

# RAPPORT

## Inbouwen REGIS II v2.2. in MORIA

Klant: Waterschap Rivierenland

Referentie: BG1132WATRP1811291318

Status: 0.1/Finale versie

Datum: 29 november 2018

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Amerikalaan 110  
6199 AE MAASTRICHT AIRPORT  
Water  
Trade register number: 56515154

+31 88 348 78 48 **T**  
info@rhdhv.com **E**  
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Inbouwen REGIS II v2.2. in MORIA

Ondertitel: Inbouwen REGIS II v2.2. in MORIA  
Referentie: BG1132WATRP1811291318  
Status: 0.1/Finale versie  
Datum: 29 november 2018  
Projectnaam: Inbouwen REGIS 2.2 in MORIA lagenmodel  
Projectnummer: BG1132  
Auteur(s): Wouter Swierstra, Toine Kerckhoffs

Opgesteld door: Wouter Swierstra, Toine Kerckhoffs

Gecontroleerd door: Ron Stroet

Datum/Initialen: 29 november 2018

Goedgekeurd door: Frans Jorna

Datum/Initialen: 29 november 2018

Classificatie

Projectgerelateerd



## Disclaimer

*No part of these specifications/printed matter may be reproduced and/or published by print, photocopy, microfilm or by any other means, without the prior written permission of HaskoningDHV Nederland B.V.; nor may they be used, without such permission, for any purposes other than that for which they were produced. HaskoningDHV Nederland B.V. accepts no responsibility or liability for these specifications/printed matter to any party other than the persons by whom it was commissioned and as concluded under that Appointment. The integrated QHSE management system of HaskoningDHV Nederland B.V. has been certified in accordance with ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 and OHSAS 18001:2007.*

## Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>1</b>
1.1	Een nieuw lagenmodel voor het MORIA-modelinstrumentarium	1
1.2	Doel en kader van de studie	1
1.3	Leeswijzer	1
<b>2</b>	<b>MORIA-modelinstrumentarium</b>	<b>2</b>
2.1	Modelgrenzen en gebiedsbeschrijving	2
2.2	MORIA v3.3	2
2.3	iMODFLOW	3
<b>3</b>	<b>Bouw lagenmodel met NHI-lagentool</b>	<b>4</b>
3.1	Bouwen geologische basisdataset	4
3.2	Inbranden van GEOTOP in lagenmodel	5
3.2.1	Invoegen Holocene deklaag uit GEOTOP	5
3.2.2	Invoegen gestuwde zettingen (DTC) uit GEOTOP	6
3.3	Opbouw lagenmodel	6
3.4	Resultaat lagenmodel	8
<b>4</b>	<b>Overnemen parameters deelmodellen</b>	<b>9</b>
4.1	Holocene deklaag	9
4.2	River- en drainmodule	9
4.3	Stuwwal “Heumensoord”	10
4.4	Bergingscoëfficiënt	10
4.5	Weerstand Waalreklei uit Overbetuwe studie	10
4.6	Grondwateraanvulling	11
<b>5</b>	<b>Aanpassen modelparameters aan nieuwe laagopbouw</b>	<b>12</b>
5.1	Onttrekkingen	12
5.2	Damwanden	12
5.3	Zand- en kleiwinplassen	12
5.4	Breuken	12
5.5	Verticale weerstand aan de bovenkant van Breda	13
<b>6</b>	<b>Gevoeligheidsanalyse en kalibratie</b>	<b>14</b>
6.1	IJKset	14
6.2	Gevoeligheidsanalyse	15
6.3	Regionale kalibratie	16

6.4	Verificaties Heumensoord	20
7	<b>Conclusies</b>	<b>21</b>
8	<b>Aanbevelingen</b>	<b>22</b>
9	<b>Literatuur</b>	<b>23</b>

## Bijlagen

Kalibratieresultaat per modellaag

## 1 Inleiding

### 1.1 Een nieuw lagenmodel voor het MORIA-modelinstrumentarium

Het modelinstrumentarium MORIA (Modellering Ondergrond Rivierenland Interactief en Actueel) omvat een regionaal grondwatermodel van het gehele beheergebied van het Waterschap Rivierenland. Het huidige lagenmodel van MORIA (v3.3) is gebaseerd op geologische gegevens uit REGIS v2.1. In deze studie is een nieuw lagenmodel voor MORIA (v4.3) gemaakt op basis van de vernieuwde versie van REGIS (v2.2) en GEOTOP. Daarbij is REGIS gebruikt voor de laagopbouw van de Pleistocene formaties en GEOTOP voor de laagopbouw van het Holoceen en de gestuwde eenheden. GEOTOP biedt namelijk voor het Holoceen meer detail en voor de gestuwde eenheden meer actuele informatie dan REGIS.

**Voorliggende rapportage is bedoeld voor modellers die gaan werken met MORIA v4.3. De modelbestanden zijn opgeleverd op de MORIA server, in de folder: e:\MORIA\ibase\versie4.3\**

### 1.2 Doel en kader van de studie

Het doel van deze studie is een nieuw lagenmodel voor het MORIA-modelinstrumentarium te maken, waarbij de modellagen goed herleidbaar zijn uit REGIS II v2.2. en GEOTOP. Deze studie gaat over de opbouw van het nieuwe lagenmodel MORIA v4.3. Het topsysteem, de grondwateraanvulling en het oppervlaktewatersysteem vormen geen onderdeel van deze studie en worden overgenomen uit het huidige MORIA v3.3 of indien beschikbaar uit latere deelmodellen gebaseerd op MORIA v3.3.

Op het nieuwe lagenmodel is een regionale kalibratie uitgevoerd voor de transmissiviteit van de watervoerende pakketten en de weerstand van de scheidende lagen. Uitzondering vormt het Holoceen en DTC (Drente-complex). De kalibratie van het Holoceen gebeurt in aparte deelmodellen. Aanpassingen aan de holocene deklaag uit reeds uitgevoerde deelmodellen zijn overgenomen in voorliggende studie. Waar nog geen kalibratie van deelmodellen uitgevoerd is, is de weerstand van het holoceen gelijk aan MORIA v3.3. Ook het DTC is niet binnen voorliggende studie beschouwd, maar overgenomen uit een deelmodelstudie rond Heumensoord.

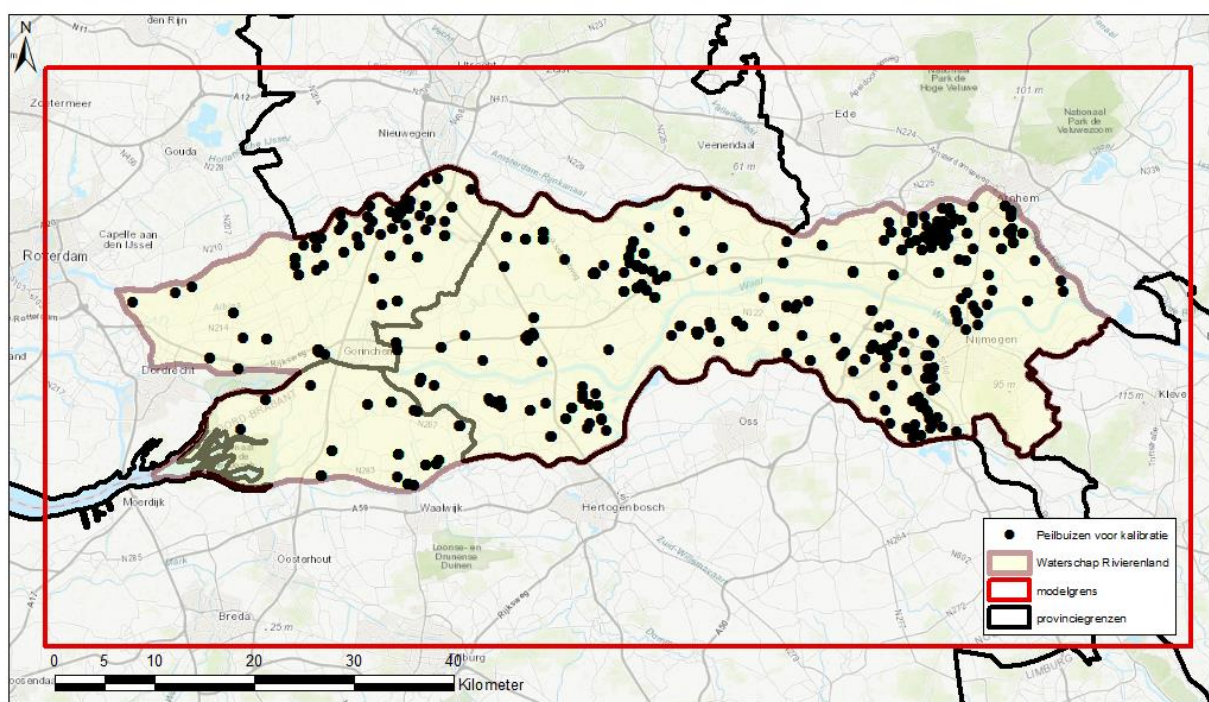
### 1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft het MORIA-modelinstrumentarium. Hoofdstuk 3 beschrijft hoe de geologische basisdataset is samengesteld. In hoofdstuk 4 wordt de inbreng uit (oude) deelmodellen in het nieuwe MORIA-model besproken. Hoofdstuk 5 beschrijft de aanpassingen aan modelparameters n.a.v. de nieuwe modellagen. Hoofdstuk 6 bespreekt de gevoeligheidsanalyse en de kalibratie. Tevens wordt in hoofdstuk 6 een vergelijking gemaakt tussen het bereikte kalibratieresultaat van MORIA v4.3 en MORIA v3.3. Hoofdstuk 7 concludeert dat een reproduceerbaar model is gebouwd dat een goede basis is voor het MORIA-modelinstrumentarium. In hoofdstuk 8 zijn aanbevelingen opgenomen.

