

TNO PUBLIEK

Geologische Dienst NederlandPrincetonlaan 6
3584 CB Utrecht
Postbus 80015
3508 TA Utrechtwww.tno.nl

T +31 88 866 42 56

TNO-rapport**TNO 2022 R11720****Hydrogeologisch basismodel Zuid-Nederland**

Datum	14 april 2022
Auteur(s)	W.J. Zaadnoordijk R.W. Vernes R. Reindersma J.T. Buma
Exemplaarnummer	
Oplage	
Aantal pagina's	122 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	4
Opdrachtgever	Waterschap Limburg, Provincie Limburg, WML, Provincie Noord- Brabant, Brabant Water
Projectnaam	Hydrogeologisch basismodel Zuid-Nederland
Projectnummer	060.48812

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2022 TNO

Samenvatting

Op basis van in 2021 bestaande kennis is een grensoverschrijdende schematisatie vervaardigd van de hydrogeologische opbouw van de ondergrond van de Nederlandse provincies Limburg en Noord-Brabant, die doorloopt in een groot deel van Vlaanderen, het Nederrijng gebied in Duitsland en een klein deel van Wallonië. Dit hydrogeologische basismodel Zuid-Nederland (ZuidNL) is samengesteld ten behoeve van grondwatermodelleringen uit bestaande informatie van onder meer beschikbare lagenmodellen.

De beschikbare informatie is samengevoegd, waarbij niet aanvullend is gemodelleerd. Wel zijn enkele aanpassingen gedaan om het model beter geschikt te maken voor het gebruik in een grondwatermodel (met het gereedschap zoals dat momenteel beschikbaar is).

De grootste aanpassing hiervan is het verticaal maken van de belangrijkste breuken in het gebied, die in dit rapport hoofdbreuken worden genoemd. Deze breuken vormen de grenzen van de voornaamste tektonische blokken en vormen in meer of mindere mate een barrière voor laterale grondwaterstroming. Ook vormen ze logische grenzen tussen deelgebieden in een grondwatermodel, waarin per deelgebied een andere schematisatie van watervoerende pakketten en scheidende lagen gebruikt wordt.

Aanvullend zijn breuken geselecteerd die mogelijk ook invloed op de grondwaterstroming hebben, welke in dit rapport nevenbreuken worden genoemd. Ook zijn de hoofd- en nevenbreuken voorzien van klassen die een indicatie geven van de invloed op de grondwaterstroming en gebruikt kunnen worden bij de kalibratie van breukweerstand. Dit is dus een kwalitatieve hydraulische parametrisatie.

De modeleenheden zijn voorzien van een kwantitatieve parametrisatie: kh en kD voor zandige (c.q. goed-doorlatende modeleenheden), kv en c voor kleiige (c.q. slecht-doorlatende modeleenheden) en alle vier voor complexe modeleenheden. Naast het verticaal maken van de hoofdbreuken zijn nog een aantal lokale aanpassingen gedaan:

- De kleiige eenheden binnen de Formatie van Waalrekleien zijn doorlopend gemaakt over de grens tussen de modellen H3O-Roerdalslenk (H3Ors) en H3O-Roerdalslenk Noordwest (H3Orsnw);
- Diverse onwaarschijnlijke gaten in modeleenheden binnen de verbreidingsgrenzen van de betreffende geologische eenheid zijn opgevuld;
- Het niveau van de onderkant van de Kiezeloöliet Formatie in Duitsland is meer aaneengesloten gemaakt als bovengrens voor de oudere mariene zanden;
- De modeleenheden van het Nederlandse hydrogeologische model REGIS II zijn geëxtrapoleerd naar de Viersenbreuk die in Duitsland loopt parallel aan de grens met Midden-Noord Limburg.

Bij gebruik van het hydrogeologisch basismodel zijn er algemene aandachtspunten:

- De doorlatendheden buiten REGIS II zijn veelal constante waarden die weinig toetsing in de praktijk hebben gehad en dus een grote bandbreedte hebben. Bovendien ontbreekt daarbij eventueel aanwezige regionale variatie;

- De hydraulische werking van breuken is vanuit de hydrogeologie slecht bekend;
- De uitgangspunten en schematisaties van de gebruikte deelmodellen verschillen van elkaar;
- De deelmodellen zijn overgenomen zonder een toetsing uit te voeren, zoals een vergelijking met boordata die niet bij de betreffende modellering zijn gebruikt.

Het opgeleverde model ZuidNL bevat een kaart met specifieke aandachtspunten.

Met deze algemene en specifieke aandachtspunten in gedachten is het hydrogeologische basismodel Zuid-Nederland geschikt voor het maken van een initiële ondergrondschematisatie van een fysisch-gebaseerd grondwatermodel. Afhankelijk van het doel van de modellering dient deze schematisatie aangepast te worden op basis van kalibratie en lokale informatie.

Verder is het aan te bevelen om deze grensoverschrijdende inventarisatie van ondergrondkennis gekoppeld aan bestuurlijke grensoverschrijdende samenwerking verder uit te bouwen. Naarmate de ondergrondmodellen in Noordrijn-Westfalen, Vlaanderen en Wallonië verder geharmoniseerd worden zal de nu opgezette workflow makkelijker en met minder handwerk opnieuw uitgevoerd kunnen worden en een beter resultaat opleveren.

Summary

Based on in 2021 existing knowledge, a cross-border schematic representation of the hydrogeological structure of the subsurface of the Dutch provinces of Limburg and Noord-Brabant has been made, which extends into a large part of Flanders, the Lower Rhine area in Germany and a small part of Wallonia. This hydrogeological base model South Netherlands (ZuidNL) has been compiled for groundwater modelling purposes from existing information including available layer models.

The available information has been combined. No additional modelling was carried out. However, some adjustments have been made to make the model more suitable for use in a groundwater model with the tools that are currently available.

The largest adjustment is the adjustment of geometry of the main faults in the area to make these vertical. These fractures are called main fractures in this report and form the boundaries of the main tectonic blocks and to variable extent, a barrier to lateral groundwater flow. They also form logical boundaries between subareas in a groundwater model, in which a different schematisation of aquifers and separating layers is used for each subarea.

In addition, fractures have been selected that may also influence the groundwater flow, which are referred to in this report as ancillary fractures. Also, main and secondary fractures are assigned classes that give an indication of the influence on groundwater flow and can be used in the calibration of fracture resistances. This is therefore a qualitative hydraulic parameterisation.

The layers have been given a quantitative parametrisation: horizontal hydraulic conductivity and transmissivity for sandy (or well-permeable model units), vertical hydraulic conductivity and hydraulic resistance for clayey (or poorly permeable units) and all four for complex units.

In addition to making the main fractures vertical, a number of local adjustments have been made:

- The clayey units of the Waalre Formation have been made continuous across the boundary between the H3O models "Roer Valley Graben" (H3Ors) and "Roer Valley Graben Northwest" (H3Orsnw);
- Unlikely gaps within the area of the geographical distribution of the corresponding geological unit have been filled;
- The base level of the Kiezeloollite Formation has been made more continuous in Germany using interpolation to provide an upper limit for the underlying older marine sandy units;
- The layers of the Dutch hydrogeological model REGIS II have been interpolated into Germany towards the Viersen fault in Germany, which runs parallel to the border with central-North Limburg.

When using the hydrogeological base model, the user should be aware that:

- The parameters outside REGIS II are mostly constant values that have had little testing in practice and therefore have a large bandwidth; moreover, regional variation is missing;
- The hydraulic effect of fractures is poorly known from a hydrogeological point of view;
- The different parts contain subsurface schematizations with different starting points and geological interpretations;

- The partial models have been adopted without verification by comparison with basic data such as borings that were not used in the relevant modelling.

The model ZuidNL contains a map with specific points of attention.

With these general and specific limitations in mind, the model is suitable for making a subsurface schematic of a physical-based groundwater model that serves as a starting point and is adjusted based on calibration and local information depending on the purpose of the modelling.

Furthermore, it is recommended to further develop this cross-border inventory of subsurface knowledge linked to administrative cross-border cooperation. As the subsurface models in North Rhine-Westphalia, Flanders and Wallonia become more harmonised, the workflow that has now been set up will be easier to repeat and will yield better results with less manual work.

Zusammenfassung

Auf der Grundlage der im Jahr 2021 vorhandenen Kenntnisse wurde ein grenzüberschreitendes Schema der hydrogeologischen Struktur des Untergrundes der niederländischen Provinzen Limburg und Noord-Brabant erstellt, das erstreckt auf einen großen Teil Flanderns, das Niederrheingebiet in Deutschland und einen kleinen Teil Walloniens. Dieses hydro-geologische Basismodell Südniederlande (ZuidNL) wurde für die Zwecke der Grundwassermodellierung aus vorhandenen Informationen zusammengestellt, unter anderem aus verfügbaren Schichtmodellen. Die verfügbaren Informationen wurden kombiniert. Es wurde keine zusätzliche Modellierung vorgenommen. Es wurden jedoch einige Anpassungen vorgenommen, um das Modell für die Verwendung in einem Grundwassermodell (mit den derzeit verfügbaren Werkzeugen) besser geeignet zu machen. Die größte Anpassung ist die Vertikalisierung der Hauptverwerfungen in diesem Gebiet. Diese Verwerfungen sind die Grenzen der wichtigsten tektonischen Blöcke und bieten mehr oder weniger Widerstand für den Grundwasserfluss. Sie sind auch logische Grenzen zwischen Teilgebieten in einem Grundwassermodell, in dem für jedes Teilgebiet eine andere Schematisierung von Grundwasserleitern und Trennschichten verwendet wird.

Darüber hinaus wurden Verwerfungen ausgewählt, die den Grundwasserfluss ebenfalls beeinflussen können und in diesem Bericht als Nebenverwerfungen bezeichnet werden. Außerdem werden Haupt- und Nebenverwerfungen in Klassen eingeteilt, die Aufschluss über den Einfluss auf den Grundwasserfluss geben und bei der Kalibrierung von Verwerfungswiderständen verwendet werden können. Es handelt sich also um eine qualitative hydraulische Parametrisierung.

Die Schichten wurden quantitativ parametrisiert: horizontale Durchlässigkeit und Transmissivität für sandige (oder gut durchlässige Modelleinheiten), vertikale Durchlässigkeit und Widerstand für tonige (oder schlecht durchlässige Modelleinheiten) und alle vier für komplexe Modelleinheiten.

Neben die Vertikalisierung der Hauptverwerfungen, wurden lokale Anpassungen vorgenommen:

- Die Tonschichten der Waalre-Formation sind kontinuierlich gemacht zwischen der H3O-Modelle Rurgraben (H3Ors) und Rurgraben Nordwest (H3Orsnw);
- Unwahrscheinliche Lücken von Modelleinheiten innerhalb die geologische Verbreitung von der verbundene geologischer Einheit sind eingefüllt;
- Der Boden von der Kiezeloolith Formation ist interpoliert, um eine durchgehende Ebene über ein größeres Gebiet zu erhalten als obere Grenze für die älteren marinen Sande;
- Das niederländische hydrogeologische Modell REGIS II werdet extrapoliert bis zur Viersener Verwerfung in Deutschland, die parallel zur Grenze zum Mittel-Nord-Limburg verläuft.

Bei der Verwendung muss beachtet werden, dass:

- Die Permeabilitäten außerhalb von REGIS II sind meist konstante Werte, die in der Praxis wenig erprobt sind und daher eine große Bandbreite aufweisen. Darüber variieren die nicht regional;
- Die hydraulische Wirkung von Verwerfungen ist aus hydrogeologischer Sicht nur wenig bekannt;
- Die verschiedenen Teile enthalten unterschiedlichen Ausgangspunkten und geologischer Interpretationen;

- Die Teilmodelle wurden angenommen ohne Prüfung durch Vergleich mit Basisdaten wie z.B. Bohrungen, die nicht in die jeweilige Modellierung verwendet wurden.

Das fertige Modell ZuidNL enthält eine Karte mit bestimmten Schwerpunkten.

Unter Berücksichtigung dieser Einschränkungen eignet sich das Modell für die Erstellung eines Untergrundschemas eines physikalisch basierten Grundwassermodells, das als Ausgangspunkt dient und je nach Zweck der Modellierung anhand von Kalibrierungen und lokalen Informationen angepasst wird.

Darüber hinaus wird empfohlen, dieses grenzüberschreitende Inventar des Wissens über den Untergrund in Verbindung mit der grenzüberschreitenden Verwaltungszusammenarbeit weiter auszubauen. In dem Maße, in dem die Untergrundmodelle in Nordrhein-Westfalen, Flandern und Wallonien harmonisiert werden, wird der jetzt eingerichtete Arbeitsablauf leichter zu wiederholen sein und bessere Ergebnisse mit weniger manueller Arbeit liefern.

Résumé

Une schéma transfrontalier de la structure hydrogéologique du sous-sol des provinces néerlandaises du Limbourg et du Noord-Brabant, qui s'étend à une grande partie de la Flandre, à la région du Rhin inférieur en Allemagne et à une petite partie de la Wallonie, a été produite pour être utilisée dans la modélisation des eaux souterraines. Ce modèle hydrogéologique de base du sud des Pays-Bas (ZuidNL) a été compilé à partir d'informations existantes provenant, entre autres, des modèles de couches disponibles.

Les informations disponibles ont été combinées. Aucune modélisation supplémentaire n'a été effectuée. Cependant, certains ajustements ont été faits pour rendre le modèle plus adapté à une utilisation dans un modèle d'eau souterraine (avec les outils qui sont actuellement disponibles).

L'ajustement le plus important est la verticalisation des principales fractures de la zone, qui sont appelées fractures principales dans ce rapport. Ces fractures forment les limites des principaux blocs tectoniques et constituent, dans une plus ou moins grande mesure, une barrière à l'écoulement latéral des eaux souterraines. Ils constituent également des limites logiques entre les sous-zones dans un modèle d'eau souterraine, dans lequel une schématisation différente des aquifères et des couches séparatrices est utilisée pour chaque sous-zone.

En outre, des fractures ont été sélectionnées qui peuvent également influencer l'écoulement des eaux souterraines, qui sont appelées dans ce rapport des fractures secondaires. De plus, les fractures principales et secondaires se voient attribuer des classes qui donnent une indication de l'influence sur l'écoulement des eaux souterraines et peuvent être utilisées dans le calibrage des résistances des fractures. Il s'agit donc d'un paramétrage hydraulique qualitatif.

Les couches ont reçu une paramétrisation quantitative: perméabilité horizontale et transmissivité pour les unités sableuses (ou bien perméables), perméabilité verticale et résistance pour les unités argileuses (ou peu perméables) et les quatre pour les unités complexes.

En plus de rendre les fractures principales verticales, des ajustements ont été effectués au niveau local :

- Les unités argileuses de la Formation de Waalre ont été rendues continues à travers la frontière entre les modèles H3O rift de vallée de Rur (H3Ors) et H3O rift de vallée de Rur Nord-Ouest (H3Orsnw);
- Plusieurs lacunes improbables dans les unités modèles à l'intérieur des limites de l'unité géologique en question ont été remplies;
- Le niveau de la base de la Formation Kiezelooolite a été rendu plus continu en Allemagne par interpolation;
- Les unités de REGIS II sont extrapolées jusqu'à la faille de Viersen en Allemagne parallèle à la frontière avec le Limbourg central-nord.

Lors de son utilisation, il faut être conscient que :

- Les perméabilités en dehors de REGIS II sont pour la plupart des valeurs constantes qui ont été peu testées dans la pratique et ont donc une grande largeur de bande et un manque de variation régionale ;
- L'effet hydraulique des fractures est mal connu d'un point de vue hydrogéologique ;
- Les principes et les schémas des modèles utilisés sont différents;

- Les modèles partiels ont été adoptés sans vérification par comparaison avec des données de base telles que des forages qui n'ont pas été utilisés dans la modélisation concernée.

Le modèle ZuidNL contient une carte avec des points d'attention spécifiques.

En gardant à l'esprit ces limites, le modèle est adapté à la réalisation d'un schéma de subsurface d'un modèle d'eau souterraine basé sur la physique, qui sert de point de départ et est ajusté en fonction de l'étalonnage et des informations locales, selon l'objectif de la modélisation.

En outre, il est recommandé de développer davantage cet inventaire transfrontalier des connaissances du sous-sol lié à la coopération administrative transfrontalière. Au fur et à mesure que les modèles de subsurface de la Rhénanie-du-Nord-Westphalie, de la Flandre et de la Wallonie s'harmoniseront, le flux de travail qui a été mis en place sera plus facile à répéter et donnera de meilleurs résultats avec moins de travail manuel.

Inhoudsopgave

	Samenvatting	2
	Summary	4
	Zusammenfassung	6
	Résumé	8
1	Inleiding	12
2	Inventarisatie.....	14
2.1	H3O-PLUS	14
2.2	Nederland	15
2.3	Noordrijn-Westfalen	16
2.4	Vlaanderen	18
2.5	Wallonië	18
2.6	Breken	19
2.7	Overzicht.....	21
3	Samenvoegen modellen	25
3.1	Maaiveld	25
3.2	Werkwijze samenvoeging modellen	26
3.3	Correlatietabel	26
3.4	Verticaal maken breken	29
3.5	Ontbrekende delen aanvullen.....	30
3.6	Basismodel consistent maken	31
4	Hydraulische parametrisatie	37
4.1	Doorlatendheden	37
4.2	Grove indeling breukkenarakteristieken	39
5	Resultaat.....	42
5.1	Modelbestanden	42
5.2	Dwarsdoorsneden.....	43
6	Discussie	48
6.1	Algemene beperkingen.....	48
6.2	Breken	50
6.3	Bruinkoollagen in Nederland	52
6.4	Hydrogeologisch duiding interne grenzen tussen deelmodellen.....	53
6.5	Gebruik van het hydrogeologisch basismodel Zuid-Nederland.....	54
6.6	Lopende ontwikkelingen	55
6.7	Aanbevelingen voor vervolg	57
6.8	Kaart met aandachtspunten	58
7	Slotopmerkingen en aanbevelingen	61
8	Referenties	63

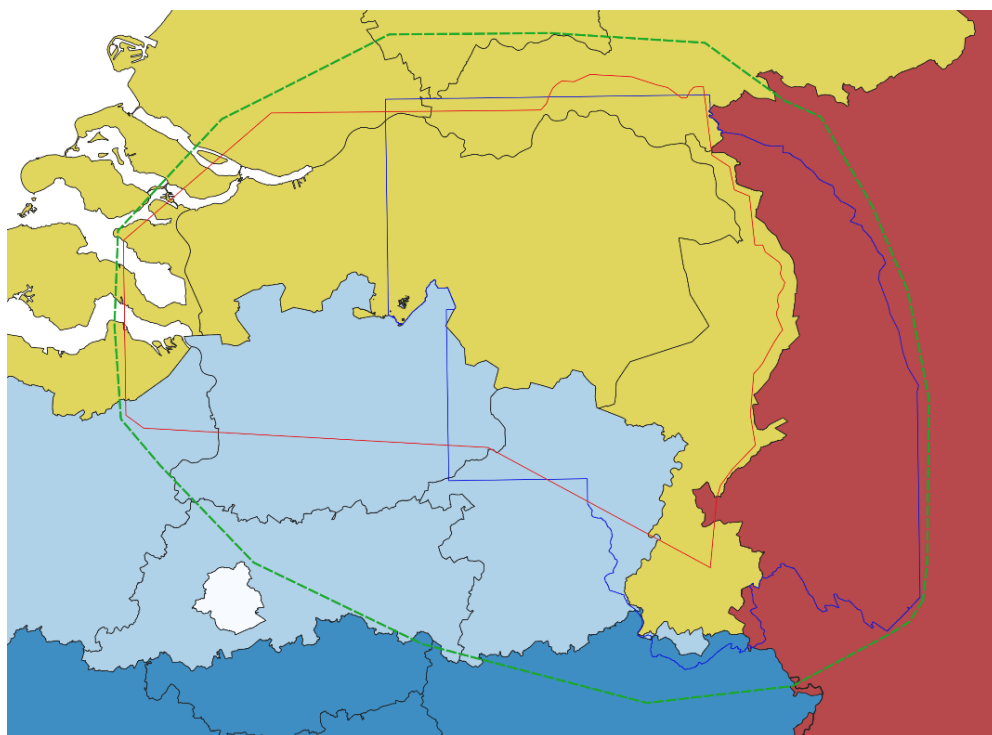
9 Ondertekening 65**Bijlage(n)**

- A Modeleenheden hydrogeologisch basismodel Zuid-Nederland
- B Correlatietabel basismodel ZuidNL en deelmodellen
- C Hydraulische parametrisatie per modeleenheid
- D Informatie bruinkoollagen met betrekking tot hydrogeologie Zuidoost-Nederland

1 Inleiding

Een vijftal partijen in Limburg (Provincie Limburg, Waterschap Limburg, WML) en Noord-Brabant (Provincie Noord-Brabant, Brabant Water) hebben aangegeven behoefte te hebben aan een grensoverschrijdend hydrogeologisch basismodel dat gebruikt kan worden als basis voor de bouw van het Limburgse grondwatermodel IBRAHYM3 én voor grondwatertoepassingen in Noord-Brabant. Het zal daarmee ook gebruikt worden voor grensoverschrijdende grondwatermodelstudies voor duurzaam waterbeheer in de gehele Roerdalslenk in projecten met Duitse, Belgische, Noord-Brabantse en Limburgse partijen. Dit zal de efficiëntie en consistentie van deze studies ten goede komen.

In juni 2021 hebben de genoemde partijen uit Zuid-Nederland gezamenlijk opdracht verleend aan TNO Geologische Dienst Nederland (TNO-GDN) voor het opstellen van een hydrogeologisch basismodel. Het model omvat de provincies Limburg en Noord-Brabant met de omgeving die van belang is voor het grondwater in deze provincies. Het modelgebied is ruimer dan het gebied van de huidige IBRAHYM- en Brabant-grondwatermodellen (Figuur 1) met buiten de provincies Limburg en Noord-Brabant ook delen van Zeeland, Zuid-Holland en Gelderland in Nederland, van Nederrijn-Westfalen in Duitsland en van Vlaanderen en Wallonië in België.



Figuur 1 Modelranden van de grondwatermodellen IBRAHYM3 (blauwe lijn) en het Brabantmodel (rode lijn) en het hydrogeologisch basismodel voor Zuid Nederland (groene stippellijn) met Duitsland (donkerrood), Waalse (donkerblauw), Vlaamse (lichtblauw) en Nederlandse provincies (donker geel).

Het model beslaat in de diepte het gehele Kenozoïcum en ten zuiden van de Feldbissbreuk ook de afzettingen uit het Krijt en Carboon. Voor dit hele ondergrondvolume brengt het basismodel de beste beschikbare

ondergrondschematisaties samen. Het model is voorzien van een hydraulische parametrisatie en wordt publiek beschikbaar gesteld.

Uitgangspunt bij de vervaardiging van het basismodel was dat uitsluitend bestaande informatie gebruikt wordt en géén nieuwe kartering of modellering wordt uitgevoerd. Hierbij zijn pragmatische, op hydrogeologische kennis gebaseerde keuzes gemaakt bij het samenvoegen van de verschillende deelmodellen en de benodigde aanvullende informatie. Dit rapport beschrijft het basismodel en geeft aanwijzingen voor het gebruik er van bij grondwatermodelleringen.

2 Inventarisatie

Het gebied voor het hydrogeologisch basismodel beslaat delen van Nederland, Vlaanderen, Wallonië en Noordrijn-Westfalen. De diepte reikt verder dan veelal beschouwd wordt voor grondwatermodellen, die veelal stoppen bij de basis van de Formatie van Breda. Het nieuwe model loopt in het grootste deel van het gebied door tot aan de basis van het Kenozoïcum. Ten zuiden van de Feldbissbreuk zijn ook de afzettingen uit het Krijt en het Carboon opgenomen.

Een deel van het gebied is al eerder tot de vereiste diepte geschematiseerd in het H3O-PLUS-model, waarbij ook doorlatendheden zijn geïnventariseerd (Vernes e.a., 2021). Door de nationale en regiogrenzen en het dieptebereik moesten daarbuiten verschillende informatiebronnen gecombineerd worden.

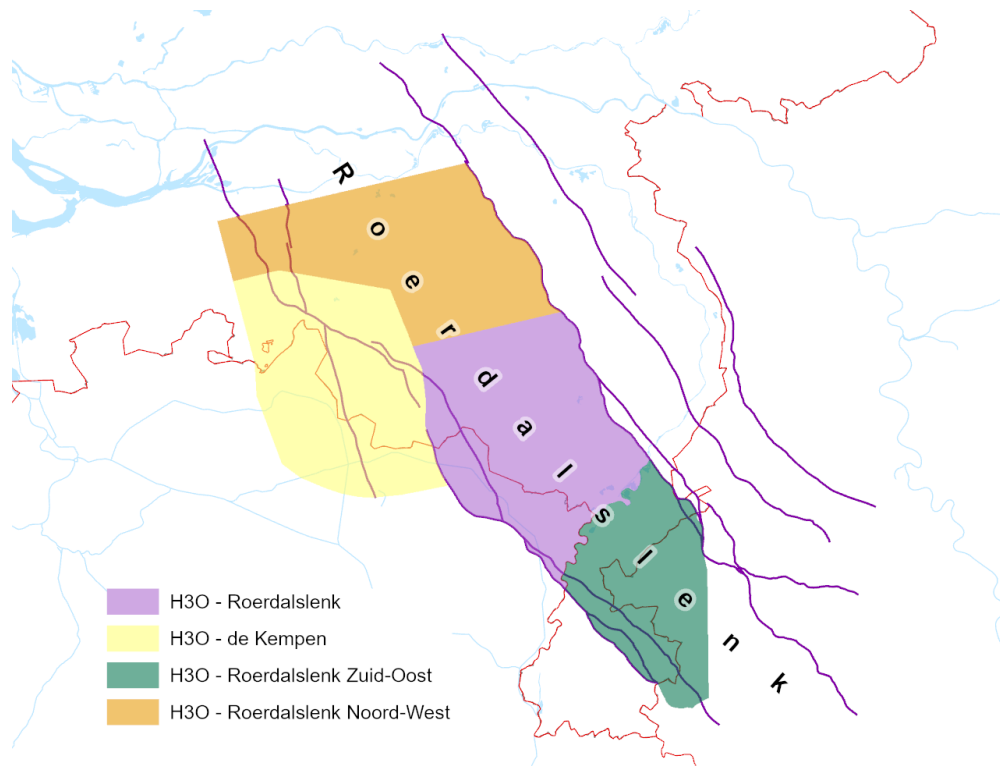
De paragrafen 2.1 tot en met 2.5 in dit hoofdstuk beschrijven de beschikbare ondergrondinformatie waarmee het gevraagde ondergrondvolume geschematiseerd is. Het gaat hierbij om de geometrie van de hydrogeologische eenheden en de hydraulische parametrisatie daarvan. Paragraaf 2.6 geeft achtergrondinformatie over het ontstaan en de vorm van breuken zoals die binnen het modelgebied voorkomen. Paragraaf 2.7 sluit dit hoofdstuk af met een overzicht welke bron van informatie in welk deel van het hydrogeologisch basismodel ZuidNL is gebruikt.

2.1 H3O-PLUS

Het H3O-PLUS-project was onderdeel van het GeoERA-grondwaterproject RESOURCE over grensoverschrijdende grondwatervoorraden (zie <https://www.geoera.eu>). Aan dit project werkten partijen samen uit Vlaanderen, Noordrijn-Westfalen en Nederland.

Het hydrogeologische model H3O-PLUS is de integratie van de H3O-modellen Roerdalslank (H3Ors), De Kempen (H3Ok), Roerdalslenk Zuidoost ofwel 'Roer valley graben South East' (H3Orose) en Roerdalslenk Noordwest (H3Orsnw). De randen van deze H3O-modellen sluiten niet op elkaar aan, waardoor H3O-PLUS discontinuïteiten bevat.

Bij H3O-PLUS is ook informatie verzameld over de doorlatendheid. Dit heeft geresulteerd in een bereik van de doorlatendheid per gebied voor elke onderscheiden eenheid (Vernes e.a., 2021).



Figuur 2 Het H3O-PLUS gebied met de H3O-modellen die daarin gezamenlijk beschouwd zijn (paars: H3O-Roerdalslenk, oranje: H3O-Roerdalslenk Noordwest, groen: H3O-Roer vally grabel South East, geel: H3O-De Kempen).

2.2 Nederland

Naast H3O-PLUS is binnen Nederland is gebruik gemaakt van de modellen:

- Het hydrogeologische model REGIS II v2.2 (Hummelman e.a., 2019) dat gebaseerd is op het geologische model DGM v2.2 (Hummelman e.a., 2019a). De geologische model eenheden van DGM zijn in REGIS II onderverdeeld in hydrogeologische eenheden en van hydraulische parameters voorzien. Beide modellen zijn beschikbaar op <https://www.dinoloket.nl/ondergrondmodellen> en ook op <https://www.broloket.nl/ondergrondmodellen>;
- Het model voor geothermietoepassingen ThermoGIS v2.1 (TNO-GDN, 2019b). Zie ook <https://www.thermogis.nl/beschikbaarheid-data>;
- Het geologische model voor de diepe ondergrond DGM-diep v5.0 (TNO-GDN, 2019a). Dit model is net als DGM en REGIS II beschikbaar op <https://www.dinoloket.nl/ondergrondmodellen>. Kaarten kunnen per individuele model eenheid opgehaald worden vanaf <https://www.nlog.nl/dgm-diep-v5-en-offshore>.

Voor de hydraulische parametrisatie is bovendien extra gebruik gemaakt van:

- GeoTOP (Stafleu e.a., 2021);
- Het grondwatermodel van het rivierengebied MORIA v4.7 van waterschap Rivierenland, provincie Gelderland en waterbedrijf Vitens (Swierstra & Kerckhoffs, 2018).

2.3 Noordrijn-Westfalen

Het hydrogeologisch model H3O-PLUS bedekt slechts een klein deel van het modelgebied in Duitsland. Dit is aangevuld met de volgende ondergrondinformatie:

- Ondergrondmodel voor de Rurscholle van de Geologische Dienst van Noordrijn-Westfalen (v2021 van RWE, ontvangen via Helena Pfunt van de GD-NRW);
- Ondergrondmodel voor de Erftscholle (v2018 van RWE, ontvangen via Helena Pfunt van de GD-NRW);
- Ondergrondmodel voor de Venloer Scholle (v2021 van RWE, ontvangen via Helena Pfunt van de GD-NRW);
- Niersmodel (van Doorn, 2012);
- Kaarten Basis Quartär en Basis Tertiär van GD-NRW (onderdeel van de 'Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1 : 100 000).

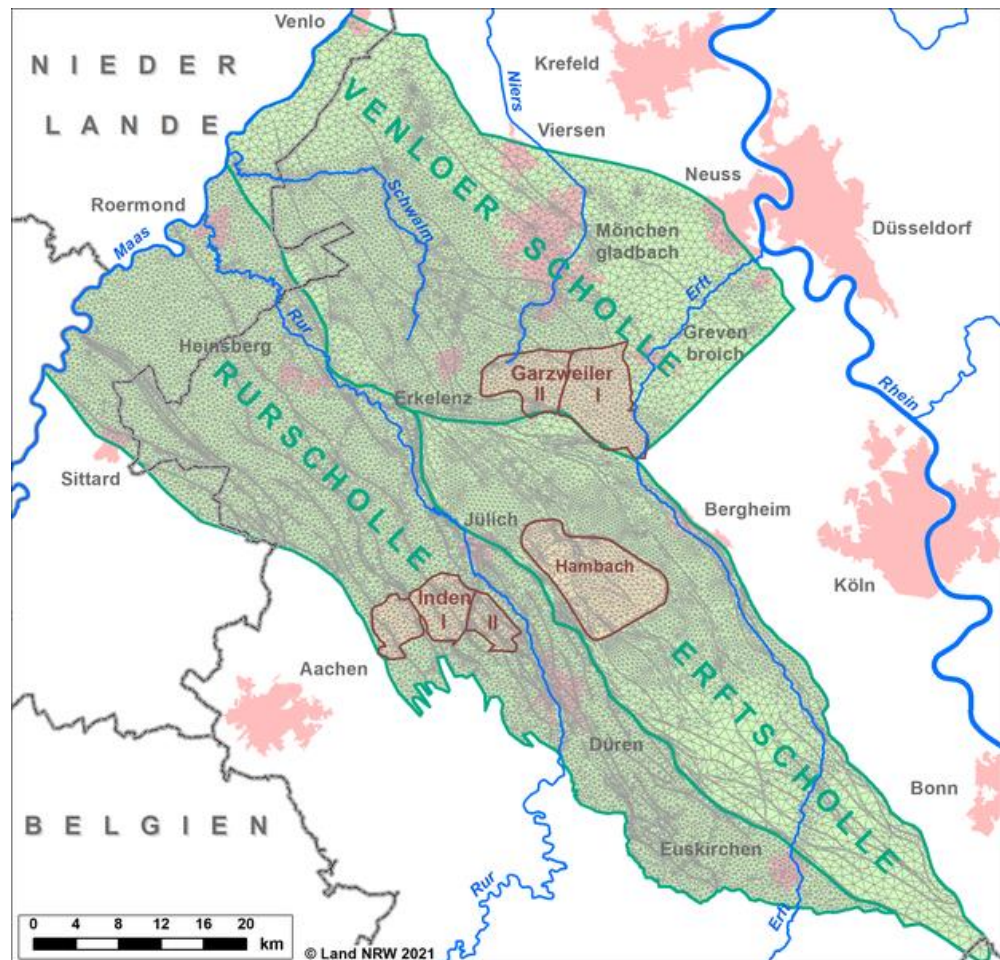
Verder is de ondergrondschematisatie van een grondwatermodellen in Duitsland geraadpleegd, maar deze is uiteindelijk niet gebruikt omdat deze niet aansluit op de beschikbare geologische kennis:

- Het grondwatermodel van het rivierengebied MORIA v4.7 van waterschap Rivierenland, provincie Gelderland en waterbedrijf Vitens (Swierstra & Kerckhoffs, 2018).

Het betreft namelijk meer een extrapolatie van de Nederlandse hydrogeologie Duitsland in dan een weergave op basis van gegevens uit Duitsland.

