GVG	cm	Crius
BergingsVolumeBijGVGvG	Bergingsvolume berekend met Van Genuchten voor GVG	cm	Crius
BergingsVolumeBijGLGs	Bergingsvolume berekend met splines voor GLG	cm	Crius
BergingsVolumeBijGLGvG	Bergingsvolume berekend met Van Genuchten voor GLG	cm	Crius
BergingsCoeffBijGHGs	Bergingscoëfficiënt berekend met splines voor GHG	-	Crius
BergingsCoeffBijGHGvG	Bergingscoëfficiënt berekend met Van Genuchten voor GHG	-	Crius
BergingsCoeffBijGVGs	Bergingsvolume berekend met splines voor GVG	-	Crius
BergingsCoeffBijGVGvG	Bergingscoëfficiënt berekend met Van Genuchten voor GVG	-	Crius
BergingsCoeffBijGLGs	Bergingsvolume berekend met splines voor GLG	-	Crius
BergingsCoeffBijGLGvG	Bergingscoëfficiënt berekend met Van Genuchten voor GLG	-	Crius
QMaxBijGHGs	Maximale fluxdichtheid bij GHG berekend met splines	cm d ⁻¹	Rhea
QMaxBijGVGs	Maximale fluxdichtheid bij GVG berekend met splines	cm d ⁻¹	Rhea
QMaxBijGLGs	Maximale fluxdichtheid bij GLG berekend met splines	cm d ⁻¹	Rhea
QMaxBijGHGvG	Maximale fluxdichtheid bij GHG berekend met Van Genuchten	cm d ⁻¹	Rhea
QMaxBijGVGvG	Maximale fluxdichtheid bij GVG berekend met Van Genuchten	cm d ⁻¹	Rhea
QMaxBijGLGvG	Maximale fluxdichtheid bij GLG berekend met Van Genuchten	cm d ⁻¹	Rhea
zCris0.10	Kritieke z-afstand bij flux van 0,1 cm d ⁻¹ berekend met splines	cm	Phoebe
VCris0.10	Kritieke berging bij flux van 0,1 cm d ⁻¹ berekend met splines	cm	Phoebe
zCritvG0.10	Kritieke z-afstand bij flux van 0,1 cm d ⁻¹ berekend met Van Genuchten	cm	Phoebe
VCritvG0.10	Kritieke berging bij flux van 0,1 cm d ⁻¹ berekend met Van Genuchten	cm	Phoebe
zCris0.20	Kritieke z-afstand bij flux van 0,2 cm d ⁻¹ berekend met splines	cm	Phoebe
VCris0.20	Kritieke berging bij flux van 0,2 cm d ⁻¹ berekend met Van Genuchten	cm	Phoebe
zCritvG0.20	Kritieke z-afstand bij flux van 0,2 cm d ⁻¹ berekend met splines	cm	Phoebe
VCritvG0.20	Kritieke berging bij flux van 0,2 cm d ⁻¹ berekend met Van Genuchten	cm	Phoebe
kDsGHG	<i>kD</i> -waarde van doorstroomde profiel berekend met splines bij GHG	cm ² d ⁻¹	Dione
kDsGVG	<i>kD</i> -waarde van doorstroomde profiel berekend met splines bij GVG	cm ² d ⁻¹	Dione
kDsGLG	<i>kD</i> -waarde van doorstroomde profiel berekend met splines bij GLG	cm ² d ⁻¹	Dione
CsGHG	<i>c</i> -waarde van doorstroomde profiel berekend met splines bij GHG	d	Dione
CsGVG	<i>c</i> -waarde van doorstroomde profiel berekend met splines bij GVG	d	Dione
CsGLG	<i>c</i> -waarde van doorstroomde profiel berekend met splines bij GLG	d	Dione
kDvGGHG	<i>kD</i> -waarde van doorstroomde profiel berekend met Van Genuchten bij GHG	cm ² d ⁻¹	Dione
kDvGGVG	<i>kD</i> -waarde van doorstroomde profiel berekend met Van Genuchten bij GVG	cm ² d ⁻¹	Dione
kDvGGLG	<i>kD</i> -waarde van doorstroomde profiel berekend met Van Genuchten bij GLG	cm ² d ⁻¹	Dione
CvGGHG	<i>c</i> -waarde van doorstroomde profiel berekend met Van Genuchten bij GHG	d	Dione
CvGGVG	<i>c</i> -waarde van doorstroomde profiel berekend met Van Genuchten bij GVG	d	Dione
CvGGIG	<i>c</i> -waarde van doorstroomde profiel berekend met Van Genuchten bij GLG	d	Dione

B1-4 De ini-file

Alle instellingen van het programma Zeus worden bewaard in de ini-file van het programma. Dit bestand bevindt zich in dezelfde folder als het programma en ziet er als volgt uit:

```
! De ini-file voor Zeus
[Base]
Dir =Z:\Titanen\

[Exe]
Tethys=Z:\Titanen\Tethys\Tethys.exe
Kronos=Z:\Titanen\Kronos\Kronos.exe
Rhea=Z:\Titanen\Rhea\Rhea.exe
Crius=Z:\Titanen\Crius\Crius.exe
Hekate=Z:\Titanen\Hekate\Hekate.exe
Astraeus=Z:\Titanen\Astraeus\Astraeus.exe
Phoebe=Z:\Titanen\Phoebe\Phoebe.exe
Dione=Z:\Titanen\Dione\Dione.exe
Themis=Z:\Titanen\Themis\Themis.exe
Theia=Z:\Titanen\Theia\Theia.exe
Hades=Z:\Titanen\Hades\Hades.exe
Iapetus=Z:\Titanen\Iapetus\Iapetus.exe
Hyperion=Z:\Titanen\Hyperion\Hyperion.jar

[Batch]
Profielen
=Y:\Database\HeJa.mdb Fysica
=Y:\Database\Priapus.mdb
Excel =Y:\Excel\Batch.xlsx
```

Aangezien de opzet van dit ini-bestand voor zichzelf spreekt zal er niet verder op in worden gegaan.

B1-5 Systeemeisen

De enige eis die het programma Zeus stelt aan de computer is de aanwezigheid van Microsoft .NET 3.5 of hoger.

Bijlage 2 Hades: Berekenen van drukhoogteprofielen voor infiltratie en capillaire opstijging

Hades of onderwereld is volgens de Griekse mythologie een broer van Zeus, Poseidon en Hera en god van de doden die heerste over de onderwereld. Hades werd opgegeten door zijn vader Cronus en vervolgens weer uitgespuugd. Ook nam hij deel aan de Titanenstrijd aan de zijde van Zeus. In zijn donkere rijk is Hades een hard en meedogenloos heerser. Zijn vrouw is Persephone. Hij staat aan niemand toe terug te keren naar het rijk der levenden. De Onderwereld was in de regel alleen toegankelijk voor doden, er waren maar enkele helden, zoals Odysseus, Herakles en Orpheus die levend uit de onderwereld terugkeerden. De onderwereld wordt bewaakt door de driekoppige hond Cerberus.



B2-1 Inleiding

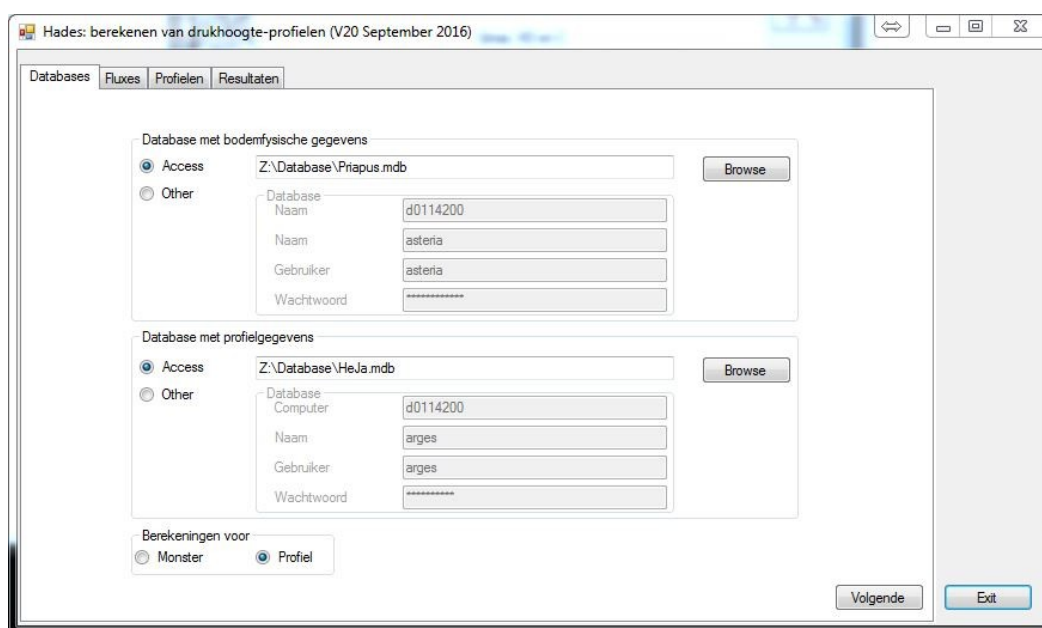
In dit rapport en de bijbehorende software wordt telkens uitgegaan van ééndimensionale niet-stationaire grondwaterstroming. Dit houdt in dat de situatie niet verandert in de tijd. Als de diepte van de grondwaterstand wordt opgegeven, dan kan voor een bepaalde fluxdichtheid het verloop van de drukhoogte met de diepte op eenvoudige wijze worden berekend. Voor deze berekening is alleen kennis van de zogenaamde $K(h)$ -relatie noodzakelijk. Deze geeft de relatie tussen de drukhoogte en het hydraulisch geleidingsvermogen van de bodem en kan per bodemhorizont verschillen.

B2-2 Het programma

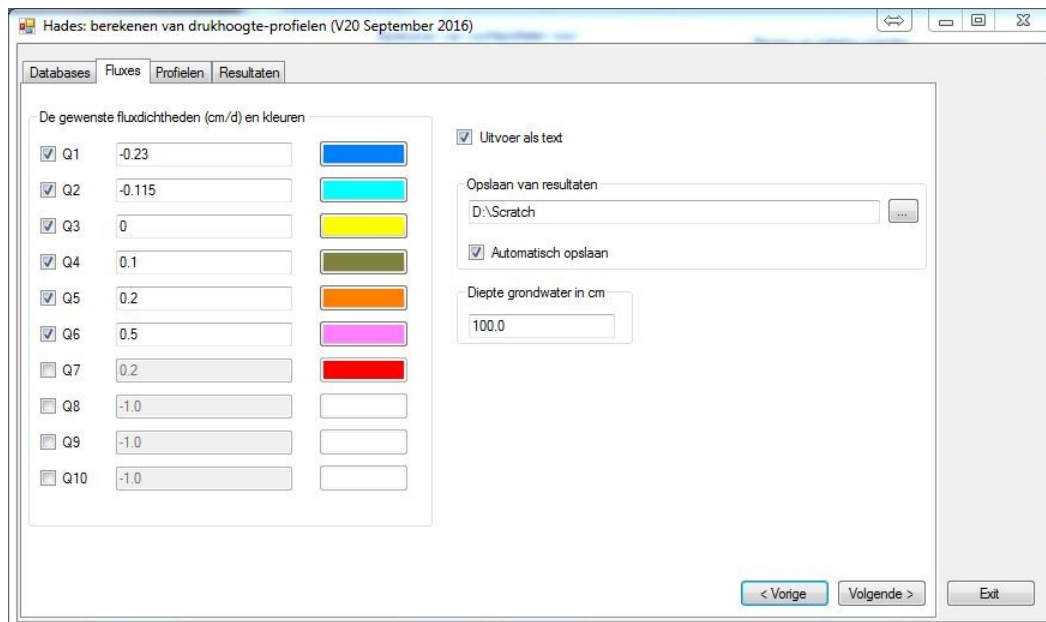
Het programma kan worden gestart door op de desbetreffende knop in Zeus te klikken. Als tevens de relatie tussen drukhoogte en vochtgehalte (de waterretentie- of pF-curve) bekend is, dan kan ook het verloop van het vochtgehalte met de diepte worden berekend. Dit kan gebeuren met het hier beschreven programma Hades.

Op het eerste scherm (Figuur B2-1) van Hades moeten de te gebruiken databases worden opgegeven: bovenaan de database met bodemfysische gegevens, daaronder die met de te beschouwen profielen. Voor beide databases kan de gebruiker kiezen uit de MS-Access of de MySQL-variant die elk hun eigen wijze van specificeren vragen. Als wordt gewerkt met MS-Access, dan kan worden volstaan met het opgeven van de bestandsnaam.

Het gewenste bestand kan ook worden geselecteerd door op de 'Browse'-knop te klikken en naar het desbetreffende bestand te gaan. In het geval van MySQL moeten de server, de naam van de database, de gebruiker en het wachtwoord worden opgegeven. Als dit allemaal is gebeurd kan op 'Volgende' worden geklikt en zal het scherm uit Figuur B2-2 verschijnen. Hierop kan de gebruiker aangeven voor welke flux-dichtheden (in cm d^{-1}) de berekeningen uitgevoerd moeten worden. Hierbij staan positieve waarden voor capillaire opstijging en negatieve waarden voor infiltratie. Voor iedere fluxdichtheid kan een kleur worden gekozen door op de kleurenknop aan de rechterkant van het invulveld voor de fluxdichtheid te klikken. Dan verschijnt de Windows kleur-kies-dialogoog en kan iedere gewenste kleur worden gekozen. Aan de rechterzijde van het scherm kan men aangeven of de uitvoer ook als tekstbestand gewenst is. Ook wordt de optie geboden om zelf te kiezen waar de uitvoer van het programma naartoe moet worden geschreven.



Figuur B2-1 Selecteren van de databases

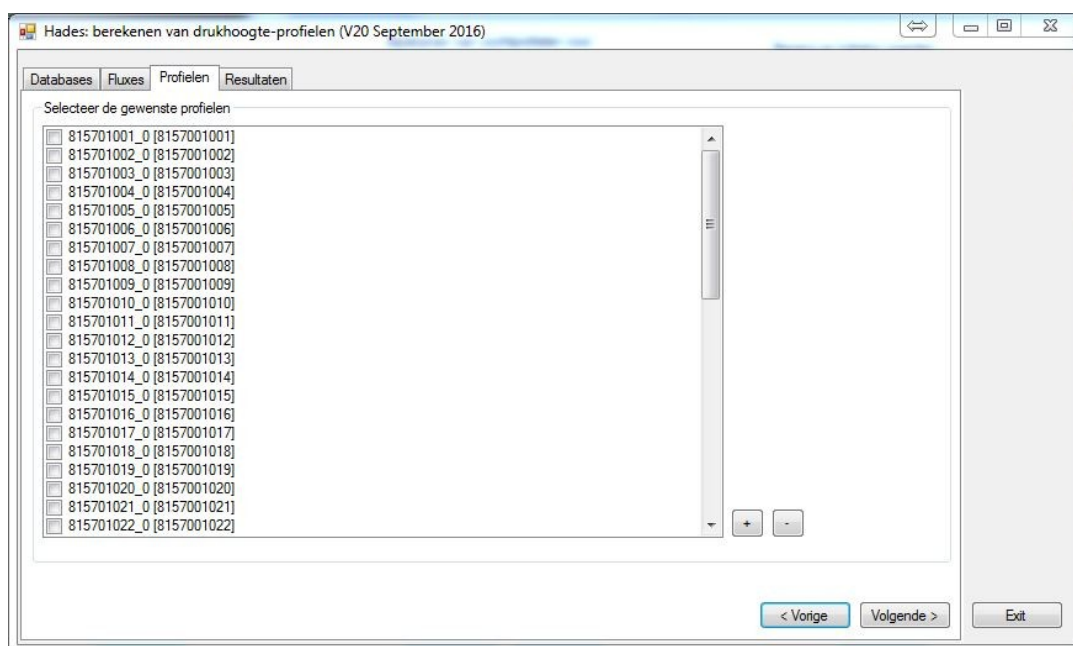


Figuur B2-2 Opgeven van fluxdichtheden en de corresponderende kleuren.

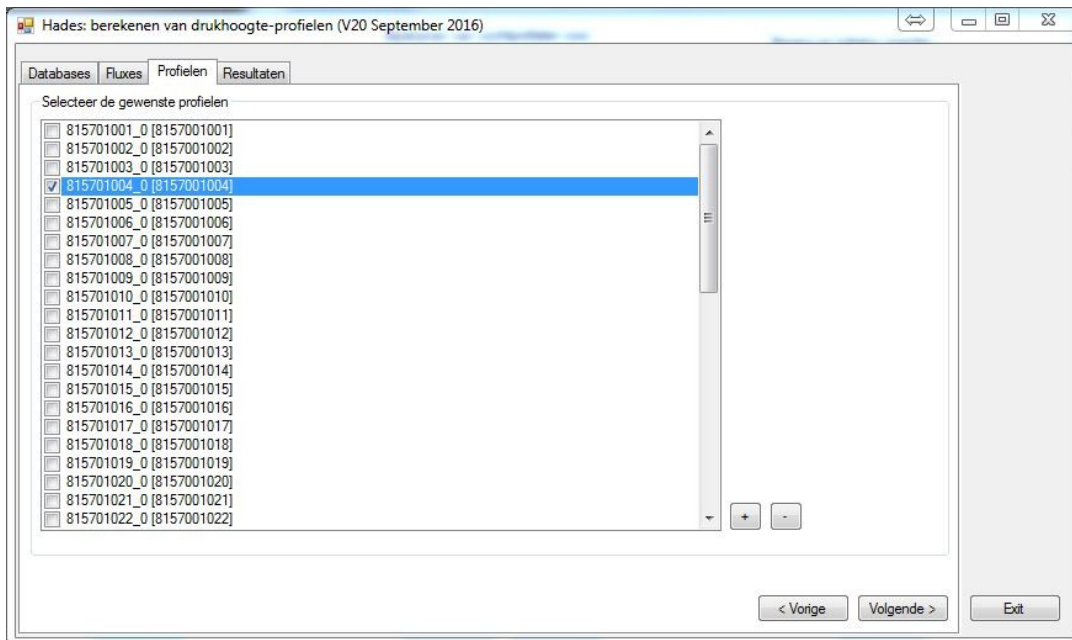
Als meerdere profielen achter elkaar moeten worden doorgerekend, is het verstandig om de resultaten automatisch op te laten slaan in de gewenste folder. Ten slotte moet dan nog de gewenste grondwaterstand worden opgegeven. Hierna kan weer op 'Volgende' worden geklikt. Dan verschijnt de lijst met profielen die zich in de aangegeven database bevinden (Figuur B2-3).