## 2 MORIA-modelinstrumentarium

### 2.1 Modelgrenzen en gebiedsbeschrijving

De begrenzing van het MORIA-modelinstrumentarium is weergegeven in figuur 2.1 en omvat het hele beheergebied van het Waterschap Rivierenland. Het model overlapt deels met Duitsland en de provincies Zuid-Holland, Gelderland, Noord-Brabant en Utrecht. Het MORIA modelinstrumentarium wordt gekalibreerd voor het Rivierenlandgebied, met uitzondering van de Biesbosch en het gebied ten oosten van het Maas-Waalkanaal ten zuiden van de Waal. Dit gebied is het gebied waarin zich de peilbuizen van de kalibratiedataset bevinden (zie figuur 2.1).



Figuur 2.1 Begrenzing (in rood) van het MORIA-modelinstrumentarium

Karakteristiek voor het gebied is de relatief slecht doorlatende Holocene deklaag met daaronder een relatief goed doorlatend Pleistoceen eerste watervoerend pakket. De slecht doorlatende deklaag wordt van oost naar west steeds dikker.

Het gebied wordt doorsneden door de rivieren Maas, Rijn, Waal en Neder-Rijn. In het oosten snijden de rivieren in tot in het eerste watervoerend pakket. Met het dikker worden van de deklaag naar het westen, neemt de invloed van de rivieren in het eerste watervoerend pakket af. In het westen van het gebied snijden de rivieren niet in tot in het Pleistocene zand, maar blijven de rivieren in het Holoceen.

Met het dikker worden van de deklaag en het dieper worden van de polders naar het westen, neemt de infiltratiecapaciteit in de polders af en wordt het verschil tussen de rivierpeilen en de maaiveldhoogten van de polders groter.

### 2.2 MORIA v3.3

Het lagenmodel van MORIA v3.3 werd in 2016 gebouwd. Het model bevat waarden voor de transmissiviteit (KD) en de weerstand (C) van modellagen. Daaraan is informatie over de boven- en

onderkant van de modellen toegevoegd ten behoeve van stroombaanberekeningen. MORIA v3.3 wordt beschreven in de rapportage: “Nieuw lagenmodel voor het MORIA-modelinstrumentarium gebaseerd op REGIS en Geotop” (Royal HaskoningDHV, 2016a).

### **2.3 iMODFLOW**

iMODFLOW is het rekenprogramma van het MORIA-modelinstrumentarium voor het verzadigde grondwatermodel. iMODFLOW is een rekenprogramma uit het iMOD-instrumentarium en is gebaseerd op eindige differenties (MODFLOW). MetaSWAP is het rekenprogramma voor het onverzadigde deel.

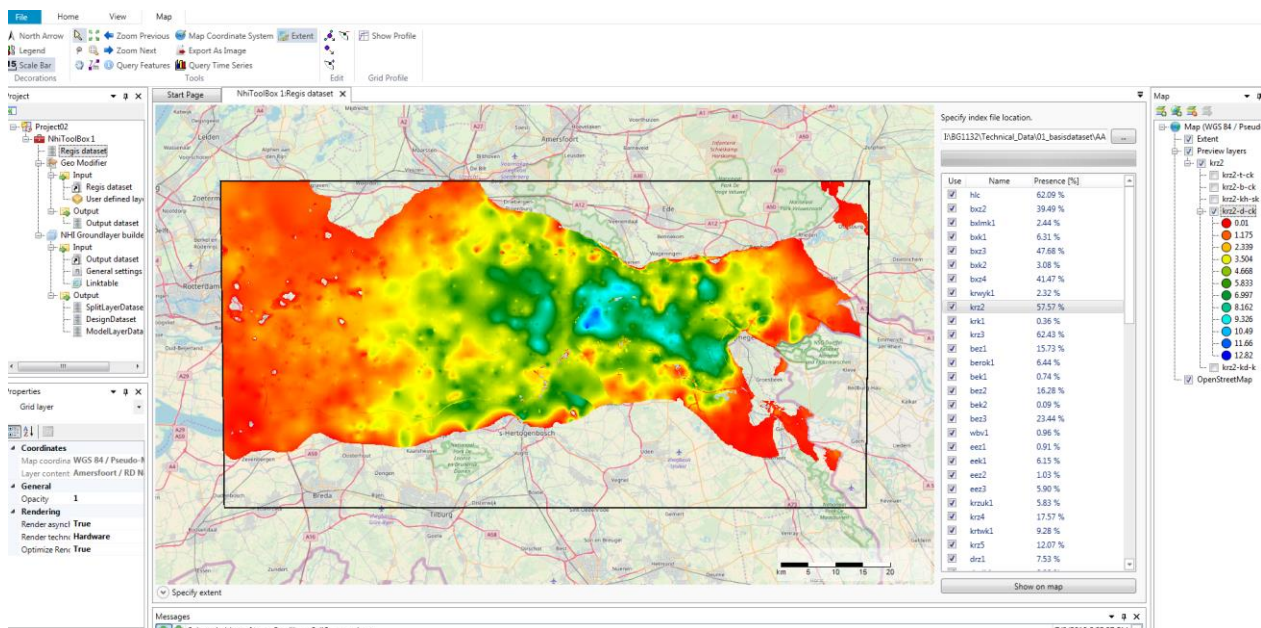
In voorliggende studie is gewerkt met de op moment van uitvoeren beschikbare laatste versie van iMODFLOW zijnde IMODFLOW\_V4\_2\_1\_METASWAP\_SVN1233\_X64R.EXE.



### 3 Bouw lagenmodel met NHI-lagentool

In het project is het lagenmodel gemaakt met behulp van de NHI-lagentool. Eerste stap voorafgaand aan de inzet van de lagentool is het maken van een geologische basisdataset die het hele modelgebied bestrijkt. Dit is naast REGIS II v2.2 in Nederland ook een stukje Duitsland. De bouw van de geologische basisdataset wordt toegelicht in paragraaf 3.1.

Met behulp van de geologische dataset zijn vervolgens uit Geotop het Holocene en gestuwde afzettingen (DTC) ingebrand in de geologische basisdataset (par. 3.2). Vanuit deze gemodificeerde geologische basisdataset zijn met de NHI-lagentool de modellagen aangemaakt (par. 3.3 en 3.4).



Figuur 3.1 Screenshot NHI-lagenmodule

#### 3.1 Bouwen geologische basisdataset

De basis van het lagenmodel is de geologische dataset REGIS II v2.2. Van de aanwezige formaties zijn de ligging, weerstand en doorlatendheid opgenomen in het lagenmodel. De geologische gegevens van REGIS zijn alleen beschikbaar binnen de Nederlandse grenzen, de modelgrenzen van het MORIA-lagenmodel liggen echter gedeeltelijk in Duitsland.

Een deel van het modelgebied bevat een geologisch lagenmodel beschikbaar uit een studie waarin het Niersdal is gemodelleerd en dat ook is toegevoegd aan het IBRAHYM-modelinstrumentarium (DHV, 2012 en Deltares, 2015). Voor het Niersdal is deze laagschematisatie overgenomen. Ten noorden van het Niersdal is dan nog een klein stukje Duitsland waarvoor geen geologische laaginformatie beschikbaar is, hier is met behulp van interpolatie van de kleilagen het lagenmodel gemaakt. Dit betreft een gebied met een omvang van circa 15 x 7 km.

In de nu gebouwde versie MORIA versie 4.3 is het lagenmodel in Duitsland ten opzichte van MORIA versie 3.3 ongewijzigd gebleven. In de geologische basisdataset zijn de modellagen uit MORIA versie 3.3 in Duitsland toegevoegd. De geologische basisdataset bestaat in Nederland uit REGIS en in Duitsland uit de modellagen uit MORIA versie 3.3 die gekoppeld zijn aan formaties in Nederland.



De TOP, BOT, K en C-waarden van de modellagen in Duitsland zijn samengevoegd met een overeenkomende REGIS-formatie. Vervolgens zijn deze parameters samengevoegd met de parameters van de bijbehorende REGIS-formaties in Nederland.