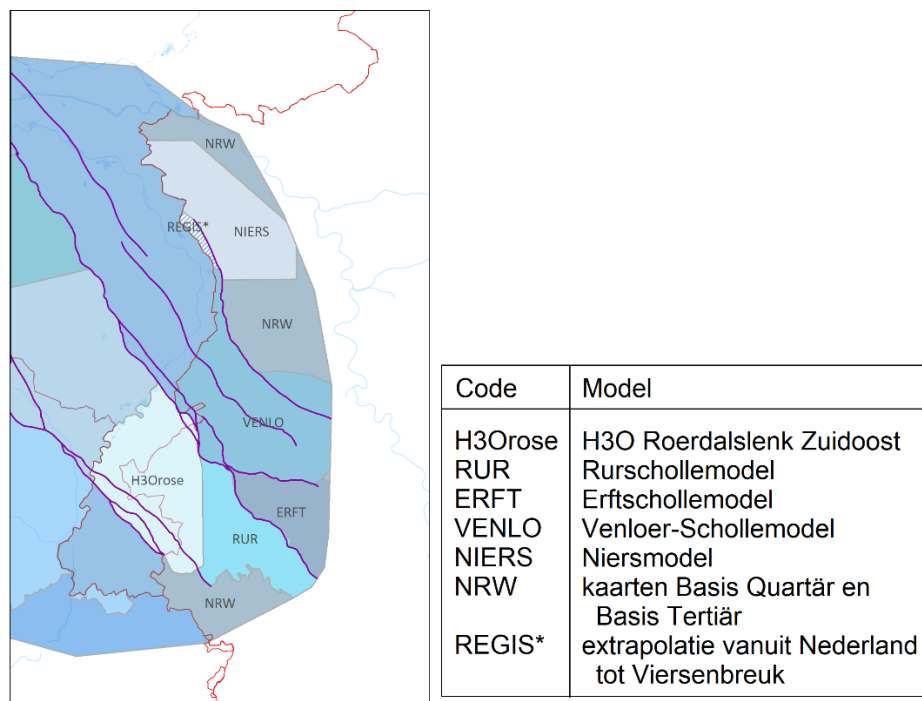
De ondergrondmodellen voor de Rur-, Efrt- en Venloer Scholle zijn door de Geologische Dienst van Noordrijn-Westfalen gemaakt en ter beschikking gesteld. Deze modellen beslaan het gebied vanaf de Maas in Midden-Limburg naar het (zuid)oosten tot voorbij de Duitse bruinkoolmijnen (zie Figuur 3). De opbouw van deze modellen wijkt af van de opbouw van REGIS II, H3Dv2 en H3O-PLUS. Ze schematiseren de kleiige delen van de ondergrond en differentiëren de tussenliggende zandige eenheden niet. Doordat in deze gebieden wel het niveau van de onderkant van het Kwartair bekend is, kan wel onderscheid gemaakt worden tussen kwartair en tertiair zand.

Alleen het gebied in Duitsland buiten H3O-PLUS is gebruikt van deze modellen.



Figuur 3 Gebieden van de Scholtenmodellen van de Geologische Dienst van Noordrijn-Westfalen (bron: <https://www.lanuv.nrw.de/umwelt/wasser/grundwasser/folgen-des-braunkohleabbaus/grundwassermodelle/grundwassergrossraummodell-rheinisches-revier>).

Naast deze drie modellen van de Geologische Dienst van Noordrijn-Westfalen is het Niersmodel beschikbaar dat gemaakt is in een Duits-Nederlandse samenwerking (van Doorn, 2012). Dit model was gericht op het grensoverschrijdend beheer van de rivier de Niers en beslaat slechts een beperkt deel van de nu gewenste diepte voor het hydrogeologische basismodel. Het Niersmodel ligt langs de Nederlandse grens ten oosten van Noord-Limburg.



Figuur 4 Beschikbare modellen voor het Duitse deel van het gebied van het hydrogeologische basismodel.

2.4 Vlaanderen

Voor Vlaanderen is een geologisch model G3Dv3 en een hydrogeologisch model H3Dv2 beschikbaar (Deckers e.a., 2019). G3Dv3 en H3Dv2 zijn consistent aan elkaar (zoals DGM en REGIS II, maar H3Dv2 bevat geen hydraulische parameters). Voor de geometrie is alleen gebruik gemaakt van het meer verfijnde H3Dv2-model. Voor de breuken is wel G3Dv3 gebruikt, omdat de breuken niet per modeleenheid geschematiseerd zijn, maar de ligging aan de onderkant van het Kwartair aangehouden is.

G3Dv3 en H3Dv2 zijn herzien sinds de Vlaams-Nederlandse samenwerking in de H3O-projecten, waarbij is uitgegaan van de bestaande Vlaamse workflows zonder de in de H3O-projecten geharmoniseerde kartering in de grensstreek.

Deze modellen G3Dv3 en H3Dv2 zijn op 20 juli 2021 opgehaald van de websites <https://www.dov.vlaanderen.be/page/g3dv3-downloadpagina> en <https://www.dov.vlaanderen.be/page/h3dv2-downloadpagina>.

In aanvulling hierop heeft de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM) een bestand met hydraulische parameterwaarden ter beschikking gesteld.

2.5 Wallonië

De Waalse overheidsdienst SPW (Service Public Wallonie, <https://spw.wallonie.be/>) beschikt niet over een (hydro)geologisch model van de ondergrond. Wel heeft ze een portaal waar geologische en hydrogeologische kaarten beschikbaar gesteld zijn. Bij de hydrogeologische kaarten zijn dwarsdoorsneden beschikbaar. In aanvulling hierop heeft de SPW een vectorkaart met hoogtelijnen van de basis van het Krijt beschikbaar gesteld.

De dwarsdoorsneden zijn gedigitaliseerd en ruimtelijk geïnterpoleerd om een 3-dimensionaal lagenmodel van het Waalse deel van het modelgebied te maken. De creëerde lagen komen overeen met de Formatie van Vaals, de Formatie van Gulpen, de derde zandige eenheid in de Formatie van Tongeren, en het Holoceen.

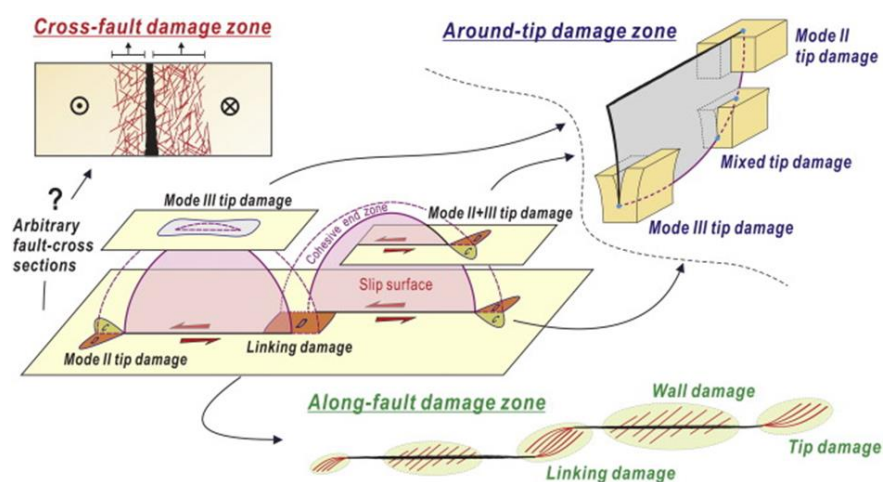
2.6 Breuken

Het gebied van de Roerdalslenk en de omliggende horsten bevat enkele grote breuksystemen in de ondergrond en een groot aantal kleinere breuken. De Roerdalslenk wordt begrensd door het Peelrandbreuksysteem aan de noordoostzijde en het Feldbiss- en Gilze-Rijenbreuksysteem langs de zuidwestzijde. De breuken beïnvloeden de geometrie en kunnen ook zorgen voor lokaal afwijkende doorlatendheden.

Voor een goed begrip van breuken in relatie tot de grondwaterstroming is het zinvol om enig inzicht in het ontstaan van breuken te hebben. Sectie 2.6.1 geeft daarom een beknopte beschrijving van de vorming van breuken en 2.6.2 van de consequenties voor de geometrie. Deze inleiding is gebaseerd op informatie uit het GeoERA-project VoGERA en voor meer details wordt naar het betreffende rapport verwezen (Zaadnoordijk e.a., 2021).

2.6.1 Breukwerking

Breuken zijn samengestelde glijvlakken waarlangs delen van de ondergrond langs elkaar geschoven zijn. Ook naast de glijvlakken treedt nog schade aan het ondergrondmateriaal op (de zogenaamde 'damage zone', zie Choi, Edwards, Ko, & Kim, 2016). In de loop van de tijd zijn er veel verschuivingen geweest waarbij nieuwe vlakken ontstaan zijn en bestaande vlakken gegroeid zijn. Bij het groter worden van individuele vlakken kunnen ze aan elkaar groeien en verder als een geheel gaan werken. Zo ontstaat een systeem met meerdere breuken waarvan de eigenschappen langs een individuele breuk ook kunnen variëren (Figuur 5).



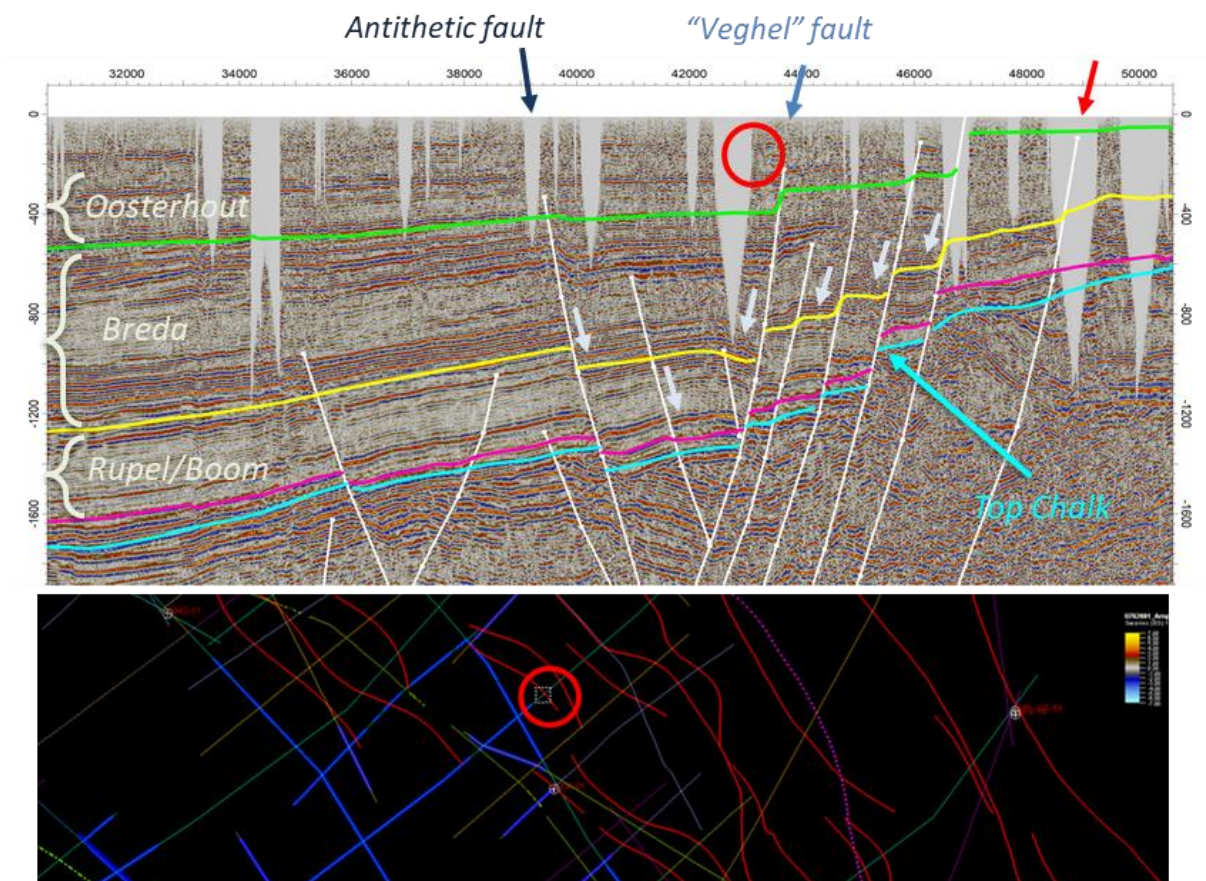
Figuur 5 Groei van breuk waarbij een doorlopende breukzone ontstaat door individuele glijvlakken die geleidelijk aan elkaar groeien (uit: Choi, Edwards, Ko, & Kim, 2016).

Door de verschuiving van de ondergrond delen langs elkaar neemt over het algemeen de doorlatendheid af in het breukvlak, waardoor laterale weerstand ontstaat (zie bijv. Lapperre e.a., 2019). De weerstand hangt in het algemeen samen met de aanwezigheid van klei in het breukvlak en de grootte van de verschuiving, die het verzet van de breuk genoemd wordt. Op de plekken waar individuele breuken aan elkaar gegroeid zijn is het verzet minder en kan bovendien vanaf twee kanten vervorming optreden ('linking damage' in Figuur 5) waardoor de weerstand daar lokaal veel lager kan zijn.

Ter weerszijden van het breukvlak kan de schade aan het ondergrondmateriaal ('damage zone') de doorlatendheid juist doen toenemen. Daardoor is vooral bij brosser materiaal een toename van de verticale connectiviteit te verwachten naast de breuken (Bense & Person, 2006).

2.6.2 Breukgeometrie

In de voorgaande sectie 2.6.1 is beschreven hoe breuken ontstaan zijn door het samengroeien van kleine individuele schuifvlakken. Daardoor zijn breuken langs het breukvlak niet uniform. In de lengterichting komen bochten en knikken voor en breuken zijn in de diepte ook niet recht. In het algemeen is het ondiepe deel bij benadering verticaal en loopt deze dieper steeds verder lateraal weg (Figuur 6).



Figuur 6 Breuksysteem bij Veghel (rode cirkel) met Peelrandbreuk (rode pijl) en groot aantal kleinere breuken op basis van seismische lijn 8119 (beschikbaar op <https://www.nlog.nl>).

In DGM en REGIS II zijn de breuken verticaal gemodelleerd. Een breuk kan dan met een enkele lijn op een kaart weergegeven worden. Naast deze ligging in bovenaanzicht is aangegeven wat het verticale bereik is, ofwel in welke (hydro)geologische eenheden de breuk aanwezig is.

In de overige modellen is de werkelijke geometrie van de breuken gemodelleerd en varieert de ligging in bovenaanzicht met de diepte. Dit betekent dat er in bovenaanzicht gaten in een laag kunnen ontstaan als het verzet relatief groot is ten opzichte van de dikte van de laag (zie bijvoorbeeld de laag tussen de Formatie van Rupel en de kalksteen (Chalk) in Figuur 6).

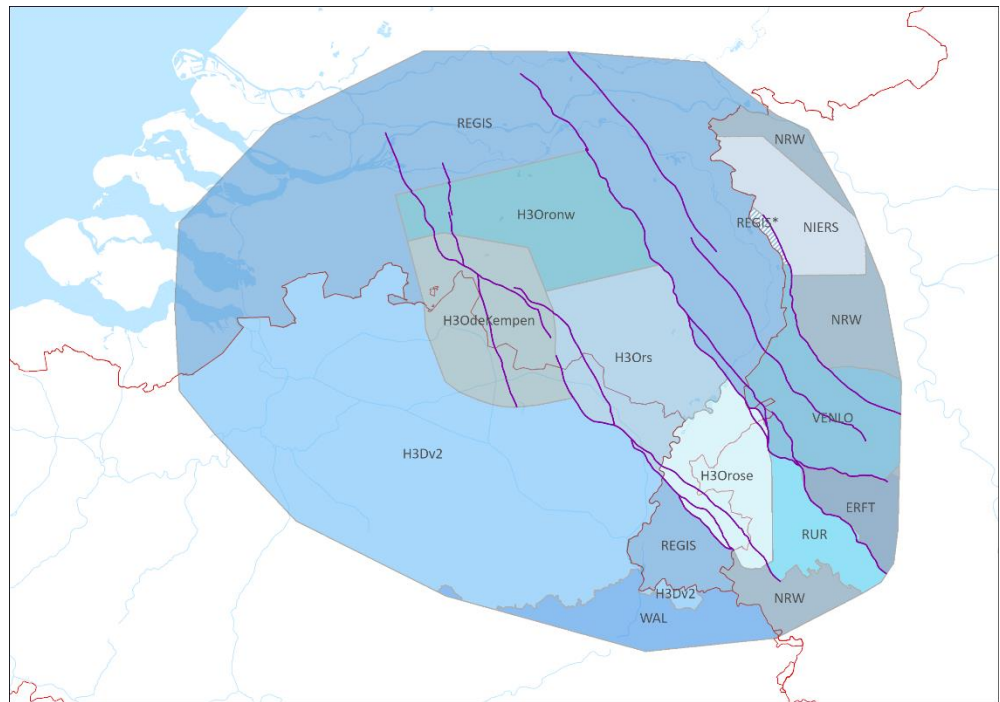
2.7 Overzicht

De gebruikte bronnen voor de geometrie per regio uit de paragrafen eerder in dit hoofdstuk zijn hier onder opgesomd:

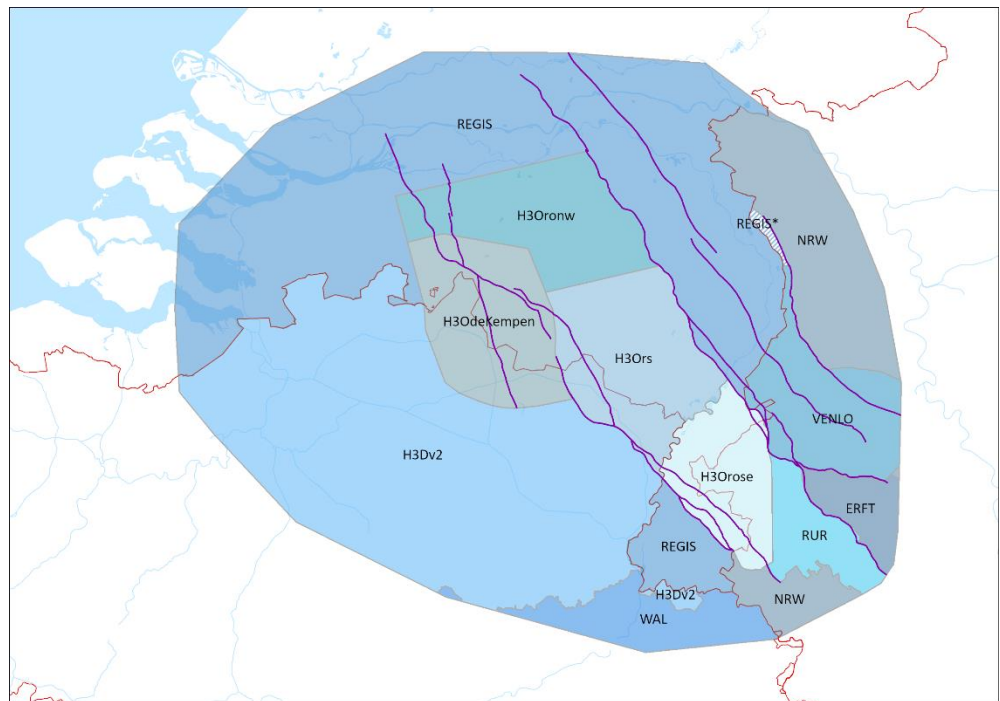
- H3O-PLUS (zie paragraaf 12.1):
 - o H3O-Roerdalslenk Zuidoost, ROer valley graben South East (H3Orose);
 - o H3O-Roerdalslenk (H3Ors);
 - o H3O-Roerdalslenk Noordwest (H3Orsnw);
 - o H3O-de Kempen (H3OdeKempen);
- Nederland (zie paragraaf 2.2):
 - o REGIS II v2.2 (REGIS);
 - o ThermoGIS (THERMO);
 - o DGM Diep v5 (DGMdiep);
- Noordrijn-Westfalen (zie paragraaf 2.3):
 - o Venloer Scholle-model (VENLO);
 - o Erftscholle-model (ERFT);
 - o Rurscholle-model (RUR);
 - o Niersmodel (NIERS);
 - o Kaarten Basis Quartär en Basis Tertiär (NRW);
- Vlaanderen (zie paragraaf 2.4):
 - o H3Dv2;
- Wallonië (zie paragraaf 2.5):
 - o Profielen van hydrogeologische kaarten (WAL).

Per diepte verschillen de bronnen die gebruikt zijn per regio. Dit is aangegeven in de volgende figuren:

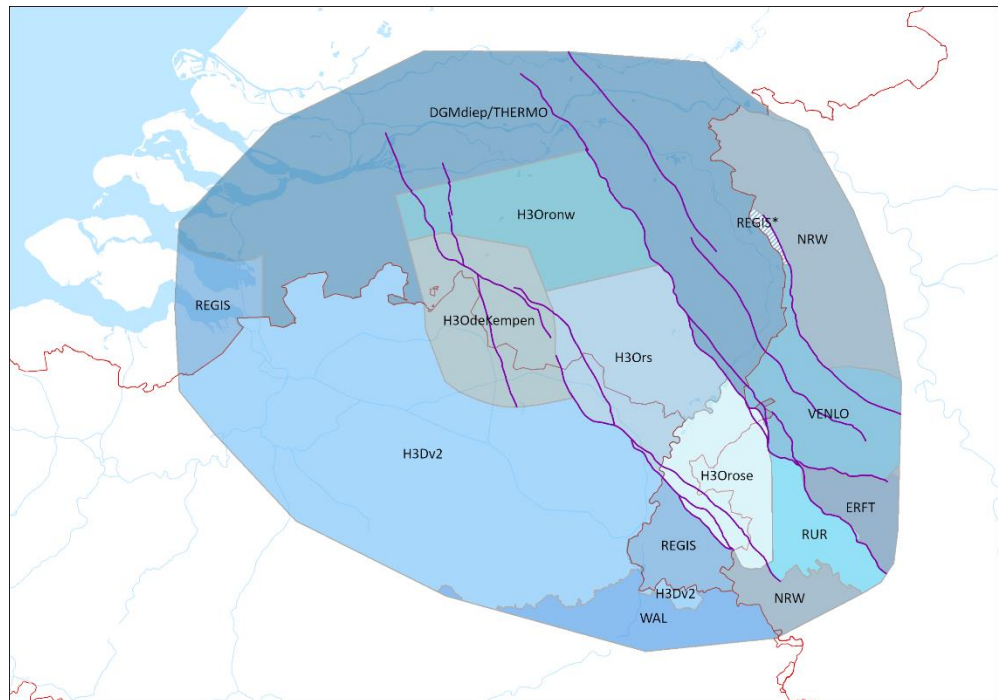
- Kwartair (Figuur 7);
- Tertiair (Figuur 8, Figuur 9 en Figuur 10);
- Diepere eenheden: Krijt – Carboon (Figuur 11 en Figuur 12).



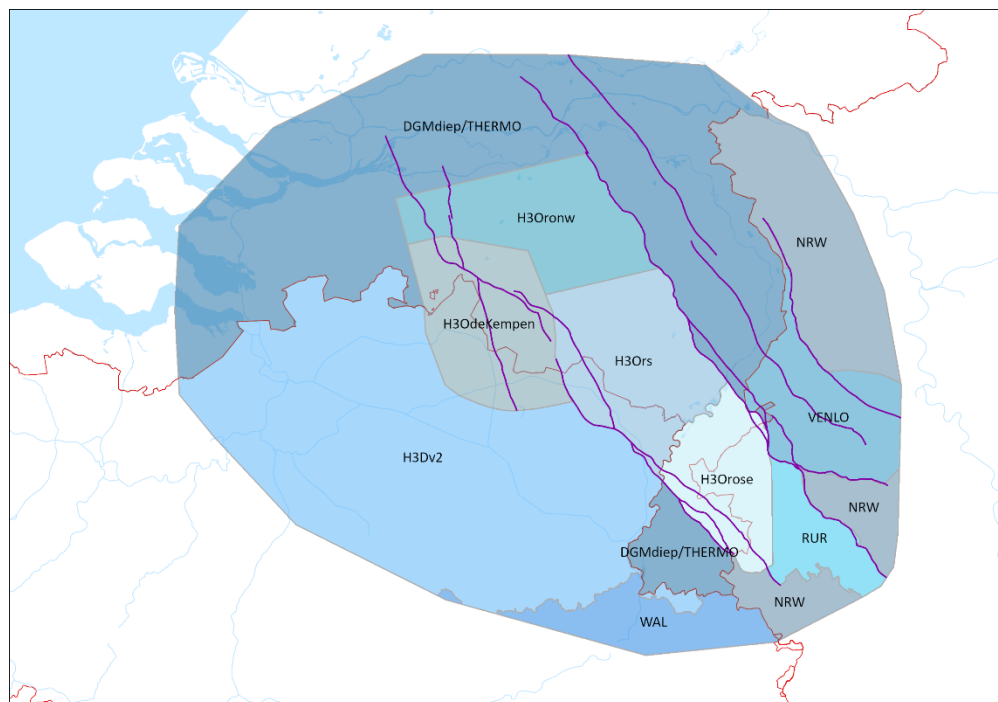
Figuur 7 Gebruikte modellen voor het Kwartair (NRW bevat alleen maaiveld en onderkant Kwartair).



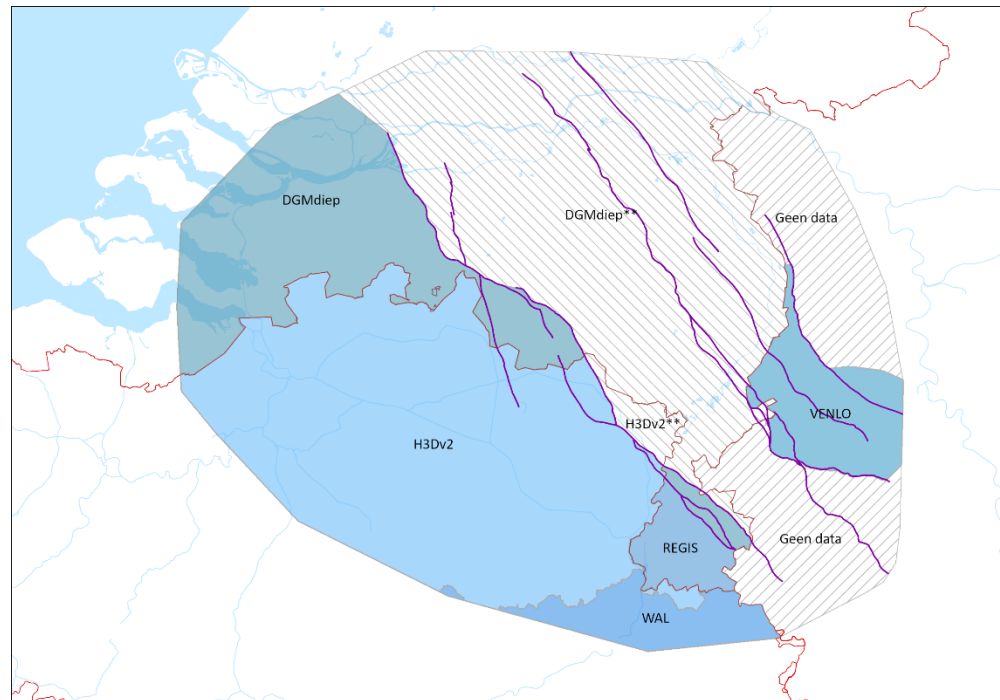
Figuur 8 Gebruikte modellen voor het bovenste deel van het Tertiair: Kiezeloöiet Formatie – Kasterlee Formatie.



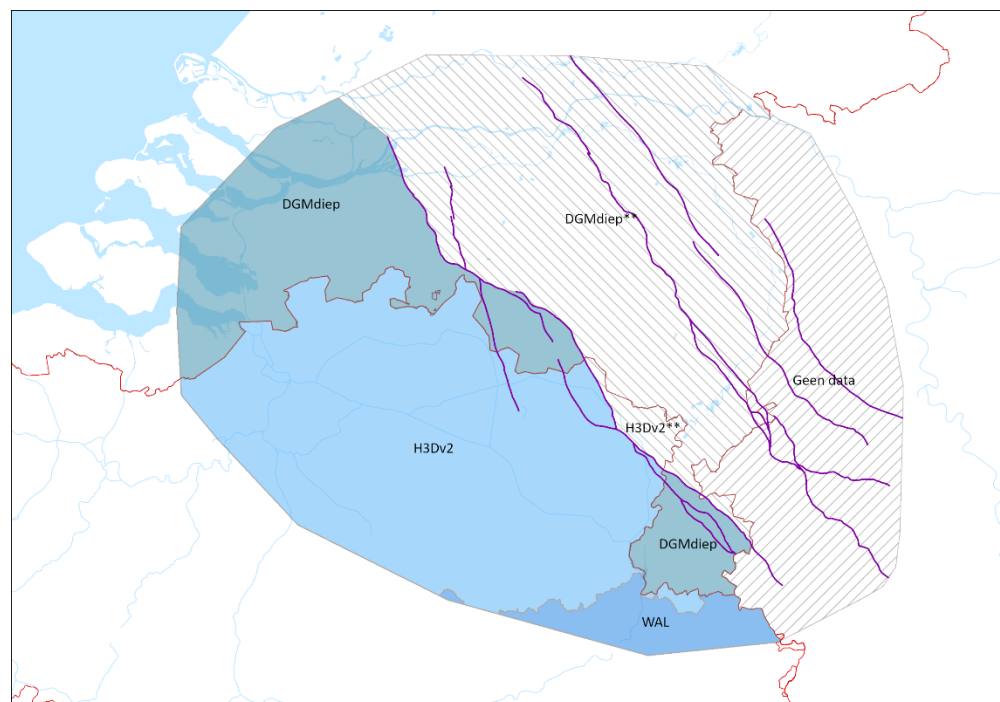
Figuur 9 Gebruikte modellen voor het midden deel van het Tertiair: Formatie van Breda – Tien.



Figuur 10 Gebruikte modellen voor het onderste deel van het Tertiair: Hannut Formatie – onderkant Tertiair (NRW bevat alleen onderkant Tertiair; voor Wallonië is een invulling gemaakt op basis van profielen uit de hydrogeologische kaartbladen).



Figuur 11 Gebruikte modellen voor het bovenste deel van het Krijt: Heijenrath Formatie – Krijtkalk groep.



Figuur 12 Beschikbare modellen voor het onderste deel van het Krijt en Jura, Trias, Perm en Carboon: Rijnland – Kolenkalk groep. Gebruikte modellen in kleur. Modellen met ** en arcering zijn niet gebruikt omdat dit diepere deel alleen ten zuiden van de Feldbiss- en Gilze-Rijenbreukzones is opgenomen in het basismodel ZuidNL.

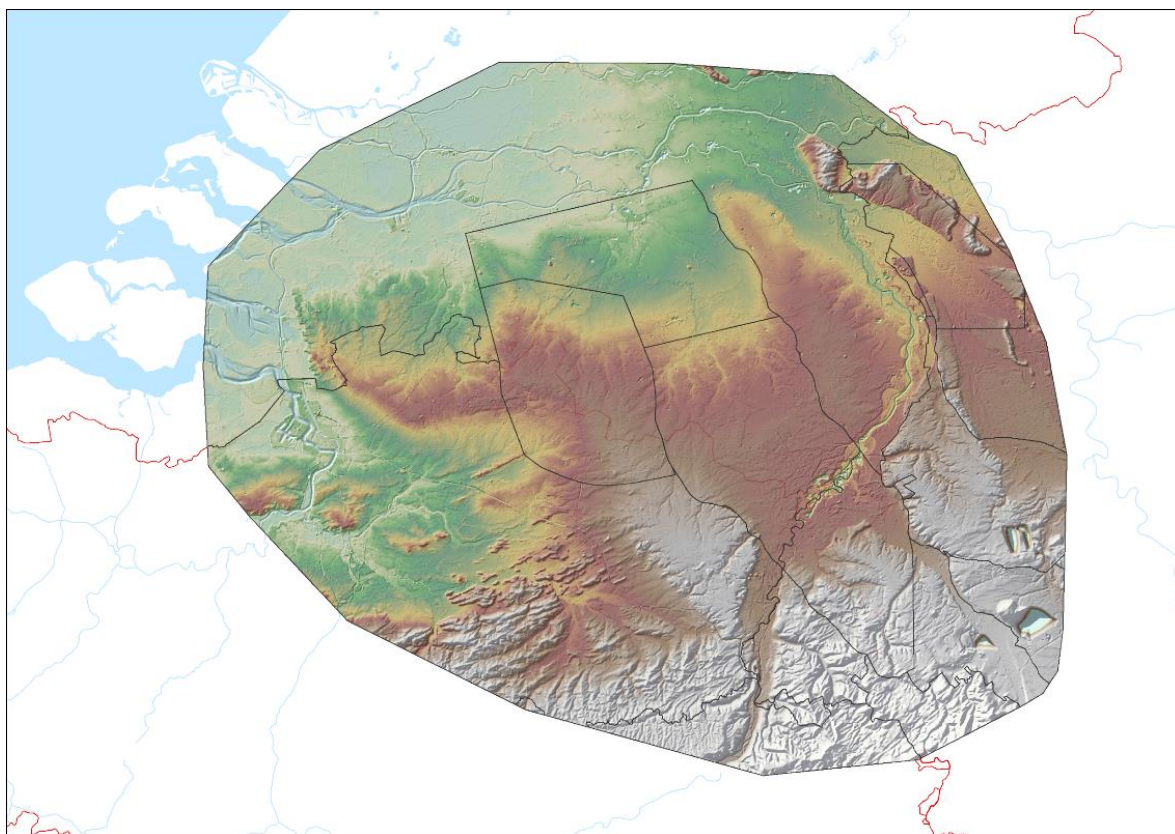
3 Samenvoegen modellen

3.1 Maaiveld

Voor alle regio's in het hydrogeologische basismodel is gedetailleerde maaiveld-informatie beschikbaar:

- Algemeen Hoogtebestand Nederland AHN 2 (Kadaster 2012) en AHN 3 (Kadaster 2019) zoals verwerkt tot maaiveldbestanden voor REGIS II en de H3O-modellen (Maaiveld- en waterbodemoogtebestand v2.2, 2016, TNO-GDN en v3.1, 2020, TNO-GDN);
- Digitaal Geländemodell, 2017, Geobasis NRW;
- Digitaal Hoogtemodel Vlaanderen II, 2014, Agentschap Digitaal Vlaanderen;
- Modèle Numérique de Terrain de la Wallonie, 2014, Service public de Wallonie.