Er kunnen een of meerdere profielen worden gekozen door middel van het aanvinkvakje dat zich voor de naam van het profiel bevindt. Is er een profiel is gekozen, dan zal er een vinkje in het desbetreffende veld worden geplaatst. Over het laatste profiel waarop is geklikt zal een blauwe balk worden geplaatst (zie Figuur B2-4)

Aan de rechterkant van de lijst met profielen staan twee knopjes, een met een '+' en een met een '-'. De eerste selecteert alle profielen, de tweede de-selecteert alle profielen. Door nu op 'Volgende' te klikken zal het rekenproces beginnen. Gedurende het rekenen zal er aan de rechterzijde van het scherm een rood vierkantje zichtbaar zijn.

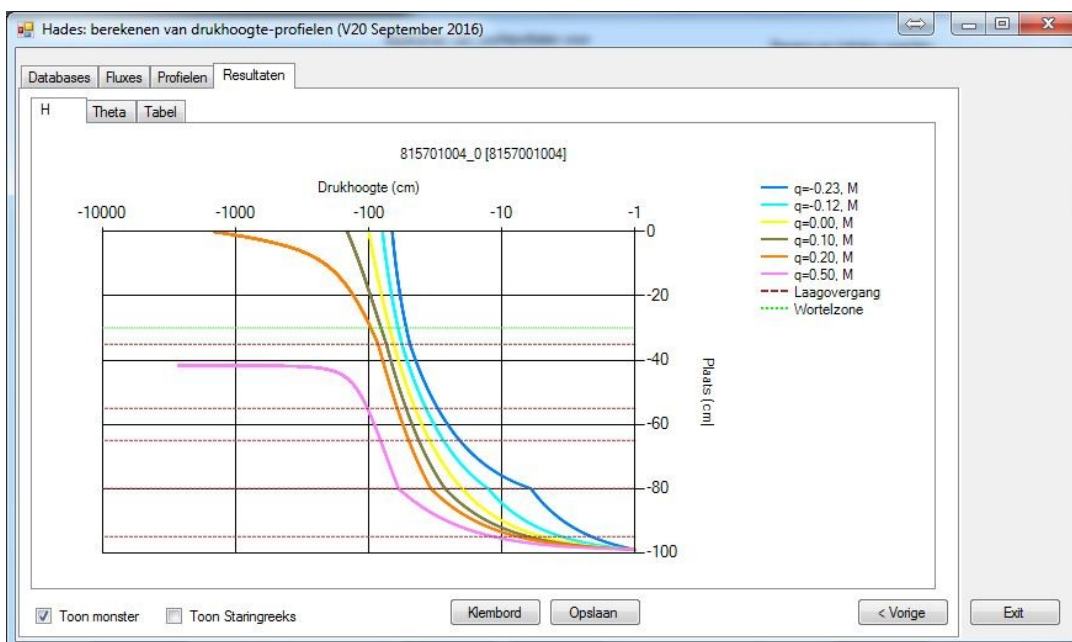


Figuur B2-3 Kiezen van profielen.



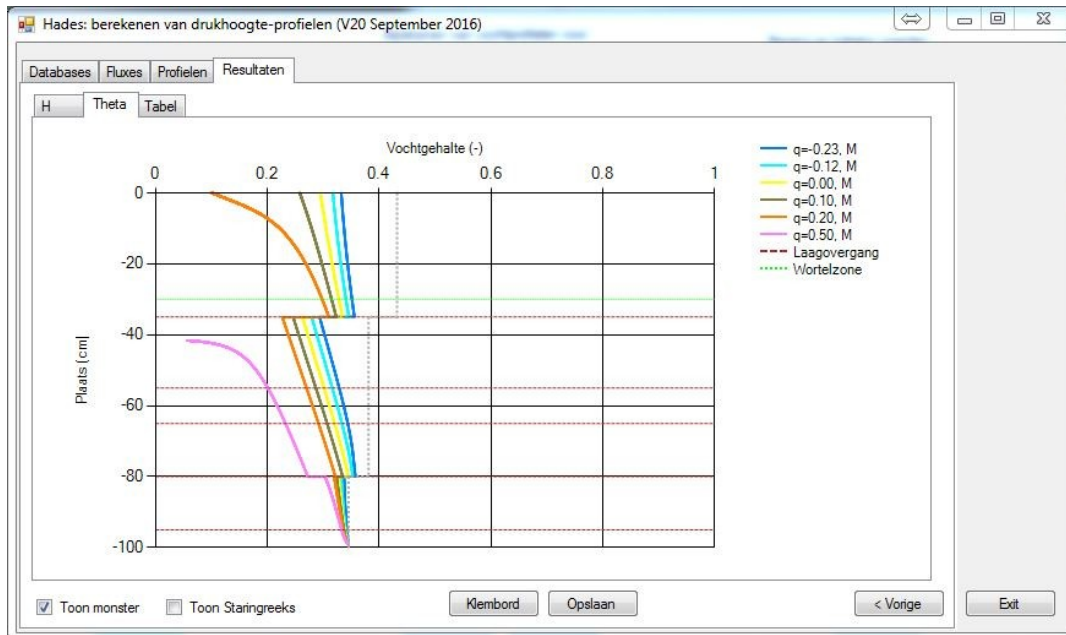
Figuur B2-4 Na het kiezen van een profiel.

Zodra een profiel is doorgerekend⁵ zal het scherm met het verloop van de drukhoogtes met de diepte verschijnen zoals weergegeven in Figuur B2-5. Alle berekeningen worden gedaan met de bodemfysische beschrijving van de monsters (spline-interpolation) en met de waarden van de bouwstenen van de Staringreeks. Met de twee vinkjes onderaan het scherm kan worden gekozen welke benadering moet worden getoond. De horizontale bruine lijnen in de Figuur B2-5 geven de laagovergangen weer, de groene lijn is de wortelzone.



Figuur B2-5 Het berekende verloop van de drukhoogte met de diepte voor een aantal fluxdichtheden.

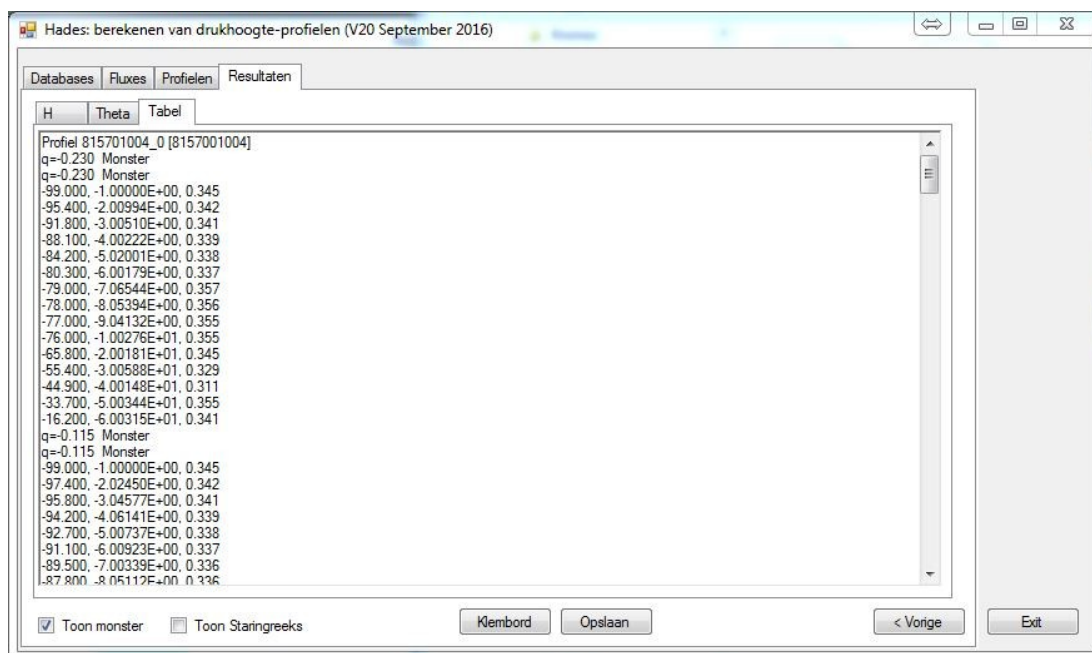
⁵ Als er meerdere profielen zijn geselecteerd is het aan te bevelen om de optie 'Automatisch opslaan' te gebruiken. Het programma zal anders alle profielen achter elkaar doorrekenen en de resultaten laten zien. Deze zijn dan slechts korte tijd zichtbaar.



Figuur B2-6 Het berekende verloop van het vochtgehalte met de diepte voor een aantal fluxdichtheden.

In het hier gekozen voorbeeld is te zien dat een fluxdichtheid van $0,2 \text{ cm d}^{-1}$ het maaiveld nog bereikt, terwijl die van $0,5 \text{ cm d}^{-1}$ de onderkant van de wortelzone niet haalt. De figuur met het drukhoogteverloop staat op een tabblad H. Om het verloop van het vochtgehalte te zien kan op de tab 'Theta' worden geklikt. Dan verschijnt de gewenste figuur. Een voorbeeld hiervan is gegeven in Figuur B2-6. In deze figuur zijn weer de bruine lijnen met de laagovergangen en de groene lijn met de bewortelingsdiepte weergegeven. De x-as geeft de fractie water (volumetrisch vochtgehalte) weer. Deze as loopt van 0 tot 1. In het grijs is het vochtgehalte bij verzadiging weergegeven. De verschillen per bodemlaag zijn duidelijk zichtbaar. Ook is het duidelijk dat er in het vochtgehalte geen continue overgang is tussen de lagen.

De berekende resultaten worden ook in tabelvorm weergegeven. Zie de tab 'Tabel' (Figuur B2-7). Voor iedere beschouwde fluxdichtheid worden voor een aantal dieptes de h - en θ -waarden gegeven.



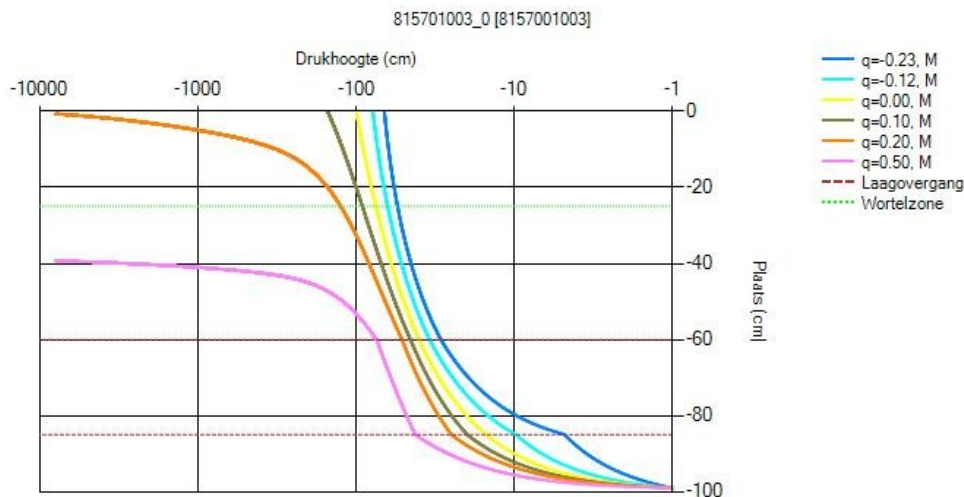
Figuur B2-7 Resultaten van de berekeningen in tabelvorm.

B2-3 Uitvoer

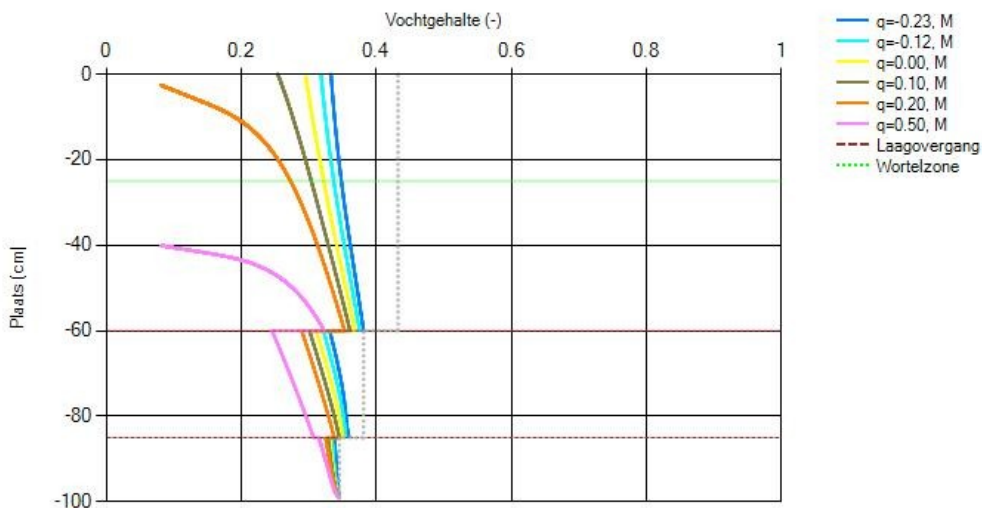
De uitvoer van Hades bestaat uit twee figuren en een tekstbestand. Deze kunnen automatisch worden weggeschreven naar een opgegeven folder. De bestandsnamen zijn:

xxx_y_zzzz.txt
xxx_y_zzz_h.jpg
xxx_y_zzz_theta.jpg

waarbij xxx het profielnummer is, y het subprofielnummer en zzz de code is die aan het profiel is toegekend. De grafieken kunnen ook handmatig worden opgeslagen of naar het klembord worden gekopieerd om ze van daar uit in een rapport of artikel te gebruiken. Een voorbeeld van een figuur met drukhoogtes is gegeven in Figuur B2-8. Figuur B2-9 geeft een voorbeeld van een figuur met het vochtgehalteverloop.



Figuur B2-8 Het drukhoogteverloop in profiel 815701003 voor een aantal fluxdichtheden.



Figuur B2-9 Het vochtgehalte in profiel 815701003 bij een aantal fluxdichtheden.

Als de resultaten worden weggeschreven naar een bestand, dan zal dat bestand voor iedere beschouwde fluxdichtheid de diepte, de drukhoogte en het vochtgehalte bevatten. Deze waarden worden gegeven voor een aantal dieptes. Een (gedeeltelijk) voorbeeld van zo'n bestand wordt hierna gegeven.

Profiel 815701013_0 [8157001013]

```
q=-0.230  Monster
-99.000, -1.00000E+00, 0.381
-97.900, -2.09531E+00, 0.370
-96.900, -3.08960E+00, 0.365
-95.900, -4.08266E+00, 0.362
-94.900, -5.07456E+00, 0.359
-93.900, -6.06533E+00, 0.358
-92.900, -7.05498E+00, 0.357
-91.900, -8.04350E+00, 0.356
-90.900, -9.03089E+00, 0.355
-89.900, -1.00171E+01, 0.355
-79.700, -2.00078E+01, 0.345
-69.300, -3.00487E+01, 0.329
-58.800, -4.00049E+01, 0.311
-47.900, -5.00784E+01, 0.292
-36.700, -6.00294E+01, 0.272
-16.300, -7.00136E+01, 0.328
q=-0.115  Monster
```

B2-4 Het ini-bestand

Zo gauw als in Hades op de knop 'Volgende' van een scherm wordt geklikt, worden de opgegeven waarden, gekozen opties enz. naar het ini-bestand wegeschreven. Bij het starten van het programma worden deze waarden dan weer ingelezen, zodat het programma altijd begint met dezelfde waarden die bij de laatste run zijn gebruikt. Het ini-bestand moet zich in dezelfde folder bevinden als het bestand Hades.exe. Een voorbeeld van een ini-bestand wordt hieronder gegeven.

! Ini-bestand voor Hades

```
[Driver]
Access="Microsoft.ACE.OLEDB.12.0"
Other="MySQL ODBC 5.2 ANSI Driver"

[Database]
AccessProfile =D:\UserData\Wesseling\Zeus\Database\heja.mdb
OtherServerProfile =d0114200
OtherNameProfile =arges
OtherUserProfile =arges
OtherPasswordProfile =Arges_2013
UseOtherProfile =0
AccessPhysics =D:\UserData\Wesseling\Zeus\Database\priapus.mdb
OtherServerPhysics =d0114200
OtherNamePhysics =asteria
OtherUserPhysics =asteria
OtherPasswordPhysics =Asteria_2013
UseOtherPhysics =0

[Profile]
Type =1

[Flux]
Q1Selected
=1
Q1Value =0.05
Q1R =0
Q1G =0
Q1B =255
Q2Selected =0
Q2Value =-0.25
Q2R =0
Q2G =255
```

Q2B =255
Q3Selected =0
Q3Value =-0.1
Q3R =255
Q3G =255
Q3B =0
Q4Selected =0
Q4Value =0
Q4R =128
Q4G =128
Q4B =64
Q5Selected =0
Q5Value =0.05
Q5R =255
Q5G =128
Q5B =0
Q6Selected =0
Q6Value =0.1
Q6R =255
Q6G =128
Q6B =255
Q7Selected =0
Q7Value =0.2
Q7R =255
Q7G =0
Q7B =0
Q8Selected =0
Q8Value =-1.0
Q8R =255
Q8G =255
Q8B =255
Q9Selected =0
Q9Value =-1.0
Q9R =255
Q9G =255
Q9B =255
Q10Selected =0
Q10Value =-1.0
Q10R =255
Q10G =255
Q10B =255

[Groundwater
]
Depth=250.0

[Tonen]
Monster
=1
Staring =

[Opslaan]
Folder =d:\userdata\scratch\output
Auto =1

B2-5 Systeemeisen

Het programma Hades stelt geen speciale eisen aan het systeem. Wel wordt aanbevolen om het niet op een 'oude' computer te draaien daar dan onacceptabele rekentijden kunnen voorkomen.