Door deze aanpak verandert er in Duitsland niets ten opzichte van de vorige versie van MORIA (v3.3). N.B. bij de kalibratie (zie hoofdstuk 6) is op REGIS laagniveau gekalibreerd. Kalibratiefactoren zijn bepaald voor de REGIS formaties waar deze binnen Nederland voorkomen. Er zijn dus geen wijzigingen in Duitsland doorgevoerd.

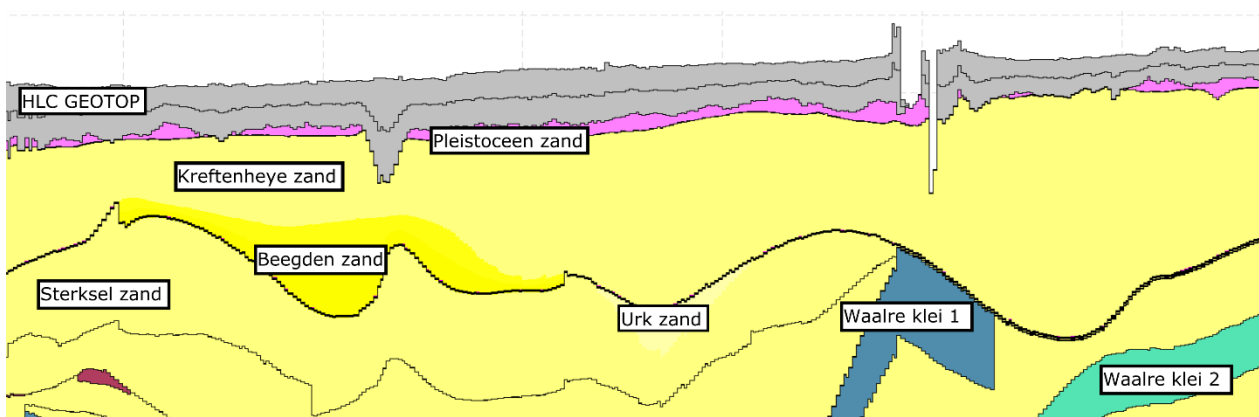
Het samenvoegen met Duitsland is op REGIS-niveau gebeurd, voorafgaand aan de bouw van het lagenmodel. Hierdoor is er nu een geologische basisdataset die het hele MORIA-modelgebied omvat. Vanuit deze geologische basisdataset kan ook in deelmodellen eenvoudig met de NHI lagentool een lagenmodel afgeleid worden, indien men in een deelmodel een andere indeling van de REGIS lagen wil toepassen.

## 3.2 Inbranden van GEOTOP in lagenmodel

### 3.2.1 Invoegen Holocene deklaag uit GEOTOP

De Holocene deklaag is beter verwerkt in GEOTOP dan in REGIS. De Holocene deklaag (HLC) uit GEOTOP is ingevoegd met behulp van de NHI-lagentool. Dit houdt in dat op de locaties waar HLC uit GEOTOP voorkomt, de formaties uit de geologische dataset van REGIS worden vervangen door HLC uit GEOTOP. Verbreiding en dikte van HLC zijn in REGIS en GEOTOP verschillend. Daardoor zijn er locaties waar de Holocene deklaag dikker is in GEOTOP dan in REGIS. Er zijn ook plaatsen waar HLC in GEOTOP voorkomt en in REGIS niet. In deze gevallen wordt niet alleen de Holocene deklaag uit REGIS vervangen door GEOTOP, maar ook andere zand- en kleilagen die zich volgens REGIS daar bevinden.

Tevens zijn er locaties waar HLC volgens GEOTOP niet voorkomt maar wel volgens REGIS. Omdat de overige formaties ook afkomstig zijn uit REGIS sluiten de formaties niet meer precies aan. Om deze gaten op te vullen is in deze studie een formatie toegevoegd aan de geologische basisdataset die zich bevindt op locaties waar HLC volgens GEOTOP niet, maar volgens REGIS wel voorkomt. Deze is in figuur 3.2 weergegeven in roze. In deze studie is ervan uitgegaan dat deze formatie Pleistoceen zand is. Het heeft een doorlatendheid gekregen van de onderliggende formatie, Kreftenheye zand, namelijk 50 m/d.

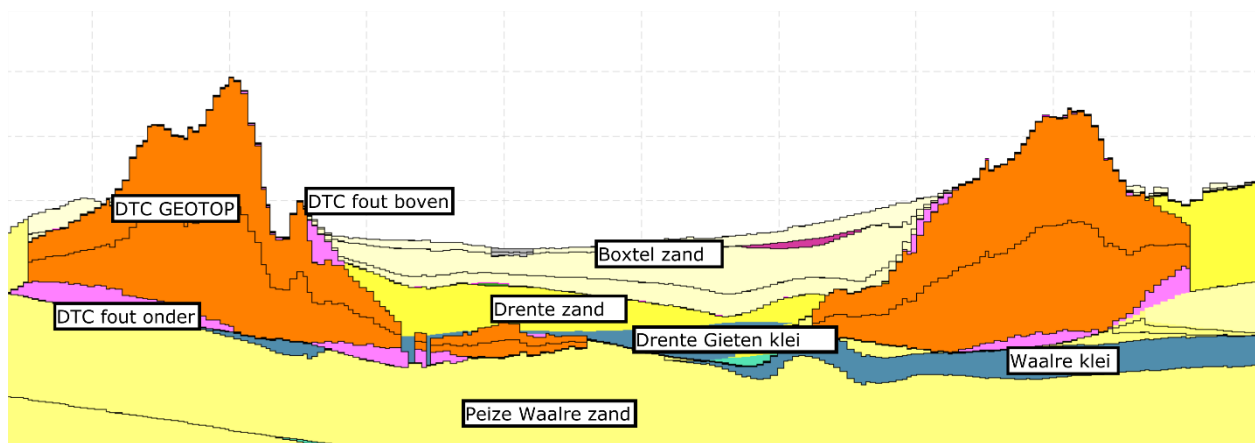


Figuur 3.2 Doorsnede om de pleistoceen zand te laten zien

### 3.2.2 Invoegen gestuwde zettingen (DTC) uit GEOTOP

De gestuwde zettingen (DTC, Drente-complex) zijn op eenzelfde manier ingevoegd als de Holocene deklaag: op basis van GEOTOP en met behulp van de NHI-lagentool. Doordat de DTC uit GEOTOP niet precies aansluit bij DTC uit REGIS komt het voor dat DTC uit REGIS boven of onder het DTC uit GEOTOP ligt.

Naast de locaties waar DTC wel in REGIS voorkomt, maar niet in GEOTOP komt het ook voor dat er formaties onder de DTC komen te liggen die in werkelijkheid jonger zijn. Hetzelfde geldt voor formaties die boven de DTC uit GEOTOP komen te liggen, terwijl deze in werkelijkheid ouder zijn. De formaties die na het invoegen van de DTC uit GEOTOP “verkeerd” zijn komen te liggen, zijn samengevoegd in twee nieuwe formaties. Alle formaties die onterecht boven de DTC uit GEOTOP zijn komen liggen, zijn samengevoegd tot een formatie (dtcbz, DTC boven zand), hetzelfde principe geldt voor formaties die onterecht onder de DTC zijn komen te liggen (dtcoz DTC onder zand). De nieuwe formaties zijn in figuur 3.3 in het roze weergegeven.



Figuur 3.3 Doorsnede voorbeeld nieuwe zandformaties. De nieuwe zandformaties zijn in het roze weergegeven

De nieuwe zandformaties krijgen een doorlatendheid van 30 (boven) en 50 (onder) m/d toegewezen. Deze zijn afgeleid van de gemiddelde doorlatendheid van REGIS-formaties die in dezelfde modellaag voorkomen. Voor “dtcbz” is dat de formatie van Drente, voor “dtcoz” is dat de formatie van Urk.

### 3.3 Opbouw lagenmodel

Het nieuwe lagenmodel wordt gemaakt met behulp van de NHI-lagentool. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de tool “modellayers based on aquifers”. Met deze tool kunnen de modellagen direct worden gelinkt aan de bijbehorende REGIS-formaties. Welke REGIS-formatie aan welke modellaag wordt toegeschreven is opgenomen in de linktabel. De linktabel gebruikt in voorliggende studie is gebaseerd op de linktabel uit de Overbetuwe studie (KWR en RHDVH, 2018). In de Overbetuwe studie is voor het eerst in MORIA met REGIS II v2.2 gewerkt. Enige verandering ten opzichte van de Overbetuwe studie is dat in deze studie ervoor gekozen is de “Drenthe zand 3” (drz3) aan modellaag 7 in plaats van 8 toe te schrijven, zie tabel 3.1 en 3.2 Hierdoor komt modellaag 8 alleen uit DTC te bestaan.