Hiermee is een maaiveldbestand als bovenkant voor het lagenmodel geconstrueerd in RD- en NAP-coördinaten met de resolutie van het hydrogeologische basismodel van 100 m x 100 m (zie Figuur 13).



Figuur 13 Maaiveldhoogte voor het hydrogeologisch basismodel Zuid Nederland.

3.2 Werkwijze samenvoeging modellen

Het maaiveldgrid is als uitgangspunt gebruikt voor het hydrogeologische basismodel dat van het maaiveld naar beneden toe is gevuld met de modeleenheden aan de hand van het niveau van de onderkanten uit de beschikbare lagenmodellen.

Binnen het samenvoegen van de lagenmodellen kunnen de volgende stappen worden onderscheiden:

- 1 Grids omzetten in 100m x 100m grids in RD coördinaten waarbij de waarden bepaald zijn op basis van het 'nearest neighbour' algoritme;
- 2 Lagen van de modellen afsnijden op de randen van de gebieden waarvoor ze geselecteerd zijn voor het basismodel;
- 3 Definiëren van overeenkomende eenheden in de modellen: correlatietabel (zie paragraaf 3.3);
- 4 Laagdefinities maken voor gebieden waar geen model beschikbaar is;
- 5 Geselecteerde breuken verticaal maken in het model (zie paragraaf 3.4);
- 6 Samenvoegen van corresponderende lagen op basis van de correlatietabel resulterend in een gebiedsdekkend grid met de onderkant van elke modeleenheid in het basismodel;
- 7 Ontbrekende delen aanvullen door rondom interpoleren, of - bij breuken - extrapoleren naar de breuk toe (paragraaf 3.5);
- 8 Vanaf maaiveld per eenheid de onderkant consistent maken zodat de dikte niet negatief is (paragraaf 3.6);
- 9 De grids van de bovenkanten converteren naar IDF en opnemen in een iMOD-project;
- 10 Uitvoeren van controles.

Als de controles in stap 10 daartoe aanleiding gaf is teruggegaan naar een van de voorgaande stappen.

3.3 Correlatietabel

Op basis van de eenheden uit de individuele modellen is een overzicht gemaakt van de te onderscheiden modeleenheden voor het hydrogeologische basismodel Zuid-Nederland (ZuidNL). Tabel 2 in Bijlage A geeft de lijst van ZuidNL-modeleenheden in de volgorde van maaiveld tot de onderkant.

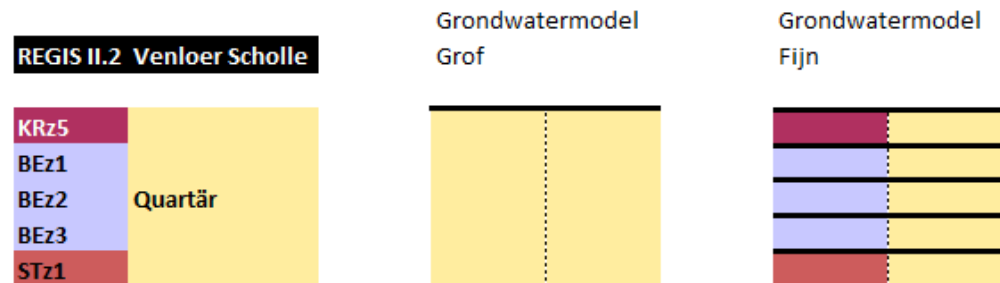
De correlatietabel in Bijlage B geeft het complete overzicht waarin voor elk van deze eenheden van het basismodel te zien is met welke eenheid uit de individuele modellen deze overeenkomen.

De keuzes die ten grondslag liggen aan deze tabel worden in deze paragraaf besproken.

3.3.1 Algemeen

Voor het detailniveau is uitgegaan van de detaillering in REGIS II. Fijnere laagindelingen, zoals beschikbaar in H3Dv2, zijn niet gebruikt. Gebieden waar alleen een grovere indeling beschikbaar is, zijn ingevoegd zonder indelingen te wijzigen. In die gevallen zijn in dwarsdoorsneden bij de gebiedsgrens meerdere fijne modeleenheden te zien naast zo'n modeleenheid uit een gebied met een

grovere indeling. In de correlatietabel is de grovere eenheid gekoppeld aan de onderste van de corresponderende fijnere eenheden. De grovere eenheden moeten gesplitst worden of de fijnere eenheden samengevoegd als in het grondwatermodel wel een 1-op-1 relatie tussen de lagen gewenst is (Figuur 14).



Figuur 14 Fictief voorbeeld van het vertalen van verschillende schematisaties in deelmodellen uit het hydrogeologisch basismodel Zuid-Nederland (linker figuur met fijnere indeling uit REGIS II.2 en een grovere indeling van de Venloer Scholle) naar continue lagen in een grondwatermodel (middelste figuur met een grof grondwatermodel en rechter figuur met een fijner grondwatermodel).

3.3.2 Kwartair

Voor de modeleenheden binnen het Kwartair zijn de volgende aspecten relevant van het samenvoegen van de deelmodellen tot een hydrogeologisch basismodel:

- De klei van het Laagpakket van Liempde binnen de Formatie van Boxtel (BXLMk1) komt alleen voor binnen het H3O-PLUS gebied, zodat REGIS II hierbij niet gebruikt is. Dit geldt ook voor de derde kleiige eenheid binnen de Formatie van Stramproy (SYk3), de vierde kleiige eenheid binnen de Kiezeloöliet Formatie (Klk4) en de volledige Formatie van Inden.
- H3Dv2 maakt minder onderscheid binnen de Formatie van Boxtel dan H3O-PLUS en REGIS II. De modeleenheden BXz2 en BXz3 komen alleen in Nederland voor. De Vlaamse eenheid A0151 is niet gesplitst in BXz1 en BXz4, maar is in zijn geheel gekoppeld aan BXz4.
- Het Niersmodel bevat een zeer klein voorkomen van de Eem Formatie. Dit is niet gebruikt omdat daarmee ook een extra eenheid van Kwartair zand (QRz) in Duitsland uitgespaard werd.
- H3Dv2 maakt minder onderscheid binnen de Formatie van Beegden dan H3O-PLUS en REGIS II. De modeleenheden BEz1 en BEz2 komen daardoor alleen in Nederland voor en de Vlaamse eenheid A0186 is gekoppeld aan BEz3.
- H3Dv2 maakt minder onderscheid binnen de Formatie van Sterksel dan H3O-PLUS en REGIS II. De modeleenheid STz1 komt daardoor alleen in Nederland voor en de Vlaamse eenheid A0187 is gekoppeld aan STz2.
- De Duitse-schollenmodellen benoemen alleen de scheidende eenheden en maken geen onderscheid binnen de zandige delen van de ondergrond. Daarom zijn in Duitsland eenheden met Kwartaire zanden gedefinieerd met code QRz.

- QRz1 zijn de zanden boven de Holstein klei 1 (HNk1) en komen overeen met Nederlandse zanden uit de Formaties van Sterksel, Beegden, Kreftenheye en Bortel.
- QRz2 zijn de zanden boven de klei 13 (met Duitse benaming Tegelen) uit de Duitse-schollenmodellen. Deze klei komt overeen met de bovenste klei uit de Formatie van Waalre (Wak1). Zodoende bevat QRz2 zanden die behoren tot de Formaties van Peize-Waalre, Sterksel, Stramproy, Beegden, Kreftenheye en Bortel (afhankelijk van de aanwezigheid van Holsteinklei HNk1).
- QRz3 zijn de Kwartaire zanden in Duitsland tussen de onderkant van het Kwartair en de eerst bovenliggende scheidende laag of tot aan maaiveld als er geen scheidende laag is. Deze modeleenheid komt afhankelijk van de situatie overeen met zanden van de Formaties van Peize-Waalre, Sterksel, Stramproy, Beegden, Kreftenheye en Bortel.
- H3Dv2 maakt minder onderscheid binnen de gecombineerde Formatie van Peize en Waalre dan H3O-PLUS en REGIS II. Het onderscheidt de zanden PZWaz1 en PZWaz2 niet aan de bovenkant. Daarom komt PZWaz1 niet voor in Vlaanderen en is de Vlaamse eenheid A0210 gekoppeld aan PZWaz2. Aan de onderkant is in plaats van de Wak3 en PZWaz4 een complexe eenheid gedefinieerd in H3Dv2. Daarom zijn deze Nederlandse modeleenheden niet doorgezet naar Vlaanderen maar is in plaats daarvan het Malle complex MLc in de correlatietabel opgenomen. Deze MLc correspondeert dus met Wak3 en PZWaz4 en is gekoppeld aan de laatste van deze twee.
- H3Dv2 maakt minder onderscheid binnen de Formatie van Maassluis dan H3O-PLUS en REGIS II. De modeleenheden MSz1 - 4 komen overeen met de Vlaamse eenheid A0222, die in het hydrogeologisch basismodel gekoppeld is gekoppeld aan MSz4.

3.3.3 *Tertiair*

Voor de modeleenheden binnen het Tertiair zijn de volgende aspecten relevant van het samenvoegen van de deelmodellen tot een hydrogeologisch basismodel:

- H3Dv2 maakt minder onderscheid binnen de Kiezeloöliet Formatie dan H3O-PLUS en REGIS II. De modeleenheden Klz1 - 4 komen daardoor niet voor in Vlaanderen en de Vlaamse eenheid A0231 is gekoppeld aan Klz5.
- Voor de delen van Duitsland buiten de Duitse-schollen modellen is de modeleenheid TRc gedefinieerd voor de gecombineerde Tertiaire eenheden tussen onderkant Kwartair en onderkant Tertiair die verder niet onderscheiden zijn.
- Het Heers complex (HSc) is buiten H3O-PLUS afgeleid uit de basis van de ThermoGIS-eenheid NLLFR (overeenkomend met het Hannut complex, HAC) en de top van de ThermoGIS-eenheid NLLFS (overeenkomend met het Opglabbeek complex, OPc). Hierbij zijn diktes binnen de verbreiding kleiner of

gelijk aan nul op 10 cm gezet. De corresponderende Landen complexe eenheid in REGIS II komt alleen binnen het H3O-gebied voor en is daarom niet gebruikt.

- De zanden uit het Oligoceen die in de Waalse doorsneden zijn onderscheiden, zijn gekoppeld aan de derde zandige eenheid binnen de Formatie van Tongeren (TOz3).

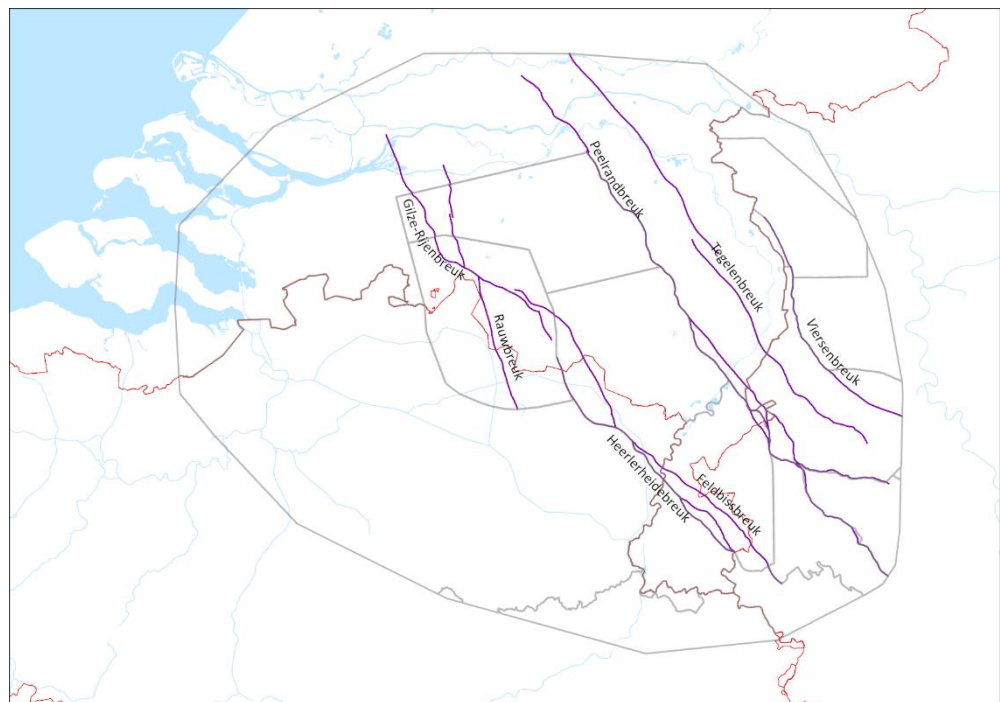
3.3.4 Krijt

Voor de modelleenheden binnen het Krijt is het volgende aspect relevant van het samenvoegen van de deelmodellen tot een hydrogeologisch basismodel:

- H3Dv2 maakt geen onderscheid tussen de Gulpen kalksteen (GUq) en het Vaals complex (VAc). Daarom is de Vlaamse eenheid A1103 gekoppeld aan VAc en komt de modelleenheid GUq niet voor in Vlaanderen.
- In de Waalse doorsneden zijn de Formaties van Gulpen en Vaals opgenomen (GUL en VAA) en deze zijn gekoppeld aan de Gulpen kalksteen GUq en het Vaals complex (VAc).

3.4 Verticaal maken breuken

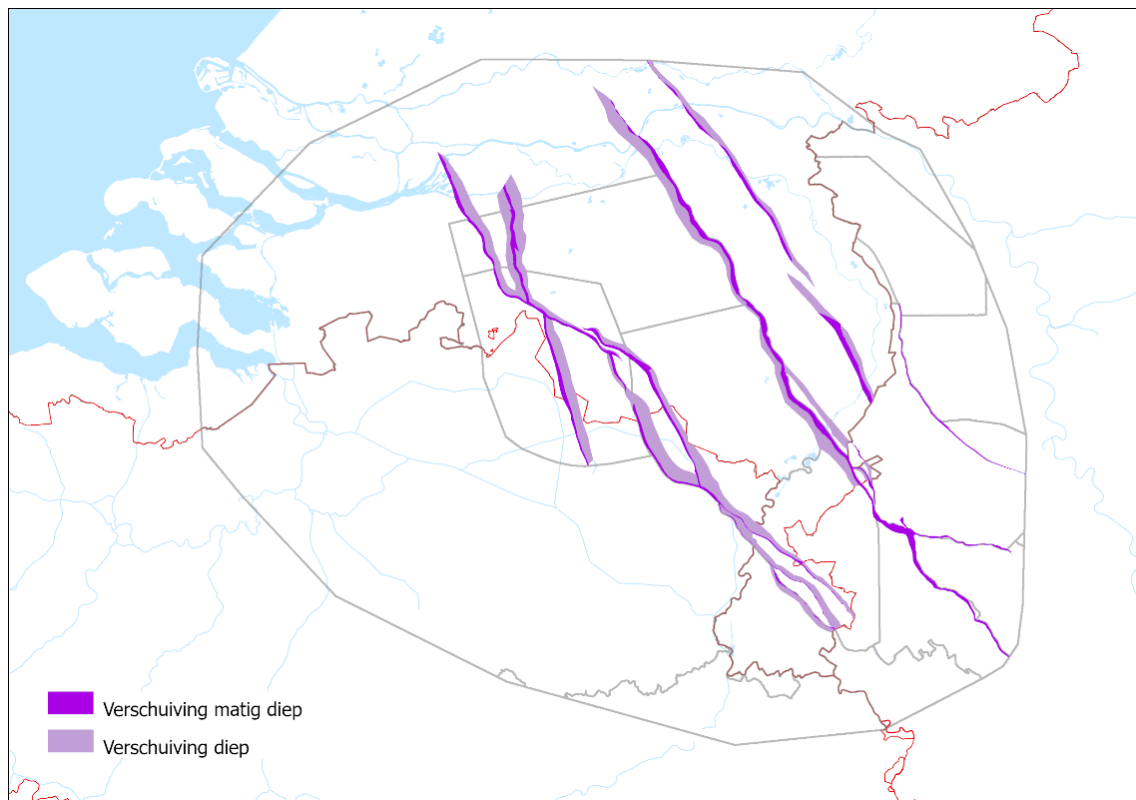
Voor het hydrogeologisch basismodel Zuid-Nederland (ZuidNL) is een selectie gemaakt van de belangrijkste breuken voor de hydrogeologie. Hierbij is gekeken naar het verzet, hoe ver de breuken naar boven toe doordringen tot in de ondiepere ondergrond, de lengte en de meest prominente breukblokken binnen het basismodel.



Figuur 15 Hoofdbreuken in het hydrogeologisch basismodel ZuidNL (dit zijn de breuken die verticaal gemaakt zijn in het basismodel ten behoeve van de grondwatermodellering).

Voor deze selectie zijn de breuken verticaal naar beneden doorgezet vanuit de ondiepe ligging. Daarbij zijn de diepere lagen aangepast zodat de zone tussen de ligging volgens het oorspronkelijke model voor die betreffende laag en die verticale ligging is opgevuld door extrapolatie zodat er een consistent verloop ontstaat met de sprongen in de geometrie van de modelleenheden ter plaatse van de verticaal geschematiseerde breuk.

Bij gebruik van het basismodel moet rekening gehouden worden met de grootte van de verschuiving voor het verticaal maken om resultaten lokaal goed te interpreteren (zie Figuur 16).



Figuur 16 Verschuiving door verticaal maken hoofdbreuken aan onderkant Tertiair (matig diep) en de onderkant van het basismodel (diep).

3.5 Ontbrekende delen aanvullen

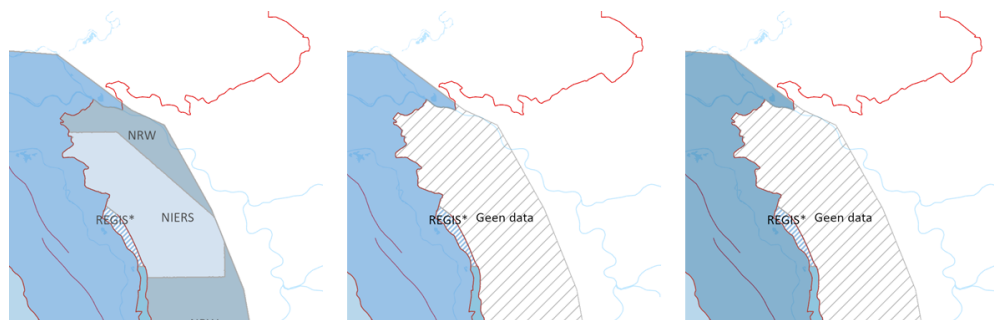
Bij het samenvoegen van lagen uit de verschillende modellen ontstaan kunstmatige gaten doordat de modellen niet exact op elkaar aansluiten. Deze gaten ontstaan bijvoorbeeld door:

- Verschillen in resolutie van de modellen;
- Verschillen in gekarteerde ligging van breuken die als rand van de modellen gebruikt zijn;
- Breuken waarvoor het breukvlak is gemodelleerd als een ruimtelijk gekromd vlak (in plaats van een verticaal vlak);
- De procedure voor het invullen van de ruimte tussen de in ThermoGIS gemodelleerde aquifers met scheidende lagen.

Deze gaten zijn opgevuld als op basis van het voorkomen van de betreffende eenheid aangenomen mag worden dat ze inderdaad kunstmatig zijn. Dit opvullen is uitgevoerd via een lokale interpolatie, waarbij in geval van een breuk geen informatie is gebruikt aan de andere kant van de breuk.

Ook zijn in bovenaanzicht soms smalle spleten te zien langs breuken die scheef gemodelleerd zijn. Dat treedt op als het verzet zo groot is ten opzichte van de hoek met de verticaal, dat de onderkant van de laag in het hoge blok boven de bovenkant van de laag in het lage blok ligt. Hoewel de laag ter plaatse van die spleet feitelijk niet voorkomt, zijn ook deze spleten opgevuld, om het basismodel makkelijker hanteerbaar te maken voor de grondwatermodellering.

Ten noorden van het Venloer Scholle model is de informatie schaars in Duitsland. Bovendien loopt een hoofdbreuk, de Viersenbreuk, in Duitsland evenwijdig aan de grens globaal vanaf Venlo tot voorbij Arcen. Daarom is hier de strook van de Nederlands-Duitse grens tot aan de breuk gevuld op basis van extrapolatie van REGIS II (Figuur 17).



Figuur 17 Extrapolatie van REGIS II in Duitsland tot de Viersenbreuk (links: Kwartair – zie Figuur 7; midden: bovenste deel Tertiair – zie Figuur 8; rechts: middendeel Tertiair – zie Figuur 9).

3.6 Basismodel consistent maken

3.6.1 Laaghoogtes en diktes

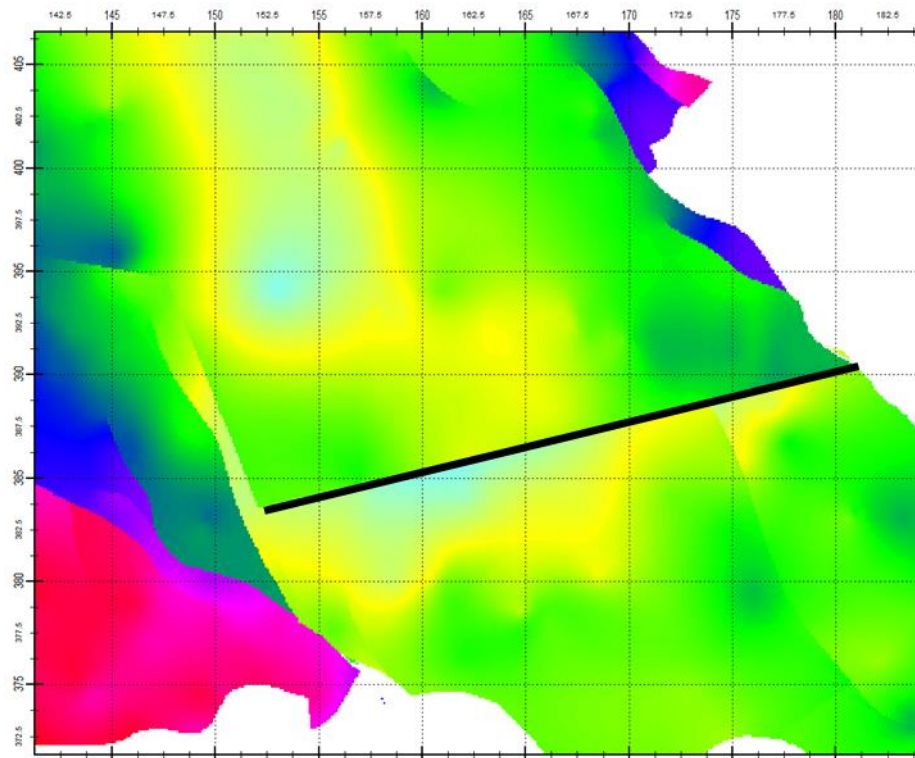
De basisstappen in het bepalen van de geometrie van de modelleenheden in het hydrogeologische basismodel Zuid-Nederland (ZuidNL) zijn:

- Per eenheid een top afleiden door de som van de diktes van de bovenliggende eenheden af te trekken van de maaiveldshoogte.
- Dikte berekenen uit de top en basis.
- Controleren of de dikte niet nul of negatief is. In dat geval deze gridcellen op NODATA zetten.
- Dezelfde gridcellen in de top en basis ook op NODATA zetten.

Door inconsistenties tussen deelmodellen in hetzelfde gebied en dieptebereik kunnen er lokaal lagen onbedoeld worden weggesneden door bovenliggende lagen. Voor de kleine eenheden van enkele geologische eenheden (KL, BRVI, VE, RU, TO, MA, GB, KO, TN, HS) is binnen het voorkomensgebied een minimale dikte van 10cm aangehouden zodat er geen onbedoelde gaten ontstaan.

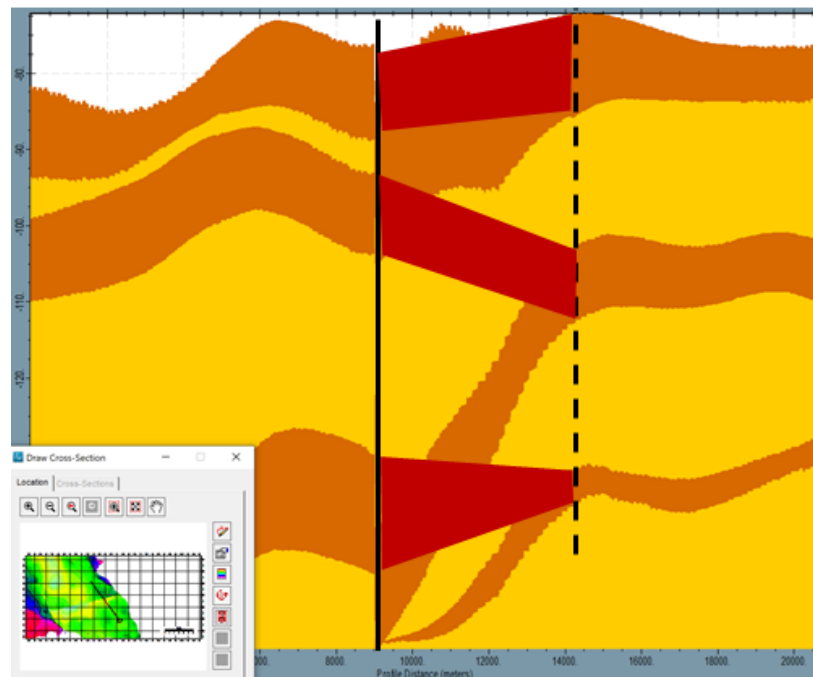
3.6.2 Aansluiting Waalrekleien tussen H3Ors en H3Oronw

Bij het maken van het H3O-model Roerdalslenk noordwest (H3Oronw) zijn de boringen opnieuw beoordeeld, waarbij de interpretatie van de Waalrekleien in het zuidelijk deel van dit model verbeterd is. Daardoor sluiten die modeleenheden niet aan op de Waalrekleien (Wak#) in het H3O-model Roerdalslenk (H3Ors), dat van eerdere datum is en de verbeterde inzichten in de Roerdalslenk mist (Figuur 18).



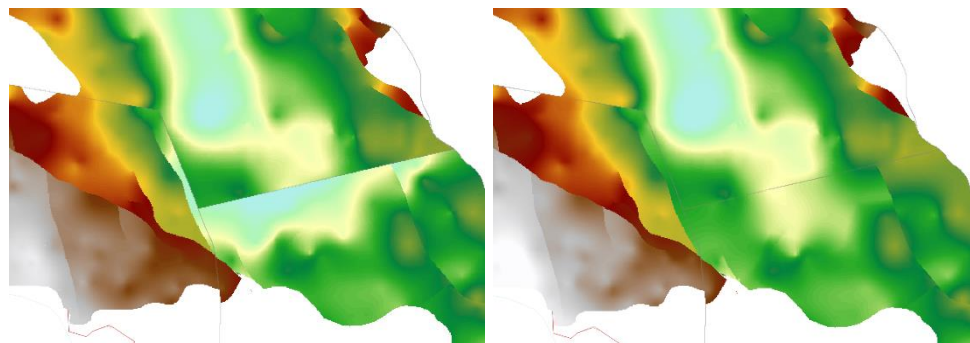
Figuur 18 Bovenkant van de tweede kleiige eenheid binnen de Formatie van Waalre (Wak2) in H3O-PLUS met kunstmatige sprong op overgang van H3O-modellen Roerdalslenk en Roerdalslenk noordwest (dikke zwarte lijn) door verbeterde kartering in noordwest.

Vanwege het grote belang van de Waalrekleien in dit gebied voor de grondwaterstroming en bescherming van drinkwaterwinningen is hier een uitzondering gemaakt op het uitgangspunt dat de beschikbare informatie samengevoegd zou worden en niet verbeterd. De aansluiting van de Waalrekleien is consistent gemaakt door deze modeleenheden te verwijderen ten zuiden van de rand van H3O-Roerdalslenk Noordwest en het ontstane gat te vullen door middel van interpolatie gebaseerd op de verbeterde correlaties (Figuur 19).



Figuur 19 Schematische weergave van de verbetering van de ligging van de Waalrekleien ten zuiden van het H3O-model Roerdalslenk noordwest (H3Orsnw, links van zwarte lijn) door van H3O roerdalslenk (H3Ors, rechts van zwarte lijn) een deel (tussen zwarte lijn en streepjeslijn) te verwijderen en te vervangen door een interpolatie (in roodbruine kleur weergegeven).

Het gebied waar de Waalrekleien verwijderd zijn omvat een zone langs de noordwestrand van H3O-Roerdalslenk (H3Ors) met een breedte van 7 tot 2 kilometer waar de kleien in H3Ors naar beneden duiken (globaal rondom de lichtblauwe en gele kleuren in Figuur 18). Het resultaat van de verbetering is te zien in Figuur 20.



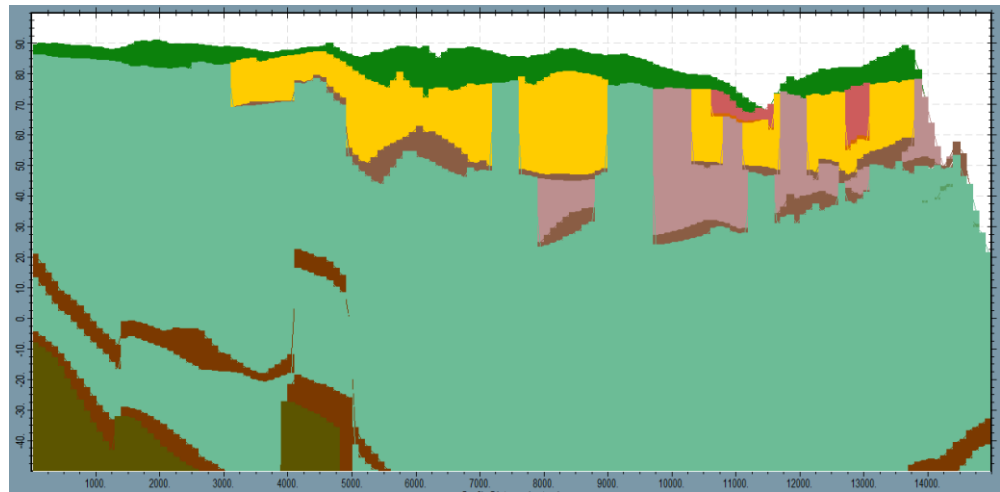
Figuur 20 Top van de tweede kleiige eenheid binnen de Formatie van Waalre WAK2 voor (links) en na de handmatige aanpassing (rechts).

3.6.3

Onderkant Kiezeloöliet Formatie en Formatie van Inden in Duitsland

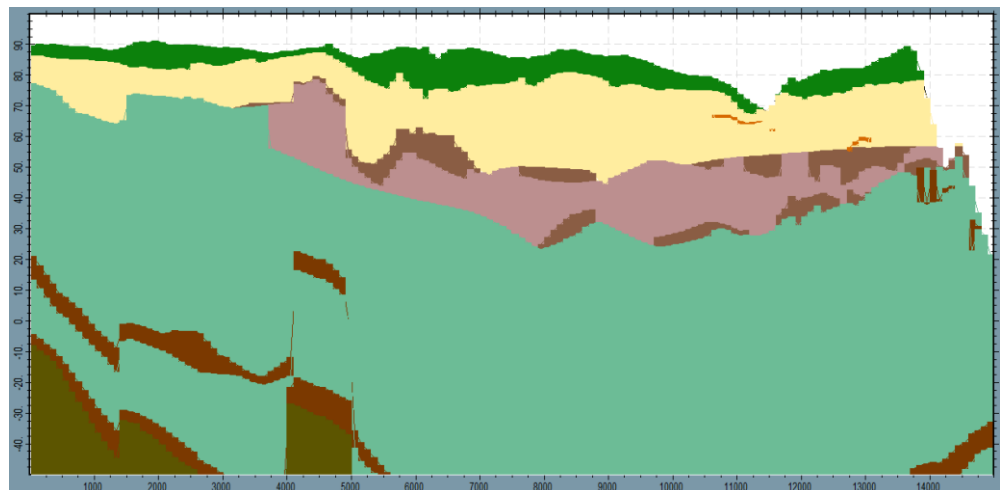
Omdat in de Duitse-schollenmodellen alleen de scheidende lagen gemodelleerd zijn, bevatten deze geen grensvlakken in de tussenliggende (goed doorlatende) ruimte, behalve de onderkant van het Kwartair en de onderkant van het Tertiair die uit de deelstaat-dekkende kaarten van de Geologische Dienst voor Noordrijn-Westfalen konden worden overgenomen. De initieel gekozen aanpak om voor de gehele ruimte uit te gaan van een uniforme doorlatendheid leidde tot doorsnijdingen

van de Kiezeloöliet zanden met eenheden die een geheel vormden met zanden van diepere Formaties, speciaal de Formatie van Breda (zie Figuur 21).



Figuur 21 Dwarsdoorsnede in Duitsland (coördinaten: x=215 tot x=230 km; y=345 km) met doorsnijding van ondiepere lagen met Bredazanden waar Kiezeloölietkleien ontbreken (Bijlage A geeft de kleuren van de modelleenheden).

Vanwege het grote contrast in doorlatendheid tussen de fluviatiele Kiezeloölietzanden en de mariene Bredazanden is dit geen werkbare schematisatie voor een grondwatermodel. Daarom is een onder- en bovenkant van de Kiezeloöliet Formatie gecreëerd op basis van de kleien uit die formatie (eenheden 8/9A/9C in de Duitse-schollenmodellen). Op deze wijze ontstond binnen de verbreiding van de formatie een aaneengesloten zandige modelleenheid binnen de Kiezeloöliet Formatie waarmee de geohydrologische situatie veel beter geschematiseerd wordt (zie Figuur 22 in vergelijking met Figuur 21).



Figuur 22 Dwarsdoorsnede in Duitsland (coördinaten: x=215 tot x=230 km; y=345 km) met geïnterpoleerde onderkant van de Kiezeloöliet Formatie op basis van de onderkant van de onderste Kiezeloöliet klei (Bijlage A geeft de kleuren van de modelleenheden).