Bijlage 3 Tethys: het bepalen van de optimale ligging van splines voor het beschrijven van pF en $K(h)$ -relaties

Tethys is een Titanide uit de Griekse mythologie. Ze is de godin van de zee en ondergrondse rivieren, en ze is tevens de beschermheilige van het verzorgen van kinderen. Vaak wordt ze vergezeld door Ilithyia, godin van de bevalling. Tethys zou heersen over de legendarische bronnen van de rivier Oceanus (haar broer en echtgenoot).



Een van de latere olympische godinnen Hera werd opgevoed door Tethys tot zij bereid was om de oppergod Zeus te huwen. Toen Arcas en Callisto aan de hemel geplaatst werden als de sterrenbeelden Ursa Major en Ursa Minor, was Hera het hier niet mee eens en ze vroeg haar voogd Tethys te hulp. Zij vervloekte de sterrenbeelden, zodat zij eeuwig rondjes moesten draaien in de hemel, zonder ooit onder de horizon te verdwijnen.

Als Titanide is Tethys een dochter van Uranus en Gaea. Ze is de vrouw van Oceanus, die tevens haar broer is. Voordat Poseidon over de zeeën heerste, behoorde deze taak aan Tethys en Oceanus toe. Samen kregen ze duizenden kinderen: de Potamiden (riviergoden) en Oceaniden. Hierdoor was Tethys de moeder van onder andere de Nijl.

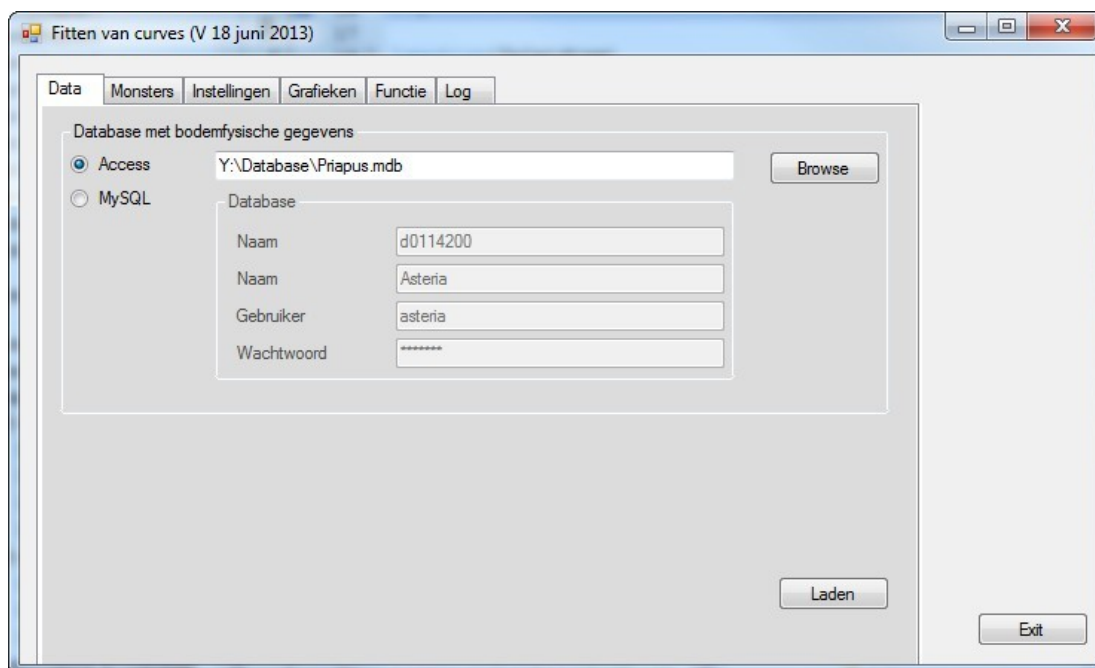
B3-1 Inleiding

De belangrijkste kenmerken van een bodem voor de stroming van water, warmte en stoffen zijn de zogenaamde retentiekarakteristiek (de relatie tussen het vochtgehalte en de drukhoogte) en de geleidbaarheidskarakteristiek (de relatie tussen het hydraulisch geleidingsvermogen en de drukhoogte). Deze relaties kunnen zowel in het veld als in het laboratorium worden bepaald. Ongeacht welke meetmethode wordt toegepast, het resultaat bestaat uit een aantal (variërend van een tiental tot enkele duizenden) meetpunten die de relaties weergeven. Door deze meetpunten dient dan een curve te worden getrokken waarmee de relatie op een (relatief eenvoudige) wijze wordt beschreven. Het programma Tethys bepaalt de optimale ligging van een lijn die wordt gevormd door een aantal "cubical splines" door deze gemeten punten. Hiermee kunnen de eerder genoemde relaties op een eenvoudige wijze worden beschreven.

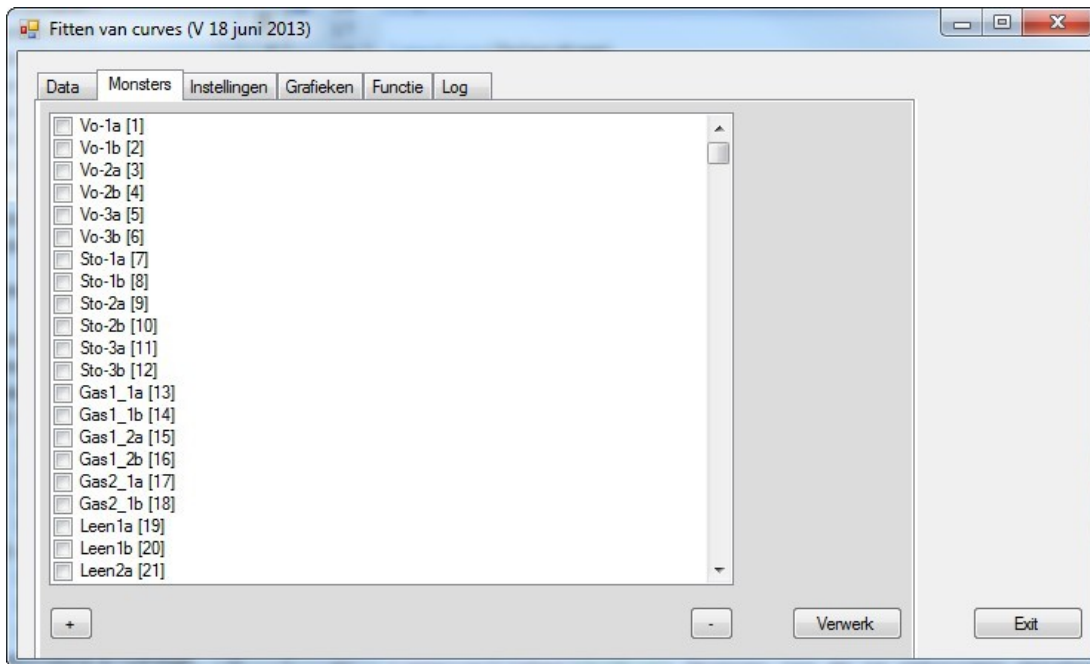
B3-2 De software

Nadat het programma Tethys is gestart krijgt de gebruiker als eerste het scherm te zien zoals is weergegeven in Figuur B3-1. Op deze pagina kan de database met bodemfysische gegevens worden gekozen. Als het een Microsoft Access-database is, kan het desbetreffende bestand worden geselecteerd met de Browse-knop of kan de naam handmatig worden ingetypt in het desbetreffende veld. Als er voor een MySQL database wordt gekozen dan moeten een aantal gegevens worden ingevoerd: de naam van de computer waarop de database zich bevindt, de naam van de database, de gebruikersnaam en het wachtwoord die nodig zijn om toegang tot de data te krijgen.

Als de gewenste database is gekozen moet de gebruiker op de knop 'Laden' klikken om de database te openen en de daarin aanwezige bodemmonsters te laden. Hierna springt het programma naar het tweede tabblad ('Monsters'). Zie Figuur B3-2 voor een voorbeeld. Het grootste deel van het tabblad wordt in beslag genomen door een lijst met codes van de bemonsterde bodemhorizonten. Met behulp van de 'scrollbar' aan de rechterzijde van deze lijst is het mogelijk de lijst op en neer te bewegen. De bemonsterde horizonten worden beschreven door hun code, gevolgd door het identificatienummer van het monster tussen []. De door te rekenen horizonten worden gekozen door met de muis in het vakje links van de code te klikken. De gekozen monsters krijgen dan een vinkje. Aan de onderzijde bevinden zich 2 knoppen, een met een '+' en een met een '-'. Door op de '+'-knop te klikken worden alle monsters in de lijst geselecteerd. De '-'-knop deselecteert alle horizonten.

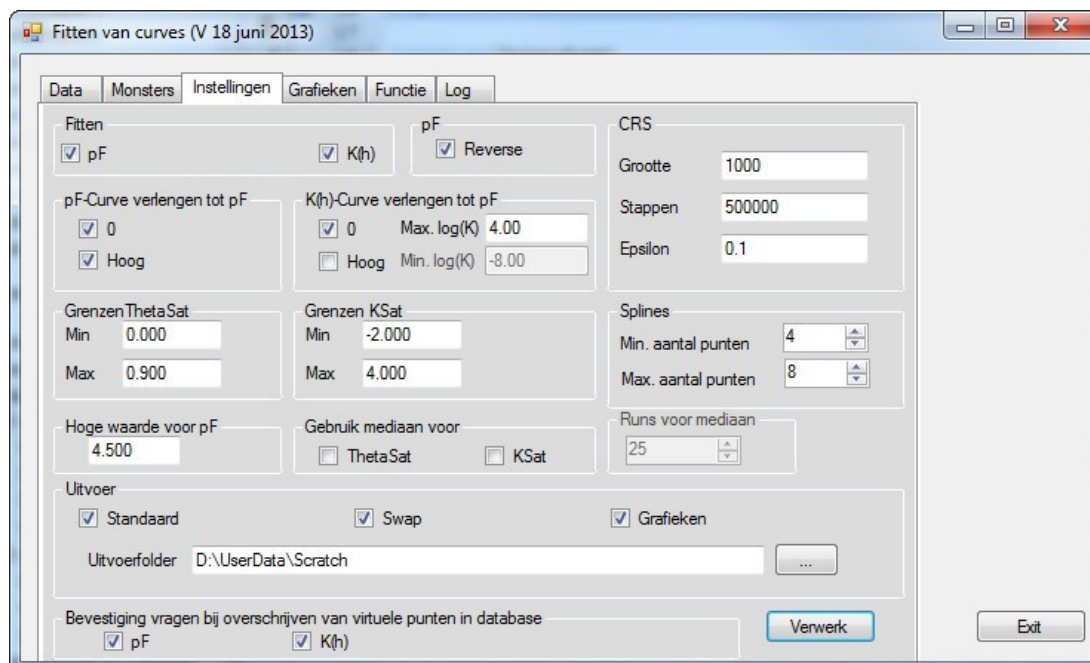


Figuur B3-1 Opgeven van de te gebruiken database.



Figuur B3-2 Selecteren van de door te rekenen monsters.

Als de door te rekenen bemonsterde horizonten zijn gekozen, kan op de knop 'Verwerk' worden geklikt. Dan verschijnt het tabblad 'Instellingen', zie Figuur B3-3. Op dit tabblad bevinden zich een groot aantal aanvinkveldjes en invoerboxen. Hiermee kunnen de opties die in het programma zijn ingebouwd worden geactiveerd of gedeactiveerd. In veel gevallen hangen de opties samen. Als er bijvoorbeeld geen $K(h)$ hoeft te worden bepaald, is het ook niet nodig om de opties voor de berekening van $KSat$ te gebruiken. In dat geval zijn die opties uitgegrijsd. Er is geprobeerd zoveel mogelijk van boven naar beneden te werken.



Figuur 3.3 De te gebruiken instellingen.

Aan de bovenzijde bevindt zich de groep 'Fitten'. Hierin kan worden aangegeven of er gefit moet worden voor de pF-curve, de $K(h)$ -relatie of beide. In een van de vorige paragrafen is het nut van het fitten van de 'omgekeerde' pF-curve besproken. Deze methode kan worden gekozen door het aanvinken van 'Re-verse'. Vaak is het wenselijk om de pF-curve te verlengen tot verzadiging ($pF=0$) of tot een hoge (nader te specificeren) pF-waarde (droog). Dit kan worden aangegeven in de groep 'pF

curve verlengen tot'. Hetzelfde geldt voor de $K(h)$ -relatie. Daarbij kan men bovendien nog opgeven wat de maximale en minimale waarde van $10 \log(K)$ mogen worden. Dit staat in de groep 'K(h)-curve verlengen tot'. Als de pF en $K(h)$ worden verlengd tot verzadiging, is het vaak zinvol om hiervoor een minimale en maximale waarde op te geven. Deze waarden worden vaak middels expert judgement door de gebruiker bepaald. Voor het fitten van de curve van grof zand heeft het bijvoorbeeld geen enkele zin om waarden van het vochtgehalte bij verzadiging te beschouwen die groter zijn dan 0,6. Deze grenzen kunnen worden opgegeven in de groepen 'Grenzen ThetaSat' en 'Grenzen KSat'. Als bij een van de curves of bij beide curves wordt geëxtrapoleerd naar hoge pF-waarden (droog), dan kan in de groep 'Hoge waarde voor pF' de waarde van de pF worden opgegeven. Deze waarde geldt voor beide curves. In het algemeen is een waarde van 4,2 (= verwelkings- punt ofwel $h = -16\ 000$ cm) voldoende.

Als er gebruik wordt gemaakt van de extrapolatie naar het verzadigingspunt, dan kan gebruik worden gemaakt van de geschatte waarde die wordt verkregen uit de mediane waarde van een aantal optimalisatie runs. Of dit moet gebeuren kan worden aangegeven in de groep 'Gebruik mediaan voor'. Het aantal optimalisaties kan worden ingesteld in 'Runs voor mediaan'. Aan de rechterzijde van het tabblad kunnen de parameters van de optimalisatie worden ingesteld in groep 'CRS'. Het aantal initiële trekkingen (de array-size) wordt gegeven in 'Grootte'. Het maximum aantal stappen dat gemaakt mag worden om het optimum te vinden staat in 'Stappen' en de waarde van het afbreekcriterium staat in 'Epsilon'.

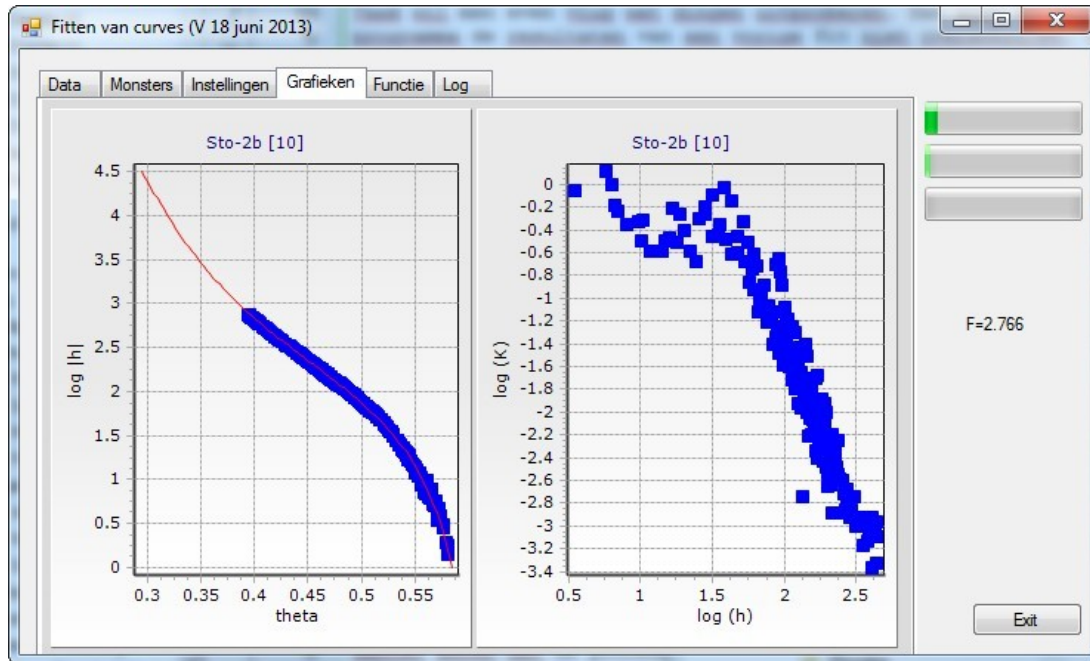
Het aantal 'virtuele' punten waarmee wordt gerekend kan worden opgegeven in 'Splines'. Als de opgegeven minimum waarde gelijk is aan de opgegeven maximum waarde zal alleen die waarde worden doorgerekend. Als het minimum aantal kleiner is dan het maximum aantal dan zullen alle waarden tussen minimum en maximum worden doorgerekend en zal er worden bepaald welk aantal de laagste functiewaarde oplevert.

Er kunnen een aantal uitvoerbestanden worden gegenereerd. Er wordt altijd een grafische presentatie van de fit opgeslagen. De overige uitvoerfiles kunnen worden gekozen in de groep 'Uitvoer'. Ook moet hier worden aangegeven in welke folder de uitvoerbestanden moeten worden opgeslagen.