Tabel 3.1 Linktabel doorlatende lagen (nieuw gecreëerde zandformaties zijn cursief weergegeven)

Modellaag	REGIS-formatie
1	HLC (GEOTOP) horizontale doorlatendheid****

Modellaag	REGIS-formatie
2	<i>Pleisz*</i> , bxz2
3	Bxz3
4	Bxz4, krz2, krz3, bez1, bez2, bez3
5	Eez1, eez2, eez3
6	Krz4
7	Krz5, drz1, drz2, drz3, <i>dtcbz**</i>
8	DTC(GEOTOP) horizontale doorlatendheid****
9	<i>Dtcoz***</i> , dnz1, urz1, urz2, urz3, urz4, urz5, stz1
10	Stz2, syz1
11	syz2
12	Syz3, syz4, pzwaz1
13	pzwaz2
14	pzwaz3
15	Pzwaz4, msz1
16	msz2
17	Msz3, msc****, msz4, kiz1
18	Kiz2, kiz3, kiz4, kiz5, ooz1
19	Ooz2, ooc, brz1

\* *pleisz* is de laag die in REGIS als holoceen is aangeduid, maar niet in GEOTOP (zie paragraaf 3.21); dit is de roze laag uit figuur 3.2.

\*\* *dtcbz* is de laag die in REGIS als *dtc* aangeduid is of als laag ouder dan *dtc*, maar niet in GEOTOP (zie paragraaf 3.2.2); dit is de roze laag uit figuur 3.3 waar deze zich boven het DTC (uit GEOTOP) bevindt.

\*\*\* *dtcoz* is de laag die in REGIS als *dtc* is aangeduid of als laag jonger dan *dtc*, maar niet in GEOTOP (zie paragraaf 3.2.2); dit is de roze laag uit figuur 3.3 waar deze zich boven het DTC (uit GEOTOP) bevindt.

\*\*\*\* complexen hebben een horizontale doorlatendheid en verticale weerstand gekregen. De horizontale doorlatendheid van het pakket is toegekend aan de modellaag waarin deze in tabel 3.1 is weergegeven.

Tabel 3.2 Linktabel scheidende lagen

Scheidende laag	REGIS-formatie
1	HLC (GEOTOP) verticale weerstand*
2	Bxlmk1, bxk1
3	Bxk2, krwyk1, krk1, berok1
4	Bek1, bek2, wvb1, eek1
5	Krzuk1
6	Krtwk1
7	Druik1, drgik1
8	DTC (GEOTOP) verticale weerstand*

Scheidende laag	REGIS-formatie
9	Urk1, stk1
10	Syk1
11	Syk2
12	Wak1
13	Wak2
14	Wak3
15	Msk1
16	Msk2, msc verticale weerstand*
17	Kik1
18	Ook1, ooc

*\* complexen hebben een horizontale doorlatendheid en verticale weerstand gekregen. De verticale weerstand van het pakket is toegekend aan de scheidende laag waarin deze in tabel 3.2 is weergegeven.*

### 3.4 Resultaat lagenmodel

Het resultaat van het lagenmodel is via onderstaand .imf-bestand (te openen in iMOD) te bekijken:  
e:\Projecten\MORIA\_ALL\RHDHV\REGIS22\_MORIA\01\_lagenmodel\Lagenmodel.imf

In bovenstaande imf zijn zowel het geologische basismodel als de modellagen opgenomen. Bij het maken van een doorsnede worden de geologische lagen als gekleurde vlakken weergegeven en de modellagen met lijnen weergegeven.

## 4 Overnemen parameters deelmodellen

Het topsysteem, de grondwateraanvulling en het oppervlaktewatersysteem vormen geen onderdeel van deze studie en worden overgenomen uit het huidige MORIA v3.3 of indien beschikbaar uit latere deelmodellen gebaseerd op MORIA v3.3. Ook voor de holocene deklaag en de DTC geldt dat kalibratie geen onderdeel is van deze studie en wordt overgenomen uit het huidige MORIA v3.3 of indien beschikbaar uit latere deelmodellen gebaseerd op MORIA v3.3.

Deelmodellen waaruit informatie verwerkt is in voorliggende studie:

- Land van Maas en Waal → Witteveen en Bos, 2015.
- Bommelwaard → Arcadis, 2016.
- Lek&Linge en Tielerwaard → Royal HaskoningDHV, 2017.
- Hatertse vennen → Witteveen en Bos, 2008
- Heumensoord → niet gerapporteerd. Aanpassingen vastgelegd in Trishell.
- Overbetuwe studie → KWR en RHDHV, 2018.
- Studie naar strategische voorraden (drie provincie-studie) → Royal HaskoningDHV, 2018a.

Voor MORIA v3.3 wordt verwezen naar de rapportage “Nieuw lagenmodel voor het MORIA-modelinstrumentarium gebaseerd op REGIS en Geotop” (Royal HaskoningDHV, 2016a).

In voorliggend hoofdstuk wordt beschreven welke informatie uit bovengenoemde modelstudies is overgenomen.

De resulterende parameterwaarden zijn opgeleverd binnen de DBASE van MORIA v4.3 op de locatie:  
*E:\MORIA\database\versie4.3\DBase\_4.3*

### 4.1 Holocene deklaag

De weerstand en doorlatendheid van de Holocene deklaag is overgenomen uit de studie naar strategische voorraden (drie provincie-studie) waarin deze gekalibreerd zijn. Hierin zijn reeds de aanpassingen verwerkt van de volgende deelmodellen: Hatertse vennen, Land van Maas en Waal, Bommelerwaard en Lek&Linge en Tielerwaard. Hierin is tevens de laatste versie omtrent de insnijding van waterlopen verwerkt.

De holocene deklaag is in al deze studies gebaseerd op Geotop. Dit geldt voor alle eerder uitgevoerde deelmodellen alsmede voor voorliggende studie. Voor het nieuwe model Moria 4.3 is de weerstand van de holocene deklaag dus 1 op 1 overgenomen, zonder dat dit tot inconsistenties leidt. Daar waar nog geen deelmodellen ontwikkeld zijn is de weerstand van de holocene deklaag (nog) gelijk aan de weerstand aanwezig in GEOTOP gelijk MORIA v3.3.

Voor een beschrijving met betrekking tot de originele parametrisatie van het holoceen op basis van GEOTOP in MORIA v3.3 wordt verwezen naar de rapportage “Nieuw lagenmodel voor het MORIA-modelinstrumentarium gebaseerd op REGIS en Geotop” (Royal HaskoningDHV, 2016a).

### 4.2 River- en drainmodule

Alle aanpassingen aan de river- en drainmodule uit de deelmodellen Bommelerwaard en Lek&Linge en Tielerwaard zijn in de voorliggende studie meegenomen. De insnijding van de waterlopen is binnen die studies verwerkt in de conductance van modellaag twee op basis van de resterende Holocene deklaagweerstand. Binnen voorliggende studie is dit 1 op 1 overgenomen. Buiten genoemde deelmodellen is de river- en drainmodule gelijk MORIA v3.3.

N.B.: in de deelmodellen Land van Maas en Waal, Hatertse venen, Heumensoord, Overbetuwe en de studie naar strategische voorraden (drie provincie studie) zijn geen wijzigingen aangebracht aan de river- en drainmodule.

### 4.3 Stuwwal “Heumensoord”

De doorlatendheid en weerstand van modellaag 8, bestaande uit de gestuwde afzettingen (DTC), zijn overgenomen uit het deelmodel Heumensoord. In modellaag 8 is het kleischot zoals deze is gekalibreerd in het deelmodel overgenomen in voorliggende studie. Het DTC was en is gemodelleerd als 1 watervoerende laag (KD8) en 1 weerstandlaag daaronder (C8). De waarden van KD8 en C8 ter plaatse van de stuwwal rond Heumensoord zijn overgenomen uit de Heumensoord-studie. Zowel in de Heumensoord-studie als in voorliggende studie is DTC gebaseerd op GEOTOP. Hierdoor ontstaan dus geen inconsistenties in het lagenmodel.

Vanwege het invoegen van DTC uit GEOTOP zijn er restformaties (dtcbz en dtcoz) ontstaan in de geologische basisdataset die aan modellagen 7 en 9 toegeschreven zijn. Het kleischot, zijnde een smalle zone met lage kd, is ook aan deze modellagen toegevoegd.

Ter plaatse van de stuwwal rond Heumensoord, bevindt zich onder het DTC ook Kiezeloöliet-klei. De weerstand van deze scheidende laag (modellaag 17) is in het deelmodel van Heumensoord verhoogd ter plaatse van de stuwwal. Deze verhoogde weerstand is ook overgenomen uit het Heumensoord model. Het is hierbij wel zo dat in REGIS v2.2 de Kiezeloöliet-klei op andere locaties voorkomt dan het geval was in REGIS v2.1 (en ook in de Heumensoord-studie). In REGIS v2.1 was sprake van Kiezeloöliet-klei die doorloopt tot onder de stuwwal en deels tot onder het gebied De Bruuk. De weerstand van de Kiezeloöliet-klei was in de Heumensoord-studie verhoogd. Om het gebied op dezelfde manier op te nemen als in de Heumensoord-studie is ervoor gekozen de weerstand C17 1 op 1 over te nemen. Deze weerstand is hierdoor niet consistent met het lagenmodel. De relatie tussen de dikte van weerstandsbiedende laag 17 en de weerstand van modellaag 17 is niet meer 1 op 1. Omdat het hier om een weerstandsbiedende laag gaat is dit, ook voor stroombaanberekeningen, niet erg.