Op vergelijkbare wijze is voor de Formatie van Inden een onderkant gecreëerd op basis van de onderkanten van de Indenkleien (eenheden 7B en 7D in de Duitse-schollenmodellen).

Daarmee heeft ook deze Formatie in het basismodel minder kunstmatige doorsnijdingen met Bredazanden. De Formatie van Inden komt alleen voor in het H3O-PLUS-model.

3.6.4 *Formaties van Breda en Ville*

De bruinkoollagen van de Formatie van Ville liggen binnen de Formatie van Breda. Buiten de H3O-modellen zijn deze in Nederland niet overal gemodelleerd. Om het geohydrologisch basismodel ZuidNL toch een consistent lagenmodel te maken, waarbij ook recht gedaan wordt aan het belang van de bruinkoollagen voor de grondwaterstroming, zijn de aanpassingen gedaan aan modelleenheden binnen deze twee formaties.

Voor het bovenste Bredazand (BRz1a) is een minimale dikte van 10 cm aangehouden binnen de verbreiding van deze modelleenheid. Waar de BRk1 ontbreekt in Nederland buiten H3O-PLUS is de onderkant van het BRz1 gelijkgesteld aan de onderkant van de Boven-Noordzee Groep uit DGMdiep (NLNU). Waar BRk1 wel aanwezig is buiten H3O-PLUS, is de onderkant van NLNU aangehouden als onderkant van BRk1, waarbij aan deze modelleenheid een minimale dikte van 10 cm gegeven is.

De voorkomende bruinkooleenheden (Vlb1a = Garzweiler_6E, Vlb1 = Frimmersdorf_6C, Vlb2 = Morken_I_6A en Vlb3 = 5C) hebben een minimum dikte van 10 cm gekregen binnen hun verbreidingen.

De geometrie van de bruinkoollagen uit de deelmodellen is niet aangepast. Recent seismisch onderzoek geeft wel aanwijzingen dat de modellering van deze lagen verbeterd kan worden (zie bijlage D).

3.6.5 *Midden-Noordzee Groep*

De informatie over de modelleenheden uit de Midden-Noordzee Groep (Formatie van Veldhoven, Rupel Formatie en Formatie van Tongeren) buiten H3O-PLUS en H3Dv2 is beperkter en grover dan voor de ondiepere eenheden.

Binnen deze groep komen belangrijke kleiige eenheden voor. Bij het samenvoegen van de onderliggende modellen zijn aanpassingen gedaan om het basismodel een consistente laagopbouw te geven:

- Veldhoven Someren complex (VESOc) uit ThermoGIS: Diepe insnijding van VESOc in onderliggende kleiige lagen is gecorrigeerd;
- Veldhoven Wintelre klei 1 (VEWk1): VEWk1 is buiten H3O-PLUS afgeleid uit basis NLNU/NMVFS en top NMVfV; Minimum dikte van 10 cm binnen verbreiding;
- Veldhoven Voort complex (VEVOc): In REGIS II alleen binnen H3O-PLUS gekarteerd; Minimum dikte van 10 cm binnen verbreiding;
- Rupel Boom klei 1 (RUBOk1): RUBOk1 buiten H3O-PLUS afgeleid uit basis NMVfV/NLNU en top NMRFV/NLFFS; Minimum dikte van 10 cm binnen verbreiding;
- Rupel klei 2 (RUK2): Minimum dikte van 10 cm binnen verbreiding;
- Tongeren Goudsberg klei 1 (TOGOk1): Minimum dikte van 10 cm binnen verbreiding;
- Tongeren Zelzate Watervliet klei 1 (TOZEWAk1): Minimum dikte van 10 cm binnen verbreiding;
- Maldegem complex (MAc): MAc buiten H3O-PLUS afgeleid uit basis NMRFV en top NLFFS; Minimum dikte van 10 cm binnen verbreiding;

- Kleilig deel van Gentbrugge complex (GBc): Minimum dikte van 10 cm binnen verbreiding;
- Kortrijk complex (KOc): DOIEk1 is gekoppeld aan KOc; KOc is buiten H3O-PLUS afgeleid uit basis NLFFS en top NLFFD; Minimum dikte van 10 cm binnen verbreiding;
- Heers complex (HSc): HSc is buiten H3O-PLUS afgeleid uit basis NLLFR en top NLLFS; deze modeleenheid is in REGIS II afwezig buiten het gebied van H3O-PLUS; Minimum dikte van 10 cm binnen verbreiding.

3.6.6 *Pre-Kenozoïcum*

De informatie over de modeleenheden uit het Krijt en ouder (Jura, Trias, Perm en Carboon) is beperkt. REGIS II v2.2 bevat alleen in Zuid-Limburg modeleenheden uit het Laat-Krijt. Voor Nederland kunnen verder ThermoGIS en DGMdiep gebruikt worden. ThermoGIS biedt in principe meer hydrogeologisch relevante informatie dan DGMdiep. De modellering van de geometrie in DGMdiep is echter beter dan die van ThermoGIS. De ThermoGIS-geometrie is niet gebruikt vanwege consistentieproblemen met DGMdiep voor de Rijnland Groep (KNz1), Schieland Groep (SLz1), Germaanse Trias Groepen (RBRNz1), Boven-Rotliegend Groep (ROz1), Limburg Groep (DCc) en de Kolenkalk Groep (CLk1). De hydraulische parameters uit ThermoGIS waren wel bruikbaar.

Voor Vlaanderen bevat H3Dv2 ook deze oude modeleenheden, zij het zonder hydraulische parametrisatie.

4 Hydraulische parametrisatie

In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe de modelleenheden van het hydrogeologische basismodel voor Zuid-Nederland hydraulisch zijn geparametriseerd. De parametrisatie is onderscheiden in de doorlatendheid van de hydrogeologische eenheden in het basismodel en de laterale weerstand van breuken. De doorlatendheid is kwantitatief uitgewerkt (zie paragraaf 4.1). De breuk eigenschappen zijn veel minder goed bekend en daar is alleen een kwalitatieve indeling voor gemaakt (paragraaf 4.2).

4.1 Doorlatendheden

Op hoofdlijnen was de aanpak om horizontale doorlatendheden (kh) aan de watervoerende eenheden toe te kennen, en verticale doorlatendheden (kv) aan de scheidende eenheden. Door combinatie met de dikte (D) kunnen daaruit vervolgens respectievelijk waarden voor de transmissiviteit ($kD = kh \times D$) en verticale hydraulische weerstand ($c = D / kv$) worden afgeleid. Aan complexe eenheden worden beide doorlatendheden toegekend.

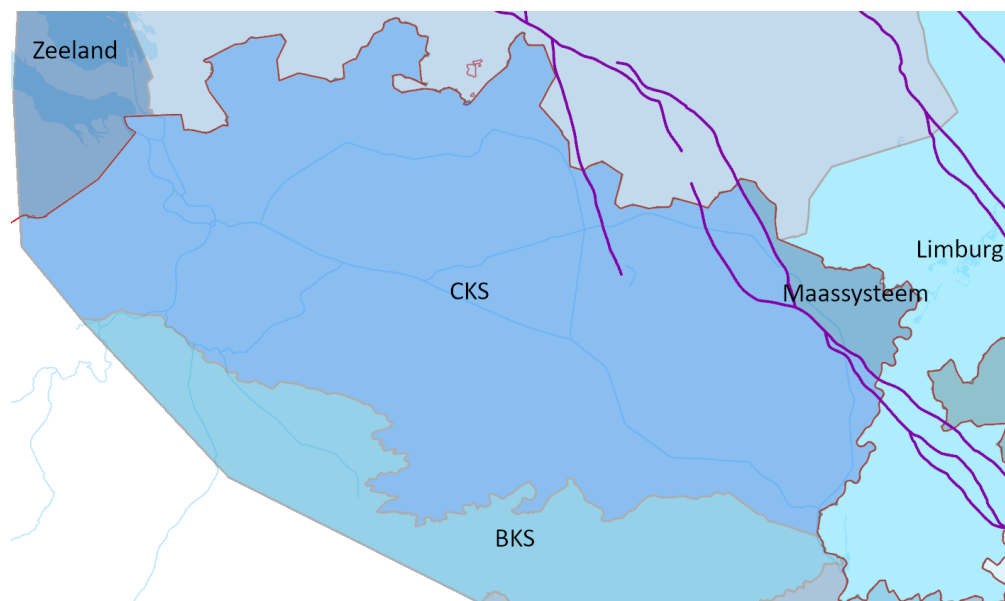
De gridbestanden van de horizontale en verticale doorlatendheden (kh en kv in de bestandsnamen) van REGIS II v2.2 zijn de voornaamste informatiebron voor Nederland. Deze zijn gecorrigeerd voor verschillen in verbreiding van eenheden tussen REGIS II v2.2 en H3O-PLUS. Binnen Nederland is verder gebruik gemaakt van ThermoGIS-gridbestanden van de horizontale permeabiliteit (in millidarcy, wat is geconverteerd naar doorlatendheid in meter per dag).

Voor Vlaanderen en Duitsland is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van de hydraulische parameterwaarden die zijn verzameld in het kader van Task 3.2 van GeoERA-RESOURCE H3O-PLUS (Vernes e.a., 2021). De informatie vanuit H3O-PLUS beslaat een stratigrafisch traject vanaf het Holocene omlaag tot en met de Paleogene modelleenheid Opglabbeek complex (OPc), overeenkomend met Landen complex (LAc) in REGIS II.

Voor Vlaanderen is de voornoemde informatie vanuit H3O-PLUS, aangevuld met waarden uit de hydraulische parameterdatabank van de VMM. De respectievelijke gebiedsindelingen van de H3O-projectgebieden en de Vlaamse grondwatersysteemgebieden sluiten niet op elkaar aan (vergelijk Figuur 23 en Figuur 2). Hiermee is als volgt omgegaan:

- Voor het Centraal Kempisch Systeem zijn de H3O-PLUS parameterwaarden aangehouden voor het Vlaamse deel van H3O-De Kempen - ook voor het deel van het Centraal Kempisch Systeem dat daarbuiten valt;
- Voor het Maassysteem in de Roerdalslenk zijn de H3O-PLUS parameterwaarden aangehouden voor het Vlaamse deel van H3O-Roerdalslenk;
- Voor het Maassysteem buiten de Roerdalslenk zijn de H3O-PLUS parameterwaarden aangehouden voor het Vlaamse deel van H3O-De Kempen. In de tekst wordt dit deelgebied overigens meestal niet expliciet genoemd. Daar waar in de tekst aan het Centraal Kempisch Systeem wordt

gerefereerd, moet worden gelezen 'het Centraal Kempisch Systeem en het Maassysteem buiten de Roerdalslenk', tenzij expliciet anders geformuleerd.



Figuur 23 Deelgebieden voor de hydraulische parameters aangeleverd door de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM): Centaal Kempisch Systeem (CKS), Bruland Krijt Systeem (BKS) en het Maassysteem).

Het Centraal Vlaamse Systeem (CVS) heeft een beperkte verbreiding in het westen van het IBRAHYM-modelgebied. Om in dit kleine gebied geen afwijkende waarden te introduceren is de hydraulische parametrisatie van dit deelgebied gelijkgeschakeld met die van het Centraal Kempische Systeem.

Voor Wallonië hadden wij geen gebiedsspecifieke informatie over hydraulische parameters beschikbaar, met uitzondering van enkele regioparameterwaarden voor Maasgrind in de parameterdatabank van VMM. Voor alle andere eenheden die in Wallonië voorkomen, zijn parameterwaarden aangehouden die zijn geformuleerd voor (aangrenzende delen van) Vlaanderen, Nederland en/of Duitsland.

Voor Duitsland (zie Figuur 3) gelden de volgende aandachtspunten:

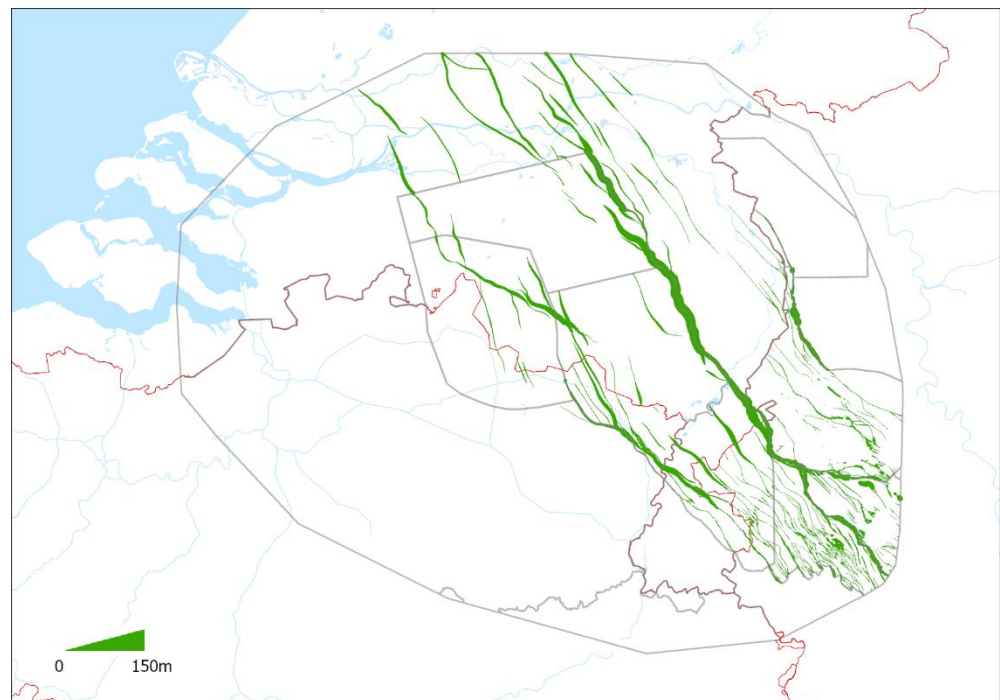
- Voor de Rurscholle in Duitsland zijn de H3O-PLUS parameterwaarden aangehouden voor het Duitse deel van H3O-Roerdalslenk Zuidoost (H3O-ROSE);
- Voor de Erftscholle zijn geen separate hydraulische parameterwaarden beschikbaar. Pragmatischerwijs is de hydraulische parametrisatie van de Erftscholle gelijkgeschakeld met die van de Rurscholle;
- Voor de Venloer Scholle en het overige deel van Duitsland, en voor de eenheden van Krijt- en hogere ouderdom in de Rurscholle, is gebruik gemaakt van doorlatendheidsinformatie behorende bij de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:50.000 / 1:100.000;
- De informatie voor de Venloer Scholle reikt niet dieper dan de eenheid Tongeren-Formation, Ratheim-Subformation, Hor. 01D. Voor diepere eenheden in de Venloer Scholle zijn de voor het overige deel van Duitsland gevonden waarden aangehouden.

Details over de parametrisatie per eenheid worden gegeven in Bijlage C.

4.2 Grove indeling breukkaracteristieken

Naast de hydraulische parametrisatie van de lagen zijn ook de eigenschappen van de breuken van belang voor de grondwaterstroming. Er is weinig kennis van en ervaring met het toekennen van hydraulische weerstand aan breuken op regionale schaal, die daardoor vaak een uniforme weerstand krijgen in grondwatermodellen.

Het verzet is de verticale verplaatsing van de breuk (zie Figuur 5 met de ontstaanswijze van breuken en Figuur 6 met breuken in een dwarsdoorsnede bij Veghel). Het verzet geeft een indicatie voor de hydraulische weerstand van een breuk (zie sectie 2.6.1). De verschillen in de grootte van het verzet worden geïllustreerd in Figuur 24.

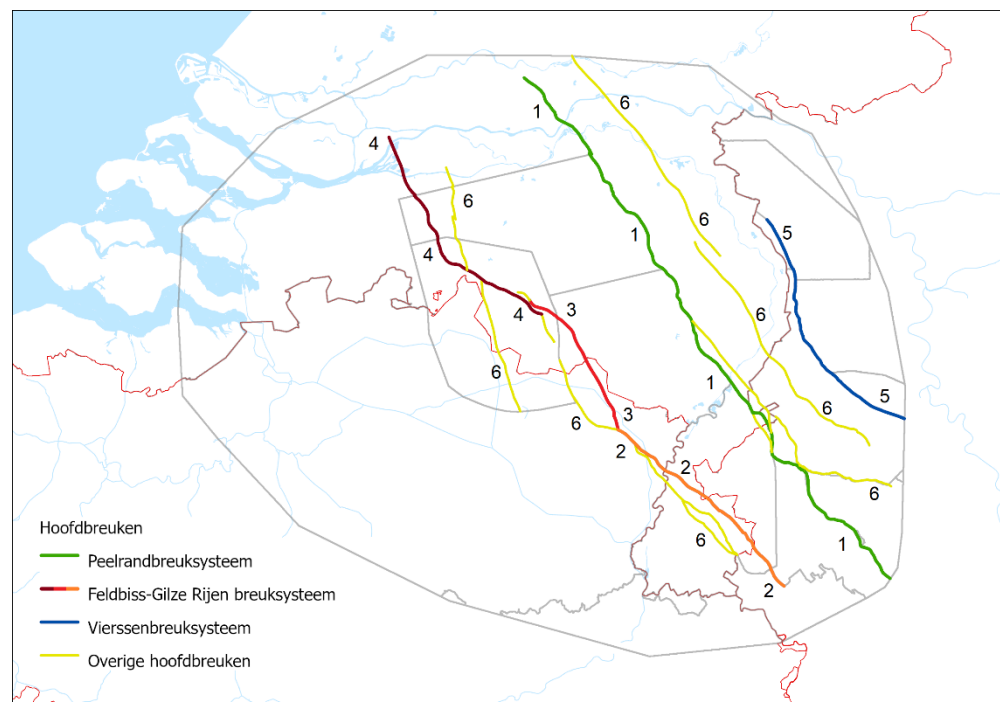


Figuur 24 Verzet van de breuken aan de onderkant van het Kwartair (hoofdbreuken en nevenbreuken), waarbij lijnen dikker zijn naarmate de verticale verschuiving langs het breukvlak groter is.

De hoofdbreuken (zie sectie 4.2.1) springen er uit met een groter verzet. De andere breuken worden hier nevenbreuken genoemd en ook onder deze breuken zijn er een aantal met een aanzienlijk verzet. De aanpak voor deze nevenbreuken wordt beschreven in sectie 4.2.2.

4.2.1 *Klassenindeling hoofdbreuken*

De hoofdbreuken zijn de belangrijkste breuken in het gebied die ook fungeren als gebiedsgrenzen en daarom verticaal gemaakt zijn (zie paragraaf 3.4 en Figuur 15). Op basis van het werk van Lapperre e.a. (2019) en inzichten uit de GeoERA-projecten RESOURCE, VoGERA en HIKE is een grove indeling in klassen gemaakt van de hoofdbreuken. Voor de klassen is onderscheid gemaakt tussen de Peelrandbreuk, het Feldbiss-Gilze Rijenbreuksysteem, de Viersenbreuk en de overige hoofdbreuken die meestal aftakkingen zijn van de genoemde breuken. Het Feldbiss-Gilze Rijenbreuksysteem is nog onderverdeeld in drie verschillende delen op basis van het verzet van de onderkant van het Kwartair gebruikt (zie Figuur 24). De resulterende klassen die bedoeld zijn als eenheden voor kalibratie in het grondwatermodel zijn weergegeven in Figuur 25.



Figuur 25 Hydraulische klassenindeling voor hoofdbreuken (1: Peelrandbreuksysteem; 2, 3, 4: Feldbiss-Gilze Rijen breuksysteem; 5: Viersenbreuksysteem; 6: overige hoofdbreuken).

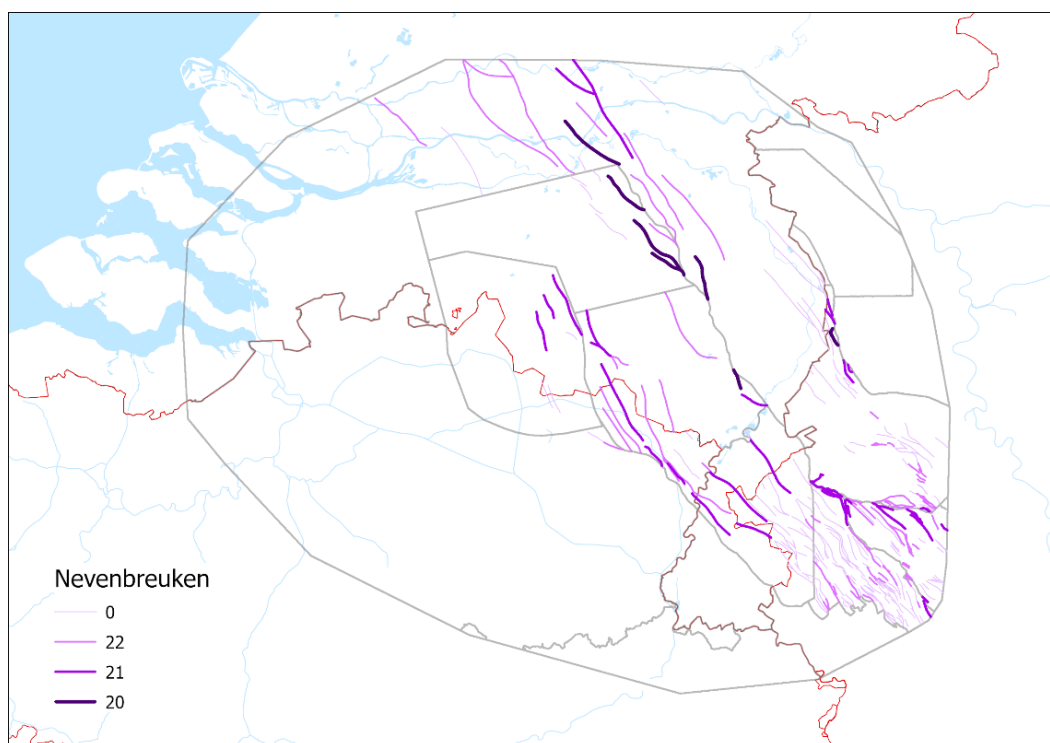
4.2.2 *Nevenbreuken*

Naast de hoofdbreuken zijn er veel meer breuken binnen het modelgebied. Een deel daarvan heeft ook invloed op de grondwaterstroming. Om hier wat meer inzicht te verschaffen is het verzet berekend voor de breuken die in de deelmodellen onderscheiden zijn in de onderste eenheid van het Kwartair. De overige breuken die alleen voorkomen in modelleenheden met een grotere ouderdom zijn dus niet geïdentificeerd als nevenbreuk omdat deze meestal of van minder belang zijn voor de grondwaterstroming door de grotere diepte en lagere sedimentdoorlatendheden of juist een zone van hogere transmissiviteit vormen zoals in de kalksteen in Zuid-Limburg.

De betreffende bestanden uit de deelmodellen zijn samengevoegd tot een bestand van nevenbreuken. Deze zijn in ieder geval aanwezig in de modelleenheden die

ouder zijn dan het Kwartair. Voor zover mogelijk zijn op basis van de deelmodellen de ondiepste modeleenheden binnen het Kwartair als attribuut toegevoegd aan deze nevenbreuken. De breuken zijn aanwezig van de onderkant van het basismodel tot en met die toegekende ondiepste modeleenheid. Ook het verzet is als attribuut toegevoegd aan de nevenbreuken, zoals dat berekend is op basis van de kaart met de onderkant van het Kwartair in het hydrogeologisch basismodel (Figuur 24).

Aan de hand van het verzet zijn klassen gemaakt met een nummering die afwijken van de hoofdbreuken: 20 voor een verzet groter dan 100 meter, 21 voor verzetten tussen 50 en 100 meter, 22 voor verzetten tussen 50 en 25 meter en 0 bij een verzet kleiner dan 25 meter (Figuur 26).



Figuur 26 Hydraulische klassen voor nevenbreuken.

5 Resultaat

5.1 Modelbestanden

Het resultaat van de werkzaamheden is een eerste versie van een hydrogeologisch basismodel bedoeld als basis voor grondwatermodelleringen in Noord-Brabant en Limburg: hydrogeologisch basismodel Zuid-Nederland (ZuidNL). Het model bestaat uit deze rapportage en een grote hoeveelheid bijbehorende bestanden:

- Een Excelfile met de onderscheiden modelleenheden:
 - De correlatietabel gebruikt voor het samenvoegen van de informatie uit de deelgebieden;
 - Een overzicht van de invoer gebruikt voor de parametrisatie;
 - Een lijst de opgeleverde grids per modelleenheid met de gemiddelde waarde per parameter;
- GIS-kaarten voor elke hydrogeologische eenheid van het basismodel met:
 - Diepte bovenkant;
 - Diepte onderkant;
 - Dikte;
 - Horizontale doorlatendheid (niet voor aquitards);
 - Verticale doorlatendheid (niet voor aquifers);
 - Voor aquifers een transmissiviteit (dikte x horizontale doorlatendheid);
 - Voor aquitards een hydraulische weerstand (dikte / verticale doorlatendheid).
- GIS-kaarten van de hoofdbreuken (verticaal gemaakt in het basismodel) en de nevenbreuken (hiervoor is de ligging aan de onderkant van het Kwartair aangehouden):
 - De hoofdbreuken met de bovenste kleiige eenheid waarin de breuk actief is met een klasse per breuksysteem en een onderverdeling voor de Feldbiss-Gilze Rijenbreukzoen waarvan het belang voor de grondwaterstroming sterk varieert over de lengte:
 - Klasse 1: Peelrandbreukzone met veel effect;
 - Klassen 2, 3 en 4: Feldbiss-/Gilze-Rijenbreukzone met afnemend effect;
 - Klasse 5: Viersenbreuk met veel effect;
 - Klasse 6: overige breuken met minder effect;
 - Per hydrogeologische eenheid een kaart welke delen van de hoofdbreuken aanwezig zijn in de betreffende eenheid;
 - De nevenbreuken met klassen voor het effect op de grondwaterstroming. De klassen in deze shapefile zijn 20 (meeste invloed), 21 (minder invloed), 22 (minste invloed) en 0 (waarschijnlijk niet van belang hydraulisch);
 - Bij de klassenindeling is geen basiswaarde voor de hydraulische weerstand gegeven omdat daar vanuit de (hydro)geologie te weinig over te zeggen is.
- GIS-kaarten van de deelmodellen die samengevoegd zijn tot het hydrogeologisch basismodel ZuidNL;
- GIS-kaart met aandachtspunten bij het model.

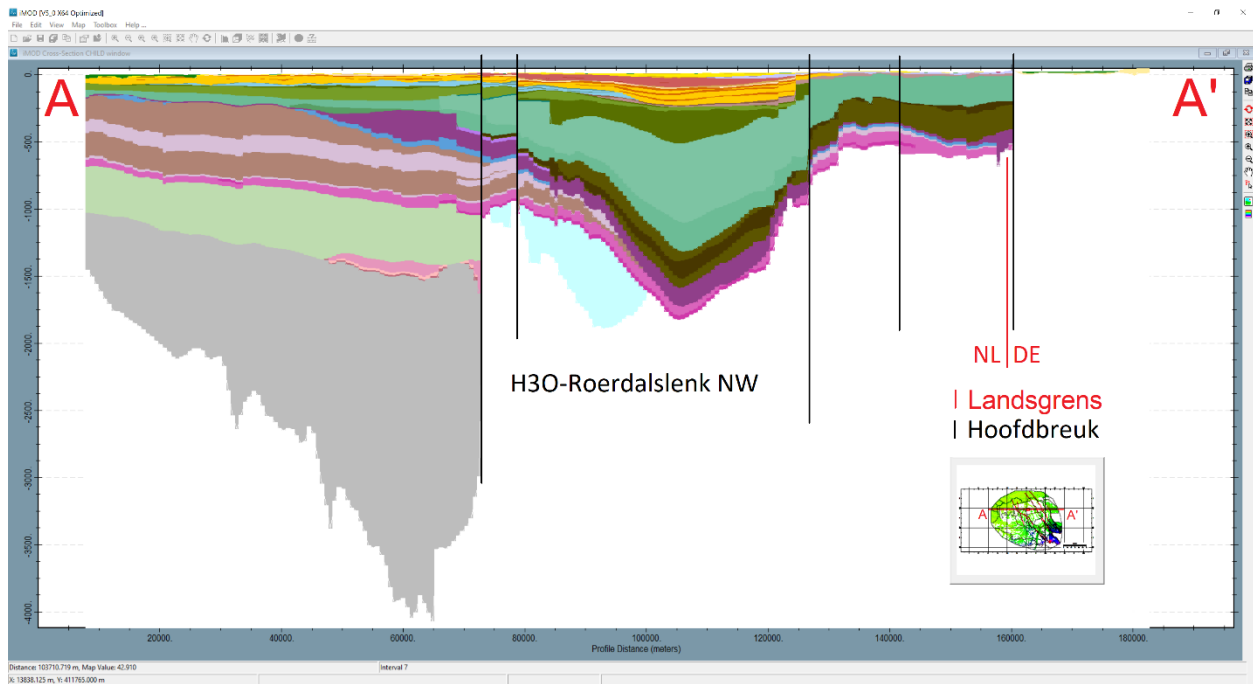
De laatst genoemde kaart is een weerslag van de gebieden die genoemd worden in Hoofdstuk 6, dat de kanttekeningen bij en beperkingen van het model geeft samen met aanwijzingen voor het gebruik. Deze kaart wordt gepresenteerd met een toelichting in paragraaf 6.8.

5.2 Dwarsdoorsneden

Deze paragraaf illustreert het hydrogeologisch basismodel Zuid-Nederland (ZuidNL) aan de hand van dwarsdoorsneden (Figuur 28 tot en met Figuur 32). Figuur 27 geeft de ligging van de dwarsdoorsneden.



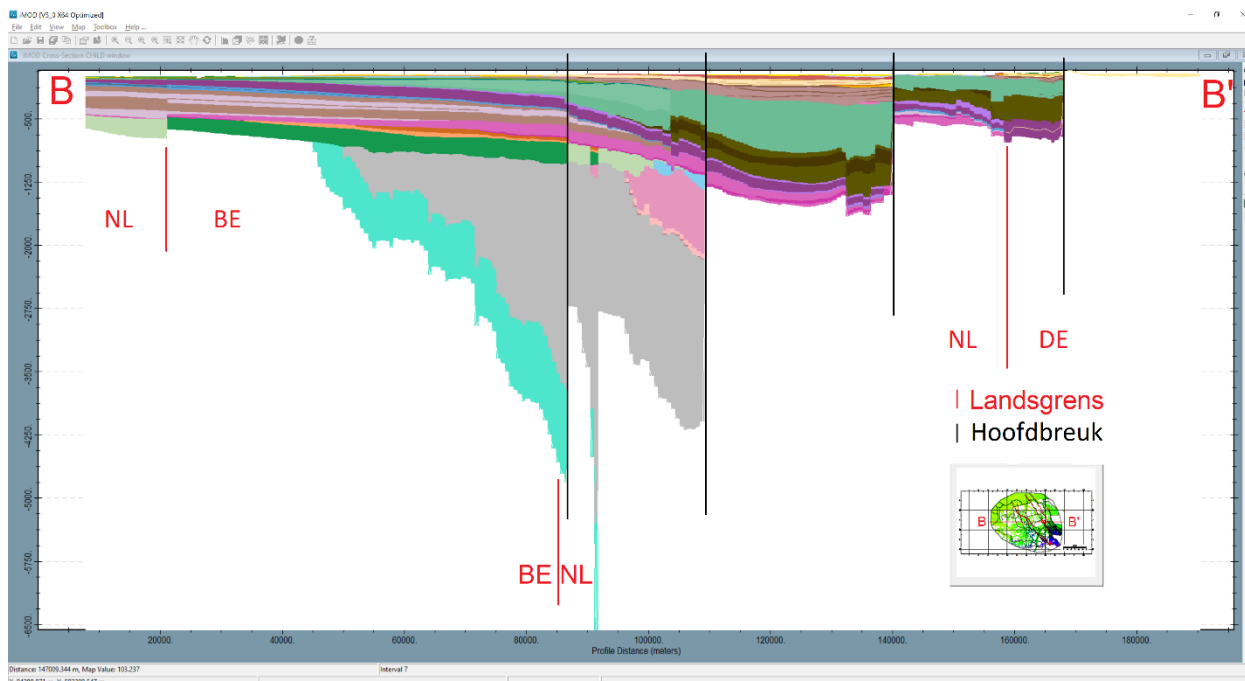
Figuur 27 Ligging van de dwarsdoorsneden A-A' (Figuur 28), B-B' (Figuur 29), C-C' (Figuur 30), D-D' (Figuur 31) en E-E' (Figuur 32).



Figuur 28 Dwarsdoorsnede A-A': West-Oost met coördinaten: x=51 tot x=247 km; y=397 km (Bijlage A geeft de kleuren van de modelleenheden; Figuur 27 geeft de ligging).