Vaak wil men even vlug wat dingen uitproberen. Dan moet er worden opgepast dat het programma de resultaten van een vorige fit niet overschrijft. Om dit te voorkomen is onderaan het scherm een veld met "Bevestigen" toegevoegd. Hierin staan aanvinkvakjes voor de pF en $K(h)$. Als deze zijn aangevinkt, zal het programma aan de gebruiker een bevestiging vragen alvorens de resultaten van een fit naar de database worden weggeschreven⁶. Als de gewenste opties zijn aan- of uitgevinkt en de waarden in de invoervelden zijn ingevuld, dan kan de berekening worden gestart. Dit gebeurt door op de knop 'Verwerk' te klikken. Het programma zal dan beginnen met de array met initiële parameterwaarden te vullen. Na enige tijd (dit kan variëren tussen 1 en 10 seconden, afhankelijk van de gewenste arraygrootte en het aantal gemeten punten) zal dan het tabblad 'Grafieken' worden getoond (Figuur B3-4).

Hier worden de gemeten punten van de pF- en $K(h)$ -relatie van het door te rekenen monster getoond door middel van blauwe vierkantjes. De tot nu toe beste fit wordt getoond als een rode lijn door de punten. Als tijdens het optimaliseren een betere fit wordt gevonden, dan zal de rode lijn Figuur B3-4 worden aangepast. Hierdoor is het verloop van de optimalisatieprocedure goed te volgen. Aan de rechterzijde van het scherm zijn nu drie voortgangsstaafjes (Engels: progress bars) te zien. De onderste is voor het aantal virtuele spline-punten waarvoor moet worden gerekend. Degene in het midden is voor het aantal keren dat de procedure moet worden uitgevoerd om de mediaan van de geëxtrapoleerde waarde bij verzadiging te kunnen gebruiken. De bovenste geeft de iteratie-stap weer. Onder de staafjes staat een getal. Dit getal is de functiewaarde bij het huidige optimum. Gedurende de hele procedure zal dit getal veranderen.

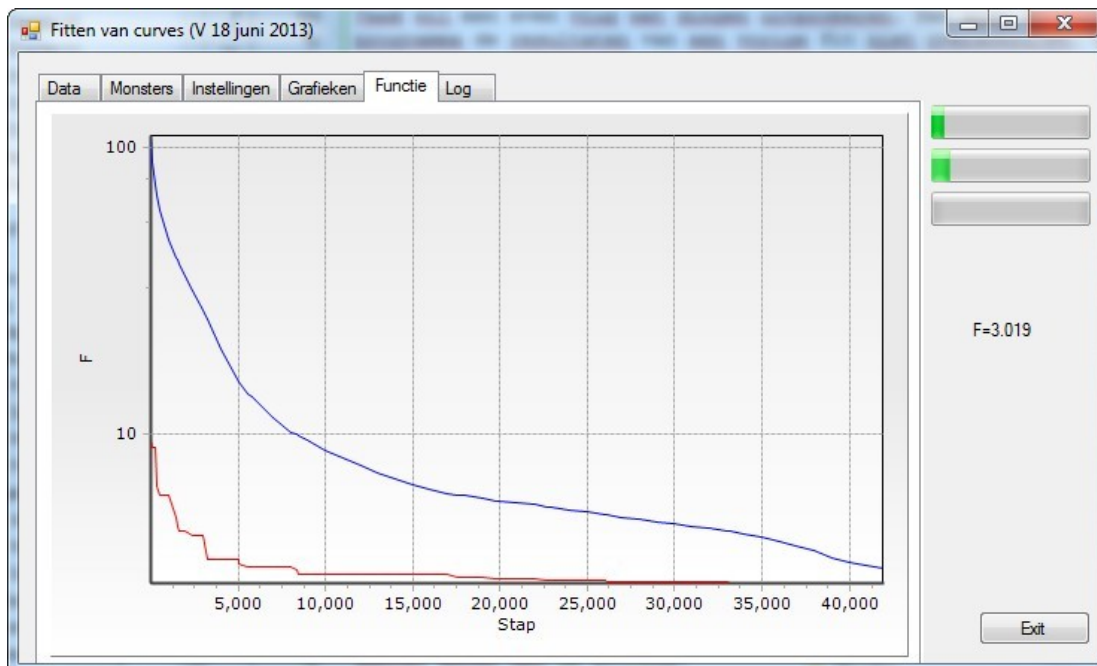
⁶ Als meerdere datasets moeten worden doorgerekend verdient het aanbeveling om deze velden niet aan te vinken. Dan moet immers bij ieder monster worden bevestigd of de resultaten mogen worden weggeschreven.



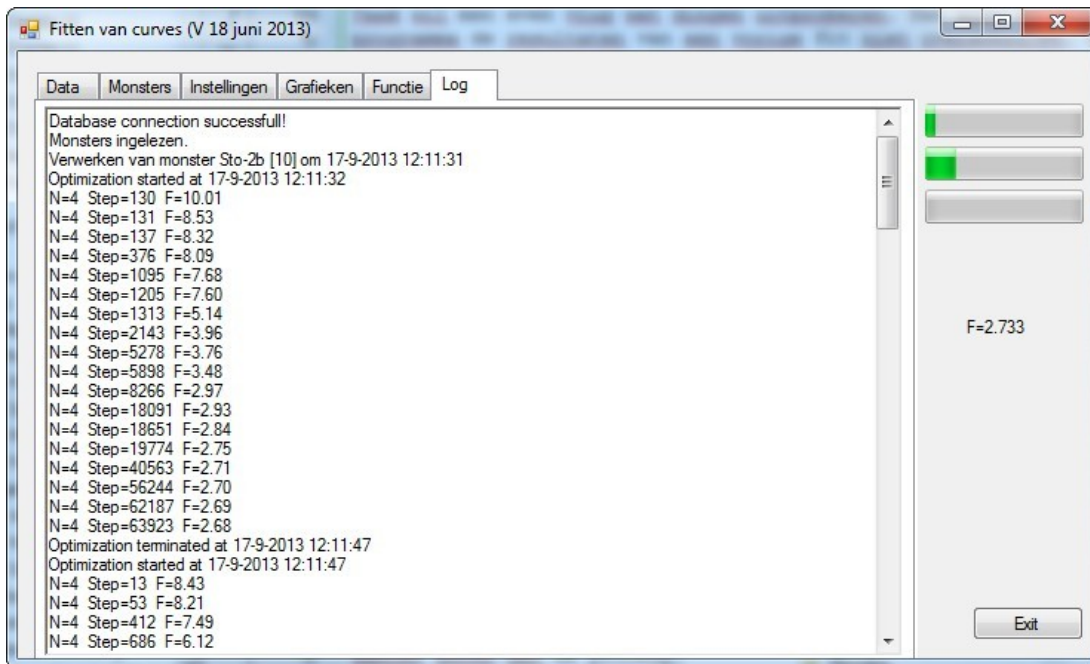
Figuur B3-4 Het fitten.

Bij het beschrijven van de optimalisatieprocedure is al vermeld dat er wordt gewerkt met een array met parameterwaarden en de bijbehorende functiewaarde. Deze array is altijd gesorteerd op oplopende functiewaarde. Om een inzicht te krijgen in het verloop van de hoogste en de laagste functiewaarde in deze array kan de gebruiker tijdens de optimalisatie op de tab 'Functie' klikken. Dan verschijnt een grafiek zoals weergegeven in Figuur B3-5. In deze figuur staat op de x-as het stapnummer en op de y-as de functiewaarde. De hoogste functiewaarde wordt in blauw weergegeven, de laagste in rood. Hierbij is goed te zien dat deze waarden naar elkaar toe gaan tijdens de procedure. Als het verschil kleiner is dan een bepaalde waarde (op te geven bij 'Instellingen'), dan zal de procedure stoppen.

Ten slotte is er nog het tabblad 'Log', zie Figuur B3-6. Op dit tabblad worden alle activiteiten weergegeven die het programma uitvoert. Ter informatie worden ook de begin- en eindtijd van de optimalisatie weggeschreven. Ook is te zien hoe en bij welke stap de functiewaarde verandert. Meer informatie kan worden verkregen door met de 'scroll-bar' naar beneden te scrollen.



Figuur B3-5 De hoogste en laagste functiewaarde in de array tijdens het optimaliseren



Figuur B3-6 Het verloop van de optimalisatie in cijfers.

Om het verloop van de optimalisatie te volgen, kan net zo vaak als nodig worden gewisseld tussen de tabbladen 'Functie', 'Grafieken' en 'Log'. Als de optimalisatie is beëindigd, zullen de voortgangstaafjes verdwijnen.

B3-3 De ini-file

Het programma Tethys.exe maakt gebruik van een ini-file om de initiële instellingen te onthouden. Dit bestand (Tethys.ini) moet in dezelfde folder staan als het programma. Een gebruiker mag en kan deze ini-file naar eigen behoeven aanpassen. Ook slaat het programma zelf de laatst gebruikte instellingen in deze file op zodra er op de knop 'Verwerk' op tabblad 'Instellingen' wordt geklikt. Op deze manier zal het programma bij het opnieuw starten telkens de laats gebruikte instellingen weergeven. Een voorbeeld van een ini-file wordt hieronder gegeven:

```

! De ini-file voor het programma Thetys
[Database]
Access =Y:\Database\WPriapus.mdb
MySQLServer =d0114200
MySQLName =Asteria
MySQLUser =asteria
MySQLPassword
=asteria
AccessOrMySQL =0

[Fit]
pF =1
Kh =1
pFReverse
=1

[Verlengen]
pF0
=1
pF42
=1
Kh0 =1
Kh42 =0
pFHoog =4.500
  
```

```

[Grenzen]
MinLogK =-
8.000
MaxLogK =4.000
MinThetaSat =0.000
MaxThetaSat =0.900
MinLogKSat =-2.000
MaxLogKSat =4.000

[Mediaan]
pF =1
Kh =1
AantalRuns =25

[Splines]
MinKnopen
=4
MaxKnopen =8

[CRS]
Aantal =1000
Stappen =500000
Epsilon =0.10000

[Output]
Standard
=1
Swap =1
Grafieken =1
Dir =D:\UserData\Scratch

[Bevestigen]
pF =1
Kh =1

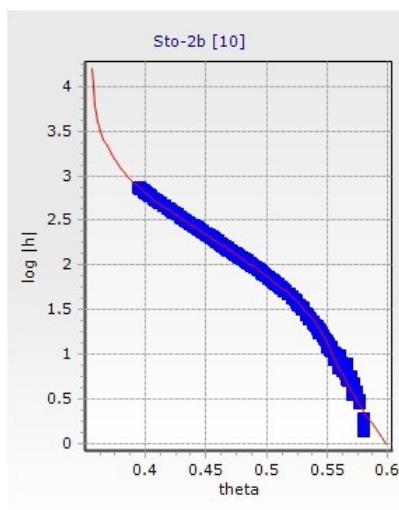
```

Voor een beschrijving en uitleg van de variabelen wordt verwezen naar de voorgaande hoofdstukken en paragrafen. Er dient nog te worden opgemerkt dat bij logische variabelen zoals pF in de groep [Fit] de waarde 1 staat voor waar (true), de waarde 0 voor niet waar (false).

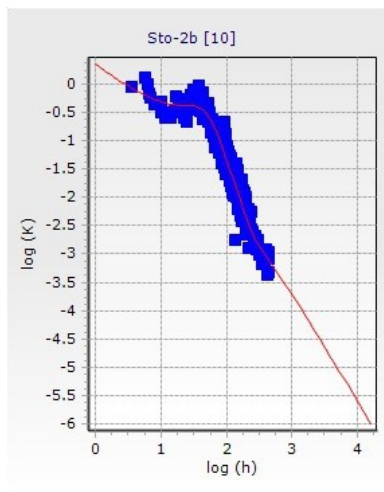
B3.4 Uitvoer

De uitvoer van Tethys bestaat, afgezien van de gegevens die naar de database worden weggeschreven, uit een aantal bestanden met grafieken en tabellen. De folder waar de bestanden naartoe worden geschreven wordt opgegeven door de gebruiker (zie Figuur B3-3). De eerste grafiek is die met de gemeten en gefitte waarden van de pF-curve (Figuur B3-7).

Bovenaan de figuur staan de naam van het monster en het id van het monster. Op de x-as staat het vochtgehalte θ en op de y-as staat de pF (=10 log van de drukhoogte h (cm)). De blauwe vierkantjes geven de gemeten waardes aan, de getrokken rode lijn is de beste fit. Hetzelfde geldt voor de K(h)-relatie (Figuur B3-8).



Figuur B3-7 Uitvoer van Tethys: de gemeten en gefitte pF.



Figuur B3-8 Uitvoer van Tethys: de gemeten en gefitte $K(h)$ -relatie.

Bij Figuur B3-8 staat de pF ($=10 \log$ van de drukhoogte h (cm)) op de x-as en de $10 \log$ van de doorlatendheid K ($\text{cm} \cdot \text{d}^{-1}$) op de y-as. Een veelgebruikt grondwaterstromingsmodel is Swap (Kroes *et al.*, 2008; Van Dam *et al.*, 2008). Dit model vraagt om bodemfysische gegevens in tabelvorm. Daarom biedt Tethys de mogelijkheid om de bodemfysische eigenschappen van de monsters zodanig op te slaan dat ze direct door Swap kunnen worden ingelezen. Een voorbeeld van zo'n bestand wordt hieronder gegeven.

```

0.020 -1.585E+04 1.000E-06
0.030 -1.585E+04 1.000E-06
0.040 -1.585E+04 1.000E-06
.
.
0.330 -1.585E+04 1.000E-06
0.340 -1.585E+04 1.000E-06
0.350 -1.585E+04 1.000E-06
0.360 -4.860E+03 9.912E-06
0.370 -1.977E+03 5.428E-05
0.380 -1.222E+03 1.310E-04
0.390 -8.592E+02 2.457E-04
0.400 -6.458E+02 4.043E-04
0.410 -5.064E+02 6.124E-04
0.420 -4.079E+02 8.793E-04
0.430 -3.321E+02 1.237E-03
0.440 -2.709E+02 1.839E-03
0.450 -2.211E+02 3.116E-03
0.460 -1.802E+02 5.928E-03
0.470 -1.464E+02 1.222E-02
0.480 -1.184E+02 2.637E-02
0.490 -9.505E+01 5.723E-02
0.500 -7.550E+01 1.191E-01
0.510 -5.904E+01 2.222E-01
0.520 -4.511E+01 3.384E-01
0.530 -3.315E+01 4.090E-01
0.540 -2.257E+01 4.200E-01
0.550 -1.340E+01 4.496E-01
0.560 -6.960E+00 5.761E-01
0.570 -3.840E+00 8.141E-01
0.580 -2.319E+00 1.162E00
0.590 -1.457E+00 1.666E00
0.598 0.000E+00 2.254E00

```

In dit geval is doorgerekend tot $h=-16\,000$ cm. Van waarden beneden deze grens is niets bekend. Daarom worden voor de desbetreffende vochtgehalten dan ook dezelfde waarden ingevuld. De gebruiker zal deze waarden zelf aan moeten passen. De waarden voor θ tussen 0,04 en 0,33 zijn in

verband met ruimtebesparing hier uit de data weggelaten. De naam van het bestand is gelijk aan de code van het bodemonmonster. De extensie is .SOL.

Voor het karakteriseren van een bodemhorizont wordt soms gebruik gemaakt van de waarden van vochtgehalte en doorlatendheid bij een aantal standaard drukhoogtes, de TCGB-tabel (Bouwmans, 1990). De waarden van deze drukhoogtes staan in de database met bodemfysische gegevens en worden door Tethys daaruit ingelezen. Deze drukhoogtes en de bijbehorende vochtgehalten en geleidingsvermogens worden in drie verschillende bestanden weggeschreven. Het eerste bestand is standaard _th_mmmmm.txt, waarbij mmmmm vervangen moet worden door de monstercode. Het bevat in de eerste kolom de vochtgehalten die horen bij de standaard drukhoogten. Deze drukhoogten staan in de tweede kolom.

0.598	-1.00000E+00
0.555	-1.00000E+01
0.543	-2.00000E+01
0.532	-3.10000E+01
0.516	-5.00000E+01
0.488	-1.00000E+02
0.444	-2.50000E+02
0.411	-5.00000E+02
0.385	-1.00000E+03
0.366	-2.50000E+03
0.360	-5.00000E+03
0.357	-1.00000E+04
0.357	-1.60000E+04

Het tweede bestand heet standaard _hk_mmmmm.txt en bevat in de eerste kolom de standaard drukhoogtes terwijl in de tweede kolom de bijbehorende geleidingsvermogens staan.

-1.00000E+00	2.25372E00
-1.00000E+01	4.92333E-01
-2.00000E+01	4.21759E-01
-3.10000E+01	4.14816E-01
-5.00000E+01	2.98156E-01
-1.00000E+02	4.80796E-02
-2.50000E+02	2.22983E-03
-5.00000E+02	6.25689E-04
-1.00000E+03	1.87733E-04
-2.50000E+03	3.50329E-05
-5.00000E+03	9.38543E-06
-1.00000E+04	2.45372E-06
-1.60000E+04	1.00000E-06

Het derde type bestand wordt gebruikt door het model Must (De Laat, 1980). Het heeft de extensie .ISS en gebruikt de monstercode als naam. Het bevat de θ en K-waarden die bij de standaard drukhoogtes horen. Na deze waarden volgt een lege regel, gevolgd door de code van het monster.