### 4.4 Bergingscoëfficiënt

In voorliggende studie is alleen stationair gerekend. Bij de oplevering van de DBASE van MORIA model v4.3 zijn de bergingscoëfficiënten wel overgenomen uit de DBASE van het model Lek&Linge en Tielerwaard (LLTW). Dat is de meest recente, complete versie van de bergingscoëfficiënten waarin ook de aanpassingen aan de bergingscoëfficiënten uit het deelmodel Bommelerwaard verwerkt zijn. In de overige deelmodellen is geen sprake van wijzingen aan de bergingscoëfficiënten.

### 4.5 Weerstand Waalreklei uit Overbetuwe studie

In de studie “Hydrologische analyse Overbetuwe en aanpassing grondwatermodel MORIA” (KWR en RHDHV, 2018) is onderzoek gedaan naar de aan- en afwezigheid van enkele “gaten” in de Waalreklei. Na een analyse van boringen en kalibratie is de ligging en weerstand van de Waalreklei aangepast. De weerstand van de Waalreklei zit, zowel in de modelversie gebruikt voor de Overbetuwe studie als in voorliggende studie, in de scheidende laag 12 (C12). De C12 van de Overbetuwe studie is voor een bepaald gebied 1 op 1 overgenomen. Het betreffende gebied is weergegeven in figuur 4.1 met rode contouren.





## 5 Aanpassen modelparameters aan nieuwe laagopbouw

De resulterende parameterwaarden van de in voorliggend hoofdstuk besproken aanpassingen zijn opgeleverd binnen de DBASE van MORIA v4.3 op de locatie:  
*E:\MORIA\dbase\versie4.3\DBase\_4.3.*

### 5.1 Onttrekkingen

De onttrekkingen zijn overgenomen uit MORIA v3.3. Van veel van de onttrekkingen zijn geen filterdieptes aanwezig in de dataset behorende bij MORIA v3.3. In deze basisdata van MORIA v3.3 is wel opgenomen uit welke formatie wordt gewonnen. De onttrekkingen zijn in MORIA v4.3 toegekend aan modellen op basis van deze informatie. De onttrekkingen onttrekken in het nieuwe MORIA v4.3 uit dezelfde REGIS-formaties als in MORIA v3.3.

### 5.2 Damwanden

De damwanden zijn toegekend aan de nieuwe modellen. Deze zijn op dezelfde manier geschematiseerd als in het deelmodel Bommelerwaard (Arcadis, 2016). Wanneer een modellaag voor meer dan 80% doorsneden is, is deze laag dichtgezet. Als de damwand een modellaag voor minder dan 80% doorsnijdt, worden alle bovenliggende modellen dichtgezet. Modellaag 1 wordt ook bij een doorsnijding van minder dan 80% dichtgezet. De damwanden zijn middels breuken in het model geschematiseerd.

Informatie omtrent de damwanden is afkomstig uit de deelmodellen: Land van Maas en Waal, Bommelerwaard, Lek&Linge en Tielerwaard en Alblasserwaard. Buiten deze deelmodellen is geen informatie omtrent damwanden beschikbaar. Nota bene: het deelmodel Alblasserwaard is in hoofdstuk 4 niet besproken aangezien dit model op het moment van uitvoeren van voorliggende studie nog niet ver genoeg gevorderd was om gegevens uit over te nemen. In de Alblasserwaard waren echter al wel gegevens omtrent damwanden verzameld die in voorliggende studie verwerkt zijn binnen MORIA v4.3.

### 5.3 Zand- en kleiwinplassen

De zand- en kleiwinplassen zijn op dezelfde manier geschematiseerd als in de deelmodellen is gebeurd. Voor de zand- en kleiwinplassen zijn de KD en C-waarden opnieuw toegekend op basis van de diepte van de zandwinplassen in relatie tot de nieuwe hoogtes van de modellen.

Informatie omtrent de zand- en kleiwinplassen is afkomstig uit de deelmodellen: Land van Maas en Waal, Bommelerwaard, Lek&Linge en Tielerwaard en Alblasserwaard. Buiten deze deelmodellen is geen informatie omtrent zand- en kleiwinplassen beschikbaar.

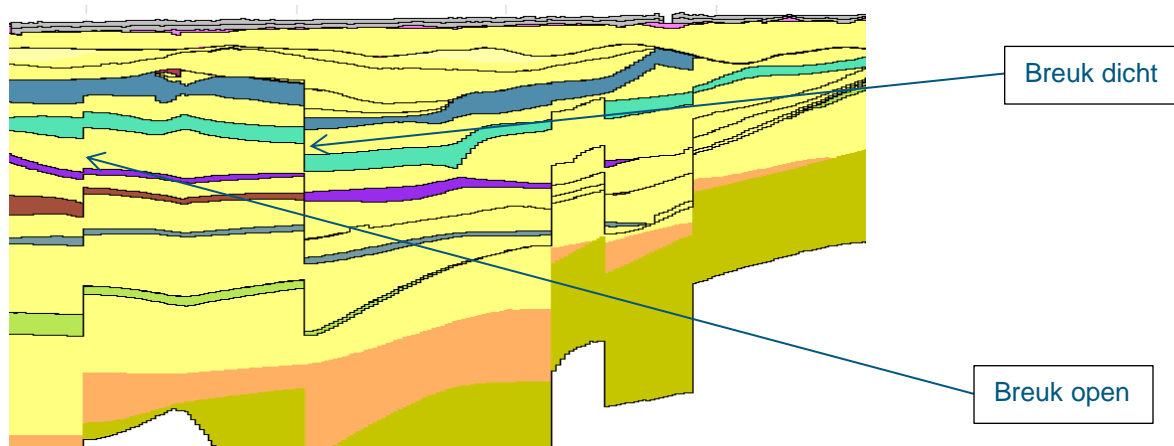
### 5.4 Breuken

In het lagenmodel REGIS II v2.2 zijn breuken op andere plaatsen komen te liggen. Het gaat over het algemeen om kleine verschuivingen, maar de oude breukenset sluit niet mooi aan op de tops en bots van de nieuwe modellen. Nieuwe breuken (\*.gen-bestanden) zijn binnen voorliggende studie afgeleid uit de .shp-bestanden van de breuken uit REGIS II v2.2. Dit is gedaan voor:

- Kreftenheye breuken, actief in modellaag 2 t/m 6.
- Drenthe breuken, actief gemaakt in modellaag 7 t/m 9.
- Sterksel, actief gemaakt in modellaag 10 t/m 12.
- PeizeWaalre breuken, actief gemaakt in modellaag 13 t/m 19.

In REGIS II v2.2. zijn per laag breuken beschikbaar. In deze studie is voor alle lagen gekeken of er verschillen waren tussen het voorkomen van de breuken. Als er niet of nauwelijks verschil is tussen de ligging van de breuken is ervoor gekozen een breuk representatief te maken voor meerdere modellagen. Zo kan het voorkomen dat breuken uit een bepaalde formatie ook in diepere modellagen zijn toegepast, waarin die formatie zelf niet meer voorkomt.

De breuken zijn opgesplitst in hoofdbreuken en breuken. Alleen de hoofdbreuken zijn in het model actief en hebben een weerstand gekregen. Het onderscheid tussen hoofdbreuken en breuken is gemaakt op basis van het open of dicht zijn van een breuk aan de hand van geologische doorsneden, zie figuur 5.1. De toegepaste weerstand ter plaatse van de hoofdbreuken is in een aantal kalibratie-slagen vastgesteld. Hierbij is rekening gehouden met de factoren zoals deze toegepast zijn in de MORIA v3.3.



Figuur 5.1 Open of dicht zijn van breuken. Open = breuk. Dicht = hoofdbreuk

## 5.5 Verticale weerstand aan de bovenkant van Breda

In REGIS II v 2.2 is de basis van het geologische model veel dieper komen te liggen dan in REGIS II v2.1 het geval was. De formatie van Breda is veel dieper (dikker) in REGIS II v2.2. In de Centrale Slenk is de formatie van Breda soms honderden meters dik. Er is voor gekozen om dit ook zo op te nemen in het lagenmodel van MORIA v4.3 met als gevolg dat de onderste modellaag, modellaag 18, die de Breda formatie omvat, soms ook erg dik is. Ondanks dat de doorlatendheid van de Breda formatie in het model niet heel hoog is, is de KD18 door de grote dikte wel hoog. De formatie van Breda levert door de grote dikte en de lage doorlatendheid een grote verticale stromingsweerstand. Omdat de Breda formatie in de laagschematisatie alleen in een watervoerende modellaag is opgenomen wordt dit niet automatisch in het stromingsmodel meegenomen. Om voor deze verticale weerstand te compenseren is ervoor gekozen om weerstand boven modellaag 18, dus in de C17 op te nemen. De weerstand van C17 is dus aangevuld met de voor de formatie van Breda aangenomen verticale weerstand. De aangenomen weerstand voor de formatie van Breda wordt bepaald aan de hand van de volgende formule:

$$\text{Aangenomen weerstand Breda} = \frac{\text{dikte Breda}}{(0.1 * K \text{ waarde Breda (REGIS v2.2)})}$$

## 6 Gevoeligheidsanalyse en kalibratie

Binnen voorliggende studie is een gevoeligheidsanalyse en regionale kalibratie uitgevoerd. De gevoeligheidsanalyse en kalibratie zijn gedaan met een stationair model. Oppervlaktewaterpeilen, het topsysteem en de grondwateraanvulling zijn direct overgenomen uit MORIA v3.3. In dit project is alleen het lagenmodel verbeterd en zijn de geohydrologische parameters van het lagenmodel (weerstand en doorlatendheden) regionaal gekalibreerd.