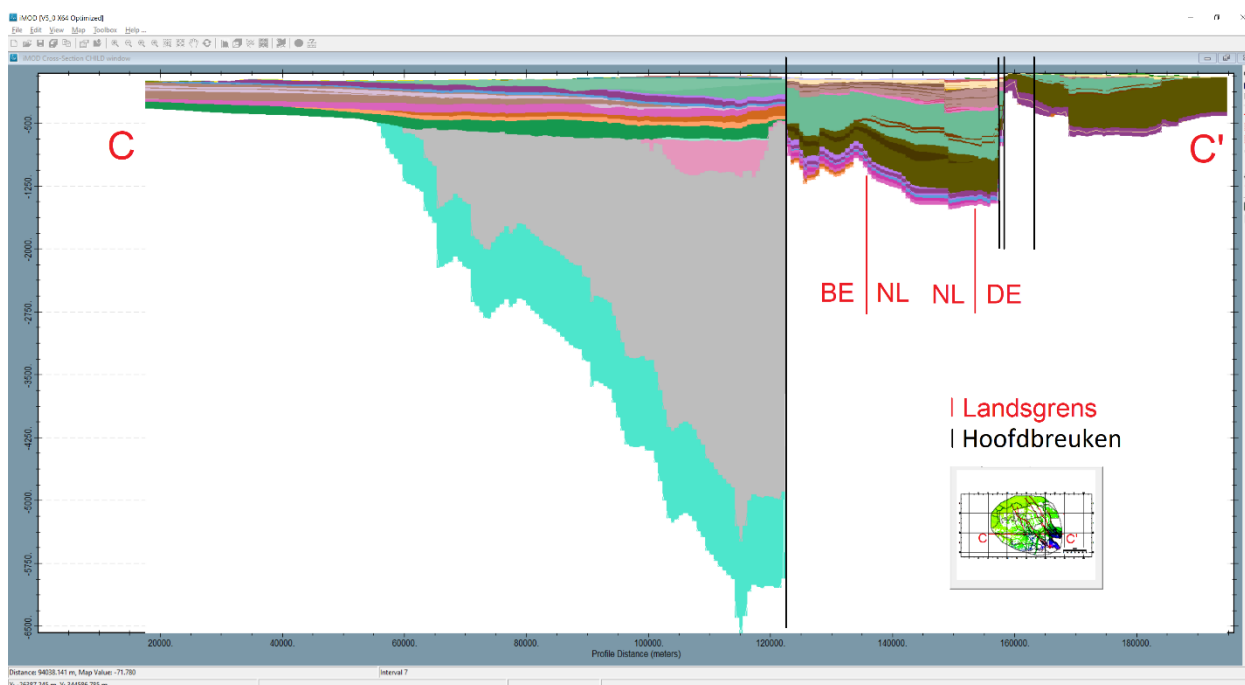
Figuur 28 is een West-Oost-profiel ter hoogte van het model H3O-Roerdalslenk Noordwest. Ten westen van de Gilze-Rijenbreuk beslaat het model een diepte tot en met het Carboon, ten oosten alleen het Kenozoicum. Verder valt de grote dikte op van de complexe eenheid van de Formatie van Oosterhout in een groot deel van de Roerdalslenk. De Formatie van Breda buiten H3O-Roerdalslenk komt overeen met de Formaties van Diest en Breda er binnen.

De betrouwbaarheid van de modelleenheden dieper dan de Formatie van Breda in het linkerdeel van de doorsnede is beperkt. Binnen de projecten H3O-Voorkampen en H3O-Diep zal hiervan een betere modellering beschikbaar komen.



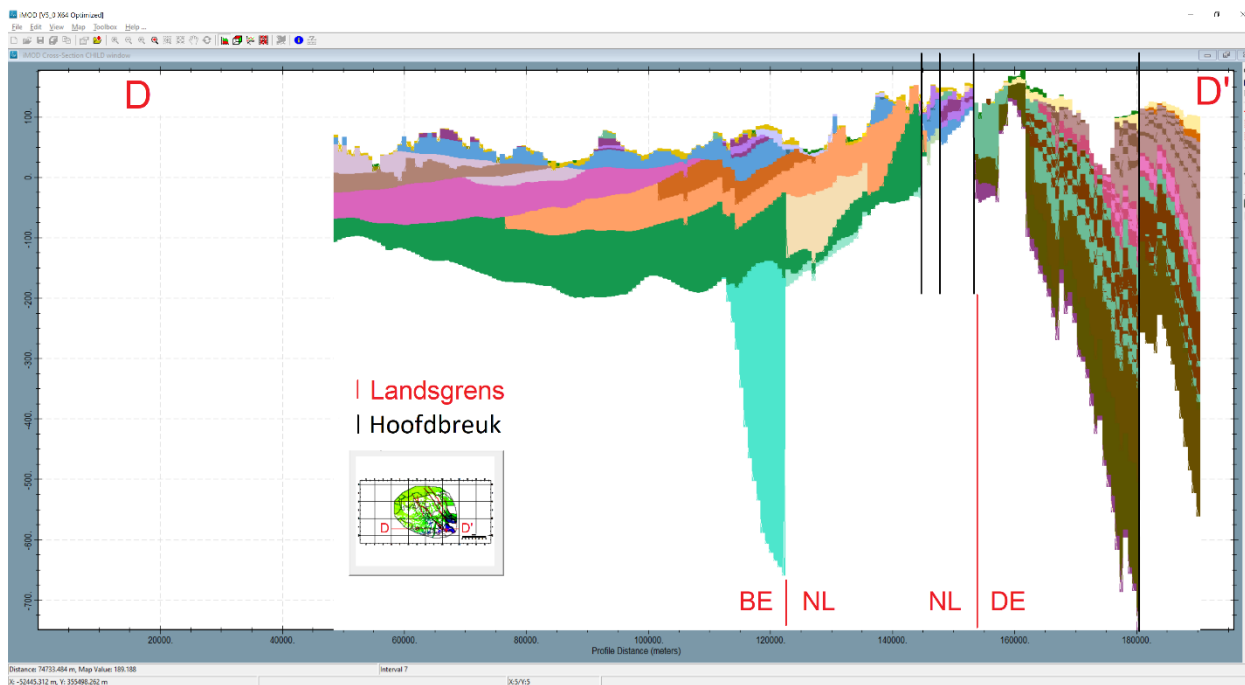
Figuur 29 Dwarsdoorsnede B-B': West-Oost met coördinaten: x=51 tot x=247 km; y=370 km (Bijlage A geeft de kleuren van de modelleenheden; Figuur 27 geeft de ligging).

De doorsnede in Figuur 29 loopt ook van west naar oost, maar nu ter hoogte van H3O-Roerdalslenk. Westelijk hiervan is het H3O-De Kempen opgenomen, vervolgens H3Dv2 tot de Belgische grens van Zeeuws Vlaanderen.



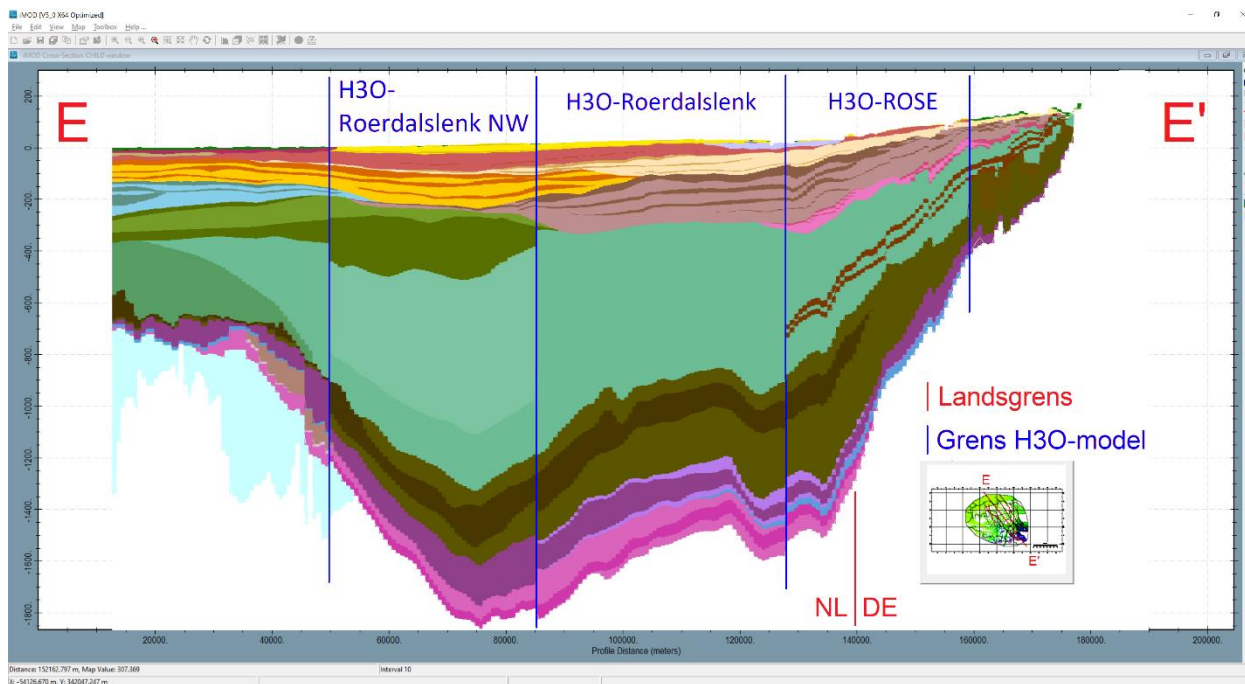
Figuur 30 Dwarsdoorsnede C-C': West-Oost met coördinaten: x=51 tot x=247 km; y=350 km (Bijlage A geeft de kleuren van de modelleenheden; Figuur 27 geeft de ligging).

Figuur 30 geeft ook een doorsnede waarin H3O-Roerdalslenk te zien is maar nu verder naar het zuiden dan Figuur 29. Naar het westen is nu alleen H3Dv2 te zien en naar het oosten een puntje van H3O-Roerdalslenk Zuidoost (H3O-ROSE en het Duitse Venloschollemodel).



Figuur 31 Dwarsdoorsnede D-D': West-Oost met coördinaten: x=51 tot x=247 km; y=320 km (Bijlage A geeft de kleuren van de modelleenheden; Figuur 27 geeft de ligging).

Figuur 31 is een west-oostprofiel bij de zuidrand van het model.



Figuur 32 Dwarsdoorsnede E-E': door de Roerdalslenk met coördinaten x, y = 111 km, 453 km tot 238 km, 293 km (Bijlage A geeft de kleuren van de modelleenheden; Figuur 27 geeft de ligging).

De dwarsdoorsnede in Figuur 32 loopt in de lengterichting van de Roerdalslenk van noordwest naar zuidoost. In deze dwarsdoorsnede liggen geen belangrijke breuken waardoor bij sprongen op de randen van de deelmodellen waarschijnlijk interpretatie- en modelleringsverschillen een rol spelen.

6 Discussie

De gekozen aanpak en beschikbare tijd hebben geleid tot een hydrogeologisch basismodel Zuid-Nederland (ZuidNL), dat enerzijds de beschikbare informatie en recente inzichten combineert, en anderzijds onvolkomenheden heeft waar men zich bewust van moet zijn bij de toepassing ervan.

6.1 Algemene beperkingen

De beperkingen van de deelmodellen blijven van kracht. Deze beperkingen komen voort uit de gebruikte data met de daarbij behorende kwaliteit, de interpretatie van de data, de geologische kennis van het gebied en de modelleringsmethode. Ze hangen samen met het doel waarmee ze gemaakt zijn. Concreet voorbeeld is dat de deelmodellen niet geschikt zijn voor gebruik op lokale schaal en dat dus ook het basismodel ZuidNL bedoeld is voor regionale toepassingen. Afhankelijk van het belang en de schaal dient lokale informatie meegenomen te worden bij het gebruik van het basismodel.

Naast de beperkingen van de deelmodellen spelen er verschillen in schematisatie en voortschrijdend inzicht.

6.1.1 *Consequenties van verschillen in schematisatie*

Voorbeeld van verschillen in schematisatie zijn verschillen in modelopzet en meer of minder detaillering.

De modelopzet van de Duitse-schollenmodellen en ThermoGIS wijkt af van de andere deelmodellen. In de Duitse-schollenmodellen zijn alleen slecht-doorlatende eenheden gemodelleerd. Hierdoor bevatten deze modellen geen onderscheid in de goed-doorlatende delen. Hierdoor wordt de volledige hoogte tussen twee slecht-doorlatende eenheden (of tussen maaiveld en de onderkant van het basismodel als slecht-doorlatende eenheden ontbreken) in principe één goed-doorlatende modeleenheid. Ze bieden dus ook geen aanknopingspunten om onderscheid te maken in de hydraulische eigenschappen van de goed-doorlatende eenheden.

Er is overwogen om de goed-doorlatende delen op te delen in de overeenkomende modeleenheden uit REGIS II of H3O-PLUS, bijvoorbeeld door vaste dikteverhoudingen te kiezen. In overleg is besloten om dit niet te doen om geen kennis te suggereren in het hydrogeologisch basismodel ZuidNL die niet beschikbaar is in de deelmodellen, waarbij een belangrijke overweging was dat die overeenkomende modeleenheden niet alleen in dikte variëren, maar ook niet overal in Duitsland aanwezig zijn. Bovendien is het met het beschikbare grondwatermodelleergereedschap eenvoudig mogelijk om een modeleenheid uit het basismodel op te delen in verschillende lagen in een grondwatermodel.

Zodoende zijn een aantal aparte modeleenheden gedefinieerd, zoals de Kwartaire zanden (QRz) in Duitsland die overeenkomen met meerdere modeleenheden uit de andere delen van het modelgebied. Doordat het aparte eenheden zijn is het ook duidelijk dat ze een eigen parametrisatie hebben. De Kwartaire zanden betreffen

vooral fluviatiele zanden (behorende tot bijvoorbeeld de Formatie van Beegden en Stramproy), die veelal goed doorlatend zijn.

Het contrast tussen de diepere mariene zanden van bijvoorbeeld de Formatie van Breda en de fluviatiele zanden, zoals ook van de Kiezeloöliet Formatie is veel groter. Daarom is er in enkele situaties voor gekozen om in het hydrogeologische basismodel wel een aanpassing ten opzichte van het deelmodel door te voeren, bijvoorbeeld door bij gaten in de Kiezeloöliet Formatie een grensvlak te construeren door het niveau van de onderkant te interpoleren binnen het gat. Daarmee is waar dat mogelijk was, verholpen dat Breda-zanden tot onrealistische hoogten bovenin het ondergrondprofiel zijn gemodelleerd.

In tegenstelling tot de Duitse-schollenmodellen zijn in ThermoGIS juist alleen de goed-doorlatende eenheden gemodelleerd en bevat dit model geen informatie over de tussenliggende delen van de ondergrond. Deze zijn zo goed mogelijk ingevuld door de informatie uit ThermoGIS te combineren met die uit DGMdiep. De geometrieën van beide modellen bleken niet steeds consistent. Vanwege de grotere nauwkeurigheid van de gemodelleerde horizonten in DGMdiep is daarom soms gekozen om de geometrie uit DGMdiep aan te houden in plaats van die uit ThermoGIS. De hydraulische parametrisatie uit ThermoGIS is wel steeds gebruikt omdat DGMdiep geen parametrisatie bevat.

Een voorbeeld van verschil in detaillering is het onderste deel van wat in Nederland als gecombineerde Formaties van Peize en Waalre gemodelleerd is. Waar in Nederland onderscheid is gemaakt in de kleiige eenheid WAK3 en de zandige eenheid PZWAZ4, is in Vlaanderen één modelleenheid opgenomen in H3Dv2: A0221. Deze is in het basismodel opgenomen als Malle complex MLC.

6.1.2 *Gevolgen van voortschrijdend inzicht*

Voorbeeld van voortschrijdend inzicht is het verloop van de kleiige modelleenheden in de Formatie van Waalre in het gebied grond de overgang tussen H3O-Roerdalslenk Noordwest (H3Orsnw) en H3O-Roerdalslenk (H3Ors). Dit is een gebied met relatief weinig boringen waardoor de kleien lateraal moeilijk te volgen zijn. Waar in het oudere H3Ors een naar het noorden toenemende dikte van WAK1 was gemodelleerd, was in het nieuwe H3Orsnw geconstateerd dat het waarschijnlijker is dat deze grotere dikte aan klei aan de bovenkant van de Formatie van Waalre samenhangt met het dicht bij elkaar komen van de WAK1 en WAK2. In sectie 3.6.2 is beschreven hoe deze verschillen op pragmatische wijze overbrugd zijn. Langs de noordrand van H3Ors zijn de Waalrekleien uit het basismodel weggesneden over een breedte van 2 tot 7 kilometer en vervangen door een interpolatie tussen de ligging van de kleilagen op de randen van dit gebied. In deze zone zijn de hoogtes en diktes dus niet (hydrogeologisch) gemodelleerd maar simpel meetkundig berekend en hebben dus een grotere onzekerheid dan daarbuiten. Het koppelen van x,y,z-coördinaten aan een modelleenheid binnen de Formatie van Waalre in dit gebied moet dus met extra zorg gebeuren.

Overigens leveren nieuwe modelleringen niet altijd een consistente verbetering op, bijvoorbeeld omdat minder data wordt gebruikt. Zo is bij het vervaardigen van de Vlaamse modellen G3Dv3 en H3Dv2 niet gebruik gemaakt van alle Nederlandse informatie uit de daarvoor bestaande grensoverschrijdende H3O-modellen, waardoor deze vanuit Vlaamse data naar de landsgrens toe geëxtrapoleerd is en

deze modellen vlakbij de grens niet noodzakelijk beter zijn dan de grensoverschrijdende H3O-modellen.

Verder uit voortschrijdend inzicht zich soms in aanpassingen van de nomenclator. Zo is in REGIS II v2.2 een kleiige eenheid TOZEWAk1 gemodelleerd als de Laag van Watervliet binnen het Laagpakket van Zelzate in de Formatie van Tongeren. De Laag van Watervliet is sindsdien in de Stratigrafische Nomenclator echter tot Laagpakket gepromoveerd (<https://www.dinoloket.nl/stratigrafische-nomenclator/laagpakket-van-watervliet>). Daardoor zou deze eenheid nu Tongeren Watervliet klei 1 (TOWAk1) zou gaan heten.

6.2 Breuken

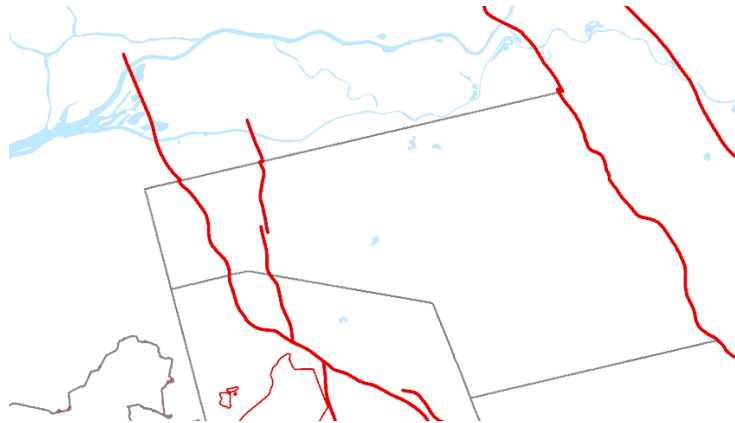
Het huidige inzicht in de hydraulische eigenschappen van breuken is beperkt. In het algemeen levert een breuk weerstand voor grondwaterstroming dwars door de breuk, maar kan de doorlatendheid langs de breuk juist toenemen (Bense en Person, 2006). Aangenomen wordt dat de weerstand in de breuk wordt veroorzaakt door versmering van fijn materiaal en samenhangt met het verzet en het materiaal ter weerszijden van de breuk. De weerstand kan versterkt worden door inspoeling van fijn materiaal en vorming van (ijzer)neerslag. De toename van de doorlatendheid langs de breuk is het gevolg van vervorming en scheurvorming tijdens het breukproces. In kalksteen kan dit vervolgens leiden tot oplossen van het gesteente door langsstromend grondwater, waardoor de doorlatendheid nog verder toeneemt.

Dat de precieze opbouw van de doorlatendheid in breukzones nog niet goed bekend is wordt onderstreept door Lapperre e.a. (2022), die in een onderzoek bij Bakel aan de Peelrandbreuk in een proefsleuf een breukzone onderscheidde met een breedte in de orde van decimeters, maar met peilbuizen detecteerde dat de met de breuk samenhangende stijghoogtesprong optrad over een zone met een breedte van ongeveer 10 meter.

Over de waarde van de breukweerstand rond de Roerdalslenk is slechts op enkele plaatsen ondiep informatie beschikbaar (Lapperre e.a., 2019). Daarom zijn geen weerstandswaarden aan de breuken toegekend, maar zijn de breuken op basis van deze onderzoeken, verdere ervaring en gemodelleerde verzet ingedeeld in klassen die gebruikt kunnen worden bij de parametrisatie en de kalibratie van breukweerstand in het grondwatermodel.

6.2.1 Hoofdbreuken

De ligging van de breuken is veel beter bekend dan de parametrisatie. Wel zorgen verschillen in schematisatie en voortschrijdend inzicht voor verschillen in de ligging tussen de gebruikte deelmodellen. Zo zijn bij de verschillende H3O-modellen verbeteringen aangebracht in de modellering van de breuken. Dit leidt tot een sprong in de betreffende breuken op de rand van de betreffende modellen (zie Figuur 33).



Figuur 33 Zijwaartse sprongen van de hoofdbreuken in het hydrogeologische basismodel ZuidNL op de noordrand van het model H3O-Roerdalslenk Noordwest door de verbeterde breukmodellering in dit model ten opzichte van REGIS II v2.2.

De zijwaartse sprong is puur modelmatig en hangt niet samen met een onderbreking van de breuk, zodat verwacht mag worden dat er een doorlopende laterale weerstand is. Om te voorkomen dat in het grondwatermodel kortsluitstroming kan ontstaan, zijn de twee breukdelen langs de grens van het deelmodel verbonden. Zo wordt het effect van de breuk op de regionale grondwaterstroming niet verstoord door de zijwaartse sprong, maar maakt het op het oog vreemde verloop van de breuk wel duidelijk dat de ligging hier niet goed bekend is.

Verder is de ligging van de Peelrandbreuk bij Roermond (tussen Maas en Duitse grens) in REGIS II v2.2 beter gemodelleerd dan in H3O-Roerdalslenk Zuidoost (H3O-ROSE). De beste beschikbare ligging zit in het opgeleverde breukenbestand.

6.2.2 Nevenbreuken

De geselecteerde nevenbreuken zijn aanwezig vanaf de onderkant van het model in ieder geval tot aan de onderkant van het Kwartair. In Nederland en België is de ondiepste modeleenheid (binnen het Kwartair) aangegeven waarin een nevenbreuk aanwezig is. In de direct bovenliggende zandige modeleenheid dooft de breuk uit en zorgt deze naar verwachting niet meer voor hydraulische weerstand. In de bovenliggende ondiepere modeleenheden is de breuk geheel afwezig. In diepere lagen kunnen ook op andere plekken breuken aanwezig zijn, maar die reiken minder hoog in de ondergrond. Zo zijn in het zuidelijk deel van het basismodel weinig Kwartaire afzettingen aanwezig en liggen oudere afzettingen relatief dicht bij het maaiveld. Als voorbeeld breuken in de kalksteeneenheid van de Formatie van Maastricht in Zuid-Limburg waar geen breuken actief zijn in het Kwartair (vergelijk Figuur 34 met Figuur 24).

REGIS II v2.2 alleen bruinkooleenheden Vlb# aan de zuidkant, terwijl er aanwijzingen zijn dat ook ten noorden van de Roerdalslenk bruinkoollagen aanwezig zijn. Bovendien is recent seismisch onderzoek uitgevoerd binnen het meerjarige programma Seismische Campagne Aardwarmte Nederland, SCAN (TNO-GDN & MinEZK, 2022), dat suggereert dat de verbreiding binnen de Roerdalslenk groter is dan nu in het basismodel opgenomen. Bijlage D beschrijft de inzichten, die gebruikt kunnen worden voor pragmatische aanpassingen in het grondwatermodel om de invloed van de bruinkoollagen op het grondwater beter te modelleren.

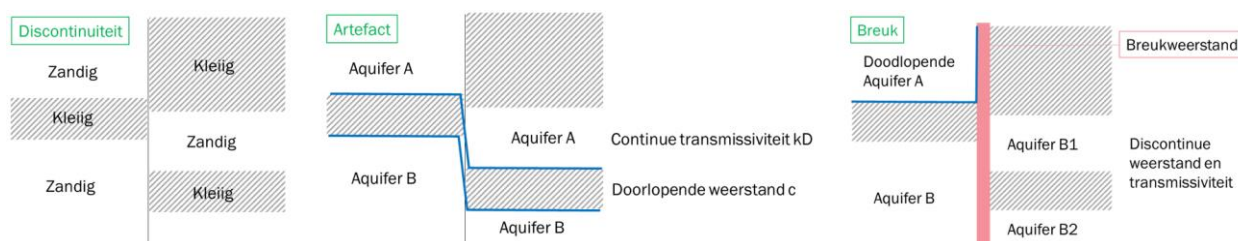
6.4 Hydrogeologisch duiding interne grenzen tussen deelmodellen

Het resulterende lagenmodel en de hydraulische parametrisatie (paragraaf 5.1) van het hydrogeologische basismodel Zuid-Nederland (ZuidNL) bevatten discontinuïteiten (zie ook de dwarsdoorsneden in paragraaf 5.2). Deze zijn voor een deel werkelijke discontinuïteiten door breuken en voor een deel verschillen in de (hydro)geologische procedure en aannamen van de gebruikte lagenmodellen.

Versillen in (hydro)stratigrafische indelingen en ruimtelijk variërende eigenschappen spelen hierbij ook een rol.

Hierbij dient opgemerkt te worden dat discontinuïteiten in de hydrogeologie niet een-op-een gerelateerd zijn met problemen in een grondwatermodel. De context is verschillend: geologische eenheden dan wel grondwaterstroming. Bij het afleiden van de ondergrondschematisatie voor een grondwatermodel uit het hydrogeologische basismodel kunnen dan ook vertalingen nodig zijn.

Zo behoeft een sprong in de onder- en bovenkant van lagen bij de aansluiting van twee deelmodellen geen probleem te vormen in het grondwatermodel: het grondwatermodel zal toch correcte stijghoogten en fluxen simuleren als de lagen aan beiden zijden van de sprong goed aan elkaar gekoppeld zijn en een continue transmissiviteit of weerstand hebben (zie Figuur 35 midden).

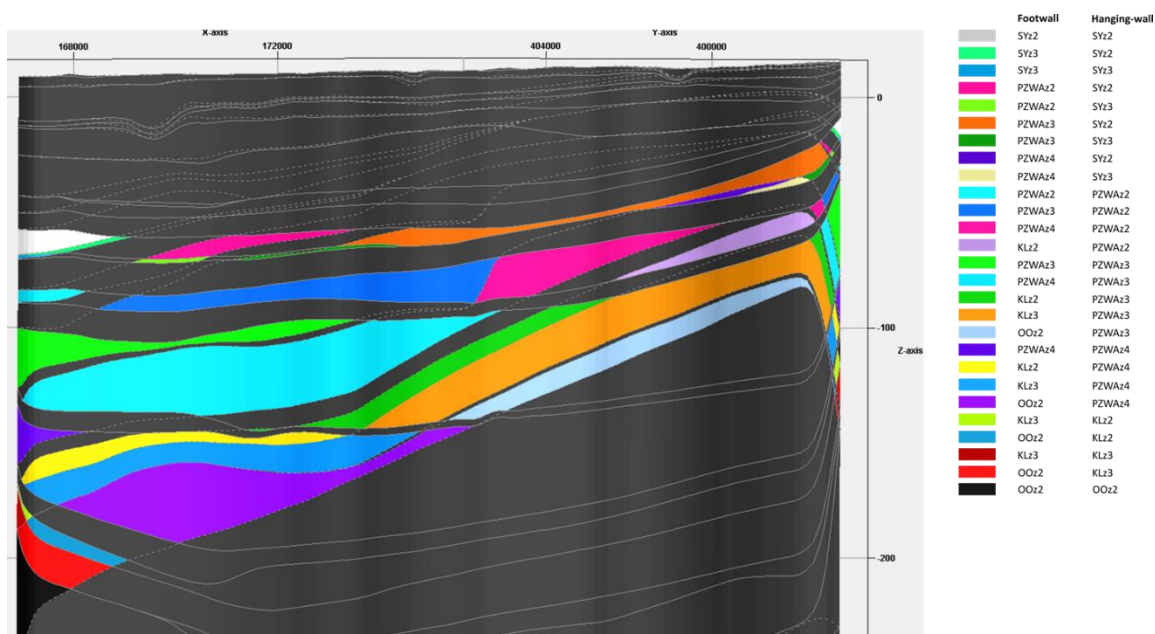


Figuur 35 Verschillende typen discontinuïteiten in de geometrie van het hydrogeologisch basismodel (links): kunstmatige hoogteverschillen door onafhankelijke modellering (midden) of verzet bij een breuk (rechts).

Bij een breuk met een aanzienlijk verzet (= verticale verschuiving) moeten in het grondwatermodel de lagen aan elkaar gekoppeld worden op basis van de juxtapositie (= naast elkaar gelegen zijn) en niet op basis van de geologische eenheden waartoe ze behoren. Hierbij kan het voorkomen dat een laag aan de ene zijde van een breuk gekoppeld moet worden aan meerdere lagen aan de andere kant van de breuk in het grondwatermodel (zie Figuur 35).

Figuur 7 tot en met Figuur 12 geven de deelmodellen waaruit het hydrogeologisch basismodel ZuidNL is samengesteld. Veel grenzen van de deelmodellen vallen

samen met hoofdbreuken. Hier zijn dus werkelijke discontinuïteiten aanwezig en zullen verschillende modelleenheden aan beide zijden van de breuk met elkaar in contact staan (gescheiden door de breukweerstand). Complicerende factor is dat langs de breuk laagdiktes en -hoogtes en het verzet variëren. Daardoor varieert de nevenstelling langs de breuk (zie voorbeeld in Figuur 36).



Figuur 36 Juxtapositie van zandige eenheden van de Formatie van Waalre en de Kiezeloöliet Formatie in de Veghelbreuk (bron: GeoERA-project RESOURCE, Vernes e.a., 2021).

Op de grenzen van de deelmodellen die niet samenvallen met hoofdbreuken zijn de discontinuïteiten voornamelijk kunstmatig in de zin dat ze samenhangen met verschil in modellering en niet met geologische discontinuïteiten.

Op de overgang tussen de modellen H3O-Roerdalslenk en H3O-Roerdalslenk Noordwest leidde dit tot een aansluiting van de belangrijke kleiige eenheden van de Formatie van Waalre die een onrealistische invloed op de grondwaterstroming zou hebben. Daarom is hier op pragmatische wijze een betere aansluiting geconstrueerd (zie sectie 3.6.2).

Voor Wallonië, waar geen lagenmodel beschikbaar was, is bij de interpolatie tussen de gedigitaliseerde dwarsdoorsneden ook de rand van de overeenkomstige modelleenheden uit het aangrenzende deelmodellen gebruikt, zodat hier geen kunstmatige sprongen zijn geïntroduceerd.

Langs de Nederlands-Belgische grens komen opvallende discontinuïteiten voor tussen H3Dv2 en REGIS II (en in mindere mate tussen H3O-PLUS en H3Dv2) waarvan verwacht wordt dat deze de grondwatermodellering beperkt verstoren.

6.5 Gebruik van het hydrogeologisch basismodel Zuid-Nederland

Het hydrogeologisch basismodel Zuid-Nederland (ZuidNL) is binnen beperkte tijd gemaakt met als doel de beschikbare inzichten in de ondergrond te verzamelen binnen het gebied dat relevant is voor de grondwaterstroming in Limburg en Noord-Brabant ten behoeve van grondwaterstromingsmodellering.

Voor het gebruik in een grondwatermodel dient de hydrogeologische schematisatie te worden vertaald naar een passende geohydrologische schematisatie die past bij het doel van de grondwatermodellering. Hierbij moeten keuzes gemaakt worden zoals het modelgebied, het dieptebereik, samenvoegen (of splitsen) van modeleenheden.

Afhankelijk van het doel van de modellering zal de informatie uit het basismodel onvoldoende zijn voor de grondwatermodellering. Zo kan het nodig zijn om de parametrisatie te verbeteren door middel van kalibratie van het grondwatermodel aan bijvoorbeeld grondwaterstanden. De onzekerheden in de hydraulische parametrisatie is relatief veel groter dan van de geometrie van de modeleenheden. Bij kalibratie worden waarnemingen vergeleken met specifieke uitvoer van het grondwatermodel.

Bij het koppelen van een waarneming aan een modeleenheid speelt de onzekerheden van de geometrie van de modeleenheden een rol. Door de beperkte informatie en het regionale karakter zal de hoogte op een specifieke locatie afwijken. Vooral bij kleine modeleenheden met een grote weerstand vraagt dit aandacht om te voorkomen dat de waarneming aan een verkeerde eenheid gekoppeld wordt.

De beperkte kennis van de hydraulische eigenschappen van de breuken en de schematisatie van de breuken leveren ook belangrijke aandachtspunten. De nauwkeurigheid van de ligging en de verticale schematisatie van de hoofdbreuken vragen extra zorgvuldigheid in het duiden van resultaten bij die breuken, maar ook daarvoor al bij het koppelen van waarnemingen en onttrekkingen en dergelijke aan het hydrogeologisch basismodel danwel daarvan afgeleide grondwatermodellen. De positie ten opzichte van de breuk is hierbij leidend boven de x,y,z-coördinaten. De laterale weerstand is een onderbelicht onderwerp. Er zijn een beperkt aantal lokale inzichten en meer globale inzichten uit grondwatermodellen (zie overzicht in Lapperre e.a., 2019). Vanuit de ontstaanswijze is duidelijk dat de weerstand in lengte- en in verticale richting varieert langs een breuk. Dit is niet aan informatie uit boringen, sleuven en laboratoriummetingen gekoppeld. Kalibratie van de weerstand in een grondwatermodel is goed mogelijk (Casillas-Trasvina e.a., 2021) als er voldoende waarnemingen zijn en er stijghoogtegradiënten over de breuk zijn. Kennis over andere hydraulische eigenschappen van breuken zoals verhoogde horizontale transmissiviteit of gereduceerde verticale weerstand langs breuken (met name in vaster gesteente) is nog minder goed bekend.

Het is aan te bevelen om de ervaringen met dit hydrogeologisch basismodel te verzamelen. Het ligt voor de hand dat de modelconsortia van IBRAHYM en het Brabantmodel dit organiseren. TNO-GDN zal aangeleverde bevindingen bij het basismodel beschikbaar maken. De ervaringen leveren inzichten voor de gevolgde procedure om deelmodellen te combineren en in verbetermogelijkheden van de deelmodellen zelf. Uiteindelijk zal dat bijdragen aan het efficiënter en inzichtelijker maken van grondwatermodellering en daarmee grondwatergebruik en -beheer.

6.6 Lopende ontwikkelingen

Het vervaardigde hydrogeologische basismodel Zuid-Nederland (ZuidNL) is het resultaat van een momentopname van best beschikbare lagenmodellen. Het inzicht

in de ondergrond verbeterd continu door nieuwe gegevens en analyses, die verwerkt worden in nieuwe (versies van) ondergrondmodellen. Voor het gebied van ZuidNL lopen verschillende projecten en initiatieven die op kortere of langere termijn nieuwe deelmodellen zullen opleveren waarmee het basismodel verbeterd kan worden:

- H3O-Voorkempen;
- H3O-Diep;
- H3O-Peelhorst & Venloslenk;
- Onderzoeken Zuid-Limburg;
- Herziening ThermoGIS met SCAN-resultaten;
- Ondergrondmodellering Noordrijn-Westfalen ten behoeve van Bodemenergie.