0.598	2.25E00
0.555	4.92E-01
0.543	4.22E-01
0.532	4.15E-01
0.516	2.98E-01
0.488	4.81E-02
0.444	2.23E-03
0.411	6.26E-04
0.385	1.88E-04
0.366	3.50E-05
0.360	9.39E-06
0.357	2.45E-06
0.357	1.00E-06

Sto-2b

B3-5 Systemeisen

Het programma Tethys.exe draait op elke PC waarop Microsoft .NET versie 4 is geïnstalleerd. Dit pakket is gratis te downloaden bij Microsoft. Het voordeel van het gebruik hiervan is dat de applicaties zelf klein blijven. Als gebruik wordt gemaakt van de MySQL-optie van het programma, moet MySQL uiteraard aanwezig zijn op de PC waarop de database staat. Als de MySQL-database niet op de PC van de Tethys-gebruiker staat hoeft MySQL niet geïnstalleerd te zijn om er gebruik van te maken. De MySQL .Net connector moet wel zijn geïnstalleerd. Ook maakt het programma gebruik van twee externe dll's: alglibnet2.dll en TeeChart.dll.

Wat hardware betreft stelt het programma geen speciale eisen. Een simpele PC met 1 GB geheugen is al voldoende om met Tethys te kunnen werken. Er moet wel voldoende schijfruimte zijn om de databases te kunnen vullen. In verband met het grote aantal berekeningen dat moet worden uitgevoerd is het niet aan te bevelen het programma te gebruiken op een computer met een CPU snelheid lager dan 1,4 GHz

B3-6 Conclusies, opmerkingen en aanbevelingen

- Het kan gebeuren dat het programma de foutmelding geeft dat de array niet kan worden gevuld. Dat komt voor als er geen correcte initiële waarden kunnen worden gegenereerd. Controleer in dit geval de opgegeven grenzen en zet deze ruim genoeg. Als blijkt dat er dan wel waarden worden gegenereerd, kan het toegestane bereik weer worden verkleind.
- Na het klikken op de 'Verwerk' knop op het tabblad 'Instellingen' kan het gebeuren dat er enige tijd overheen gaat voordat de grafieken zichtbaar worden. Het programma is dan bezig de array met waarden te vullen. Vooral als er veel gemeten waarden zijn kan dit enige tijd duren: voor elke gegenereerde combinatie van parameterwaarden moet immers de afstand van ieder gemeten punt tot de lijn worden berekend!
- Na het vullen van de array zal het programma met de gegenereerde waarden proberen nieuwe optima te vinden. Vooral als de array groot is, kan het dan even duren voordat de gebruiker de gefitte lijn voor het eerst ziet veranderen. In dit geval geeft het tabblad 'Functie' een beter beeld.
- Hoeveel virtuele punten er bij de optimalisatie mee moeten worden genomen, is sterk afhankelijk van de ingevoerde gegevens. Het is absoluut niet waar dat een groter aantal virtuele punten een betere fit oplevert. Wij adviseren aantallen tussen 5 en 10.
- De arraygrootte en het aantal stappen bij de optimalisatie moeten proefondervindelijk worden vastgesteld. Het aantal hangt zowel af van de kwaliteit en kwantiteit van de meetpunten als van het aantal door te rekenen virtuele punten. Wij adviseren een arraygrootte tussen 250 en 2500, en een aantal stappen dat mag variëren tussen 10 000 en 10 000 000.
- Kies de waarde van de array niet te klein! Dat leidt tot een groot aantal stappen die weinig toe zullen voegen aan de nauwkeurigheid.
- Als uit de gemeten waarden van de pF-curve blijkt dat hij in de buurt van verzadiging vrijwel verticaal zal lopen, verdient het aanbeveling om de 'Reverse'-methode toe te passen.
- Hoe beter de gemeten waarden, hoe nauwkeuriger de fit.
- Het verdient aanbeveling om de resultaten altijd goed te controleren, ook op fysische onmogelijkheden. Een veengrond met een verzadigd vochtgehalte van 25% is al net zo onwaarschijnlijk als een leemgrond met een doorlatendheid van 100 cm.d^{-1} hoewel dergelijke waarden wel degelijk uit de optimalisatieroutine kunnen komen.
- In de huidige versie kunnen de .SOL en de .ISS bestanden alleen worden weggeschreven als zowel de pF- als de K(h)-gegevens worden gefit.
- Er zouden nieuwe meetmethodes moeten worden ontwikkeld om de bodemfysische parameters te bepalen. De methodes zouden moeten leiden tot een grotere range van waarden (zowel in het natte als in het droge traject) en tot minder spreiding in de waarden. Hierdoor zou geen extrapolatie meer noodzakelijk zijn waardoor de betrouwbaarheid van de gefitte waardes ook aanzienlijk toe zal nemen.

Bijlage 4 Kronos: Visualiseren van bodemfysische karakteristieken en het genereren van tabellarische uitvoer

Kronos is een figuur uit de Griekse mythologie. Het equivalent in de Romeinse mythologie is Saturnus. Hij is de jongste van de Titanen, zoon van Ouranos en Gaea. Kronos wordt vaak verward met de oergod Chronos, die uit Chaos is ontstaan, maar zij zijn twee afzonderlijke en verschillende entiteiten die enkel qua naam op elkaar lijken.

Kronos' vader Ouranos, die jaloers was op al zijn zonen, wierp ze naar de diepte van de aarde. Kronos' moeder Gaea wilde wraak nemen en spoorde Kronos aan zijn vader te castreren. Dit gebeurde en Kronos werd heerser in plaats van zijn vader. Hij huwde zijn zuster Rheia, maar hij wilde dat geen enkele van de uit dit huwelijk geboren kinderen in leven bleef, want zijn ouders hadden hem voorspeld dat een van die kinderen hem zijn heerschappij zou ontnemen. Zodra de kinderen geboren werden, verslond hij ze met huid en haar. Zo slokte hij achtereenvolgens Hestia, Demeter, Hera, Hades en Poseidon op. Toen Rheia in verwachting was van Zeus, week zij uit naar Kreta en baarde daar in het geheim. Om Kronos te misleiden gaf ze hem een in doeken gewikkelde steen, die door Kronos werd verzwolgen. Zo werd Zeus gespaard. Zodra Zeus opgegroeid was, dwong hij Kronos alle door hem verzwolgen kinderen weer uit te spugen. Met de hulp van zijn broeders, zusters en andere medestanders onder de goden overweldigde en onttroonde Zeus Kronos en werd de koning van goden en mensen.



Kronos en zijn medestanders werden opgesloten in het diepste van Tartarus, omgeven door een tweevoudige nacht, en streng bewaakt door de Cyclopen en Hecatonchiren. Volgens sommige bronnen kregen ze later vergiffenis, en werd het hen vergund in de Elysese velden te verblijven.

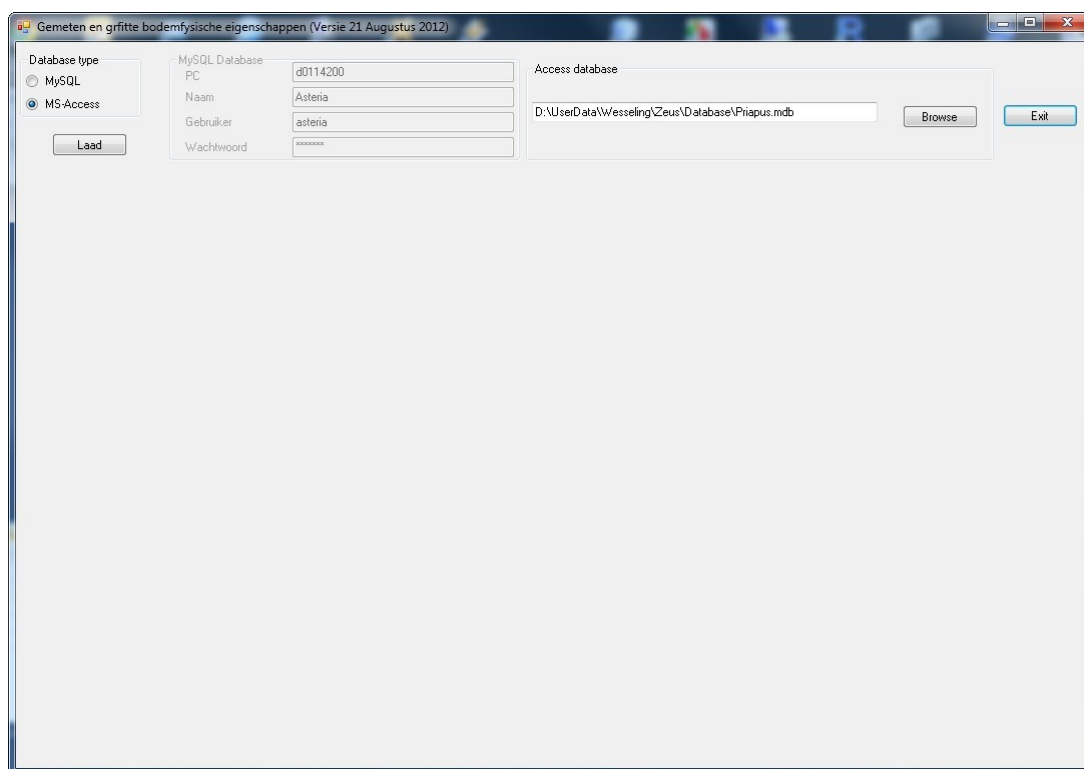
B4.1 Inleiding

De belangrijkste kenmerken van een bodem voor de stroming van water, warmte en stoffen zijn de zogenaamde retentiekarakteristiek (de relatie tussen het vochtgehalte en de drukhoogte) en de geleidbaarheidskarakteristiek (de relatie tussen het hydraulisch geleidingsvermogen en de drukhoogte). Deze relaties kunnen zowel in het veld als in het laboratorium worden bepaald. Ongeacht welke meetmethode wordt toegepast, bestaat het resultaat uit een aantal (variërend van een tiental tot enkele duizenden) meetpunten die de relaties weergeven. Door deze meetpunten moet dan een curve worden getrokken waarmee de relatie op een (relatief eenvoudige) wijze wordt beschreven. De hiervoor benodigde software is beschreven in een van de voorgaande hoofdstukken. Als deze data eenmaal in de database is opgeslagen, dan is het vaak interessant om de verkregen curves te vergelijken met de fits die zijn verkregen met de Mualem-Van Genuchten-vergelijkingen. Ook kan het nodig zijn om de verkregen fits weer te geven als een tabel met punten die dan weer in een grondwaterstromingsmodel gebruikt kan worden.

Het hier beschreven programma Kronos kan worden gebruikt voor visualiseren van de verkregen fits en het genereren van drie soorten uitvoertabellen.

B4-2 De software

Het programma Kronos is geschreven in C# voor .NET met behulp van Visual Studio 2010. Om de MySQL-databases te kunnen gebruiken is de MySQL .NET Connector geïnstalleerd (freeware, www.mysql.com/downloads). Nadat het programma is gestart krijgt de gebruiker als eerste het scherm te zien zoals is weergegeven in Figuur B4-1.

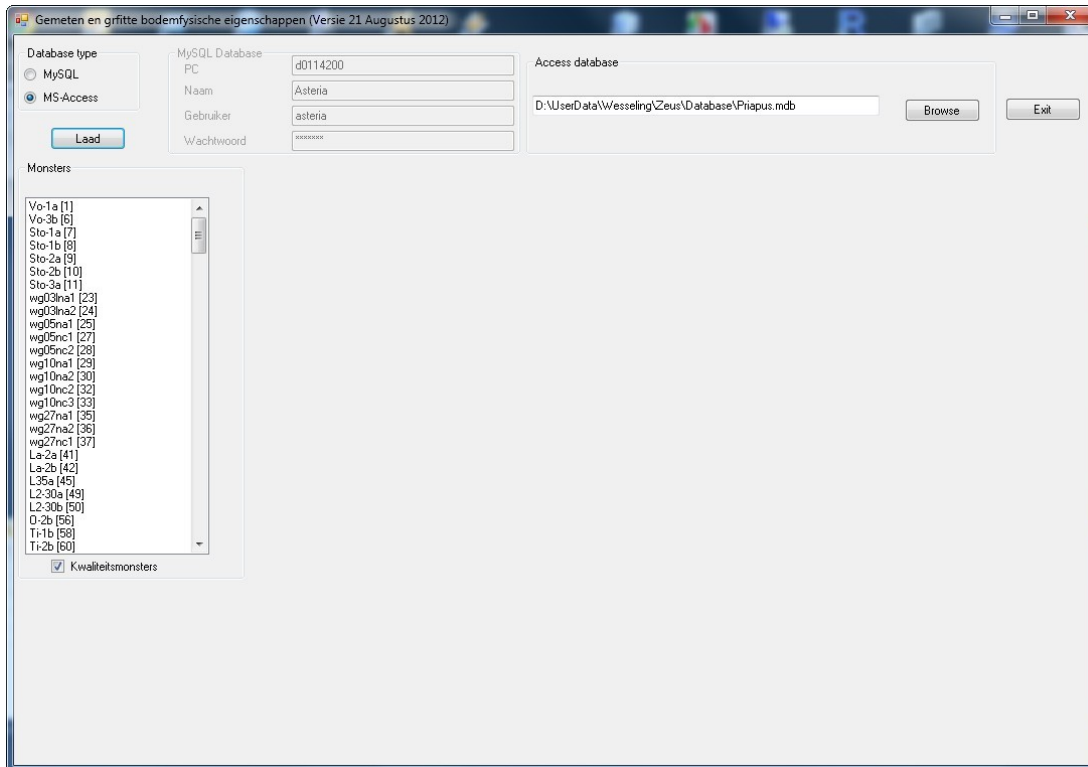


Figuur B4-1 Het scherm direct na het starten van Kronos.

Aan de bovenzijde van het formulier bevinden zich de invoervelden waarin de gegevens van de te gebruiken database met bodemfysische gegevens moeten worden gegeven. Links staan twee keuze-knoppen waarmee wordt gekozen of er een MySQL of een MS-Access-database wordt gebruikt. Afhankelijk van deze keuze zal een deel van de andere velden sterker of zwakker oplichten. Alleen de oplichtende velden kunnen worden ingevuld. Bij een MS-Access-database kan met behulp van de knop

met "Browse" erop een bestand worden gekozen. De naam van het bestand wordt dan weergegeven in het tekstveld aan de linkerkant van de knop. Het is uiteraard ook mogelijk om de naam en het pad van het bestand direct in te typen. Wordt er voor een MySQL-database gekozen, dan moet worden opgegeven op welke computer deze database zich bevindt. Als dit de eigen computer is, dan kan in dit veld 'localhost' worden ingevuld. Ook moeten de naam van de database, een gebruikersnaam en een wachtwoord worden opgegeven.

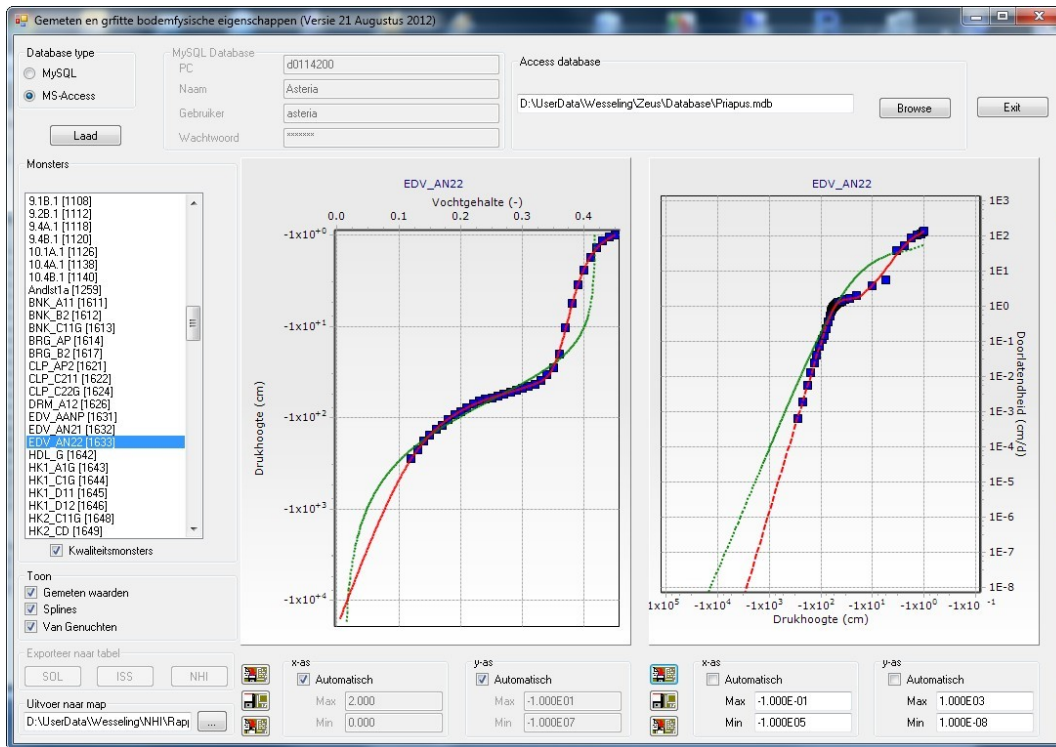
Als de database is gekozen, kan op het knopje "laad" worden geklikt. Er wordt dan verbinding gemaakt met de opgegeven database en de lijst met bemonsterde bodemhorizonten wordt ingelezen. Afhankelijk van de hoeveelheid horizonten en de snelheid van de verbinding kan dit enkele seconden duren. Als de lijst is ingelezen verandert het beeld zoals aangegeven in Figuur B4-2.



Figuur B4.2 Het scherm nadat op 'Laad' is geklikt.