De weerstand en de transmissiviteit van de Holocene deklaag (HLC) en de gestuwde eenheden (DTC) zijn niet aangepast in deze studie. In voorliggende studie is gekalibreerd op REGIS-hoofdformaties, niet op modellagen. Hierbij worden REGIS-lagen (zand en klei formaties) die behoren tot dezelfde hoofdformatie geclusterd, dit betekent dat deze dezelfde kalibratiefactor krijgen.

Met uitzondering van Waalreklei zijn er geen kalibratiezones onderscheiden. Voor de Waalreklei is uitgegaan van dezelfde zonering als in de studie “Lagenmodel MORIA, Nieuw lagenmodel voor het MORIA modelinstrumentarium gebaseerd op REGIS en Geotop” (Royal HaskoningDHV, 2016a). Deze zonering betreft een aparte zone ter plaatse van de Centrale Slenk.

Bij de oplevering is voor de kD en C waarden de ongekalibreerde set gegevens opgeleverd (dit zijn dus de ongekalibreerde REGIS II v2.2 waarden) en de gekalibreerde set gegevens. De data is terug te vinden op de MORIA server in de folder: *E:\MORIA\dbase\versie4.3\DBase\_4.3*. Hier zijn de mappen *kd\_waarden*, *C\_waarden*, *kd\_waarden\_ONGEKALIBREERD* en *C\_waarden\_ONGEKALIBREERD* te vinden.

Het kalibratieresultaat is als ipf, excel en shape bestand beschikbaar gesteld op de MORIA server en te vinden op de locatie: *E:\MORIA\dbase\versie4.3\Kalibratieresultaten*

### 6.1 IJkset

De ijkset die gebruikt is in voorliggende studie is dezelfde ijkset als gebruikt bij de bouw van MORIA v3.3. De kalibratiedataset is de gemiddeld gemeten stijghoogte over de kalibratieperiode: 01-04-2002 tot en met 31-03-2010 (Royal HaskoningDHV, 2016a). Binnen voorliggende studie zijn de filters van de ijkset toegekend aan de nieuwe modellagen op basis van filterdieptes. Dit is gedaan met de iMOD-module MKWELLIPF. Deze module kent op basis van de boven- en onderkant van onttrekkingsfilters en doorlatendheden van de modellagen, de filters toe aan de modellagen.

In het deelmodel Heumensoord is MORIA v3.3 aanvullend gekalibreerd in de omgeving Heumensoord. De peilbuizen in en rondom Heumensoord zijn niet meegenomen bij de kalibratie. De geologie rondom Heumensoord is te specifiek om mee te kunnen nemen bij een Rivierenland-gebiedsbrede kalibratie. Wel is ter verificatie na het inbouwen van Heumensoord (zie paragraaf 6.3) het model vergeleken met deze ijkset. Nota bene voor Heumensoord zijn de aanpassingen uit MORIA v3.3 overgenomen (zie paragraaf 4.3). Herkalibratie van de omgeving Heumensoord valt buiten de scope van dit project.

De ijkset is beschikbaar op onderstaande locatie:

*E:\MORIA\dbase\versie4.3\DBase\_4.3\Meetpunten\_kalibratie\_dataset\_stationair*

Geconstateerd is dat de periode van de ijkset niet overeenkomt met de stationaire grondwateraanvulling. De periode van de ijkset is 1 april 2002 tot en met 31 maart 2010 en de periode van de grondwateraanvulling is 1 april 2007 tot en met 31 maart 2015. Drie neerslagstations (Oud-Alblas, Herwijnen en Heumen) laten zien dat de periode 1 april 2007 tot en met 31 maart 2015 natter is dan de periode 1 april 2002 tot en met 31 maart 2010, gemiddeld is er 21 mm meer neerslag gemeten bij de drie neerslag stations. Dit betekent dat er in de praktijk in de periode 1 april 2007 tot en met 31 maart 2015

meer grondwateraanvulling was. Voor de studie Lek&Linge en Tielerwaard (Royal HaskoningDHV, 2017) is een nieuwe ijkset gemaakt voor de periode van de modelberekening (1 april 2008 tot en met 31 maart 2016). Hierbij is geconstateerd dat de gemeten grondwaterstanden en stijghoogten slechts beperkt verschilden van de oude ijkset (1 april 2002 tot en met 31 maart 2010). In het gebied waarvoor de kalibratie uitgevoerd wordt (zie figuur 2.1) is de invloed van het oppervlaktewatersysteem relatief groot. De fout die gemaakt wordt door de met een afwijkende periode voor de grondwateraanvulling te kalibreren is hierdoor relatief klein.

Het is zeer wenselijk om dezelfde periode voor de grondwateraanvulling en de ijkset te gebruiken. Er wordt daarom ook aanbevolen om in toekomstige studies dit gelijk te trekken. Door het gebrek aan vertrouwen in de grondwateraanvulling (1 april 2002 tot en met 31 maart 2010) en de verwachte afwijking in de kalibratie door het gebruik van de grondwateraanvulling voor de periode 1 april 2002 tot en met 31 maart 2015, vinden wij het acceptabel om voor deze studie gebruik te maken van de ijkset voor de periode 1 april 2002 tot en met 31 maart 2010.

## 6.2 Gevoeligheidsanalyse

Er is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd door alle te kalibreren parameters (kD en C waarden) met een vaste factor (1,1) te vermenigvuldigen en vervolgens naar de wijziging van de stijghoogten als gevolg van deze wijziging te kijken. De resultaten van de gevoeligheidsanalyse zijn weergegeven in tabel 6.1. De eerste letter(s) in de naamgeving van de parameters staan voor de transmissiviteit (kD) of weerstand (C) van een formatie, gevolgd door de eerste letters van de formatienaam.

De getallen geven dedeelformaties aan. KDkr23 staat voor de kD van de Kreftenheye zanden 2 en 3 (samen). Indien een liggend streepje in de naam staat was sprake van zonering. De gepresenteerde stijghoogteverandering betreft de stijghoogteverandering van alle peilbuizen uit de ijkset.

De gemiddelde absolute verandering van de stijghoogte als gevolg van aanpassingen aan de doorlatendheid van: KDkr23, KDdr, KDst, KDpza1, KDpza2, KDms en KDbr, is groter dan 0.01 meter. Op deze parameters is extra aandacht gelegd tijdens de regionale kalibratie.

Tabel 6.1 Resultaten gevoeligheidsanalyse.

Parameter	Gemiddelde verandering [m]	Gemiddelde absolute verandering [m]	Parameter	Gemiddelde verandering [m]	Gemiddelde absolute verandering [m]
KDkr23	0	0.023	KDpza2	0.007	0.054
Ckr	0	0	Cwa1_1	0	0
KDbe	-0.005	0.007	Cwa1_2	0	0
Cbe	0.001	0.001	Cwa23_1	0	0.004
Ckrzutw	0	0	Cwa23_2	0.001	0.005
KDkr45	-0.003	0.003	KDms	0.01	0.019
KDdr	-0.01	0.014	Cms	0	0
Cdrgi	0	0	KDki1	0.001	0.003
KDur	0.001	0.008	KDki2	-0.002	0.004
Cur	0	0	Cki1	0	0.001

KDst	-0.003	0.03	Cki2	0	0
Cst	0	0.001	KDoo	0	0.001
KDsy	-0.002	0.004	Coo	0	0
Csy	0	0.003	KDbr	0.004	0.051
KDpza1	0.019	0.039			

### 6.3 Regionale kalibratie

Doel van de kalibratie is minimalisatie van de afwijking tussen berekende en gemeten stijghoogten. Om precies te zijn, van de gemiddelde absolute afwijking en van de gemiddelde afwijking.

Met behulp van de Monte Carlo methode is onderzocht of aanpassingen aan de transmissiviteit en weerstand effect hebben op de stijghoogtes. Er zijn 600 berekeningen uitgevoerd, met verschillende combinaties van kalibratiefactoren. De range van de kalibratiefactoren is overgenomen van de ijking van het Brabantmodel (Royal HaskoningDHV, 2018b) (tabel 6.2). Tevens zijn de kalibratiefactoren van de formaties van Boxtel en Eem overgenomen van het Brabantmodel.