De eerste drie projecten zijn onderdeel van de reeks "Hydrologische 3D-modelleringen Ondergrond" (H3O) gericht op de grensstreken van Nederland (zie ook <https://www.grondwatertools.nl/thema-grondwater-projecten/h3o>). Het project 'H3O-De Voorkempen' beslaat het Nederlands/Belgisch grensgebied van West-Brabant/De Voorkempen. De resultaten zullen in 2023 beschikbaar komen; 'H3O-Diep' richt zich op het maken van een hydrogeologisch model van het Mesozoïcum en Paleozoïcum voor de Roerdalslenk en het deel van Noord-Brabant ten westen hiervan. Dit project bevindt zich in de startfase.

Het project 'H3O-Peelhorst & Venloslenk' is in voorbereiding. Het zal zich richten op de regio's Oost-Brabant en Noord-Limburg, waarbij ook de diepere ondergrond in model gebracht zal worden. Het is de bedoeling om na dit project de H3O-modellen consistent te maken en de resultaten in REGIS II op te nemen.

Binnen Zuid-Limburg worden de ondergrond en ondergrondeigenschappen beter in kaart in de projecten Geo Zuid en Geologie voor de Einsteintelecoop. Een belangrijk deel van het werk wordt uitgevoerd door een promovendus die begin 2022 is gestart.

TNO Geologische Dienst Nederland (TNO-GDN) werkt aan een update van ThermoGIS waarin onder meer de resultaten van het SCAN-onderzoek verwerkt zullen worden.

De Geologische Dienst van Noordrijn-Westfalen (GD-NRW) is eind 2021 gestart met een tweejarig project om een verfijnd ondergrondmodel te maken ten behoeve van meer efficiënte locatiekeuze en ontwerp van bodemenergiesystemen binnen de deelstaat.

Deze projecten zullen de komende jaren ondergrondmodellen opleveren die een betere schematisatie en/of parametrisatie bevatten voor delen van het hydrogeologisch basismodel Zuid-Nederland (ZuidNL). Afhankelijk van toekomstige vragen, kan het zinvol zijn om gedeeltes hiervan in het ZuidNL-model op te nemen met de nu ontwikkelde procedure.

Naast deze projecten die specifiek gericht zijn op Zuid-Nederland, zijn er ook algemene ontwikkelingen om de hydrogeologische informatie in Nederland te verbeteren. Voorbeelden zijn onderzoeken van TNO-GDN naar gebruik van sonderingen bij GeoTOP en onderzoek samen met de Universiteit Utrecht met als doel de hydraulische parametrisatie te verbeteren. Hierbij wordt ook aansluiting gezocht bij gebruikers van de ondergrondmodellen, zoals in het recent gestarte

onderzoek van het Nederlands Hydrologisch Instrumentarium (NHI) naar gebruik van GeoTOP in de laagschematisatie en parametrisatie van grondwatermodellen. Het toevoegen van hydraulische eigenschappen van breuken in REGIS II is als wens geformuleerd, maar hiervoor is nog geen concrete planning.

6.7 Aanbevelingen voor vervolg

Te zijner tijd kunnen de resultaten uit de lopende ontwikkelingen die in paragraaf 6.6 geschetst zijn samengevoegd worden op basis van de bestaande workflow. Dit zal een aanzienlijke verbetering van het hydrogeologisch basismodel Zuid-Nederland (ZuidNL) opleveren met een beperkte inspanning.

Het samenvoegen van deelmodellen kan vereenvoudigd worden als expliciet rekening gehouden wordt met modelleringen van de omgeving. Dat betreft het afstemmen van de indelingen in modeleenheden (nomenclators) en het laten aansluiten van de geometrie op de randen. Hiervoor is samenwerking nodig tussen de betrokken geologische diensten of vergelijkbare organisatie met methodeontwikkeling en uitwisseling van basisgegevens. Wellicht is er ook bestuurlijke samenwerking van de betrokken overheden nodig om dit te realiseren. Dit kan een logische stap zijn bij het verbeteren van de bestuurlijke samenwerking voor het beheer van de grensoverschrijdende grondwatersystemen in Limburg, Noord-Brabant, Vlaanderen, Wallonië en Noordrijn-Westfalen (zie bijv. Slenter, 2021).

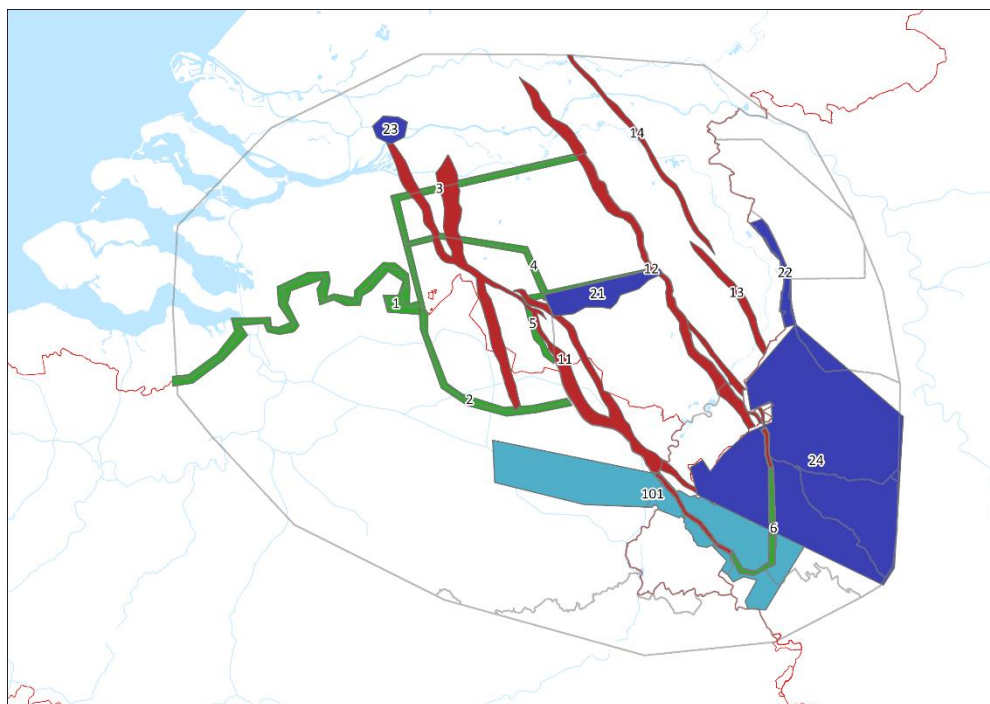
Inconsistenties in de geometrie van de modeleenheden hebben bij het maken van deze versie de meeste tijd gekost. Voor het gebruik in grondwatermodellen is de hydraulische parametrisatie ook voor verbetering vatbaar.

Bij de Nederlandse deelmodellen REGIS II en ThermoGIS zijn ruimtelijk gedifferentieerde doorlatendheden beschikbaar. Het zou mooi zijn, als ook voor andere deelmodellen doorlatendheden per modeleenheid gevarieerd worden om recht te doen aan regionale verschillen in samenstelling of trends in korrelgrootte door de betrokken organisaties.

De hydraulische eigenschappen van breuken zijn echter veel onzekerder dan de doorlatendheden van modeleenheden. De weerstand voor laterale stroming dwars op de breuk is niet alleen lokaal van belang bij bijvoorbeeld de Wijstgebieden langs de Peelrandbreuk, maar ook regionaal bij bijvoorbeeld de waterbalans van de Roerdalslenk. Het zou de gebruikswaarde van het hydrogeologische basismodel Zuid-Nederland (ZuidNL) sterk vergroten als de laterale weerstanden (met bandbreedte en variatie in verticale - en langsrichting) gekwantificeerd kan worden. Daarvoor is onderzoek en methodeontwikkeling nodig. Het onderzoek zal zowel veldonderzoek zoals het werk van Lapperre e.a. (2022) en modelmatig onderzoek moeten zijn zoals voor de Rauwbreuk waarbij ook temperatuurdata, grondwaterdatering en grondwatersamenstelling gebruikt is (Vernes e.a., 2021).

6.8 Kaart met aandachtspunten

De aandachtspunten die aan een locatie zijn gebonden zijn opgenomen in een GIS-kaart die deel uitmaakt van de modelbestanden (zie 5.1). De kaart is weergegeven in Figuur 37.



Figuur 37 Aandachtspunten bij gebruik die aan een locatie zijn gebonden met categorieën: 1 – Handmatige aanpassing (donkerblauw); 2 – Kunstmatige discontinuïteit (groen); 3 – x,y-locatie breuken onder Kwartair verschoven bij verticaal maken (rood); 4 – Overig (lichtblauw).

Een beknopte omschrijving per nummer uit Figuur 37 is gegeven in de onderstaande tabel.

Tabel 1 Aandachtspunten bij gebruik die aan een locatie zijn gebonden (categorie 1: afwijking van gebruikte deelmodellen; 2: overgang deelmodellen zonder hydrogeologische grens; 3: hoofdbreuken met verticale ligging in ZuidNL; 9: overig).

Nr.	Opmerking	categorie
1	Landsgrens NL-BE; hydrogeologisch continu	2
2	Modelgrens H3O-De Kempen-H3Dv2; hydrogeologisch continu	2
3	Modelgrens; hydrogeologie continu	2
4	Modelgrens; hydrogeologie continu	2
5	Modelgrens; hydrogeologisch continu	2
6	Modelgrens; hydrogeologisch continu	2
11	Maximale afstand tussen verticaal gemaakte hoofdbreuken en gemodelleerde ligging in het deelmodel	3
12	Maximale afstand tussen verticaal gemaakte hoofdbreuken en gemodelleerde ligging in het deelmodel	3
13	Maximale afstand tussen verticaal gemaakte hoofdbreuken en gemodelleerde ligging in het deelmodel	3
14	Maximale afstand tussen verticaal gemaakte hoofdbreuken en gemodelleerde ligging in het deelmodel	3
21	Aansluiting Waalrekleien verbeterd tussen de modellen H3O-Roerdalslenk en H3O-Roerdalslenk Noordwest door interpolatie	1
22	Extrapolatie vanuit Nederland tot Viersenbreuk	1
23	Weginterpoleren artefact in de geometrie modelleenheid VEVO en daarmee verbeteren RUBOK1	1
24	Creëren van een doorlopend vlak aan de onderkant kleiige eenheden binnen verbreiding	1
101	Globaal gebied voormalige kolenmijnen; preferente stroming in Carboon en verhoogde doorlatendheid rondom	9

De nummers 1-6 uit Figuur 37 en Tabel 1 zijn overgangen tussen modellen die niet samenhangen met een breuk. Hier zijn kunstmatige sprongen in de geometrie van het lagenmodel geïntroduceerd door verschillen in interpoleren, (hydro)geologische interpretatie en schematisatie. Bij vertaling naar een grondwatermodel moeten de overeenkomstige modelleenheden ter weerszijden aan elkaar gekoppeld worden tot continue aquifers en aquitards, waarbij eventuele verticale sprongen genegeerd worden. Het is aan te bevelen om de parametrisatie in eerste instantie ongewijzigd over te nemen. Het is weliswaar onwaarschijnlijk dat doorlatendheden op deze randen plotseling veranderen, maar in het algemeen zullen de sprongen in doorlatendheid samenhangen met trends en regionale kennis.

De nummers 11-14 uit Figuur 37 en Tabel 1 hangen samen met de hoofdbreuken die verticaal gemaakt zijn (zie paragraaf 3.4) in het hydrogeologische basismodel Zuid-Nederland (ZuidNL). Dit verticaal maken maakt het mogelijk om deze breuken op eenvoudige wijze te gebruiken als grenzen tussen gebieden met verschillende schematisaties in aquifers en aquitards en vergemakkelijkt het toekennen van een breukweerstand tegen laterale stroming. De consequentie is wel dat bij het koppelen van putten aan modelcellen niet de x,y,z-coördinaten leidend zijn maar de positie ten opzichte van de breuk van het putfilter.

De nummers 21-24 uit Figuur 37 en Tabel 1 betreffen aanpassingen ten opzichte van de deelmodellen waaruit het hydrogeologisch basismodel Zuid-Nederland (ZuidNL) is opgebouwd. Deze aanpassingen vormen niet zo zeer een aandachtspunt bij het gebruik van het basismodel voor een grondwatermodel als wel bij een eventuele update van het basismodel zelf.

Nummer 101 uit Figuur 37 en Tabel 1 is een aandachtspunt dat van belang is als diepe grondwaterstroming bijvoorbeeld gekoppeld aan het stijgend mijnwater gemodelleerd moet worden. De hydraulische parametrisatie van het Carboon is uniform in het huidige hydrogeologische basismodel Zuid-Nederland omdat er te weinig van de variatie van het natuurlijke materiaal bekend is om de doorlatendheid te variëren. Veel van de afzettingen uit het Carboon hebben een lage doorlatendheid. Door de steenkoolwinning is echter lokaal grote transmissiviteit gecreëerd in de mijnwerken zelf en het bovenliggend materiaal door breken en instorten. De informatie over deze menselijke invloed op de doorlatendheid is beperkt en niet goed genoeg ontsloten om op te nemen in het basismodel ZuidNL. Deze informatie is wel van groot belang voor het verkrijgen van inzicht in grondwaterstroming naar en binnen het Carboon en zal voor een dergelijke modellering dus geïnventariseerd en toegevoegd moeten worden.

7 Slotopmerkingen en aanbevelingen

Op basis van beschikbare informatie is een hydrogeologisch basismodel gemaakt ten behoeve van de ondergrondschematisatie van de grondwatermodellen IBRAHYM en Brabantmodel. Het basismodel Zuid-Nederland (ZuidNL) beslaat de provincies Limburg en Noord-Brabant met omliggende gebieden. Paragraaf 5.1 geeft een overzicht van de modelbestanden.

Bij het maken van dit basismodel was er geen ruimte om een volledig consistente synthese van alle beschikbare informatie te maken, maar is per gebied de best beschikbare informatie zo goed mogelijk met elkaar gecombineerd.

De geometrie van de modeleenheden is redelijk bekend al zijn er grote verschillen in detailniveau en in schematisatie:

- Voor Vlaanderen is met H3Dv2 een volledig lagenmodel voor het gevraagde dieptebereik beschikbaar;
- H3O-PLUS bevat een geharmoniseerde schematisatie voor het Kenozoïcum in delen van Nederland, Vlaanderen en Noordrijn-Westfalen;
- REGIS II beslaat voor heel Nederland een deel van de gevraagde diepte;
- In Duitse schollen zijn alleen de slecht-doorlatende eenheden gemodelleerd waardoor deze geen informatie bevatten over de opbouw van de goed-doorlatende delen;
- ThermoGIS bevat alleen geselecteerde goed-doorlatende eenheden die vrij grof gemodelleerd zijn en niet overal consistent met DGMdiep;
- In DGMdiep zijn alleen geologische eenheden op hoog niveau (Groepen) gemodelleerd;
- Voor delen van Duitsland zijn alleen maaiveld, onderkant Kwartair en onderkant Tertiair beschikbaar;
- Voor Wallonië zijn alleen een maaiveld en dwarsdoorsneden op hydrogeologische kaarten beschikbaar.

De hydraulische parametrisatie is minder ontwikkeld dan de geometrie. Alleen voor REGIS II en ThermoGIS zijn ruimtelijk gedifferentieerde doorlatendheden beschikbaar. Voor H3O-PLUS zijn per deelgebied intervallen voor de doorlatendheid beschikbaar. Verder zijn er kentallen voor Vlaanderen en Duitsland. Bovendien is er weinig praktijkervaring in grondwatermodellen met de H3O-PLUS intervallen en de genoemde kentallen.

Voor de breuken zijn zowel de geometrie en de parametrisatie minder ver ontwikkeld dan de geometrie van de lagen. Bovendien zijn de hoofdbreuken verticaal gemaakt ten behoeve van de grondwatermodellering als grenzen van gebieden met verschillende geohydrologische schematisaties. Van deze breuken is bekend dat ze laterale hydraulische weerstand hebben. Voor de nevenbreuken is dat veel minder duidelijk en is bovendien niet goed bekend in welke modeleenheden ze werkzaam zijn. Het lijkt logisch om de nevenbreuken selectief in te voeren in een grondwatermodel: alleen daar waar aanwijzingen zijn dat er een breuk de grondwaterstroming beïnvloedt.

Het hydrogeologisch basismodel Zuid-Nederland is samengesteld uit de best beschikbare consistente deelmodellen en geeft daarmee per deelgebied zo goed mogelijk inzicht in de hydrogeologische opbouw van de ondergrond. Het feit dat er verschil zit tussen deze deelmodellen door voortschrijdend inzicht en verschillen in

schematisatie geeft aandachtspunten bij de toepassing die in hoofdstuk 6 besproken zijn en zijn samengevat op een kaart met aandachtspunten die onderdeel uitmaakt van het model (zie ook paragraaf 6.8).

Verder is het aan te bevelen om de ervaringen met het hydrogeologische basismodel vast te leggen zodat het beter gebruikt kan worden voor volgende grondwatermodelleringen.

Er zijn lopende ontwikkelingen die de komende jaren betere deelmodellen zullen opleveren voor delen van het modelgebied van het hydrogeologisch basismodel Zuid-Nederland (ZuidNL), waarbij ook de onderlinge consistentie van de deelmodellen zal toenemen. Afhankelijk van de dan van belang zijnde vragen op het gebied van grondwater, kan het zinvol zijn om met die deelmodellen een nieuwe versie van het ZuidNL-model te maken. Met de nu opgezette workflow kan dat met een veel geringere inspanning dan deze versie.

Naast het gebruik maken van deze lopen de ontwikkelingen is het zinvol dat de ondergrondmodelleringen meer op elkaar afgestemd worden middels interregionale samenwerking en dat de hydraulische parametrisatie verbeterd wordt, met name van de breuken.

8 Referenties

Bär, K., Felder, M., Götz, A.E., Molenaar, N., Sass, I. (2011) The Rotliegend Reservoir System of the Northern Upper Rhine Graben, Germany: From Outcrop Analogue Studies to Geothermal Reservoir Assessment, AAPG Search and Discovery Article #80194.

Bense, V.F. & Person, M.A. (2006) Faults as conduit-barrier systems to fluid flow in siliciclastic sedimentary aquifers. *Water Resources Research* 42(5): W05421. doi: 10.1029/2005WR004480.

Choi, J.-H., Edwards, P., Ko, K., & Kim, Y.-S. (2016). Definition and classification of fault damage zones: A review and a new methodological approach. *Earth-Science Reviews*, 152, 70–87. doi:10.1016/j.earscirev.2015.11.006

Deckers, J., Vernes, R.W., Dabekaussen, W., Den Dulk, M., Doornenbal, H., Duser, M., Hummelman, J., Matthijs, J., Menkovic, A., Reindersma, R., Walstra, J., Westerhoff, W. & Witmans, N. (2014). Geologisch en hydrogeologisch 3D model van het Cenozoïcum van de Roerdalslenk in Zuidoost-Nederland en Vlaanderen (H3O – Roerdalslenk). VITO & TNO – Geologische Dienst Nederland, Mol, België & Utrecht, Nederland.

Deckers J., De Koninck R., Bos S., Broothaers M., Dirix K., Hambsch L., Lagrou, D., Lanckacker T., Matthijs, J., Rombaut B., Van Baelen K. & Van Haren T. (2019) Geologisch (G3Dv3) en hydrogeologisch (H3D) 3D-lagenmodel van Vlaanderen. Vito, Mol, België. Beschikbaar via de Vlaamse overheid (<https://omgeving.vlaanderen.be/geologisch-g3dv3-en-hydrogeologisch-h3d-3d-lagenmodel-van-vlaanderen>).

Doorn, A. van (2012) Bouw hydrologisch model stroomgebied Niers (D), BA-7068-100-100, DHV, Amersfoort.

Hummelman, J., Maljers, D., Menkovic, A., Reindersma, R., Stafleu, J. & Vernes, R. (2019a) Totstandkomingsrapport Digitaal Geologisch Model (DGM). TNO Rapport 2019 R11653. TNO – Geologische Dienst Nederland, Utrecht, Nederland. Verkrijgbaar via DINOloket (www.dinoloket.nl/digitaal-geologisch-model-dgm) en BROloket (www.broloket.nl/toelichting/dgm).

Hummelman, J., Maljers, D., Menkovic, A., Reindersma, R., Vernes, R. & Stafleu, J. (2019b) Totstandkomingsrapport Hydrogeologisch Model (REGIS II). TNO Rapport 2019 R11654, 95 pp. TNO – Geologische Dienst Nederland, Utrecht, Nederland. Verkrijgbaar via DINOloket (www.dinoloket.nl/regis-ii-het-hydrogeologische-model) en BROloket (www.broloket.nl/toelichting/regis-ii).

Lapperre, R.E., Kasse, C., Bense, V.F., Woolderink, H.A.G., Balen, R.T. van (2019) An overview of fault zone permeabilities and groundwater level steps in the Roer Valley Rift System. *Netherlands Journal of Geosciences*, Volume 98, e5. Doi: 10.1017/njg.2019.4

Lapperre, R.E., Bense, V.F., Kasse, C., van Balen, R.T. (2022) Temporal and spatial variability of cross-fault groundwater-level differences: the impact of fault-induced permeability reduction, precipitation and evapotranspiration, *Hydrogeology Journal*, doi: 10.1007/s10040-022-02465-w

Slenter, C. (2021) Overview of groundwater policy and management strategies on different sides of common borders. H3O-PLUS Deliverable 3.6, GeoERA Groundwater project RESOURCE. Beschikbaar via GeoERA (<https://geoera.eu/projects/resource9/resource-deliverables/>).

Stafleu, J., Lourens, A., Gunnink, J.L., Hoving, A.L., Heer, E. de (2021) Hydraulische parametrisering GeoTOP Noord-Brabant en Noord- en Midden-Limburg, TNO-rapport TNO 2021 R12658, TNO Geologische Dienst Nederland, Utrecht, 23 december 2021.

Swierstra, W., Kerckhoffs, T. (2018) Inbouwen REGIS II v2.2 in MORIA, BG1132WATRP1811291318, RoyalHaskoningDHV, Maastricht.

TNO-GDN (2019a) Digitaal Geologisch Model: DGM-diep. TNO – Geologische Dienst Nederland, Utrecht, Nederland. <https://www.dinoloket.nl/digitaal-geologisch-model-dgm-diep>.

TNO-GDN (2019b) ThermoGIS v2.1, maart 2019. TNO – Geologische Dienst Nederland, Utrecht, Nederland. <https://www.thermogis.nl/>.

TNO-GDN (2022). Formatie van Ville. In: Stratigrafische Nomenclator van Nederland, TNO – Geologische Dienst Nederland. Geraadpleegd op 06-01-2022 op <http://www.dinoloket.nl/stratigrafische-nomenclator/formatie-van-ville>.

TNO-GDN & MinEZK (2022) SCAN 2D seismische data. TNO – Geologische Dienst Nederland en Ministerie van Economische Zaken en Klimaat. Geraadpleegd op 06-01-2022 op <https://www.nlog.nl/scan-2d-seismische-data>.

Vernes, R.W., Beerten, K., Linder, B., Casillas, A., Kruisselbrink, A., Reindersma, R., Rogiers, B., Slenter, C. (2021) Report with associated database of hydraulic properties of prime aquifers and aquitards and fault zones. H3O-PLUS Deliverable 3.2, GeoERA Groundwater project RESOURCE. Beschikbaar via GeoERA (<https://geoera.eu/projects/resource9/resource-deliverables/>).

Vernes, R.W., Linder, B., Bakker, M.A.J., Den Dulk, M., Kruisselbrink, A.F., Menkovic, A., Munsterman, D.K., Reindersma, R.N., Salamon, M. & Witmans, N. (in prep.). 3D geological and hydrogeological model of the Cenozoic of the Dutch-German border area of the Roer Valley Graben (H3O-ROSE). Geologische Dienst van Noordrijn-Westfalen & TNO – Geologische Dienst Nederland, Krefeld, Duitsland & Utrecht, Nederland.

Zaadnoordijk, W.J., Szalkai, A., Slenter, C., Beerten, K., Bianchi, M., Casillas-Trasvina, A., Rogiers, B., Kruisselbrink, A., Kivits, T., Broers, H.P. (2021) Characterization of pathways and groundwater vulnerability assessments due to deep energy related activities for the pilot studies. Deliverable 3.2, GeoERA Groundwater project VoGERA (<https://geoera.eu/projects/vogera1/>).

9 Ondertekening

Naam en paraaf tweede lezer

H.J. Hummelman

Ondertekening

Autorisatie vrijgave

Dr. ir. W.J. Zaadnoordijk
Auteur

Drs. D. Maljers
Research manager

A Modeleenheden hydrogeologisch basismodel Zuid Nederland

Tabel 2 geeft de complete lijst van de modeleenheden in het hydrogeologisch basismodel Zuid-Nederland (Zuid-NL). De coderingen van ZuidNL zijn NIET altijd gelijk zijn aan de coderingen in DGM, REGIS II en de H3O-projecten.

De tabel in Bijlage B geeft een compleet overzicht van alle modeleenheden in het hydrogeologisch basismodel en hun samenhang met de onderscheiden eenheden in de onderliggende informatie.

De tabel geeft een volgorde die past bij de opeenvolging van de eenheden in de ondergrond. Dit is grotendeels ook de ouderdomsequentie. Uitzondering op dit laatste is de Formatie van Kreftenheye. De eenheden KRZUK1, KRz4, KRTWk1 en KRz5 liggen qua ouderdom tussen KWz1 en DRz1, maar omdat deze Kreftenheye eenheden niet samen voorkomen met de eenheden van de Formatie van Beegden of van Koewacht konden de meeste Kreftenheye-eenheden bij elkaar weergegeven worden, wat de overzichtelijkheid ten goede komt. KRz1 komt wel samen voor met de oudere Boxtel-eenheden uit de tabel en staat daarom apart.

Tabel 2 Onderscheiden modeleenheden in het hydrogeologisch basismodel ZuidNL.

Tijdperk	Naam	Modeleenheid
Holoceen	Holoceen complex	HLc
	Boxtel zand 1	BXz1
	Kreftenheye zand 1	KRz1
	Boxtel Schimmert complex	BXSCc
	Boxtel zand 2	BXz2
	Boxtel Liempde klei 1	BXLMk1
	Boxtel klei 1	BXk1
	Boxtel zand 3	BXz3
	Boxtel klei 2	BXk2
	Boxtel zand 4	BXz4
	Kreftenheye Wychen klei 1	KRWYk1
	Kreftenheye zand 3	KRz3
	Kreftenheye Zutphen klei 1	KRZUK1
	Kreftenheye zand 4	KRz4
	Kreftenheye Twello klei 1	KRTWk1
	Kreftenheye zand 5	KRz5
	Beegden zand 1	BEz1
	Beegden Rosmalen klei 1	BEROk1
	Beegden klei 1	BEk1
	Beegden zand 2	BEz2
	Beegden klei 2	BEk2
	Beegden zand 3	BEz3
	Koewacht zand 1	KWz1
	Drenthe zand 1	DRz1
	Drenthe Uitdam klei 1	DRUIk1

Tijdperk	Naam	Modelleenheid
	Drenthe zand 2	DRz2
	Drenthe Gieten klei 1	DRG1k1
	Drenthe zand 3	DRz3
	Gestuwde Afzettingen	DTc
	Urk zand 1	URz1
	Sterksel zand 1	STz1
	Sterksel klei 1	STk1
	Sterksel zand 2	STz2
	Kwartaire zanden 1	QRz1
	Holstein klei 1	HNk1
	Stramproy zand 1	SYz1
	Stramproy klei 1	SYk1
	Stramproy zand 2	SYz2
	Stramproy klei 2	SYk2
	Stramproy zand 3	SYz3
	Stramproy klei 3	SYk3
	Stramproy zand 4	SYz4
	Kwartaire zanden 2	QRz2
	Peize-Waalre zand 1	PZWAz1
	Waalre klei 1	WAK1
	Peize-Waalre zand 2	PZWAz2
	Waalre klei 2	WAK2
	Peize-Waalre zand 3	PZWAz3
	Waalre klei 3	WAK3
	Peize-Waalre zand 4	PZWAz4
	Malle complex	MLc
	Maassluis zand 1	MSz1
	Maassluis klei 1	MSk1
	Maassluis zand 2	MSz2
	Maassluis klei 2	MSk2
	Maassluis zand 3	MSz3
	Maassluis complex	MSc
	Maassluis zand 4	MSz4
<i>Kwartair</i>	Kwartaire zanden 3	QRz3
	Kiezeloöliet klei 1a	KIk1a
	Kiezeloöliet zand 1	KIz1
	Kiezeloöliet klei 1	KIk1
	Kiezeloöliet zand 2	KIz2
	Kiezeloöliet klei 2a	KIk2a
	Kiezeloöliet zand 2a	KIz2a
	Kiezeloöliet klei 2	KIk2
	Kiezeloöliet zand 3	KIz3
	Kiezeloöliet klei 3	KIk3
	Kiezeloöliet zand 4	KIz4

Tijdperk	Naam	Modelleenheid
	Kiezeloöliet klei 4	KIk4
	Kiezeloöliet zand 5	KIz5
	Oosterhout zand 1	OOz1
	Oosterhout klei 1	OOK1
	Oosterhout zand 2	OOz2
	Oosterhout complex	OOc
	Inden klei 1	IEk1
	Inden zand 2	IEz2
	Inden klei 2a	IEk2a
	Inden zand 3	IEz3a
	Inden klei 2	IEk2
	Inden zand 4	IEz3
	Kasterlee complex	KLc
	Breda zand 1a	BRz1a
	Breda zand 1	BRz1
	Breda klei 1	BRk1
	Ville Bruinkool 1a	Vlb1a
	Breda zand 2	BRz2
	Ville Bruinkool 1	Vlb1
	Breda zand 3	BRz3
	Ville Bruinkool 2	Vlb2
	Breda zand 4	BRz4
	Ville Bruinkool 3	Vlb3
	Breda zand 5	BRz5
	Veldhoven Someren complex	VESOc
	Veldhoven Wintelre klei 1	VEWIk1
	Veldhoven Unterflöz klei 1	VEUFk1
	Veldhoven Voort complex	VEVOc
	Rupel zand 2	RUz2
	Rupel Boom klei 1	RUBOk1
	Rupel zand 3	RUz3
	Rupel klei 2	RUk2
	Rupel zand 4	RUz4
	Tongeren Goudsberg klei 1	TOGOk1
	Tongeren zand 2	TOz2
	Tongeren Zelzate Watervliet klei 1	TOZEWAk1
	Tongeren zand 3	TOz3
	Maldegem complex	MAc
	Combinatie van Eocene zanden complex	EZz1
	Kleilig deel van Gentbrugge complex	GBc
	Tielt complex	TTc
	Kortrijk complex	KOC
	Tienen complex	TNc
	Hannut complex	HAc

Tijdperk	Naam	Modelleenheid
<i>Kenozoicum</i>	Heers complex	HSc
	Opglabbeek complex	OPc
	Combinatie van Tertiaire Eenheden	TRc
<i>Krijt</i>	Heijenrath complex	HTc
	Houthem kalksteen	HOq
	Maastricht kalksteen	MTq
	Gulpen kalksteen	GUq
	Vaals complex	VAc
	Aken complex	AKc
	Krijtkalk Groep	CKc
	Rijnland Groep	KNz1
	Schieland Groep	SLz1
<i>Jura</i>	Altena Groep	ATk1
<i>Trias</i>	Germaanse Trias Groepen	RBRNz1
<i>Perm</i>	Zechstein Groep	ZEz1
	Boven-Rotliegend Groep	ROz1
<i>Carboon</i>	Limburg Groep	DCc
	Kolenkalk Groep	CLk1

De arcering geeft aan dat de betreffende diepere eenheid niet gebiedsdekkend opgenomen is, maar alleen ten zuiden van de Feldbiss-Gilze Rijenbreukzone.