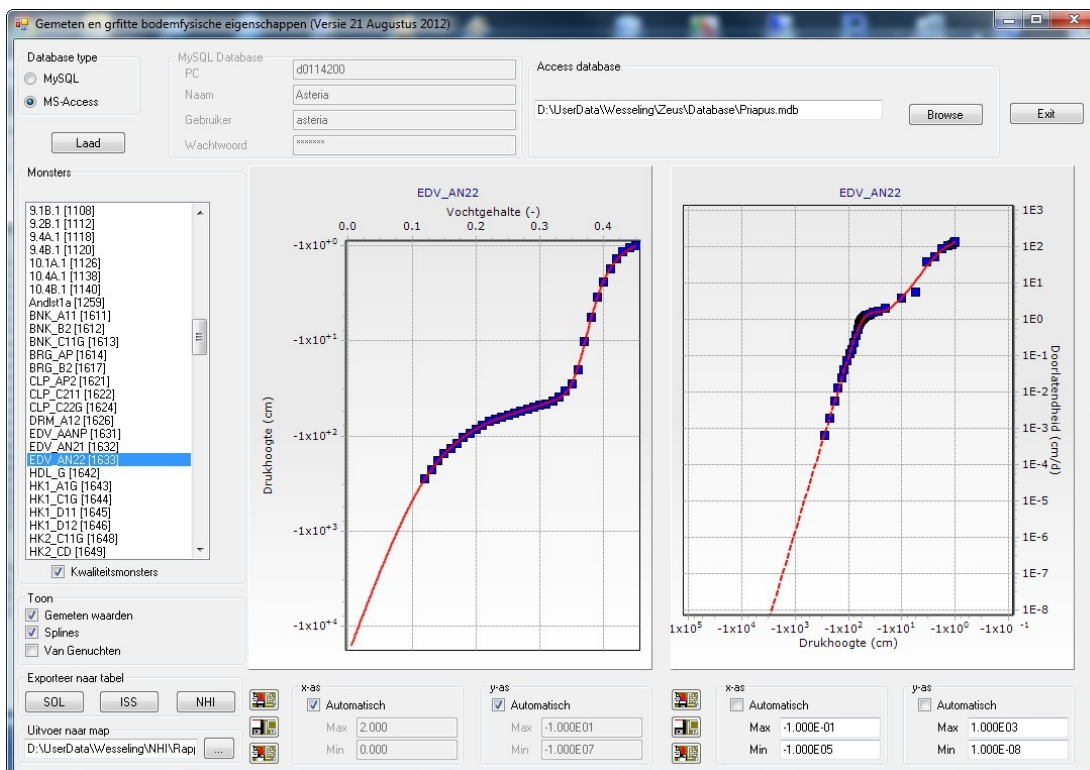
Nu is aan de linkerkant een lijst verschenen met de codes van de bemonsterde horizonten waarvan de bodemfysische karakteristieken zich in de database bevinden. Hieronder bevindt zich een aanvinkvakje waarmee kan worden aangegeven of in de lijst alle horizonten moeten worden getoond of alleen degenen die een kwaliteitskeurmerk hebben gekregen. Als op dit vakje wordt geklikt, zal de lijst met beschikbare horizonten veranderen. De bodemhorizont waarin de gebruiker is geïnteresseerd kan nu worden gekozen door in de lijst naar boven en beneden te scrollen en de naam van de horizont aan te klikken. Na een paar seconden (afhankelijk van processorsnelheid en kwaliteit van de verbinding) zal dan het scherm weer veranderen, zie Figuur B4-3.

In dit geval is de horizont met code EDV AN22 gekozen. Het eerste dat opvalt zijn de twee grote grafieken. De linker grafiek toont de pF-curve, de rechter grafiek laat de $K(h)$ -relatie zien. Bovenaan de grafieken wordt de code van de gekozen horizont weergegeven. De gemeten waarden worden getoond als blauwe blokjes, de splines als een gestreepte rode lijn en de Van Genuchten-benadering als een gestippelde groene lijn. Door aan de linkerkant van het scherm een of meer te tonen items ("Gemeten waarde", "Splines" of "Van Genuchten") aan of uit te vinken kan de informatie in de grafieken worden aangepast. Aan de onderzijde van elke grafiek bevinden zich drie knoppen. Deze dienen voor resp. afdrukken, opslaan op schijf en kopiëren naar klembord. Door met de muis over de knoppen te bewegen wordt aan de onderzijde van de knoppen de functie van de desbetreffende knop weergegeven.



Figuur B4-3 Het scherm als er een bodemhorizont is gekozen.

Omdat het bereik van de gemeten waarden sterk kan variëren was er in de vorige versie van Kronos vanuit gegaan dat het bereik van de assen automatisch zou worden aangepast aan deze waarden. Van meerdere gebruikers kwam echter het verzoek om deze waarden ook handmatig in te kunnen stellen. Vooral voor het vergelijken van de krommen van verschillende horizonten is het duidelijker om alle waarden met dezelfde schaalverdeling te tekenen. Daarom is onder de grafieken de mogelijkheid geboden om zowel de x- als de y-as handmatig in te kunnen stellen.



Figuur B4-4 Het scherm met geactiveerde knoppen voor het maken van uitvoerbestanden.

In de linker benedenhoek is nu ook een groep "Exporteren naar tabel" verschenen. Deze is nu nog uitgegrijsd. Tabellen kunnen alleen worden weggeschreven als ofwel 'Splines' ofwel 'Van Genuchten' is aangevinkt. Als ze allebei zijn aangevinkt weet het programma niet welke te gebruiken voor de tabel-uitvoer. Als een van deze opties wordt uitgevinkt zal de groep ook actief worden, zie Figuur B4-4. Kronos kan drie soorten uitvoerbestanden maken: SOL-bestanden, ISS-bestanden en NHI-bestanden. Deze bestanden worden later in detail beschreven. Onder de knoppen waarmee deze bestanden kunnen worden gemaakt, bevindt zich nog een tekstveld waarin de folder kan worden ingevoerd waar naartoe de uitvoerbestanden moeten worden weggeschreven. Deze folder kan worden veranderd door de naam handmatig in te typen⁷ of door op de knop met "... "te klikken. Dan wordt er een folder-dialoog gestart.

B4.3 De ini-file

Het programma Kronos maakt gebruik van een zogenaamde ini-file. Dit is een bestandje waarin de initiële waarden zijn opgeslagen. Het bestand moet in dezelfde folder staan als het exe-bestand. Het bestand bevat twee groepen met gegevens: [Database] en [Output]. De eerste groep bevat alle gegevens die nodig zijn voor het leggen van de verbinding met een database, in de tweede groep staat de initiële uitvoerfolder. Elke keer als de gebruiker in het programma de gegevens verandert worden deze automatisch opgeslagen in de ini-file. Dat houdt in dat het programma de volgende keer begint met de waarden waarmee het de laatste keer is afgesloten. Een voorbeeld van een ini-file voor Kronos wordt hieronder gegeven. Aangezien er in het voorgaande al uitgebreid op deze gegevens is ingegaan worden zij hier niet verder besproken. Alleen moet nog worden gezegd dat de variabele AccessOfMySQL alleen de waarde 0 (Access) of 1 (MySQL) mag hebben. Alle variabelen waarvan de naam op Auto eindigt zijn logische variabelen waarbij 0=false en 1=true.

```
! De ini-file voor het programma Kronos
[Database]
Access =D:\UserData\Wesseling\Zeus\Database\Priapus.mdb
MySQLServer =d0114200
MySQLName =Asteria
MySQLUser =username
MySQLPassword
=password
AccessOfMySQL =0

[pF]
xAuto =1
xMin
=0.000
xMax
=2.000
yAuto =1
yMin =-
1.000E07 yMax
=-1.000E01

[Kh]
xAuto =0
xMin =-
1.000E05 xMax
=-1.000E-01
yAuto =0
yMin
=1.000E-08
yMax
=1.000E03

[Output]
Dir =D:\UserData\Wesseling\NHI\Rapport\Graphs
```

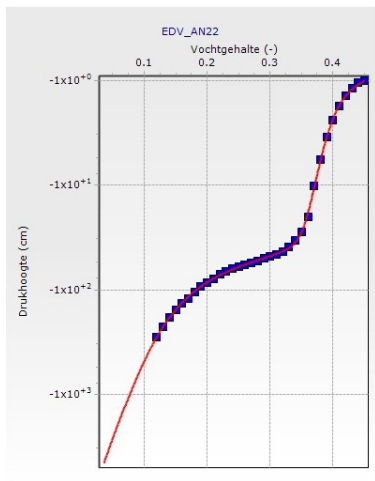
⁷ LET OP: het pad mag NIET eindigen op een \!

B4-6 Uitvoerbestanden

Het programma Kronos biedt meerdere mogelijkheden om de resultaten op te slaan, zowel in grafische als in tabellarische vorm. Deze opties worden in deze paragrafen besproken.

Grafiek met pFcurve

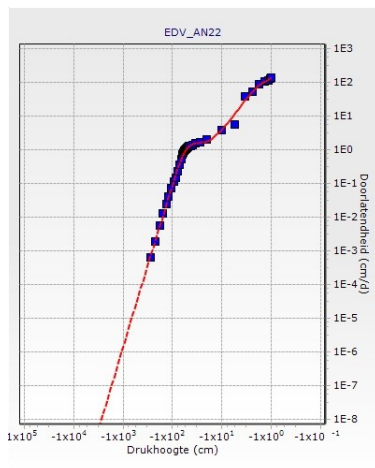
De pF-curve kan in grafische vorm worden opgeslagen door op de tweede knop onder de grafiek te klikken (degene met de diskette ertop). Het bestand wordt automatisch weggeschreven naar de uitvoerfolder die linksonder op het scherm wordt getoond. Het bestand krijgt de code van de horizont gevolgd door "pF" en wordt weggeschreven in jpg-formaat. Figuur B4-5 geeft een voorbeeld van een opgeslagen pF-curve.



Figuur B4-5 Een voorbeeld van een opgeslagen pF-curve

Grafiek met $K(h)$ -relatie

Op dezelfde wijze als de pF-curve kan ook de grafiek met de $K(h)$ -relatie als jpg-bestand worden weggeschreven. De naam van het bestand wordt samengesteld uit de code van de horizont en 'Kh'. Zie Figuur B4-6 voor een voorbeeld⁸.



Figuur B4-6 Een voorbeeld van een opgeslagen $K(h)$ -relatie.

SOL-tabel

Om de gefitte data door het grondwaterstromingsmodel Swap te laten gebruiken moet deze in tabelvorm worden aangeleverd. Het bestand moet drie kolommen hebben zoals weergegeven in Tabel B4-1.

⁸ Door een bug in het TeeChart pakket is het niet mogelijk om bij de rechteras waarden in de vorm 10x te zetten zoals bij de andere assen. Daarom is ervoor gekozen om hier de vorm 1Ex te gebruiken.

Tabel B4-1 Opbouw van een SOL-bestand.

Naam	Symbool	Eenheid
Vochtgehalte	θ	$\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$
Drukhoogte	h	cm
Doorlatendheid	K	cm d^{-1}

Tabel B4-1 heeft waarden van drukhoogte en doorlatendheid die bij een gegeven vochtgehalte horen. De vochtgehaltes moeten oplopen per 0,01 (=1% vocht)⁹. Hieronder wordt een (gedeeltelijk) voorbeeld gegeven van een SOL-bestand.

```
0.020 -8.502E+03 3.626E-11
0.030 -5.710E+03 2.631E-10
0.040 -3.858E+03 1.843E-09
0.050 -2.630E+03 1.231E-08
0.060 -1.813E+03 7.728E-08
.
.
.
0.420 -1.401E+00 1.041E02
0.430 -1.209E+00 1.176E02
0.440 -1.088E+00 1.271E02
0.450 0.000E+00 1.350E02
```

Het bestand wordt weggeschreven naar het uitvoerdirectory dat linksonder op het scherm wordt gegeven. De bestandsnaam bestaat uit de horizontcode en de extensie is .sol.

ISS-tabel

Een andere mogelijke uitvoertabel is het ISS-bestand dat onder andere wordt gebruikt door het model Must. In de database met bodemfysische parameters bevindt zich een tabel met 'standaard' drukhoogten. Dit zijn in het algemeen dertien waardes. In het bestand wordt voor elke 'standaard' drukhoogte het vochtgehalte en de doorlatendheid gegeven. Aan het einde volgt dan nog een lege regel gevolgd door de naam van de bouwsteen. Een voorbeeld van zo'n ISS-bestand wordt hieronder gegeven.

```
0.450 1.35E02
0.371 4.00E00
0.358 1.79E00
0.346 1.59E00
0.290 1.13E00
0.183 9.04E-02
0.125 1.18E-03
0.099 4.21E-05
0.077 1.44E-06
0.051 1.58E-08
0.033 5.09E-10
0.016 1.62E-11
0.005 1.63E-12
```

EDV_AN22

Het bestand wordt weggeschreven naar het uitvoerdirectory dat linksonder op het scherm wordt gegeven. De bestandsnaam bestaat uit de horizontcode en de extensie is .iss.

NHI-tabel

Als laatste mogelijkheid kan Kronos bestanden genereren zoals zij worden toegepast in het NHI-onderzoek. De specificatie van dit bestand staat in Tabel B4-2.

⁹ Aangezien de gefitte θ_{sat} niet altijd op 1% is afgerond, kan de laatste waarde afwijken

Tabel B4-2 Opbouw van een NHI-bestand.

Naam	Beschrijving	Symbool	Eenheid
soilhzn	naam van de laag		
index	index van tabel		
head	drukhoogte	h	m
theta	vochtgehalte	θ	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$
conduc	doorlatendheid	K	m d^{-1}

De waarden in het bestand moeten worden gescheiden door komma's. Op de eerste regel staan de namen van de variabelen. De 442 volgende regels bevatten de waarden voor een steeds kleinere pF-waarde. Het bestand moet altijd beginnen bij een negatieve h -waarde die correspondeert met een $pF=4,31$. Bij de daaropvolgende regels wordt de pF steeds met een 0,01 verlaagd. Dit gaat door totdat $h=-0,01$ m is bereikt. Hierna volgen nog 10 waarden waarbij h telkens met 0,001 m wordt opgehoogd. Een voorbeeld staat hieronder.

```
soilhzn, index, head, theta, conduc
EDV_AN22, 1, -2.0417379447E+02, 4.5244207934E-03, 1.6273734571E-14
.
.
EDV_AN22, 440, -2.0000000000E-03, 4.5000000000E-01, 1.3495778287E+00
EDV_AN22, 441, -1.0000000000E-03, 4.5000000000E-01, 1.3495778287E+00
EDV_AN22, 442, 0.0000000000E+00, 4.5000000000E-01, 1.3495778287E+00
```

B4-5 Systeemeisen

Het programma Kronos is geschreven in Visual C# voor .NET, waardoor het een aantal specifieke software-componenten nodig heeft. Aangezien het een eenvoudig visualisatie-tooltje is, stelt het geen hoge eisen aan de hardware: een PC met 256 MB geheugen is al voldoende. Om de tijd voor het ophalen van gegevens uit de databases acceptabel te houden is een processor met een minimale snelheid van 1.4 GHz aan te bevelen.

Benodigde software:

- Microsoft Windows XP of later;
- Microsoft .NET version 4 (gratis te downloaden op www.microsoft.com);
- MySQL connector versie 6.4.4 voor .NET (gratis te downloaden op www.MySQL.org).

B4-6 Opmerkingen

- In de huidige versie is het nog niet mogelijk om het formulier te vergroten zodat de grafieken scherm breed worden gepresenteerd. Dit zal in een volgende versie worden aangepast.
- Bij het wegschrijven van de tabellarische uitvoer wordt niet gecontroleerd of het bestand al bestaat. Als dit zo is zal het worden overschreven. Het is aan de gebruiker om ervoor te zorgen dat de bestanden die moeten worden bewaard naar een andere locatie worden verplaatst of een andere naam krijgen.

Bijlage 5 Checklist kwaliteitsstatus A

Status A voor gegevensbestanden

Continu verbeteren en productkwaliteit

Het op een niveau brengen en houden van de kwaliteit van operationele bestanden is een continu proces. Verbeteracties worden regelmatig gepland en geëvalueerd in samenhang met toepassingen waarin het bestand wordt gebruikt. Voor de productkwaliteit zijn objectieve, verifieerbare criteria ontwikkeld.

Kwaliteitscriteria

We hebben twee kwaliteitsniveaus ingesteld met bijbehorende criteria:

- Status A. Het minimum kwaliteitsniveau waaraan alle operationele bestanden moeten voldoen (deze checklist).
- Status AA. Het goede kwaliteitsniveau.

Bijna alle criteria voor kwaliteitsniveau Status A zijn statisch, dat wil zeggen dat aan alle van toepassing zijnde criteria moet worden voldaan om dit minimum kwaliteitsniveau te halen. De criteria voor Status AA zijn deels statisch en deels dynamisch. Dynamische criteria wil zeggen dat er planmatig aan gewerkt wordt om aan deze criteria te voldoen, b.v. aan het verder valideren van het bestand.

Toekennen status en beroep

Om een kwaliteitsstatus te verkrijgen, moet een audit worden gehouden door een gekwalificeerde auditor of auditteam. Van de audit wordt door de auditor(s) een verslag gemaakt. Gewoonlijk zal de ingevulde checklist, met verwijzingen naar de relevante documentatie, voldoen als verslag. De auditee moet de verslaglegging goedkeuren. Bij verschil van mening beslist de softwarekwaliteitsmanager, indien hij geen deel uitmaakt van het auditteam. De directie beslist uiteindelijk als het verschil van mening blijft bestaan. Voor Status A moet voldaan worden aan de van toepassing zijnde Status A kwaliteitscriteria. Voor Status AA moet voldaan worden aan de van toepassing zijnde Status A én Status AA kwaliteitscriteria. De status wordt toegekend door de softwarekwaliteitsmanager.

Statische en dynamische bestanden

Statische bestanden zijn bestanden waar niets meer aan toegevoegd wordt. Alleen fouten worden verbeterd. De toegekende kwaliteitsstatus blijft geldig zolang het bestand beheerd wordt. Aan dynamische bestanden worden regelmatig gegevens toegevoegd. De toegekende kwaliteitsstatus blijft geldig indien:

- deze toevoegingen de structuur van het bestand niet beïnvloeden en
- de kwaliteit van de toegevoegde gegevens is geborgd en
- het proces van toevoegen van gegevens is geborgd.