Tabel 6.2 Onderzochte range ijkfactoren uit Brabantmodel

Parameter	Range kalibratiefactoren		Parameter	Range kalibratiefactoren	
KDkr23	1	5	KDpza2	0.2	3
Ckr	0.1	5	Cwa1_1	1	23
KDbe	0.1	1	Cwa1_2	1	15
Cbe	0.1	5	Cwa23_1	0.25	3.5
Ckrzutw	0.1	5	Cwa23_2	0.25	3.5
KDkr45	1	5	KDms	0.5	4
KDdr	0.1	5	Cms	0.25	2
Cdrgi	0.1	5	KDki1	0.2	3
KDur	0.1	5	KDki2	0.2	3
Cur	0.1	5	Cki1	0.5	6
KDst	0.1	3	Cki2	0.5	6
Cst	0.1	5	KDoo	0.2	3
KDsy	0.5	4	Coo	0.5	2
Csy	0.5	5	KDbr	0.1	4
KDpza1	0.2	3			

Op basis van de gevoeligheidsanalyse, Monte Carlo analyse en enkele aanvullende modelberekeningen zijn onderstaande kalibratiefactoren bepaald. De kalibratiefactoren in tabel 6.3 zijn weergegeven ten opzichte van de transmissiviteit en weerstand zoals deze in REGIS zijn opgenomen.

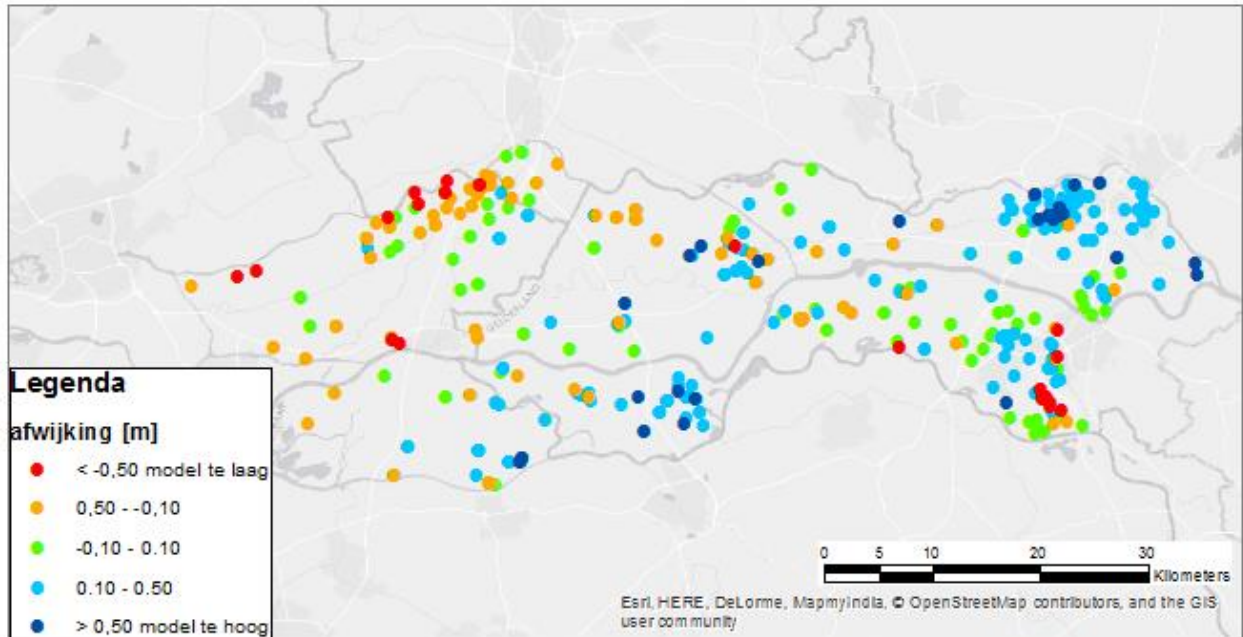


Tabel 6.3 Kalibratieresultaat.

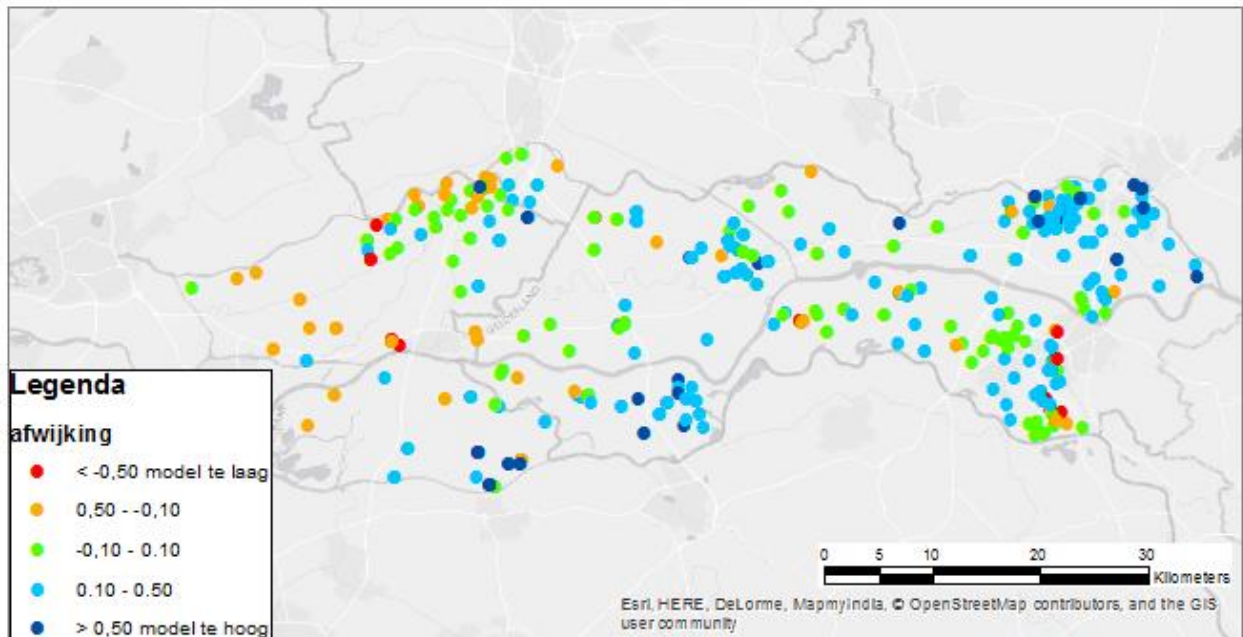
Parameter	Kalibratiefactor	Parameter	Kalibratiefactor
KDkr23	3.3	KDpzwa2	0.7
Ckr	1	Cwa1_1	2
KDbe	0.3	Cwa1_2	3.6
Cbe	1	Cwa23_1	2
Ckrzutw	1	Cwa23_2	2.75
KDkr45	3.3	KDms	1
KDdr	2.8	Cms	1
Cdrgi	1	KDki1	0.6
KDur	1	KDki2	0.6
Cur	1	Cki1	1
KDst	0.9	Cki2	1
Cst	1	KDoo	0.8
KDsy	1.7	Coo	1.7
Csy	2.5	KDbr	1
KDpzwa1	0.7		

Het kalibratieresultaat van MORIA v4.3 (Figuur 6.3) is vergeleken met het kalibratieresultaat van het MORIA v3.3 model (figuur 6.1) en met het kalibratieresultaat met het MORIA v4.3 model voor kalibratie (figuur 6.2). Nota bene: het model voor kalibratie bevat doorlatendheden en weerstanden op basis van de originele REGIS v2.2 kh en kv-waardes.

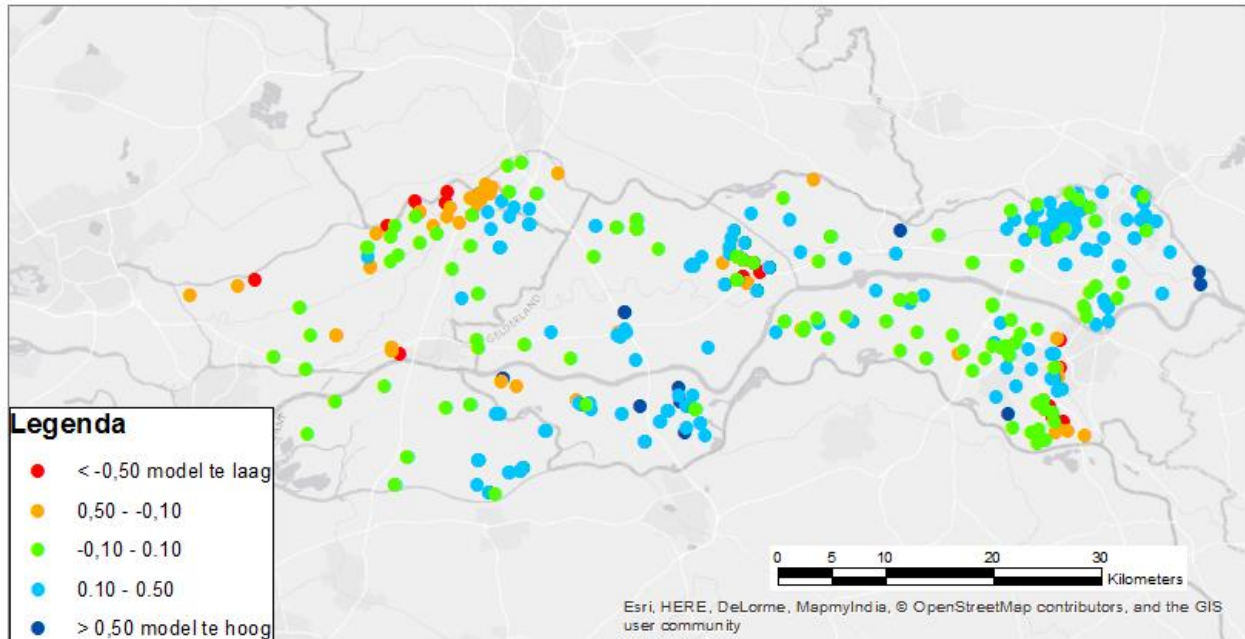
Het kalibratieresultaat is per peilbuis weergegeven met een kleur die aangeeft hoeveel de modelberekende waarden afwijken van de gemeten waarden. De figuren geven alle peilbuizen weer; deze zijn verdeeld over meerdere watervoerende pakketten. Tabel 6.4 geeft de gemiddelde en absoluut gemiddelde afwijkingen van de stijghoogte na kalibratie weer. In bijlage 1 zijn de resultaten per modellaag gepresenteerd.