B Correlatietabel basismodel ZuidNL en deelmodellen

Tijdperk	Naam Modeleenheid ZuidNL	Code ZuidNL	H3DV2	H3Oplus	REGIS II v2.2	Rur Scholle	Venloer Scholle	Erft Scholle	Niers	NRW	ThermoGIS	DGMdiep 5	Wallonië	Opmerking
Holoceen	Holoceen complex	HLc	A0110/31/32/33/51/40	HLc	HLc	Deck	Deck		Deck/Niederterr.				AMO/LIM	
	Boxtel zand 1	BXz1	A0151	BXz1										
	Kreftenheye zand 1	KRz1		KRz1										
	Boxtel Schimmert complex	BXSCc	A0152/3	BXSck1	BXSck1									
	Boxtel zand 2	BXz2	A0151	BXz2	BXz2									
	Boxtel Liempde klei 1	BXLMk1		BXLMk1	BXLMk1									
	Boxtel klei 1	BXk1		BXk1	BXk1									
	Boxtel zand 3	BXz3	A0151	BXz3	BXz3									
	Boxtel klei 2	BXk2		BXk2	BXk2									
	Boxtel zand 4	BXz4	A0151	BXz4	BXz4									A0151 is gekoppeld aan BXz4
	Kreftenheye Wychen klei 1	KRWYk1			KRWYk1									
	Kreftenheye zand 3	KRz3		KRz3	KRz2/3									
	Kreftenheye Zutphen klei 1	KRZUk1			KRZUk1									
	Kreftenheye zand 4	KRz4		KRz4	KRz4									
	Kreftenheye Twello klei 1	KRTWk1			KRTWk1									
	Kreftenheye zand 5	KRz5		KRz5	KRz5				Eem					
	Beegden zand 1	BEz1	A0186	BEz1	BEz1									
	Beegden Rosmalen klei 1	BEROk1		BEROk1	BEROk1									
	Beegden klei 1	BEk1		BEk1	BEk1									
	Beegden zand 2	BEz2	A0186	BEz2	BEz2									
	Beegden klei 2	BEk2		BEk2	BEk2									
	Beegden zand 3	BEz3	A0186	BEz3	BEz3									A0186 is gekoppeld aan BEz3
	Koewacht zand 1	KWz1	A0170	KWz1	KWz1									
	Drenthe zand 1	DRz1			DRz1									
	Drenthe Uitdam klei 1	DRUIk1			DRUIk1									
	Drenthe zand 2	DRz2			DRz2									
	Drenthe Gieten klei 1	DRGIk1			DRGIk1									
	Drenthe zand 3	DRz3			DRz3									
	Gestuwde Afzettingen	DTc			DTc									
Kwartair	Urk zand 1	URz1			URz1/2/3/4/5									
	Sterksel zand 1	STz1	A0187	STz1	STz1									
	Sterksel klei 1	STk1		STk1	STk1									
	Sterksel zand 2	STz2	A0187	STz2	STz2									A0187 is gekoppeld aan STz2
	Kwartaire zanden 1	QRz1												
	Holstein klei 1	HNk1					Holstein		Holstein					
	Stramproy zand 1	SYz1	A0210	SYz1	SYz1									
	Stramproy klei 1	SYk1		SYk1	SYk1									
	Stramproy zand 2	SYz2	A0210	SYz2	SYz2									
	Stramproy klei 2	SYk2		SYk2	SYk2									
	Stramproy zand 3	SYz3	A0210	SYz3	SYz3									
	Stramproy klei 3	SYk3		SYk3	SYk3									
	Stramproy zand 4	SYz4	A0210	SYz4	SYz4									
	Kwartaire zanden 2	QRz2												
	Peize-Waalre zand 1	PZWAz1	A0210	PZWak1	PZWAz1									
	Waalre klei 1	Wak1		Wak1	Wak1	13	Tegelen_13	13						
	Peize-Waalre zand 2	PZWAz2	A0210	PZWAz2	PZWAz2									A0210 is gekoppeld aan PZWAz2
	Waalre klei 2	Wak2		Wak2	Wak2									
	Peize-Waalre zand 3	PZWAz3		PZWAz3	PZWAz3									
	Waalre klei 3	Wak3	A0221	Wak3	Wak3									
	Peize-Waalre zand 4	PZWAz4	A0221	PZWAz4	PZWAz4									
	Malle complex	MLc	A0221											
	Maassluis zand 1	MSz1	A0222	MSz1	MSz1									
	Maassluis klei 1	MSk1		MSk1	MSk1									
	Maassluis zand 2	MSz2	A0222	MSz2	MSz2									
	Maassluis klei 2	MSk2		MSk2	MSk2									
	Maassluis zand 3	MSz3	A0222	MSz3	MSz3									
	Maassluis complex	MSc			MSc									
	Maassluis zand 4	MSz4	A0222	MSz4	MSz4									A0222 is gekoppeld aan MSz4

Tijdperk	Naam Modelleenheid ZuidNL	Code ZuidNL	H3DV2	H3Oplus	REGIS II v2.2	Rur Scholle	Venloer Scholle	Erft Scholle	Niers	NRW	ThermoGIS	DGMdiep 5	Wallonië	Opmerking
Kwartair	Kwartaire zanden 3	QRz3				Quartär	Quartär		Quartär	Quartär				
Kenozoïcum	Kiezeloöliet klei 1a	KIk1a		KIk1a										
	Kiezeloöliet zand 1	KIz1	A0231	KIz1	KIz1									
	Kiezeloöliet klei 1	KIk1		KIk1	KIk1	11	ReuverB/C_11C/D	11						
	Kiezeloöliet zand 2	KIz2	A0231	KIz2	KIz2									
	Kiezeloöliet klei 2a	KIk2a				9C1								
	Kiezeloöliet zand 2a	KIz2a												
	Kiezeloöliet klei 2	KIk2		KIk2	KIk2	9C	Oberer_Rotton_9C	9C						
	Kiezeloöliet zand 3	KIz3	A0231	KIz3	KIz3									
	Kiezeloöliet klei 3	KIk3		KIk3	KIk3	9A	Unterer Rotton_9A	9A						
	Kiezeloöliet zand 4	KIz4	A0231	KIz4	KIz4	8	Hauptkies_8							
	Kiezeloöliet klei 4	KIk4		KIk4	KIk4									
	Kiezeloöliet zand 5	KIz5	A0231	KIz5	KIz5	8	Hauptkies_8							A0231 is gekoppeld aan KIz5
	Oosterhout zand 1	OOz1	A0223	OOz1	OOz1									
	Oosterhout klei 1	OOk1	A0224	OOK1	OOK1									
	Oosterhout zand 2	OOz2	A0225/6	OOz2	OOz2									
	Oosterhout complex	OOc		OOc	OOc									
	Inden klei 1	IEk1		IEk1	IEk1	7F		7F						
	Inden zand 2	IEz2		IEz2	IEz2									
	Inden klei 2a	IEk2a				7D		7D						
	Inden zand 3	IEz3a												
	Inden klei 2	IEk2		IEk2	IEk2	7B								
	Inden zand 4	IEz3		IEz3	IEz3									
	Kasterlee complex	KLc	A0240	KLc										
	Breda zand 1a	BRz1a	A0251	BRz1a										
	Breda zand 1	BRz1	A0253/4/7	BRz1	BRz1									
	Breda klei 1	BRk1		BRk1	BRk1									
	Ville Bruinkool 1a	Vlb1a				6E	Gartzweiler_6E	6E						
	Breda zand 2	BRz2		BRz2	BRz2		Schluff_6D							
	Ville Bruinkool 1	Vlb1		Vlb1	Vlb1	6C	Frimmersdorf_6C	6C						
	Breda zand 3	BRz3		BRz3	BRz3									
	Ville Bruinkool 2	Vlb2		Vlb2	Vlb2	6A	Morken_I_6A	6A						
	Breda zand 4	BRz4		BRz4	BRz4									
	Ville Bruinkool 3	Vlb3				5C		5C						
	Breda zand 5	BRz5										NLNU		
	Veldhoven Someren complex	VESOc		VESOc				5A			NMVFS			Diepe insnijding van VESOc in onderliggende kleilige lagen is gecorrigeerd
	Veldhoven Wintelre klei 1	VEWik1		VEWik1										VEWik1 buiten H3O-PLUS afgeleid uit basis NLNU/NMVFS en top NMVfV; Minimum dikte van 10 cm binnen verbreiding
	Veldhoven Unterflöz klei 1	VEUFk1				3/1/08	Unterfloez_I/II/III	3/1A/08						
	Veldhoven Voort complex	VEVOc		VEVOc	VEVOc	06B/05B	Grafenberg_Veldhoven_04B	06B/05B			NMVfV			In REGIS II alleen binnen H3O-PLUS gekarteerd; Minimum dikte van 10 cm binnen verbreiding
	Rupel zand 2	RUz2	A0258	RUz2							NMRfT			
	Rupel Boom klei 1	RUBOk1	A0301/2/3/4/5	RUBOk1/RUK1	RUBOk1/z2/RUK1	03	Rupel_Ratingen_03							RUBOk1 buiten H3O-PLUS afgeleid uit basis NMVfV/NLNU en top NMRFV/NLFFS; Minimum dikte van 10 cm binnen verbreiding
	Rupel zand 3	RUz3	A0410	RUz3	RUz3									
	Rupel klei 2	RUK2	A0420	RUK2	RUK2									Minimum dikte van 10 cm binnen verbreiding
	Rupel zand 4	RUz4		RUz4	RUz4									
	Tongeren Goudsberg klei 1	TOGOk1		TOGOk1	TOGOk1									Minimum dikte van 10 cm binnen verbreiding
	Tongeren zand 2	TOz2	A0431/2/3/4	TOz2	TOz2						NMRfV			
	Tongeren Zelzate Watervliet klei 1	TOZEWak1	A0442	TOZEWak1	TOZEWak1									Minimum dikte van 10 cm binnen verbreiding
	Tongeren zand 3	TOz3	A0451/2/3	TOz3	TOz3								OLIG	
	Maldegem complex	MAc	A0501/2/3/4/5	MAc	DOAsk1									MAc buiten H3O-PLUS afgeleid uit basis NMRFV en top NLFFS; Minimum dikte van 10 cm binnen verbreiding
	Combinatie van Eocene zanden complex	EZz1	A0611/2/A0620/A0631/3	EZc	DOz3						NLFFS			
	Kleilig deel van Gentbrugge complex	GBc	A0701/2	GBc	DOIEk1									Minimum dikte van 10 cm binnen verbreiding
	Tielt complex	TTc	A0801/2/3	TTc										
	Kortrijk complex	KOc	A0901/2/3/4	KOc	DOIEk1									DOIEk1 is gekoppeld aan KOc; KOc buiten H3O-PLUS afgeleid uit basis NLFFS en top NLFFD; Minimum dikte van 10 cm binnen verbreiding
	Tienen complex	TNc	A1011/2	TNc	DOz4						NLFFD			
	Hannut complex	HAc	A1013/A1021/2	HAc							NLLFR			

Tijdperk	Naam Modeleenheid ZuidNL	Code ZuidNL	H3DV2	H3Oplus	REGIS II v2.2	Rur Scholle	Venloer Scholle	Erft Scholle	Niers	NRW	ThermoGIS	DGMdiep 5	Wallonië	Opmerking
Kenozoïcum	Heers complex	HSc	A1031/2/3	HSc	LAc		Gelinden							
	Opglabbeek complex	OPc	A1034/5	OPc							NLLFS			
	Combinatie van Tertiaire Eenheden	TRc				Tetiär	Tetiär			Tertiär		NLNM		Gecombineerde Tertiaire eenheden in DE
Krijt	Heijenrath complex	HTc			HTc									
	Houthem kalksteen	HOq	A1101		HOq		Houthem_01A							
	Maastricht kalksteen	MTq	A1102		MTq									
	Gulpen kalksteen	GUq	A1103		GUq								GUL	
	Vaals complex	VAc	A1103		VAc								VAA	A1103 is gekoppeld aan VAc
	Aken complex	AKc	A1104		AKc									
	Krijtkalk Groep	CKc										CK		
	Rijnland Groep	KNz1									KNG/KNN	KN		
	Schieland Groep	SLz1									SLDN	S		
Jura	Altena Groep	ATk1										ATPO/AT		
Trias	Germaanse Trias Groepen	RBRNz1	A1220								RN/RB	RB/RN		
Perm	Zechstein Groep	ZEz1										ZE		
	Boven-Rotliegend Groep	ROz1									ROSL	RO		
Carboon	Limburg Groep	DCc	A1310								DCH/DCD	DCC		
	Kolenkalk Groep	CLk1	A1320								CLZL	DINATIEN		

Verklaring arceringen

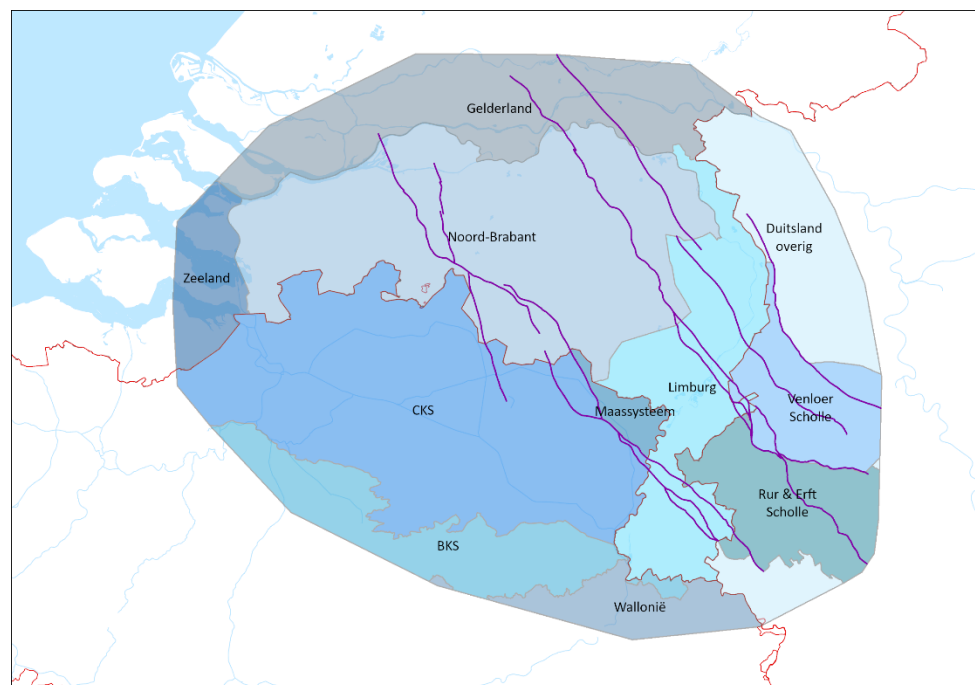
- Opgenomen als onderdeel van boven- of onderliggende eenheden
- Waarschijnlijk wel aanwezig in deelgebied, maar niet gemodelleerd
- Wel gemodelleerd, maar niet gebruikt
- Niet gebiedsdekkend
- Waarschijnlijk niet aanwezig in deelgebied

C Hydraulische parametrisatie per modelleenheid

Deze bijlage beschrijft hoe modelleenheden van het hydrogeologisch basismodel Zuid-Nederland (ZuidNL) hydraulisch zijn geparametriseerd. Hierbij is de REGIS II-systematiek aangehouden om horizontale doorlatendheden (kh) aan de watervoerende modelleenheden toe te kennen, verticale doorlatendheden (kv) aan de scheidende modelleenheden, en beide aan de complexe eenheden. Door combinatie met de dikte kunnen daaruit vervolgens respectievelijk waarden voor de transmissiviteit (kD) en verticale hydraulische weerstand (c) worden afgeleid.

Ten behoeve van de hydraulische parametrisatie is een aantal deelgebieden onderscheiden op basis van landsgrenzen en hydrogeologische criteria (Figuur 38). De deelgebieden zijn:

- De provincie Noord-Brabant;
- De Nederlandse provincie Limburg;
- Het aangrenzende deel van de provincie Zeeland;
- De aangrenzende delen van de provincies Gelderland en Zuid-Holland;
- Het Maassysteem in Vlaanderen;
- Het Centraal Kempisch Systeem in Vlaanderen (CKS);
- Het Brulandkrijtsysteem in Vlaanderen (BKS);
- Wallonië;
- De Rurscholle in Duitsland;
- De Venloer Scholle in Duitsland;
- De overige Duitse delen van het modelgebied van het basismodel.



Figuur 38 Deelgebieden voor de hydraulische parametrisatie van het hydrogeologisch basismodel Zuid-Nederland.

Deze bijlage beschrijft per modelleenheid de afleiding van de hydraulische parametrisatie. Daarbij worden de afkortingen gebruikt:

- Modeleenheid: eenh.;
- Geologische formatie: F.;
- Geologisch laagpakket: Lp.;
- Geologische laag: L.;
- Van: v.

Voor een groot aantal eenheden is voor Nederland gebruik gemaakt van REGIS II v2.2 gridbestanden van kh en kv. Voor de diepere aquifers is gebruik gemaakt van grids uit ThermoGIS. Doordat de geometrie van de modeleenheden binnen het gebied van H3O-PLUS, hieruit is overgenomen vallen de verbreidingen in het hydrogeologische basismodel ZuidNL niet overal samen met de verbreidingen van REGIS II en ThermoGIS. Voor de delen uit het basismodel die buiten de REGIS II v2.2- en ThermoGIS-verbreidingen vallen zijn standaardwaarden gedefinieerd. Bij beschikbaarheid van zowel REGIS II v2.2 als ThermoGIS-gridwaarden wordt prioriteit gegeven aan de REGIS II grids. In Nederland is H3O-PLUS dus alleen voor de geometrie gebruikt en niet voor de parameterwaarden. De H3O-PLUS-waarden zijn uit de REGIS II parameterwaarden afgeleid en bieden dus geen extra informatie.

Voor Vlaanderen en Duitsland is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van de hydraulische parameterwaarden die zijn verzameld in het kader van Task 3.2 van GeoERA-RESOURCE H3O-PLUS. De informatie vanuit H3O-PLUS beslaat een stratigrafisch traject vanaf het Holocene omlaag tot en met de Paleogene eenheid OPc / LAc.

Voor Vlaanderen is gebruik gemaakt van (1) voornoemde informatie vanuit H3O-PLUS, en (2) de hydraulische parameterdatabank van de VMM. Deze informatiebronnen hanteren gebiedsindelingen die niet samenvallen, namelijk (1) H3O-projectgebieden en (2) Vlaamse grondwatersysteemgebieden. Hiermee is als volgt omgegaan:

- Voor het CKS zijn de H3O-PLUS parameterwaarden aangehouden voor het Vlaamse deel van H3O-De Kempen - ook voor het deel van het CKS dat daarbuiten valt;
- Voor het Maassysteem in de Roerdalslenk zijn de H3O-PLUS parameterwaarden aangehouden voor het Vlaamse deel van H3O-Roerdalslenk;
- Voor het Maassysteem buiten de Roerdalslenk zijn de H3O-PLUS parameterwaarden aangehouden voor het Vlaamse deel van H3O-De Kempen. In de tekst wordt dit deelgebied overigens meestal niet expliciet genoemd. Daar waar in de tekst aan het CKS wordt gerefereerd, moet worden gelezen 'het CKS en het Maassysteem buiten de Roerdalslenk', tenzij expliciet anders geformuleerd.

Het Centraal Vlaamse Systeem (CVS) heeft een beperkte verbreiding in het westen van het IBRAHYM-modelgebied. Pragmatischerwijs is de hydraulische parametrisatie van dit deelgebied gelijkgeschakeld met die van het CKS.

Voor Wallonië hadden wij geen gebiedsspecifieke informatie over hydraulische parameters beschikbaar, met uitzondering van enkele regioparameterwaarden voor Maasgrind in de parameterdatabank van VMM. Voor alle andere eenheden van het IBRAHYM-lagenmodel die in Wallonië voorkomen, zijn parameterwaarden

aangehouden die zijn geformuleerd voor (aangrenzende delen van) Vlaanderen, Nederland en / of Duitsland.

Voor Duitsland gelden de volgende aandachtspunten:

- Voor de Rurscholle in Duitsland zijn de H3O-PLUS parameterwaarden aangehouden voor het Duitse deel van H3O-Roerdalslenk Zuidooost (H3O-ROSE);
- Voor de Erftscholle zijn geen separate hydraulische parameterwaarden beschikbaar. Pragmatischerwijs is de hydraulische parametrisatie van de Erftscholle gelijkgeschakeld met die van de Rurscholle;
- Voor de Venloer Scholle en het overige deel van Duitsland, en voor de eenheden van Krijt- en hogere ouderdom in de Rurscholle, is gebruik gemaakt van doorlatendheidsinformatie behorende bij de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:50.000 / 1:100.000;
- De informatie voor de Venloer Scholle reikt niet dieper dan de eenheid Tongeren-Formation, Ratheim-Subformation, Hor. 01D. Voor diepere eenheden in de Venloer Scholle zijn de voor het overige deel van Duitsland gevonden waarden aangehouden.

De volgende paragrafen geven de werkwijze per modeleenheid.

HLc wvp en HLc sdl (Holocene complexe eenh.)

De complexe Holocene modeleenheid is voorzien van een horizontale doorlatendheid als een freatisch watervoerend pakket en een verticale doorlatendheid als slecht-doorlatende laag. Deze zijn als volgt bepaald:

- In Noord-Brabant en Noord- en Midden Limburg is voor de Holocene modeleenheden die in REGIS II niet hydraulisch zijn geparametriseerd, gebruik gemaakt van het hydraulisch geparametriseerde voxelmodel van GeoTOP. Het betreft de GeoTOP-modeleenheden uit de Formaties van Echteld, Naaldwijk en Nieuwkoop, alsmede BXSI, BEOM en een combinatie-modeleenheid van BXKO en BXDE. Het betreft weerstanden die zijn verkregen door sommatie van de weerstanden van alle Holocene voxels die boven elkaar liggen ('voxel-stacking', zie Stafleu & Gunnink, 2016). Doordat zodoende 3D-kortsluitstromingen worden "dichtgesmeerd", zijn deze weerstanden een maximale schatting, en in veel gevallen een overschatting van de werkelijke weerstand;
- Voor Gelderland en Zuid-Holland is gebruik gemaakt van bestaande gridbestanden van kD- en c-waarden van laag 1 van het MORIA grondwatermodel;
- In Zeeland en voor de gebieden in Nederland buiten de genoemde Nederlandse grids is een waarde van 1 m/d aangehouden voor de kh en 0.1 m/d voor kv;
- Voor het Maassysteem en CKS is een waarde van 1 m/d aangehouden voor kv en 10 m/d voor kh. Dit zijn de H3O-PLUS 'expert range' waarden voor de Vlaamse delen van H3O-Roerdalslenk en H3O-De Kempen;
- In Nederlands Zuid-Limburg, dat buiten het voornoemde GeoTOP-gebied valt, bestaat het Holoceen voornamelijk uit het Laagpakket van Oost-Maarland van de Formatie van Beegden (BEOM). De kv is identiek aan de voor het Maassysteem en CKS gehanteerde waarde (1 m/d);

- Voor het BrulandKrijtSysteem is een waarde van 1 m/d aangehouden voor kv en 28 m/d voor kh. Dit zijn de minimale en maximale regionale waarden die in de parameterdatabank van VMM worden genoemd voor H3DV2-code A0100 (BKS);
- Voor Wallonië zijn de waarden van VMM overgenomen;
- Voor de Rurscholle (H3O-Roerdalslenk ofwel H3O-ROSE) zijn in H3O-PLUS 'expert range' waarden voor kv van deze modelleenheid geformuleerd. De modelwaarde voor kv (0,3 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden. Voor zandigere delen van deze modelleenheid (HLc wvp) zijn geen waarden gevonden en hiervoor zijn waarden overgenomen van de Venloer Scholle;
- Voor de Venloer Scholle zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:50.000 waarden voor zowel zandigere als lemigere delen van deze modelleenheid (Ablagerungen in Bach- und Flusstälern) geformuleerd. De modelwaarden voor kh (2,7 m/d) en kv (0,09 m/d) zijn de geometrische gemiddelden van deze waarden;
- Voor het overige deel van Duitsland zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100.000 waarden voor de lemigere delen van deze modelleenheid geformuleerd. De modelwaarde voor kv (0,09 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden. Voor zandigere delen van deze modelleenheid (HLc wvp) zijn waarden overgenomen van Venloer Scholle.

BXz1 (1^e zandige eenh. F. v. Boxtel)

Deze modelleenheid komt alleen voor in H3O-Roerdalslenk Noordwest, in het CKS en in het BKS. In geen van deze gebieden zijn hydraulische kentallen voor deze eenheid gespecificeerd. In H3O-PLUS zijn voor H3O-Roerdalslenk Noordwest wel 'expert range' waarden voor deze modelleenheid geformuleerd. Deze zijn gelijk aan de H3O-PLUS 'expert range' waarden voor modelleenheid BXz2. Daarom is gebruik gemaakt van de kh-waarden van de modelleenheid BXz2.

KRz1 (1^e zandige eenh. F. v. Kreftenheye)

Deze modelleenheid komt alleen voor in H3O-Roerdalslenk Noordwest. In H3O-PLUS zijn 'expert range' waarden voor kh van deze modelleenheid geformuleerd. De modelwaarde voor kh (21 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden.

BXSCc (complexe eenh. Lp. v. Schimmert, F. v. Boxtel)

Deze modelleenheid komt in meerdere deelgebieden voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kv van deze modelleenheid gebruik gemaakt voor kh en kv;
- In Vlaanderen is deze modelleenheid niet gedefinieerd in de H3O-gebieden Roerdalslenk en De Kempen, en zijn voor de corresponderende H3DV2-modelleenheid geen hydraulische parameterwaarden gevonden in de VMM-parameterdatabank. Voor het Nederlandse deel van H3O-Roerdalslenk Zuidoost (H3O-ROSE) zijn in H3O-PLUS 'expert range' waarden voor kv van deze eenheid geformuleerd, gebaseerd op de REGIS II v2.2 grids. De modelwaarde voor kv (0,003 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze

waarden. Voor de modelwaarde van kh is de kv-modelwaarde met een factor 5 vermenigvuldigd, conform de REGIS v2.2 grids;

- Voor de Rurscholle (H3O-ROSE) zijn in H3O-PLUS 'expert range' waarden voor kv van deze modelleenheid geformuleerd. De modelwaarde voor kv (0,04 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden. Voor de modelwaarde van kh is de kv-modelwaarde met een factor 5 vermenigvuldigd, conform de REGIS v2.2 grids;
- Voor de Venloer Scholle zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:50.000 waarden voor kv van deze modelleenheid (Löss) geformuleerd. De modelwaarde voor kv (0,09 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;
- Voor het overige deel van Duitsland zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100.000 waarden voor kv van deze modelleenheid geformuleerd. De modelwaarde voor kv (0,09 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden.

BXz2 en BXz3 (2^e en 3^e zandige eenh. F. v. Boxtel)

Deze modelleenheden komen voor in Nederland, Vlaanderen en Duitsland:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kh van deze modelleenheden;
- Voor het Maassysteem en Centraal Kempisch Systeem zijn de H3O-PLUS 'expert range' waarden voor de Vlaamse delen van H3O-Roerdalslenk en H3O-De Kempen aangehouden. De modelwaarde voor kh (1,8 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;
- Voor het BrulandKrijtSysteem zijn alleen minimale en maximale regionale waarden in de parameterdatabank van VMM beschikbaar voor de overkoepelende H3DV2-code A0100 (Quartaire Aquifersystemen). Als modelwaarde voor kh is het geometrisch gemiddelde van deze waarden (5,3 m/d) aangehouden;
- Voor de Rurscholle (H3O-Roerdalslenk Zuidoost ofwel H3O-ROSE) zijn in H3O-PLUS 'expert range' waarden voor kh van deze eenheid geformuleerd. De modelwaarde voor kh (1,4 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;
- Voor de Venloer Scholle zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:50.000 waarden voor kh van deze eenheid (Flugsand, Sandlöss) geformuleerd. De modelwaarde voor kh (2,7 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;
- Voor het overige deel van Duitsland zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100.000 waarden voor kh van deze eenheid geformuleerd. De modelwaarde voor kh (2,7 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden..

BXLMk1 (1^e kleiige eenh. Lp. v. Liempde, F. v. Boxtel)

Deze modelleenheid komt alleen voor in Nederland. Er is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kv van deze modelleenheid.

BXk1 en BXk2 (1^e en 2^e kleiige eenh. F. v. Boxtel)

Deze modelleenheid komt in meerdere deelgebieden voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kv van deze modelleenheden;
- Voor het Maassysteem in de Roerdalslenk zijn de H3O-PLUS 'expert range' waarden voor de Vlaamse delen van H3O-Roerdalslenk aangehouden. De modelwaarde voor kv ($2,0 \cdot 10^{-1}$ m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;
- In H3O-PLUS zijn geen waarden voor de Vlaamse delen van H3O-De Kempen geformuleerd. . Voor BXk1 is de voor het Maassysteem afgeleide kv-modelwaarde overgenomen. BXk2 komt hier niet voor;
- In H3O-PLUS is aangegeven dat deze modelleenheid niet voorkomt in Nordrhein-Westfalen (BXk1) resp. de Rurscholle (BXk2). Voor BXk2 wordt aangenomen dat dit ook voor de Venloer Scholle en het overige deel van Duitsland geldt.

BXz4 (4^e zandige eenh. F. v. Boxtel)

Deze modelleenheid komt in meerdere deelgebieden voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kh van deze modelleenheid;
- Voor het Maassysteem en CKS zijn de H3O-PLUS 'expert range' waarden voor de Vlaamse delen van H3O-Roerdalslenk en H3O-De Kempen aangehouden. De modelwaarde voor kh (55 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;
- Voor het BrulandKrijtSysteem zijn alleen minimale en maximale regionale waarden in de parameterdatabank van VMM beschikbaar voor de overkoepelende H3DV2-code A0100 (Quartaire Aquifersystemen). De modelwaarde voor kh (5,3 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden; Bij MS/CMS wordt opgemerkt dat dit onderste deel van BX bestaat uit omgewerkte Rijn/Maas afzettingen (ST/BE) en daarom grover en beter doorlatend is dan BXz2 en BXz3. Vraag is of dit ook voor BKS geldt aangezien dit zuidwestelijker ligt;
- In H3O-PLUS is aangegeven dat deze modelleenheid niet voorkomt in de Rurscholle. Daarentegen worden wel 'expert range' waarden voor kh van de eenheden BXz2 en BXz3 geformuleerd. De aangehouden modelwaarde voor kh (1,4 m/d) van BXz4 is het geometrisch gemiddelde van de expert range waarden voor BXz2 / BXz3;
- Aangenomen wordt dat dit ook voor de Venloer Scholle en het overige deel van Duitsland geldt.

KRWYk1 (1^e kleiige eenh. Lp. v. Wijchen, F. v. Kreftenheye)

Deze modelleenheid komt in meerdere deelgebieden voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kv van deze modelleenheid;
- In H3O-PLUS is aangegeven dat deze modelleenheid niet voorkomt in de Rurscholle;
- Voor de Venloer Scholle zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:50.000 geen waarden voor kv van deze modelleenheid geformuleerd;
- Voor het overige deel van Duitsland is aangenomen dat deze modelleenheid wordt gerepresenteerd door de modelleenheid

Hochflutablagerungen (Ton und Schluff) van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100.000. De modelwaarde voor kv ($8,6 \cdot 10^{-4}$ m/d) is het geometrisch gemiddelde van de bijbehorende waarden.

KRz2, KRz3, KRz4 en KRz5 (2^e, 3^e, 4^e en 5^e zandige eenh. F. v. Kreftenheye)

Deze modelleenheid komt in meerdere deelgebieden voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kh van deze modelleenheden;
- In H3O-PLUS zijn geen waarden voor de Vlaamse gebiedsdelen geformuleerd. Daarom is geen kh-modelwaarde voor de Vlaamse deelgebieden geformuleerd;
- In Wallonië zijn Vlaamse waarden aangehouden;
- In H3O-PLUS is aangegeven dat deze modelleenheden niet voorkomen in de Rurscholle.;
- Voor de Venloer Scholle en het overige deel van Duitsland is aangenomen dat deze modelleenheden wordt gerepresenteerd door de modelleenheid Niederterrassen van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:50.000, resp. 1:100.000. De modelwaarde voor kv (27 m/d) is het geometrisch gemiddelde van de bijbehorende waarden.

KRZuk1 en KRTWk1 (1^e kleiige eenh. Lp. v. Zutphen en Lp. v. Twello, F. v. Kreftenheye)

Deze modelleenheden komen alleen voor in Nederland. Er is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kv van deze modelleenheden.

BEz1, BEz2 en BEz3 (1^e, 2^e en 3^e zandige eenh. F. v. Beegden)

Deze modelleenheid komt in meerdere deelgebieden voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kh van deze modelleenheid;
- Voor het Maassysteem in de Roerdalslenk zijn de H3O-PLUS 'expert range' waarden voor het Vlaamse deel van H3O-Roerdalslenk aangehouden. De modelwaarden voor kh (BEz1: 468 m/d, BEz2 en BEz3: 95 m/d) zijn de geometrische gemiddelden van deze waarden;
- Voor het Maassysteem buiten de Roerdalslenk en het BrulandKrijtsysteem zijn voor deze modelleenheden (H3DV2-codes A0180 en A0186) te samen drie regioparameterwaarden beschikbaar in de parameterdatabank van VMM, die over twee orden van grootte variëren. Voor de modelleenheden is dezelfde modelwaarde voor kh aangehouden (197 m/d), zijnde de geometrische gemiddelden van deze waarden;
- Voor Wallonië zijn voor H3DV2-code A0180 twee regioparameterwaarden beschikbaar in de parameterdatabank van VMM. De modelwaarde voor kh (1742 m/d), is het geometrische gemiddelde van deze waarden;
- Voor de Rurscholle (H3O-Roerdalslenk Zuidoost ofwel H3O-ROSE) zijn in H3O-PLUS 'expert range' waarden voor kh van deze modelleenheden geformuleerd. De modelwaarde voor kh (47 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;

- Voor de Venloer Scholle zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:50.000 waarden voor kh van deze modelleenheden (Mittelterrassen) geformuleerd. De modelwaarde voor kh (27 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;
- Voor het overige deel van Duitsland zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100.000 waarden voor kh van deze modelleenheden geformuleerd. De modelwaarde voor kh (27 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden.

BEROk1 (1^e kleiige eenh. L. v. Rosmalen, F. v. Beegden)

Deze modelleenheid komt alleen voor in Nederland. Er is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kv van deze modelleenheid.

BEk1 (1^e e kleiige eenh. F. v. Beegden)

Deze modelleenheid komt in meerdere deelgebieden voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kv van deze modelleenheden;
- Voor het Maassysteem in de Roerdalslenk zijn de H3O-PLUS 'expert range' waarden voor het Vlaamse deel van H3O-Roerdalslenk aangehouden. De modelwaarde voor kv ($2,0 \cdot 10^{-1}$ m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;
- Voor het CKS en BKS is deze modelleenheid niet gedefinieerd in H3O, c.q. zijn voor deze modelleenheid geen parameterwaarden geformuleerd in de VMM-parameterdatabank en is de kv van het Maassysteem overgenomen;
- De eenheid komt niet voor in Wallonië;
- In H3O-PLUS is aangegeven dat deze modelleenheden niet voorkomen in Nordrhein-Westfalen.

BEk2 (2^e kleiige eenh. F. v. Beegden)

Deze modelleenheid komt in meerdere deelgebieden voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kv van deze modelleenheden;
- Voor Vlaanderen is deze eenheid niet gedefinieerd in H3O-PLUS, c.q. zijn voor deze eenheid geen parameterwaarden geformuleerd in de VMM-parameterdatabank. Voor het Maassysteem en het CKS zijn de voor BEk1 afgeleide kv-modelwaarden overgenomen;
- De eenheid komt niet voor in Wallonië;
- In H3O-PLUS is aangegeven dat deze modelleenheden niet voorkomen in Nordrhein-Westfalen.