Jaarlijks wordt het beheers- en exploitatieplan bijgewerkt. Dan wordt beoordeeld of nog steeds aan deze criteria wordt voldaan en de kwaliteitsstatus van kracht blijft.

Kwaliteitsdocumentatie

De beoordeling wordt gedaan aan de hand van schriftelijke documentatie, de 'kwaliteitsdocumentatie' van het bestand. Voor de indeling van de kwaliteitsdocumentatie kan de indeling van de checklist worden aangehouden. In ieder geval dient de documentatie van theorie, de technische- en gebruikersdocumentatie publiekelijk toegankelijk te zijn (b.v. internet, Alterra-rapporten, publicaties).

Verantwoordelijkheden

De beheerders van het bestand zijn verantwoordelijk voor de kwaliteit van het bestand en voor het bijhouden van de kwaliteitsdocumentatie. De projectleider van het project dat het bestand gebruikt is verantwoordelijk voor het juiste gebruik van de gegevens uit het bestand en de kwaliteit van de uiteindelijke resultaten.

Invullen checklist

De checklist wordt grotendeels door de auditee ingevuld: Algemeen, de 'kwaliteitsdocumentatie' waarnaar verwezen wordt (Verwijzingen) en bij elke vraag de verwijzing naar de relevante passage van de documentatie. De auditee kan ook opmerkingen en aanvullingen bij de vragen maken. Tijdens de audit vult de auditor zijn bevindingen in.

Meer informatie

De site [Kwaliteit modellen en bestanden](#) geeft meer informatie over het kwaliteitssysteem voor modellen en bestanden. Ook zijn daar voorbeelden, templates en 'handreikingen' te vinden. Zijn er nog steeds vragen of onduidelijkheden? Of heb je behoefte aan ondersteuning? Neem dan contact op met de softwarekwaliteitsmanager.

Wijzigingen ten opzichte van vorige versies

Versie 1.0 (gepubliceerd)

21-9-2004, Jûnt Halbertsma

1. Eerste publicatie na discussie met onderzoekers.

Versie 1.1 (gepubliceerd)

9-3-2006, Jûnt Halbertsma

1. Tabel "Verwijzingen" toegevoegd.
2. Velden "opmerking" bij de vragen uitgesplitst voor auditor en auditee.
3. Velden "verwijzing" bij de vragen toegevoegd.
4. Tekst van inleiding aangepast op de wijzigingen.

Versie 2.0 (gepubliceerd)

27-12-2007, Jûnt Halbertsma

1. Toelichting uitgebreid en direct bij vragen gezet.
2. Header aangepast.
3. Checklists Status A en Status AA gesplitst.
4. Slecht werkende formulier functionaliteit van Word verwijderd.

Algemeen	
Naam bestand	BOFEK2012, de nieuwe, bodemfysische schematisatie van Nederland
Versienummer	Versie 2
Versiedatum	2016
Korte omschrijving	<p>Dit bestand geeft de ruimtelijke verbreiding van bodemfysische eenheden. Dit zijn gebieden met een overeenkomstige bodemopbouw en een overeenkomstige hydrologisch gedrag. Aan een bodemfysische eenheid is een geschematiseerd bodemprofiel gekoppeld en aan de afzonderlijke lagen in het bodemprofiel kunnen aan de hand van de Staringreeks vervolgens belangrijke bodemfysische karakteristieken worden toegevoegd voor modelberekeningen van water- en stoftransport in de bodem. In totaal zijn er 72 bodemfysische eenheden onderscheiden.</p> <p>Aan de 315 bodemeenheden behorende bij de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50.000, zijn waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken uit de Staringreeks toegekend. Met het model Hades zijn voor deze eenheden functionele kenmerken berekend. Op grond van verwantschap in functionele kenmerken zijn de 315 bodemeenheden geclusterd in 72 bodemfysische eenheden en afgebeeld in de nieuwe BODemFysische EenhedenKaart (BOFEK2012). Om bij modelberekeningen van water- en stoffentransport in de bodem deze gegevens te kunnen gebruiken is een dataset samengesteld met informatie over:</p> <ul style="list-style-type: none"> • GIS-bestand, met de geografische verbreiding van de BOFEK-eenheden in Nederland. • Profielschetsen met de laagopbouw van het bodemprofiel tot 1.20 m-mv. en de daaraan gerelateerde bodemfysische kenmerken.
Doelgebied	Bodemfysische invoergegevens van de onverzadigde zone ten dienste van studies naar bijvoorbeeld emissie van nutriënten en klimaatbestendig water- en bodembeheer op landsdekkende, Nederlandse schaal 1 : 50 000.
Database omgeving	ArcGIS versie 10.2
Platform	Windows Server 2010
Benodigde software	R, Hades
Beheerder/ contactpersoon	Henk Wösten

Verwijzingen	
1.	Henk Wösten, Folkert de Vries, Tom Hoogland, Harry Massop, Ab Veldhuizen, Henk Vroon, Jan Wesseling, Joost Heijkers en Almer Bolman (2013). BOFEK2012, de nieuwe, bodemfysische schematisatie van Nederland. Alterra-rapport 2387. Alterra, Wageningen. http://content.alterra.wur.nl/Webdocs/PDFfiles/Alterrarapporten/AlterraRapport2387.pdf
2.	Metadata_BOFEK_2012_versie2.pdf http://www.wageningenur.nl/nl/Expertises-Dienstverlening/Onderzoeksinstituten/alterra/Faciliteiten-Producten/Kaarten-en-GISbestanden/Bodem.htm
3.	Henk Wösten, Folkert de Vries en Jan Wesseling (2016). Status A BOFEK bestand. WOT-technical report 86. WOT Natuur & Milieu, WUR, Wageningen.

Checklist Status A gegevensbestanden

Beoordeling

Voor het verkrijgen van Status A moet een audit worden gehouden door een gekwalificeerde auditor of auditteam. Van de audit wordt door de auditor(s) een verslag gemaakt. Gewoonlijk zal de ingevulde checklist, met verwijzingen naar de relevante documentatie, voldoen als verslag. De auditee moet de verslaglegging goedkeuren. Status A wordt gehaald als aan alle van toepassing zijnde criteria wordt voldaan. De status wordt verleend door de softwarekwaliteitsmanager.

De beoordeling wordt gedaan aan de hand van schriftelijke documentatie, de 'kwaliteitsdocumentatie' van het bestand. De documentatie van theorie, de technische- en gebruikersdocumentatie dient publiekelijk toegankelijk te zijn (b.v. internet, Alterra rapporten, publicaties).

Status A toegekend:		datum:	beoordeeld door:	
			naam:	handtekening:
<input checked="" type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nee	31 januari 2017	Janien van der Gref George van Voorn Geerten Hengeveld	

Theorie

In dit deel wordt de wetenschappelijke achtergrond van het bestand beschreven. Een publicatie is een publiek toegankelijk document, waaronder dus ook een website en een Alterra-rapport valt. Het verdient de voorkeur deze documentatie in het Engels te schrijven. Kijk op de site '[Kwaliteit modellen en bestanden](#)' voor voorbeelden, templates en 'handreikingen'.

		ja	nee	n.v.t.
A 1	Is het doel waarvoor het bestand is ontworpen beschreven? verwijzing: 1/ Samenvatting; H1 opmerking auditee: opmerking auditor: Toelichting: Licht toe waarom het bestand is gemaakt.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A 2	Is het toepassingsgebied van het bestand beschreven? verwijzing: 1/ Samenvatting (toepassingsgebied); 2/ Toepassingschaal opmerking auditee: opmerking auditor: Toelichting: Beschrijf in welke situaties het bestand wel en niet kan worden toegepast. Denk hier ook aan het spatiële schaalniveau.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A 3	Zijn de vereenvoudigingen en aannamen over de gebruikte representatie van de werkelijkheid gemotiveerd en beschreven? verwijzing: 1/ H3 (bodemkundige eenheden); H4 (berekening afgeleide functionele kenmerken); H5 (clustering); 3/H2 (Clustering) opmerking auditee: opmerking auditor: Aanbeveling: Beschrijf in de volgende versie van BOFEK duidelijk alle vereenvoudigingen en aannames, ook die behorend bij de nabewerking. Toelichting:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Technische documentatie

In dit deel worden de technische implicaties van de vertaling van de werkelijkheid naar het bestand beschreven voor ontwikkelaars. Het bestand wordt gedocumenteerd op een manier dat een opvolger voldoende informatie heeft om het bestand te onderhouden.

Het verdient de voorkeur deze documentatie in het Engels te schrijven. Kijk op de site '[Kwaliteit modellen en bestanden](#)' voor voorbeelden, templates en 'handreikingen'.

		ja	nee	n.v.t.
A 4	Is de metadata-informatie van het bestand beschikbaar? verwijzing: 2/ opmerking auditee: opmerking auditor: Toelichting:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A 5	Is het ontwerpmodel van het bestand beschreven? verwijzing: 3/ H1 Inleiding; H2 Clustering opmerking auditee: opmerking auditor: Toelichting:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A 6	Is de benodigde hard- en software beschreven? verwijzing: 3/ H1 Inleiding; H2 Clustering opmerking auditee: ArcGIS 10.2, Hades, R (clustering) opmerking auditor: Toelichting: Beschrijf dit indien er meer nodig is dan een algemeen gangbaar computersysteem met een algemeen gangbare software en operating systeem.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Gebruikersdocumentatie

In dit deel wordt het bestand beschreven voor gebruikers. De mate van documentatie is afhankelijk van het soort gebruikers van het bestand. Dit onderdeel kan worden overgeslagen als het bestand alleen in de ontwikkelgroep wordt gebruikt. Vraag A 14 blijft wel relevant en kan opgenomen worden in de web site of in de samenvatting van de technische documentatie.

Het verdient de voorkeur deze documentatie in het Engels te schrijven. Kijk op de site '[Kwaliteit modellen en bestanden](#)' voor voorbeelden, templates en 'handreikingen'.

		ja	nee	n.v.t.
A 7	Is er een beknopte beschrijving van de inhoud van het bestand? verwijzing: 1/ H6.3 opmerking auditee: opmerking auditor: Toelichting:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A 8	Zijn de toepassingen van het bestand beschreven? verwijzing: 1/ H6.5 opmerking auditee: BOFEK vervangt PAWN binnen NHI opmerking auditor: Toelichting:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A 9	Zijn de restricties van het bestand beschreven? verwijzing: 2/ opmerking auditee: opmerking auditor: Toelichting:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A 10	Zijn alle in het bestand gebruikte begrippen gedocumenteerd en éénduidig gedefinieerd? verwijzing: 1/ opmerking auditee: opmerking auditor: Toelichting:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A 11	Is het benodigde kennisniveau van de gebruiker van het bestand beschreven? verwijzing: 2/ opmerking auditee: opmerking auditor: Toelichting: Geef hier het benodigde niveau van zowel de kennis van computers en de gebruikte programmatuur als van de vakinhoudelijke kennis.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A 12	Is het user interface beschreven? verwijzing: 2/ opmerking auditee: ArcGIS versie 10.2 GIS interface opmerking auditor: Toelichting: Beschrijf het user interface voor een gebruiker indien dit niet direct en intuïtief duidelijk is.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A 13	Is er een bedieningsinstructie? verwijzing: opmerking auditee: opmerking auditor: ArcGIS bestand, Excel bestand. Toelichting:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
A 14	Is er een samenvatting van de belangrijkste testen op en validaties van het bestand? verwijzing: 3/H3, H4, H5 opmerking auditee: opmerking auditor: Toelichting: Geef voor een gebruiker een kort overzicht wat er is gedaan om vertrouwen in het bestand te krijgen. Verwijs eventueel naar de achterliggende rapportage.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Testen

Hier worden de op het bestand uitgevoerde tests en de resultaten daarvan beschreven. Zie Validatie voor de inhoudelijke testen. Kijk op de site '[Kwaliteit modellen en bestanden](#)' voor voorbeelden, templates en 'handreikingen'.

ja nee n.v.t.

A 15	Is de implementatie van het ontwerpmodel geverifieerd? verwijzing: 3/ H5 Controle op de omzetting van de bodem- naar de BOFEK kaart; 3/ H4 Controle ZEUS berekeningen opmerking auditee: opmerking auditor: Toelichting:	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
A 16	Is de uitgevoerde implementatie beschreven? verwijzing: 3/ opmerking auditee: opmerking auditor: Toelichting:	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
A 17	Zijn de meest basale tests op het bestand uitgevoerd? verwijzing: 3/ H5 opmerking auditee: opmerking auditor: Toelichting: Basale tests zijn o.a. tests op compleetheid van de gegevens en tests op consistentie van de gegevens.	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
A 18	Zijn de uitgevoerde tests beschreven? verwijzing: 3/ H5 Controle op de omzetting van de bodem- naar BOFEK kaart 3/ H4 Controle ZEUS berekeningen opmerking auditee: opmerking auditor: Toelichting: De uitgevoerde tests zijn vastgelegd (wie heeft wat gedaan met welke versie en onder welke omstandigheden) in testrapporten. Deze rapportage wordt opgenomen in het versiebeheersysteem of op een andere reproduceerbare wijze opgeslagen (kan elektronisch opgeslagen zijn).	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Validatie

In dit deel worden de validaties voor het toepassingsgebied van het bestand beschreven (zover mogelijk en redelijk).

Validatie wordt hier opgevat in de ruime betekenis van het kritisch vergelijken van de gegevens van het bestand met veldwaarnemingen of met gegevens van andere bestanden.

In het algemeen zal maar een deel van het bestand gevalideerd worden.

Validatie studies verhogen dus de validatiestatus van een bestand.

		ja	nee	n.v.t.
A 19	Zijn de uitgevoerde validaties beschreven? verwijzing: 1/ H6.5; 3/ H3 opmerking auditee: opmerking auditor: Toelichting:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A 20	Is in deze beschrijving opgenomen wat nog niet is gevalideerd? verwijzing: 3/ H3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

opmerking auditee:

opmerking auditor:

Toelichting:

Geef in het kort aan welke validaties nog zinvol zijn om te doen, en welke delen van het bestand daarmee gevalideerd worden.

A 21 Is er een kritische analyse van mogelijke tekortkomingen?

verwijzing: 1/ Conclusies, 3/ H3

opmerking auditee:

opmerking auditor:

Toelichting:

Het gaat hier om een kritische analyse van de validatie resultaten die verklaart worden uit mogelijke tekortkomingen van het bestand.

Beheer- en exploitatieplan

Dynamische criteria: In dit deel wordt jaarlijks beschreven hoe het bestand wordt beheerd en geëxploiteerd. De geplande kwaliteitsborging en de geplande verbeteringen van het afgelopen jaar worden geëvalueerd. Verbeteringen worden gepland.

Kijk op de site '[Kwaliteit modellen en bestanden](#)' voor voorbeelden en templates.

ja nee n.v.t.

A 22 Is er een beheerplan ?

verwijzing: Beheer via Geodesk

opmerking auditee:

opmerking auditor: Aanbeveling voor her-audit: Beheerplannen onder BRO controleren.

Toelichting:

Jaarlijks wordt een beheerplan gemaakt.

A 23 Is het inhoudelijk beheer geregeld?

verwijzing: Zie A22

opmerking auditee:

opmerking auditor:

Toelichting:

Geregeld betekent hier dat er een aanspreekpunt is en dat er tijd is om het beheer uit te voeren.

A 24 Is het technisch beheer geregeld?

verwijzing: Zie A22

opmerking auditee:

opmerking auditor:

Toelichting:

Onder technisch beheer wordt ook het versiebeheer verstaan. Geregeld betekent hier dat er een aanspreekpunt is en dat er tijd is om het beheer uit te voeren.

A 25 Is de ondersteuning naar de gebruikers geregeld?

verwijzing: Zie A22

opmerking auditee:

opmerking auditor:

Toelichting:

Van toepassing in het geval van externe gebruikers (extern = buiten ontwikkelgroep).

Geregeld betekent hier dat er een aanspreekpunt is en dat er tijd is om de ondersteuning uit te voeren.

- A 26 Zijn de uitgevoerde verbeteringen gerapporteerd?
- verwijzing: Zie A22
- opmerking auditee:
- opmerking auditor:
- Toelichting:
- Evalueer kort de verbeteringen van het afgelopen jaar en geef eventueel aan waarom de uitgevoerde verbeteringen afwijken van de geplande.
-
- A 27 Zijn de geplande verbeteringen voor het bestand beschreven?
- verwijzing: Zie A22
- opmerking auditee:
- opmerking auditor:
- Toelichting:
- Geef een kort overzicht van de geplande verbeteringen voor het komende jaar. Gepland betekend dat de financiering rond is of zeer waarschijnlijk (er bestaat een projectplan en mogelijke financier).