Figuur 6.1 Afwijkingen modelresultaten MORIA v3.3 en gemeten waardes.



Figuur 6.2 Resultaten ongekalibreerd model gebaseerd op REGIS v2.2 waardes



Figuur 6.3 Afwijkingen modelresultaten MORIA v4.3 en gemeten waarden

Tabel 6.4 Resultaten kalibratie

modellaag	Gemiddelde afwijking [m]	Gemiddelde absolute afwijking [m]	Modellaag	Gemiddelde afwijking [m]	Gemiddelde absolute afwijking [m]
all	0.043	0.29	10	0.096	0.155
1	0.075	0.212	11	0.098	0.239
2	0.089	0.167	12	0.331	0.371
3	-2.777	2.777	13	-0.142	0.361
4	0.099	0.235	14	-0.099	0.318
5	-0.21	0.21	15	-0.189	0.384
6	0.187	0.187	16	-0.106	0.414
7	0.48	0.48	17	0.123	0.375
8	0.123	0.123	18	0.52	0.52
9	0.006	0.156	19	0.398	0.436

Het kalibratieresultaat is als ipf, Excel en shape bestand beschikbaar gesteld op de MORIA server en te vinden op de locatie: *E:\MORIA\dbase\versie4.3\Kalibratieresultaten*

Bij de oplevering is voor de kD en C waarden de ongekalibreerde set gegevens opgeleverd (dit zijn dus de ongekalibreerde REGIS II v2.2 waarden) en de gekalibreerde set gegevens. De data is terug te vinden op de MORIA server in de folder: *E:\MORIA\dbase\versie4.3\DBase\_4.3*. Hier zijn de mappen *kd\_waarden*, *C\_waarden*, *kd\_waarden\_ONGEKALIBREERD* en *C\_waarden\_ONGEKALIBREERD* te vinden.

## 6.4 Verificaties Heumensoord

In het deelmodel Heumensoord is MORIA v3.3 aanvullend gekalibreerd in de omgeving Heumensoord. De peilbuizen in en rondom Heumensoord zijn niet meegenomen bij de kalibratie. Wel is ter verificatie na het inbouwen van Heumensoord (zie paragraaf 4.3) het model vergeleken met de ijkset uit het Heumensoord model.

De afwijkingen ter plaatse van de stuwwal zelf zijn vergelijkbaar met de afwijkingen van het Heumensoord model. Het model is ter plaatse van de Bruuk echter verslechterd.

## 7 Conclusies

In voorliggende studie is het lagenmodel van het MORIA-modelinstrumentarium geüpdate, gebaseerd op REGIS v2.2 in combinatie met de Holocene deklaag (HLC) en gestuwde eenheden (DTC) uit GEOTOP. Daarnaast zijn aanpassingen ingebracht die in de verschillende deelmodellen verwerkt zijn. Het gaat om de deelmodellen:

- Land van Maas en Waal.
- Bommelerwaard.
- Lek&Linge en Tielerwaard.
- Hatertse vennen.
- Heumensoord.
- Overbetuwe.
- Studie naar strategische voorraden (drie provincie-studie).

Er zijn geen aanpassingen aan topsysteem en watergangen aangebracht. De parametrisatie van het Holoceen en het DTC is 1 op 1 overgenomen uit de deelmodellen.

Het nieuwe model is regionaal gekalibreerd op de doorlatendheden en weerstanden van de modellagen. De kalibratiefactoren zijn op REGIS-laagniveau toegepast. Deze aanpassing hebben over het algemeen tot een modelverbetering geleid ten opzichte van MORIA v3.3.

Hoewel de wijzigingen rondom de stuwwal van Heumensoord 1 op 1 zijn overgenomen uit het deelmodel Heumensoord is het kalibratieresultaat ter plaatse van de Bruuk verslechterd ten opzichte van het deelmodel Heumensoord.

## 8 Aanbevelingen

- Het model is ten opzichte van het deelmodel Heumensoord verslechterd in de kalibratie ter plaatse van De Bruuk. Aanbevolen wordt om het model lokaal hier verder te kalibreren.
- De databestanden met onttrekkingen zijn nu gekoppeld aan REGIS formaties. Aanbevolen wordt om de onttrekkingen bestanden uit te breiden met filterdieptes. Bijvoorbeeld op het moment dat de NHI-onttrekkingen database gevuld is.
- Rondom de winningen Kerk Avezaath en Zoelen wordt aanbevolen de kalibratiedataset opnieuw te beschouwen. Aanbevolen wordt om eventuele kalibratie in de omgeving van deze winning uit te voeren voor een periode die overeenkomt met de huidige winhoeveelheden.
- In andere projecten wordt nog gewerkt aan de deelmodellen Alblasserwaard en Alm en Biesbosch. Het verdient aanbeveling om de resultaten van die deelmodellen (weerstand Holoceen, intredeweerstand oppervlaktewater) te zijner tijd in het gehele modelinstrumentarium te verwerken.
- Voor andere in de toekomst uit te werken deelmodellen verdient het aanbeveling om het nieuwe modelinstrumentarium (Moria v4.3) als uitgangspunt te nemen.
- Voor toekomstige studies wordt aanbevolen om te zorgen dat de grondwateraanvulling en de ijkset dezelfde periode dekken.



## 9 Literatuur

Arcadis 2016. *Modelverbetering MORIA deelgebied Bommelerwaard*, 1 juli 2016, Arcadis

Deltares 2014. *Herkalibratie MORIA, modelverbeteringen en stationaire kalibratie resulterend in Moria 2.2*, Referentie Deltares: 1208395-000-BGS-0010, 4 september 2014.

Deltares, 2015. *Actualisatie en Kalibratie Ibrahim, beschrijving van activiteiten t.b.v. IBRAHYM v2.0*, 1206858-000-BGS-0022, maart 2015

DHV, 2012. *Bouw hydrologisch model stroomgebied Niers (D). Interreg IVa-project Natuurlijke Grenswateren*. Dossier BA7068. Registratienummer AM-AF20120481. Versie: definitief. Mei 2012.

KWR en RHDHV, *Hydrologische analyse Overbetuwe en aanpassing grondwatermodel MORIA*, September 2018, KWR 2018.028, RHDHV project BF7165

Royal HaskoningDHV, 2016a. *Nieuw lagenmodel voor het MORIA modelinstrumentarium gebaseerd op REGIS en Geotop*, Royal HaskoningDHV 5 oktober 2016, WATBE1595101100R001F01

Royal HaskoningDHV, 2016b. *Tijdsafhankelijk doorrekenen MORRIA en modelaanpassingen*, Royal HaskoningDHV 1 november 2016, WATBE1595101100R001D01

Royal HaskoningDHV, 2017. *Grondwatermodellering Lek, Linge en Tielerswaard, verbetering deelmodel*, 17 november 2017, Royal HaskoningDHV

Royal HaskoningDHV, 2018a. *Verkenning strategische grondwatervoorraad in het grensgebied van provincies Gelderland, Utrecht en Zuid-Holland*. Royal HaskoningDHV 28 juni 2018, WATBF8017R001F01WM

Royal HaskoningDHV 2018b. *Update hydrologische gereedschapskist*, Royal HaskoningDHV 18 mei 2018, WATBF3823R001D1.0

Witteveen en Bos, 2008. *Hydrologische onderbouwing GGOR Overasseltsche en Hatertsche Vennen*, 12 november 2008, TI157-1

Witteveen en Bos, 2015. *Grondwatermodellering Land van Maas en Waal*, 19 augustus 2015

**Bijlage**

**Kalibratieresultaat per modellaag**