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

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

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

1	Arets, E.J.M.M., K.W. van der Hoek, H. Kramer, P.J. Kuikman & J.-P. Lesschen (2013). <i>Greenhouse gas reporting of the LULUCF sector for the UNFCCC and Kyoto Protocol. Background to the Dutch NIR 2013.</i>	15	Adriaanse, P.I., W.H.J. Beltman & F. Van den Berg (2014). <i>Metabolite formation in water and in sediment in the TOXSWA model. Theory and procedure for the upstream catchment of FOCUS streams.</i>
2	Kleunen, A. van, M. van Roomen, L. van den Bremer, A.J.J. Lemaire, J-W. Vergeer & E. van Winden (2014). <i>Ecologische gegevens van vogels voor Standaard Gegevensformulieren Vogelrichtlijngebieden.</i>	16	Groenestein, K., C. van Bruggen en H. Luesink (2014). <i>Harmonisatie diercategorieën</i>
3	Bruggen, C. van, A. Bannink, C.M. Groenestein, B.J. de Haan, J.F.M. Huijsmans, H.H. Luesink, S.M. van der Sluis, G.L. Velthof & J. Vonk (2014). <i>Emissies naar lucht uit de landbouw in 2012. Berekeningen van ammoniak, stikstofoxide, lachgas, methaan en fijn stof met het model NEMA</i>	17	Kistenkas, F.H. (2014). <i>Juridische aspecten van gebiedsgericht natuurbeleid (Natura 2000)</i>
4	Verburg, R.W., T. Selnes & M.J. Bogaardt (2014). <i>Van denken naar doen; ecosysteemdiensten in de praktijk. Case studies uit Nederland, Vlaanderen en het Verenigd Koninkrijk.</i>	18	Koeijer, T.J. de, H.H. Luesink & C.H.G. Daatselaar (2014). <i>Synthese monitoring mestmarkt 2006 – 2012.</i>
5	Velthof, G.L. & O. Oenema (2014). <i>Commissie van Deskundigen Meststoffenwet. Taken en werkwijze; versie 2014</i>	19	Schmidt, A.M., A. van Kleunen, L. Soldaat & R. Bink (2014). <i>Rapportages op grond van de Europese Vogelrichtlijn en Habitatrichtlijn. Evaluatie rapportageperiode 2007-2012 en aanbevelingen voor de periode 2013-2018</i>
6	Berg, J. van den, V.J. Ingram, L.O. Judge & E.J.M.M. Arets (2014). <i>Integrating ecosystem services into tropical commodity chains- cocoa, soy and palm oil; Dutch policy options from an innovation system approach</i>	20	Fey F.E., N.M.A.J. Dankers, A. Meijboom, P.W. van Leeuwen, M. de Jong, E.M. Dijkman & J.S.M. Cremer (2014). <i>Ontwikkeling van enkele mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee, situatie 2013.</i>
7	Knegt, B. de, T. van der Meij, S. Hennekens, J.A.M. Janssen & W. Wameling (2014). <i>Status en trend van structuur- en functiekenmerken van Natura 2000- habitattypen op basis van het Landelijke Meetnet Flora (LMF) en de Landelijke Vegetatie Databank (LVD). Achtergronddocument voor de Artikel 17-rapportage.</i>	21	Hendriks, C.M.A., D.A. Kamphorst en R.A.M. Schrijver (2014). <i>Motieven van actoren voor verdere verduurzaming in de houtketen.</i>
8	Janssen, J.A.M., E.J. Weeda, P.C. Schipper, R.J. Bijlsma, J.H.J. Schaminée, G.H.P. Arts, C.M. Deerenberg, O.G. Bos & R.G. Jak (2014). <i>Habitattypen in Natura 2000-gebieden. Beoordeling van oppervlakte representativiteit en behoudsstatus in de Standard Data Forms (SDFs).</i>	22	Selnes, T.A. and D.A. Kamphorst (2014). <i>International governance of biodiversity; searching for renewal</i>
9	Ottburg, F.G.W.A., J.A.M. Janssen (2014). <i>Habitatrichtlijnsoorten in Natura 2000-gebieden. Beoordeling van populatie, leefgebied en isolatie in de Standard Data Forms (SDFs)</i>	23	Dirkx, G.H.P, E. den Belder, I.M. Bouwma, A.L. Gerritsen, C.M.A. Hendriks, D.J. van der Hoek, M. van Oorschot & B.I. de Vos (2014). <i>Achtergrondrapport bij beleidsstudie Natuurlijk kapitaal: toestand, trends en perspectief; Verantwoording casestudies</i>
10	Arets, E.J.M.M. & F.R. Veeneklaas (2014). <i>Costs and benefits of a more sustainable production of tropical timber.</i>	24	Wameling, G.W.W., M. Van Adrichem, R. Jochem & R.M.A. Wegman (2014). <i>Aanpassing van het Model for Nature Policy (MNP) aan de typologie van het Subsidiestelsel Natuur en Landschap (SNL); Fase 1</i>
11	Vader, J. & M.J. Bogaardt (2014). <i>Natuurverkenning 2 jaar later; Over gebruik en doorwerking van Natuurverkenning 2010-2040.</i>	25	Vos, C.C., C.J. Grashof-Bokdam & P.F.M. Opdam (2014). <i>Biodiversity and ecosystem services: does species diversity enhance effectiveness and reliability? A systematic literature review.</i>
12	Smits, M.J.W. & C.M. van der Heide (2014). <i>Hoe en waarom bedrijven bijdragen aan behoud van ecosysteemdiensten; en hoe de overheid dergelijke bijdragen kan stimuleren.</i>	26	Arets, E.J.M.M., G.M. Hengeveld, J.P. Lesschen, H. Kramer, P.J. Kuikman & J.W.H. van der Kolk (2014). <i>Greenhouse gas reporting of the LULUCF sector for the UNFCCC and Kyoto Protocol. Background to the Dutch NIR 2014.</i>
13	Knegt, B. de (ed.) (2014). <i>Graadmeter Diensten van Natuur; Vraag, aanbod, gebruik en trend van goederen en diensten uit ecosystemen in Nederland.</i>	27	Roller, J.A. te, F. van den Berg, P.I. Adriaanse, A. de Jong & W.H.J. Beltman (2014). <i>Surface WATER Scenario Help (SWASH) version 5.3. technical description</i>
14	Beltman, W.H.J., M.M.S. Ter Horst, P.I. Adriaanse, A. de Jong & J. Deneer (2014). <i>FOCUS_TOXSWA manual 4.4.2; User's Guide version 4.</i>	28	Schuiling, C., A.M. Schmidt & M. Boss (2014). <i>Beschermde gebiedenregister; Technische documentatie</i>
		29	Goossen, C.M., M.A. Kiens (2015). <i>Mass mapping; State of the art en nieuwe ideeën om bezoekersaantallen in natuurgebieden te meten</i>
		30	Hennekens, S.M, M. Boss en A.M. Schmidt (2014). <i>Landelijke Vegetatie Databank; Technische documentatie</i>
		31	Bijlsma, R.J., A. van Kleunen & R. Pouwels (2014). <i>Structuur- en functiekenmerken van leefgebieden van Vogelrichtlijn- en Habitatrichtlijnsoorten; Een concept en bouwstenen om leefgebieden op landelijk niveau en gebiedsniveau te beoordelen</i>

32	Commissie Deskundigen Meststoffenwet (2015). <i>Nut en risico's van covergisting. Syntheserapport.</i>	51	Koffijberg K., P. de Boer, F. Hustings, A. van Kleunen, K. Oosterbeek & J.S.M. Cremer (2015). <i>Broedsucces van kustbroedvogels in de Waddenzee in 2011-2013.</i>
33	Bijlsma, R.J. & J.A.M. Janssen (2014). <i>Structuur en functie van habitattypen; Onderdeel van de documentatie van de Habitatrichtlijn artikel 17-rapportage 2013</i>	52	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 (2015). <i>Greenhouse gas reporting of the LULUCF sector in the Netherlands. Methodological background.</i>
34	Fey F.E., N.M.J.A. Dankers, A. Meijboom, P.W. van Leeuwen, J. Cuperus, B.E. van der Weide, M. de Jong, E.M. Dijkman & J.S.M. Cremer (2014). <i>Ecologische ontwikkeling binnen een voor menselijke activiteiten gesloten gebied in de Nederlandse Waddenzee; Tussenrapportage achtste jaar na sluiting (najaar 2013).</i>	53	Vonk, J., A. Bannink, C. van Bruggen, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, J.W.H. van der Kolk, H.H. Luesink, S.V. Oude Voshaar, S.M. van der Sluis & G.L. Velthof (2016). <i>Methodology for estimating emissions from agriculture in the Netherlands. Calculations of CH₄, NH₃, N₂O, NO_x, PM₁₀, PM_{2.5} and CO₂ with the National Emission Model for Agriculture (NEMA)</i>
35	Kuindersma, W., F.G. Boonstra, R.A. Arnouts, R. Folkert, R.J. Fontein, A. van Hinsberg & D.A. Kamphorst (2015). <i>Vernieuwingen in het provinciaal natuurbeleid; Vooronderzoek voor de evaluatie van het Natuurpact.</i>	54	Groenestein, K. & J. Mosquera (2015). <i>Evaluatie van methaanemissieberekeningen en -metingen in de veehouderij.</i>
36	Berg van den, F., W.H.J. Beltman, P.I. Adriaanse, A. de Jong & J.A. te Roller (2015). <i>SWASH Manual 5.3. User's Guide version 5</i>	55	Schmidt, A.M. & A.S. Adams (2015). <i>Documentatie Habitatrichtlijn-rapportage artikel 17, 2007-2012</i>
37	Brouwer, F.M., A.B. Smit & R.W. Verburg (2015). <i>Economische prikkels voor vergroening in de landbouw</i>	56	Schippers, P., A.M. Schmidt, A.L. van Kleunen & L. van den Bremer (2015). <i>Standard Data Form Natura 2000; bepaling van de belangrijkste drukfactoren in Natura 2000-gebieden.</i>
38	Verburg, R.W., R. Michels, L.F. Puister (2015). <i>Aanpassing Instrumentarium Kosten Natuurbeleid (IKN) aan de typologie van het Subsidiestelsel Natuur en Landschap (SNL)</i>	57	Fey F.E., N.M.A.J. Dankers, A. Meijboom, C. Sonneveld, J.P. Verdaat, A.G. Bakker, E.M. Dijkman & J.S.M. Cremer (2015). <i>Ontwikkeling van enkele mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee, situatie 2014.</i>
39	Commissie Deskundigen Meststoffenwet (2015). <i>Actualisering methodiek en protocol om de fosfaattoestand van de bodem vast te stellen</i>	58	Blaeijs, A.T. de, R. Michels, R.W. Verburg & W.H.G.J. Hennen (2015). <i>Recreatiemodule in Instrumentarium Kosten Natuurbeleid (IKN); Bepaling van de recreatiekosten</i>
40	Gies, T.J.A., J. van Os, R.A. Smidt, H.S.D. Naeff & E.C. Vos (2015). <i>Geografisch Informatiesysteem Agrarische Bedrijven (GIAB); Gebruikershandleiding 2010.</i>	59	Bakker, E. de, H. Dagevos, R.J. Fontein & H.J. Agricola (2015). <i>De potentie van co-creatie voor natuurbeleid. Een conceptuele en empirische verkenning.</i>
41	Kramer, H., J. Clement (2015). <i>Basiskaart Natuur 2013. Een landsdekkend basisbestand voor de terrestrische natuur in Nederland</i>	60	Bouwma, I.M., A.L. Gerritsen, D.A. Kamphorst & F.H. Kistenkas (2015). <i>Policy instruments and modes of governance in environmental policies of the European Union; Past, present and future</i>
42	Kamphorst, D.A., T.A. Selnes, W. Nieuwenhuizen (2015). <i>Vermaatschappelijking van natuurbeleid. Een verkennend onderzoek bij drie provincies</i>	61	Berg, F. van den, A. Tiktak, J.J.T.I. Boesten & A.M.A. van der Linden (2016). <i>PEARL model for pesticide behaviour and emissions in soil-plant systems; Description of processes</i>
43	Commissie Deskundige Meststoffenwet (2015). <i>Advies 'Mestverwerkingspercentages 2016'</i>	62	Kuiters, A.T., G.A. de Groot, D.R. Lammertsma, H.A.H. Jansman & J. Bovenschen (2016). <i>Genetische monitoring van de Nederlandse otterpopulatie; Ontwikkeling van populatieomvang en genetische status 2014/2015</i>
44	Meeuwssen, H.A.M. & R. Jochem (2015). <i>Openheid van het landschap; Berekeningen met het model ViewScape</i>	63	Smits, M.J.W., C.M. van der Heide, H. Dagevos, T. Selnes & C.M. Goossen (2016). <i>Natuurinclusief ondernemen: van koplopers naar mainstreaming?</i>
45	Groenestein, C.M., J. de Wit, C. van Bruggen & O. Oenema (2015). <i>Stikstof- en fosfaatexcretie van gangbaar en biologisch gehouden landbouwhuisdieren. Herziening excretieforderfaits Meststoffenwet 2015</i>	64	Pouwels, P., M. van Eupen, M.H.C. van Adrichem, B. de Knecht & J.G.M. van der Grefte (2016). <i>MetaNatuurplanner v2.0. Status A</i>
46	Bruggen, C. van, A. Bannink, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, H.H. Luesink, S.M. van der Sluis, G.L. Velthof & J. Vonk (2015). <i>Emissies naar lucht uit de landbouw, 1990-2013. Berekeningen van ammoniak, stikstofoxide, lachgas, methaan en fijn stof met het model NEMA.</i>	65	Broekmeyer, M.E.A. & M.E. Sanders (2016). <i>Natuurwetgeving en het omgevingsrecht. Achtergrond-document bij Balans van de Leefomgeving, 2014</i>
47	Boonstra, F.G. & A.L. Gerritsen (2016). <i>Systeemverantwoordelijkheid in het natuurbeleid; Input voor agendavorming van de Balans van de Leefomgeving 2014</i>	66	Os, J. van, J. H.S.D. Naeff & L.J.J. Jeurissen (2016). <i>Geografisch informatiesysteem voor de emissieregistratie van landbouwbedrijven; GIABplus-bestand 2013 – Status A</i>
48	Overbeek, M.M.M., M-J. Bogaardt & J.C. Dagevos (2015). <i>Intermediairs die bijdragen van burgers en bedrijven aan natuur en landschap mobiliseren.</i>	67	Ingram, V.J., L.O. Judge, M. Luskova, S. van Berkum & J. van den Berg (2016). <i>Upscaling sustainability initiatives in international commodity chains; Examples from cocoa, coffee and soy value chains in the Netherlands.</i>
49	Os, J. van, R.A.M. Schrijver & M.E.A. Broekmeyer (2015). <i>Kan het Natuurbeleid tegen een stootje? Enkele botsproeven van de herijkte Ecologische Hoofdstructuur.</i>		
50	Hennekens, S.M., J.M. Hendriks, W.A. Ozinga, J.H.J. Schaminée & L. Santini (2015). <i>BioScore 2 – Plants & Mammals. Background and pre-processing of distribution data</i>		

68	Duin van W.E., H. Jongerius, A. Nicolai, J.J. Jongsma, A. Hendriks & C. Sonneveld (2016). <i>Friese en Groninger kwelderwerken: Monitoring en beheer 1960-2014</i> .
69	Ehlert, P.A.I., T.A. van Dijk & O. Oenema (2016). <i>Opname van struviet als categorie in het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet. Advies</i> .
70	Ehlert, P.A.I., H.J. van Wijnen, J. Struijs, T.A. van Dijk, L. van Schöll, L.R.M. de Poorter (2016). <i>Risicobeoordeling van contaminanten in afval- en reststoffen bestemd voor gebruik als covergistingsmateriaal</i>
71	Commissie Deskundigen Meststoffenwet (2016). <i>Protocol beoordeling stoffen Meststoffenwet. Versie 3.2</i>
72	Kramer, H., J. Clement (2016). <i>Basiskaart Natuur 2009. Een landsdekkend basisbestand voor de terrestrische natuur in Nederland</i>
73	Dam, R.I. van, T.J.M. Mattijssen, J. Vader, A.E. Buijs & J.L.M. Donders (2016). <i>De betekenis van groene zelf-governance. Analyse van verschillende vormen van dynamiek in de praktijk</i> .
74	Hennekens, S.M., M. Boss & A.M. Schmidt (2016). Landelijke Vegetatie Databank; Technische documentatie, Status A
75	Knegt, B. de, et al. (2016). <i>Kansenkaarten voor duurzaam benutten van Natuurlijk Kapitaal</i>
76	Commissie Deskundigen Meststoffenwet (2016). <i>Advies 'Mestverwerkingspercentages 2017'</i>
77	W.H.J. Beltman, C. Vink & A. Poot (2016). <i>Calculation of exposure concentrations for NL standard scenarios by the TOXSWA model; Use of FOCUS_TOXSWA 4.4.3 software for plant protection products and their metabolites in Dutch risk assessment for aquatic ecosystems</i>
78	Koffijberg K., J.S.M. Cremer, P. de Boer, J. Postma & K. Oosterbeek & J.S.M. Cremer (2016). <i>Broedsucces van kustbroedvogels in de Waddenzee in 2014</i> .
79	Sanders, M.E. G.W.W Wamelink, R.M.A. Wegman & J. Clement (2016). <i>Voortgang realisatie nationaal natuurbeleid; Technische achtergronden van een aantal indicatoren uit de digitale Balans van de Leefomgeving 2016</i> .
80	Vries, S. de & I.G. Staritsky (2016). <i>AVANAR 2.0 nader beschreven en toegelicht; Achtergronddocumentatie voor Status A</i> .
81	Kuiters, A.T., G.A. de Groot, D.R. Lammertsma, H.A.H. Jansman & J. Bovenschen (2016). <i>Genetische monitoring van de Nederlandse otterpopulatie; Ontwikkeling van populatieomvang en genetische status 2015/ 2016</i> .
82	Pleijte, M., R. Beunen & R. During (2016). <i>Rijksprojecten: hét natuurinclusieve werken? Een analyse van relaties tussen rijksprojecten en de Rijksnatuurvisie</i>
83	Smits, M.J.W. en E.J. Bos (2016). <i>Het stimuleren van ondernemen met natuur: handelingsopties voor de overheid</i>
84	Horst, M.M.S. ter, W.H.J. Beltman & F. van den Berg (2016). <i>The TOXSWA model version 3.3 for pesticide behaviour in small surface waters; Description of processes</i> .
86	Wösten, J.H.M., F. de Vries & J.G. Wesseling (2016). <i>BOFEK2012 versie 2; Status A</i> .



Thema Natuurverkenning

Wettelijke Onderzoekstaken

Natuur & Milieu

Postbus 47

6700 AA Wageningen

T (0317) 48 54 71

E info.wnm@wur.nl

ISSN 2352-2739

www.wur.nl/wotnatuurenmilieu

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