KWz1 (1^e zandige eenh. F. v. Koewacht)

Deze modelleenheid komt alleen in Nederland en Vlaanderen voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kh van deze modelleenheden;
- Voor het verbreidingsgebied van deze modelleenheid in Vlaanderen zijn de minimale en maximale regionale waarden in de parameterdatabank van

VMM aangehouden voor de overkoepelende H3DV2-code A0170 c.q. HCOVv1-codes 0160 en 0162 (alleen zandige afzettingen) in het Centraal Vlaamse systeem. De modelwaarde voor kh (17 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden.

DRz1, DRz2 en DRz3 (1^e, 2^e en 3^e zandige eenh. F. v. Drente)

Deze modelleenheid komt alleen in Nederland en Duitsland voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kh van deze modelleenheden;
- Voor zover deze modelleenheden in Duitsland voorkomen, zijn de waarden voor kh van de modelleenheid Schmelzwassersand van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100.000 aangehouden. De modelwaarde voor kh (27 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden.

DRUIk1 (1^e kleiige eenh. Lp. v. Uitdam, F.v. Drente)

Deze modelleenheid komt alleen in Nederland en Duitsland voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kv van deze modelleenheid;
- Voor zover deze modelleenheid in Duitsland voorkomt, zijn de waarden voor kv van de modelleenheid Beckenschluff van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100.000 aangehouden. De modelwaarde voor kv ($8,6 \cdot 10^{-4}$ m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden.

DRGIk1 (1^e kleiige eenh. Lp. v. Gieten, F. v. Drente)

Deze modelleenheid komt alleen in Nederland en Duitsland voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kv van deze modelleenheid;
- Voor zover deze modelleenheid in Duitsland voorkomt, zijn de waarden voor kv van de modelleenheid Grundmoräne van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100.000 aangehouden. De modelwaarde voor kv ($8,6 \cdot 10^{-3}$ m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden.

DTc (Gestuwde afzettingen)

Deze modelleenheid komt alleen in Nederland en Duitsland voor. DTc omvat de gestuwde afzettingen die zeer divers van oorsprong en aard zijn. In REGIS II is deze eenheid niet hydraulisch geparametriseerd. Ook GD NRW heeft er geen informatie over. Aan deze eenheid zijn uniforme waarden toegekend van kh = 10 m/d en kv = 0,01 m/d.

URz1 (1^e zandige eenh. F. v. Urk)

Deze modelleenheid komt alleen in Nederland en Duitsland voor:

- Voor Nederland is deze eenheid een samenvoeging van vijf zandige modelleenheden binnen REGIS II v2.2. Binnen het modelgebied van ZuidNL komen tussen deze vijf REGIS-modelleenheden URz1 tot en met -5 geen kleiige eenheden voor en zijn de doorlatendheden vrijwel gelijk. Er

gebruik gemaakt van het REGIS II v2.2 gridbestand van kh van de REGIS-modeleenheid URz2;

- Voor zover deze modeleenheden in Duitsland voorkomen, zijn voor de zandige modeleenheden de waarden voor kh van de modeleenheid Mittelterrassen van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100.000 aangehouden. De modelwaarde voor kh (27 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden. Opmerkelijk: Jongere en Aeltere Mittelterrasse vallen in een orde grootte hogere doorlatendheidsklasse dan Mittelterrassen.

STz1 en STz2 (1^e en 2^e zandige eenh. F. v. Sterksel)

Deze eenheid komt in meerdere deelgebieden voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kh van deze modeleenheden;
- Voor het Maassysteem en CKS zijn de H3O-PLUS 'expert range' waarden voor het Vlaamse deel van H3O-Roerdalslenk aangehouden. De modelwaarde voor kh (13 m/d) is het geometrische gemiddelde van deze waarden;
- Voor het BrulandKrijtSysteem is één regionale waarde in de parameterdatabank van VMM beschikbaar voor de overkoepelende H3DV2-code A0170 (Maas- en Rijnafzettingen), afkomstig van een studie in het grensgebied met het Maassysteem en CKS. De modelwaarde voor kh is daarom gelijkgesteld aan de modelwaarden voor het Maassysteem en CKS;
- In Wallonië komen deze modeleenheden niet voor;
- Voor de Rurscholle (H3O-Roerdalslenk Zuidoost ofwel H3O-ROSE) zijn in H3O-PLUS 'expert range' waarden voor kh van deze modeleenheid geformuleerd. De modelwaarde voor kh (47 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;
- Voor de Venloer Scholle zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:50.000 waarden voor kh van deze modeleenheid (Mittelterrassen) geformuleerd. De modelwaarde voor kh (27 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;
- Voor het overige deel van Duitsland zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100.000 waarden voor kh van deze modeleenheden geformuleerd. De modelwaarde voor kh (27 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;

STk1 (1^e kleiige eenh. F. v. Sterksel)

Deze modeleenheid komt in meerdere deelgebieden voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kv van deze modeleenheden;
- Voor het Maassysteem in de Roerdalslenk zijn de H3O-PLUS 'expert range' waarden voor het Vlaamse deel van H3O-Roerdalslenk aangehouden. De modelwaarde voor kv ($4,1 \cdot 10^{-3}$ m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;
- Voor het CKS en BKS is deze modeleenheid niet gedefinieerd in H3O, c.q. zijn voor deze modeleenheid geen parameterwaarden geformuleerd in de

VMM-parameterdatabank. De voor het Maassysteem afgeleide kv-modelwaarde is overgenomen;

- In Wallonië komt deze eenheid niet voor;
- In H3O-PLUS is aangegeven dat deze modelleenheid beperkt voorkomt in Nordrhein-Westfalen. Zowel in H3O-PLUS als in de Hydrogeologische Karte worden er geen doorlatendheidswaarden voor opgegeven.

QRz1 (1^e zandlaag van de Kwartaire zanden)

Deze modelleenheid is in Duitsland gedefinieerd omdat daar de zandige delen van het Kwartair niet onderscheiden zijn. De modelleenheden QRz1, QRz2 en QRz3 in Duitsland komen overeen met de zanden van de Formaties van Boxel, Kreftenheye, Beegden, Sterksel, Stramproy en Peize-Waalre (BX, KR, BE, ST, SY en PZWA).

- Voor de Rurscholle (H3O-Roerdalslenk Zuidoost ofwel H3O-ROSE) zijn in H3O-PLUS 'expert range' waarden voor kh van deze modelleenheid geformuleerd. De modelwaarde voor kh (1,4 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;
- Voor de Venloer Scholle zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:50.000 waarden voor kh van deze modelleenheid (Flugsand, Sandlöss) geformuleerd. De modelwaarde voor kh (2,7 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;
- Voor het overige deel van Duitsland zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100.000 waarden voor kh van deze modelleenheid geformuleerd. De modelwaarde voor kh (2,7 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden.

HNk1 (1^e kleiige eenh. F. v. Holstein)

De naam van deze modelleenheid is ontleend aan de Duitse nomenclator. Zij komt alleen in Duitsland voor.

- Voor de Venloer Scholle zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:50.000 waarden voor kv van deze modelleenheid (Holstein-Schichten) geformuleerd. De modelwaarde voor kv ($8,6 \cdot 10^{-3}$ m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;
- Voor het overige deel van Duitsland zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100.000 waarden voor kv van deze modelleenheden geformuleerd. De modelwaarde voor kv ($8,6 \cdot 10^{-4}$ m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden.

SYz1 (1^e zandige eenh. F. v. Stramproy)

Deze eenheid komt alleen in Nederland en de Belgische Maas- en centraal Kempische systemen voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kh van deze modelleenheid;
- Voor het Maassysteem en CKS zijn de H3O-PLUS 'expert range' waarden voor het Vlaamse deel van H3O-De Kempen aangehouden (ten noordoosten van de Feldbiss komt de modelleenheid nauwelijks voor). De modelwaarde voor kh (13 m/d) is het geometrische gemiddelde van deze waarden.

SYk1 (1^e kleiige eenh. F. v. Stramproy)

Deze modelleenheid komt voor in meerdere gebieden:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kv van deze modelleenheid;
- Voor het Maassysteem in de Roerdalslenk en het CKS zijn de in H3O-PLUS voor het Nederlandse deel van H3O-Roerdalslenk gerapporteerde 'expert range' waarden aangehouden. De modelwaarde voor kv ($3,0 \cdot 10^{-2}$ m/d) is het geometrische gemiddelde van deze waarden;
- Voor de Venloer Scholle zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:50.000 waarden voor kv van de lemige lagen binnen deze eenheden (vermoedelijk: Tegelen-Schichten) geformuleerd. De modelwaarde voor kv ($8,6 \cdot 10^{-4}$ m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden.

SYz2, SYz3 en SYz4 (2^e, 3^e en 4^e zandige eenh. F. v. Stramproy)

Deze modelleenheid komt in meerdere deelgebieden voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kh van deze modelleenheid;
- Voor het Maassysteem in de Roerdalslenk zijn de H3O-PLUS 'expert range' waarden voor het Vlaamse deel van H3O-Roerdalslenk aangehouden. De modelwaarden voor kh (7 m/d) is het geometrische gemiddelde van deze waarden;
- Voor het CKS zijn de H3O-PLUS 'expert range' waarden voor het Vlaamse deel van H3O-De Kempen aangehouden. De modelwaarde voor kh (13 m/d) is het geometrische gemiddelde van deze waarden. NB Dit betreft alleen SYz2 en SYz3; in H3O-PLUS is SYz4 niet gedefinieerd in het Vlaamse deel van H3O-De Kempen;
- Voor het BKS zijn voor deze modelleenheid geen parameterwaarden geformuleerd in de VMM-parameterdatabank;
- Voor Wallonië zijn Vlaamse waarde aangehouden;
- Voor de Rurscholle (H3O-Roerdalslenk Zuidoost ofwel H3O-ROSE) zijn in H3O-PLUS 'expert range' waarden voor kh van deze modelleenheden geformuleerd. De modelwaarde voor kh (47 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;
- Voor de Venloer Scholle zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:50.000 waarden voor kh van deze modelleenheden (Aeltere Hauptterrassen) geformuleerd. De modelwaarde voor kh (27 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;
- Voor het overige deel van Duitsland zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100.000 waarden voor kh van deze modelleenheden (Hauptterrassen) geformuleerd. De modelwaarde voor kh (27 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden. Opmerkelijk: Jongere en Aeltere Hauptterrasse vallen in een orde grootte hogere doorlatendheidsklasse dan Hauptterrassen.

SYk2 en SYk3 (2^e en 3^e kleiige eenh. F. v. Stramproy)

Deze modelleenheid komt in meerdere deelgebieden voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kv van deze modelleenheid;
- Voor de Vlaamse deelgebieden zijn deze modelleenheden niet gedefinieerd in H3O-PLUS, c.q. zijn voor deze modelleenheden geen parameterwaarden geformuleerd in de VMM-parameterdatabank. SYk3 is echter wel voor IBRAHYM gekarteerd in het Maassysteem en het CKS. Hiervoor zijn de in H3O-PLUS voor het Nederlandse deel van H3O-Roerdalslenk gerapporteerde 'expert range' waarden aangehouden. De modelwaarde voor kv (0,02 m/d) is het geometrische gemiddelde van deze waarden;
- In Wallonië komt deze modelleenheid niet voor;
- Voor de Rurscholle (H3O-Roerdalslenk Zuidoost ofwel H3O-ROSE) zijn in H3O-PLUS 'expert range' waarden voor kv van deze modelleenheden geformuleerd. De modelwaarde voor kv ($3,0 \cdot 10^{-2}$ m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;
- Voor de Venloer Scholle zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:50.000 waarden voor kv van de lemige lagen binnen deze modelleenheden (vermoedelijk: Tegelen-Schichten) geformuleerd. De modelwaarde voor kv ($8,6 \cdot 10^{-4}$ m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden; veel lager dan Rurscholle. Voor het overige deel van Duitsland zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100.000 waarden voor kv van deze modelleenheden (vermoedelijk: Tegelen-Schichten) geformuleerd. De modelwaarde voor kv ($8,6 \cdot 10^{-4}$ m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden. veel lager dan Rurscholle.

QRz2 (2^e zandlaag van de Kwartaire zanden)

Deze modelleenheid is in Duitsland gedefinieerd omdat daar de zandige delen van het Kwartair niet onderscheiden zijn. De modelleenheden QRz1, QRz2 en QRz3 in Duitsland komen overeen met de zanden van de Formaties van Boxtel, Kreftenheye, Beegden, Sterksel, Stramproy en Peize-Waalre (BX, KR, BE, ST, SY en PZWA).

- Voor de Rurscholle (H3O-Roerdalslenk Zuidoost ofwel H3O-ROSE) zijn in H3O-PLUS 'expert range' waarden voor kh van deze modelleenheid geformuleerd. De modelwaarde voor kh (1,4 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;
- Voor de Venloer Scholle zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:50.000 waarden voor kh van deze modelleenheid (Flugsand, Sandlöss) geformuleerd. De modelwaarde voor kh (2,7 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;
- Voor het overige deel van Duitsland zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100.000 waarden voor kh van deze modelleenheid geformuleerd. De modelwaarde voor kh (2,7 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden.

PZWAz1 (1^e zandige eenh. gecombineerde F. v. Peize en Waalre)

Deze modelleenheid komt alleen voor in Nederland. Er is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kh van deze modelleenheid.

WAK1 (1^e kleiige eenh. F. v. Waalre)

Deze modelleenheid komt in meerdere deelgebieden voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kv van deze modelleenheid;
- Volgens H3O-PLUS komt deze modelleenheid niet voor in het Maassysteem in de Roerdalslenk;
- Voor het CKS zijn de H3O-PLUS 'expert range' waarden voor het Vlaamse deel van H3O-De Kempen aangehouden. De toegekende modelwaarde voor kv ($8,7 \cdot 10^{-4}$ m/d) is het geometrische gemiddelde van deze waarden;
- In BKS en Duitsland is deze modelleenheid niet gedefinieerd in H3O-PLUS, c.q. zijn voor deze modelleenheden geen parameterwaarden geformuleerd in de VMM-parameterdatabank;
- Voor de Rurscholle en Venloer Scholle zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:50.000 waarden voor kv van deze eenheid (Tegelen-Ton/Schichten) geformuleerd. De modelwaarde voor kv ($9,0 \cdot 10^{-2}$ m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden.

PZWAz2, PZWAz3 en PZWAz4 (2^e, 3^e en 4^e zandige eenh. gecombineerde F. van Peize en Waalre)

Deze modelleenheid komt in meerdere deelgebieden voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kh van deze modelleenheden;
- Volgens H3O-PLUS komt deze modelleenheid niet voor in het Maassysteem in de Roerdalslenk;
- De Vlaamse eenheid A0210 is een combinatie van Stramproy- en Peize-Waalre zanden en deze is gekoppeld aan PZWAz2. Voor het CKS zijn de H3O-PLUS 'expert range' waarden voor het Vlaamse deel van H3O-De Kempen aangehouden. De modelwaarde voor kh (17 m/d) is het geometrische gemiddelde van deze waarden;
- In BKS en Duitsland is deze modelleenheid niet gedefinieerd in H3O-PLUS, c.q. zijn voor deze modelleenheden geen parameterwaarden geformuleerd in de VMM-parameterdatabank. In de Venloer Scholle en overig Duitsland is PZWAz3 echter wel voor IBRAHYM gekarteerd. Voor deze eenheden zijn de modelwaarden voor kh van STz2 in de Venloer Scholle (27 m/d) aangehouden.

WAK2 en WAK3 (2^e en 3^e kleiige eenheid F. v. Waalre)

Deze modelleenheden komt voor in Nederland en Vlaanderen:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kv van deze modelleenheden;

- Voor het CKS is (alleen voor WAK2; WAK3 is hier niet gekarteerd voor IBRAHYM) de modelwaarde van WAK1 aangehouden. De modelwaarde voor kv ($8,7 \cdot 10^{-4}$ m/d) is het geometrische gemiddelde van deze waarden.

MLc (Malle complex)

Deze modeleenheid is voor Vlaanderen gedefinieerd en komt globaal overeen met WAK2 en de onderste PZWA-zanden. Voor kh is de modelwaarde van PZWAZ4 in dit deelgebied aangehouden, voor kv de modelwaarde van WAK1.

MSz1 (1^e zandige eenh. F. v. Maassluis)

Deze modeleenheden komt voor in Nederland en Vlaanderen:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kh en kv van deze modeleenheden;
- In het CKS is voor MSz1 is de modelwaarde van MSz2 van 17 m/d in dit gebied overgenomen.

MSk1, MSk2 en MSc (1^e, 2^e en 3^e kleiige en complexe eenh. F. v. Maassluis)

Deze modeleenheden komen voor in Nederland en Vlaanderen:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kh en kv van deze modeleenheden;
- In het CKS is voor MSk1 de H3O-PLUS 'expert range' waarde voor het Nederlandse deel van H3O-De Kempen aangehouden. De modelwaarde voor kv ($4,0 \cdot 10^{-3}$ m/d) is het de geometrische gemiddelde van deze waarden.

MSz2 en MSz3 (2^e en 3^e zandige eenh. F. v. Maassluis)

Deze modeleenheid komt in meerdere deelgebieden voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kh van deze modeleenheden;
- Volgens H3O-PLUS komen deze modeleenheden niet voor in het Maassysteem;
- Voor het CKS zijn de H3O-PLUS 'expert range' waarden voor het Vlaamse deel van H3O-De Kempen aangehouden. De modelwaarden voor kh (17 en 6,7 m/d) zijn de geometrische gemiddelden van deze waarden;
- In BKS en Duitsland is deze modeleenheid niet gedefinieerd in H3O-PLUS, c.q. zijn voor deze modeleenheden geen parameterwaarden geformuleerd in de VMM-parameterdatabank.

MSz4 (4^e zandige eenh. F. v. Maassluis)

Deze modeleenheid komt voor in Nederland en Vlaanderen:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kh van deze modeleenheid;
- Voor CKS is de modelwaarde van MSz3 van 6.7 m/d in dit gebied overgenomen.

QRz3 (3^e zandlaag van de Kwartaire zanden)

Deze modelleenheid is in Duitsland gedefinieerd omdat daar de zandige delen van het Kwartair niet onderscheiden zijn. De modelleenheden QRz1, QRz2 en QRz3 in Duitsland komen overeen met de zanden van de Formaties van Bortel, Kreftenheye, Beegden, Sterksel, Stramproy en Peize-Waalre (BX, KR, BE, ST, SY en PZWA).

- Voor de Rurscholle (H3O-Roerdalslenk Zuidoost ofwel H3O-ROSE) zijn in H3O-PLUS 'expert range' waarden voor kh van deze modelleenheid geformuleerd. De modelwaarde voor kh (1,4 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;
- Voor de Venloer Scholle zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:50.000 waarden voor kh van deze modelleenheid (Flugsand, Sandlöss) geformuleerd. De modelwaarde voor kh (2,7 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;
- Voor het overige deel van Duitsland zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100.000 waarden voor kh van deze modelleenheid geformuleerd. De modelwaarde voor kh (2,7 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden.

Klk1a (kleiige eenh. 1a Kiezeloöliet F.)

Deze modelleenheid komt alleen voor in H3O-Roerdalslenk Noordwest. In H3O-PLUS zijn 'expert range' waarden voor deze modelleenheid geformuleerd. De modelwaarde voor kv ($5,6 \cdot 10^{-4}$ m/d) is het geometrische gemiddelde van deze waarden;

Klz1 (1^e zandige eenh. Kiezeloöliet F.)

Deze modelleenheid komt voor in Nederland en Vlaanderen:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kh van deze modelleenheid;
- Voor het CKS is de modelwaarde van Klz2 in dit gebied overgenomen.

Klk1 (1^e kleiige eenh. Kiezeloöliet F.)

Deze modelleenheid komt in meerdere deelgebieden voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kv van deze modelleenheid;
- Voor het Maassysteem in de Roerdalslenk zijn de H3O-PLUS 'expert range' waarden voor het Vlaamse deel van H3O-Roerdalslenk aangehouden. De modelwaarde voor kv ($9,3 \cdot 10^{-4}$ m/d) is het geometrische gemiddelde van deze waarden;
- Voor het CKS zijn de H3O-PLUS 'expert range' waarden voor het Vlaamse deel van H3O-De Kempen aangehouden. De modelwaarde voor kv (0,005 m/d) is het geometrische gemiddelde van deze waarden;
- In de parameterdatabank van VMM zijn voor de H3DV2-modelleenheid A0231, waar Klk1 deel van uit maakt, geen parameterwaarden voor kleiige modelleenheden geformuleerd. Voor zover deze modelleenheid in BKS voorkomt, zijn de voor CKS gevonden waarden voor kv overgenomen;
- In Wallonië zijn Vlaamse waarden aangehouden;

- Voor de Rurscholle (H3O-Roerdalslenk Zuidoost ofwel H3O-ROSE) zijn in H3O-PLUS 'expert range' waarden voor kv van deze modelleenheid geformuleerd. De modelwaarde voor kv ($8,6 \cdot 10^{-4}$ m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;
- Voor de Venloer Scholle zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:50.000 waarden voor kv van deze modelleenheid (Kieseloolith-Formation, Mittlerer Reuver-Ton [B], Hor. 11C) geformuleerd. De modelwaarde voor kv ($8,6 \cdot 10^{-4}$ m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;
- Voor het overige deel van Duitsland zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100.000 geen waarden voor kv van deze modelleenheid geformuleerd, omdat deze valt onder de overkoepelende modelleenheid Reuver-, Rotton- und Hauptkies met zeer uiteenlopende doorlatendheden. De modelwaarde voor kv is overgenomen van Rur- en Venloer Scholle.

KIz2 (2^e zandige eenh. Kiezeloöliet F.)

Deze modelleenheid komt in meerdere deelgebieden voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kh van deze modelleenheid;
- Voor het Maassysteem in de Roerdalslenk zijn de H3O-PLUS 'expert range' waarden voor het Vlaamse deel van H3O-Roerdalslenk aangehouden. De modelwaarde voor kh (34 m/d) is het geometrische gemiddelde van deze waarden;
- Voor het CKS zijn de H3O-PLUS 'expert range' waarden voor het Vlaamse deel van H3O-De Kempen aangehouden. De modelwaarde voor kh (13 m/d) is het geometrische gemiddelde van deze waarden;
- Voor het BrulandKrijtSysteem zijn geen regionale waarden in de parameterdatabank van VMM beschikbaar voor de overkoepelende H3DV2-code A0231 (Zanden van Mol);
- In Wallonië zijn Vlaamse waarden aangehouden;
- Voor de Rurscholle (H3O-Roerdalslenk Zuidoost ofwel H3O-ROSE) zijn in H3O-PLUS 'expert range' waarden voor kh van deze modelleenheid geformuleerd. De modelwaarde voor kh (15 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;
- Voor de Venloer Scholle zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:50.000 geen waarden voor kh van deze modelleenheid (Kieseloolith-Formation, Unterer Reuver-Sand, Hor. 10) geformuleerd. Voor zover deze modelleenheid voorkomt, is de voor Rurscholle gevonden modelwaarde voor kh (15 m/d) overgenomen;
- Voor het overige deel van Duitsland zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100.000 geen waarden voor kh van deze modelleenheid geformuleerd, omdat deze valt onder de overkoepelende modelleenheid Reuver-, Rotton- und Hauptkies met zeer uiteenlopende doorlatendheden. De modelwaarde voor kh is overgenomen van Rurscholle.

KIk2 (2^e kleiige eenh. Kiezeloöliet F.)

Deze modelleenheid komt in meerdere deelgebieden voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kv van deze modeleenheid;
- Voor het Maassysteem in de Roerdalslenk zijn de H3O-PLUS 'expert range' waarden voor het Vlaamse deel van H3O-Roerdalslenk aangehouden. De modelwaarde voor kv ($9,3 \cdot 10^{-4}$ m/d) is het geometrische gemiddelde van deze waarden;
- Voor het CKS zijn de H3O-PLUS 'expert range' waarden voor het Vlaamse deel van H3O-De Kempen aangehouden. De modelwaarde voor kv (0,006 m/d) is het geometrische gemiddelde van deze waarden;
- Voor het BrulandKrijtSysteem zijn geen regionale waarden in de parameterdatabank van VMM beschikbaar voor de overkoepelende H3DV2-code A0231 (Zanden van Mol);
- In Wallonië zijn Vlaamse waarden aangehouden;
- Voor de Rurscholle (H3O-Roerdalslenk Zuidoost ofwel H3O-ROSE) zijn in H3O-PLUS 'expert range' waarden voor kv van deze modeleenheid geformuleerd. De modelwaarde voor kv ($8,6 \cdot 10^{-4}$ m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;
- Voor de Venloer Scholle zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:50.000 geen waarden voor kv van deze modeleenheid (Kieseloolith-Formation, Oberer Rotton, Hor. 9C) geformuleerd. Voor zover deze modeleenheid voorkomt, is de voor Rurscholle gevonden modelwaarde voor kv ($8,6 \cdot 10^{-4}$ m/d) overgenomen;
- Voor het overige deel van Duitsland zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100.000 geen waarden voor kv van deze modeleenheid geformuleerd, omdat deze valt onder de overkoepelende modeleenheid Reuver-, Rotton- und Hauptkies met zeer uiteenlopende doorlatendheden. De modelwaarde voor kv is overgenomen van Rurscholle.

Klk2a, Klz2a (kleiige eenh. 2a en zandige eenh. 2a Kiezeloöliet F.)

Deze modeleenheden zijn (waarschijnlijk) alleen in de Rurscholle aanwezig; Klk2a als Oberer Rotton, Hor. 9C1. Noch in H3O-PLUS noch in de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen worden deze modeleenheden echter onderscheiden met specifieke doorlatendheidswaarden. Daarom zijn de voor de Rurscholle gevonden modelwaarden van respectievelijk Klk2 en Klz2 overgenomen.

Klz3 (3^e zandige eenh. Kiezeloöliet F.)

Deze modeleenheid komt in meerdere deelgebieden voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kh van deze modeleenheid;
- Voor het Maassysteem in de Roerdalslenk zijn de H3O-PLUS 'expert range' waarden voor het Vlaamse deel van H3O-Roerdalslenk aangehouden. De modelwaarde voor kh (15 m/d) is het geometrische gemiddelde van deze waarden;
- Voor het CKS zijn de H3O-PLUS 'expert range' waarden voor het Vlaamse deel van H3O-De Kempen aangehouden. De modelwaarde voor kh (14 m/d) is het geometrische gemiddelde van deze waarden;

- Voor het BrulandKrijtSysteem zijn geen regionale waarden in de parameterdatabank van VMM beschikbaar voor de overkoepelende H3DV2-code A0231 (Zanden van Mol);
- In Wallonië zijn Vlaamse waarden aangehouden;
- Voor de Rurscholle (H3O-Roerdalslenk Zuidoost ofwel H3O-ROSE) zijn in H3O-PLUS 'expert range' waarden voor kh van deze modeleenheid geformuleerd. De modelwaarde voor kh (15 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;
- Voor de Venloer Scholle zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:50.000 geen waarden voor kh van deze modeleenheid (Kieseloolith-Formation, Liblar-Sand, Hor. 9B) geformuleerd. Voor zover deze modeleenheid voorkomt, is de voor Rurscholle gevonden modelwaarde voor kh (15 m/d) overgenomen;
- Voor het overige deel van Duitsland zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100.000 geen waarden voor kh van deze modeleenheid geformuleerd, omdat deze valt onder de overkoepelende modeleenheid Reuver-, Rotton- und Hauptkies met zeer uiteenlopende doorlatendheden. De modelwaarde voor kh is overgenomen van Rurscholle.

Klk3 (3^e kleiige eenh. Kiezeloöliet F.)

Deze modeleenheid komt in meerdere deelgebieden voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kv van deze modeleenheid;
- Voor het Maassysteem in de Roerdalslenk zijn de H3O-PLUS 'expert range' waarden voor het Vlaamse deel van H3O-Roerdalslenk aangehouden. De modelwaarde voor kv (0,003 m/d) is het geometrische gemiddelde van deze waarden;
- Volgens H3O-PLUS komt deze modeleenheid niet voor in het CKS;
- Voor het BrulandKrijtSysteem zijn geen regionale waarden in de parameterdatabank van VMM beschikbaar voor de corresponderende H3DV2-code A0237;
- In Wallonië zijn Vlaamse waarden aangehouden;
- Voor de Rurscholle (H3O-Roerdalslenk Zuidoost ofwel H3O-ROSE) zijn in H3O-PLUS 'expert range' waarden voor kv van deze modeleenheid geformuleerd. De modelwaarde voor kv ($8,6 \cdot 10^{-4}$ m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;
- Voor de Venloer Scholle zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:50.000 geen waarden voor kv van deze modeleenheid (Kieseloolith-Formation, Unterer Rotton, Hor. 9A) geformuleerd. Voor zover deze modeleenheid voorkomt, is de voor Rurscholle gevonden modelwaarde voor kv ($8,6 \cdot 10^{-4}$ m/d) overgenomen;
- Voor het overige deel van Duitsland zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100.000 geen waarden voor kv van deze modeleenheid geformuleerd, omdat deze valt onder de overkoepelende modeleenheid Reuver-, Rotton- und Hauptkies met zeer uiteenlopende doorlatendheden. De modelwaarde voor kv is overgenomen van Rurscholle.

KIz4 en KIz5 (4^e en 5^e zandige eenh. Kiezeloöliet F.)

Deze modelleenheid komt in meerdere deelgebieden voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kh van deze modelleenheden;
- Voor het Maassysteem in de Roerdalslenk zijn de H3O-PLUS 'expert range' waarden voor het Vlaamse deel van H3O-Roerdalslenk aangehouden. De modelwaarden voor kh (43 m/d) zijn de geometrische gemiddelden van deze waarden;
- Volgens H3O-PLUS komen deze modelleenheden niet voor in het CKS;
- Voor het BrulandKrijtSysteem zijn geen regionale waarden in de parameterdatabank van VMM beschikbaar voor de corresponderende H3DV2-code A0238 (Zanden van Mol);
- In Wallonië zijn Vlaamse waarden;
- Voor de Rurscholle (H3O-Roerdalslenk Zuidoost ofwel H3O-ROSE) zijn in H3O-PLUS 'expert range' waarden voor kh van deze modelleenheden geformuleerd. De modelwaarden voor kh (47 m/d) zijn de geometrische gemiddelden van deze waarden;
- Voor de Venloer Scholle zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:50.000 geen waarden voor kh van deze modelleenheden (Kieseloolith-Formation, Hauptkies-Schichten, Hor. 8) geformuleerd. Voor zover deze modelleenheden voorkomen, is de voor Rurscholle gevonden modelwaarde voor kh (47 m/d) overgenomen;
- Voor het overige deel van Duitsland zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100.000 geen waarden voor kh van deze modelleenheden geformuleerd, omdat deze valt onder de overkoepelende modelleenheid Reuver-, Rotton- und Hauptkies met zeer uiteenlopende doorlatendheden. De modelwaarden voor kh zijn overgenomen van Rurscholle.

KIk4 (4^e kleiige eenh. Kiezeloöliet F.)

Deze modelleenheid komt in meerdere deelgebieden voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kv van deze modelleenheid;
- Voor het Maassysteem en het CKS is voor kv een waarde van 0,001 m/d aangehouden, dit is globaal de gemiddelde in REGIS II gehanteerde kv-waarde voor het aangrenzende deel van Nederland;
- Voor het BrulandKrijtSysteem zijn geen regionale waarden in de parameterdatabank van VMM beschikbaar voor de overkoepelende H3DV2-code A0231 (Zanden van Mol);
- In Wallonië zijn Vlaamse waarden aangehouden;
- Voor de Rurscholle (H3O-Roerdalslenk Zuidoost ofwel H3O-ROSE) zijn in H3O-PLUS 'expert range' waarden voor kv van deze modelleenheid geformuleerd. De modelwaarde voor kv ($8,6 \cdot 10^{-4}$ m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;
- Voor de Venloer Scholle zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:50.000 geen waarden voor kv van deze modelleenheid geformuleerd. Voor zover deze modelleenheid voorkomt, is de voor Rurscholle gevonden modelwaarde voor kv ($8,6 \cdot 10^{-4}$ m/d) overgenomen;

- Voor het overige deel van Duitsland zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100.000 geen waarden voor kv van deze modelleenheid geformuleerd, omdat deze valt onder de overkoepelende modelleenheid Reuver-, Rotton- und Hauptkies met zeer uiteenlopende doorlatendheden. De modelwaarde voor kv is overgenomen van Rurscholle.

OOz1 (1^e zandige eenh. F. v. Oosterhout)

Deze modelleenheid komt alleen voor in Nederland en Vlaanderen:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kh van deze modelleenheid;
- Voor het CKS zijn H3O-PLUS 'expert range' waarden voor het Nederlandse deel van H3O-De Kempen zijn aangehouden. De modelwaarde voor kh (8,2 m/d) is het geometrische gemiddelde van deze waarden.

OOK1 (1^e kleiige eenh. F. v. Oosterhout)

Deze modelleenheid komt in meerdere deelgebieden voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kv van deze modelleenheid;
- In H3O-PLUS is aangegeven dat deze modelleenheid niet voorkomt in het Maassysteem in de Roerdalslenk;
- In H3O-PLUS is aangegeven dat deze modelleenheid voorkomt in het CKS, maar worden geen doorlatendheidswaarden opgegeven. Voor het CKS zijn wel enkele waarden in de parameterdatabank van VMM beschikbaar voor de corresponderende H3DV2-code A0200 (Kempens Aquifersystemen) / HCOVv1-code 0241. De minimale waarde correspondeert met een hydraulische weerstand van 330 dagen (NB: dit is gepresenteerd als een puntparameterwaarde) en de maximale met een hydraulische weerstand van 10 dagen. De aangenomen modelwaarde voor kv (0,02 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;
- Voor het BrulandKrijtSysteem zijn geen regionale waarden in de parameterdatabank van VMM beschikbaar. Daarom is geen kv-modelwaarde voor het BKS geformuleerd;
- In Wallonië zijn Vlaamse waarden aangehouden;
- In H3O-PLUS is aangegeven dat deze modelleenheid niet voorkomt in Nordrhein-Westfalen.

OOz2 (2^e zandige eenh. F. v. Oosterhout)

Deze modelleenheid komt in Nederland en Vlaanderen voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kh van deze modelleenheid;
- Volgens H3O-PLUS komt deze modelleenheid niet voor in het Maassysteem in de Roerdalslenk;
- Voor het CKS zijn de H3O-PLUS 'expert range' waarden voor het Vlaamse deel van H3O-De Kempen aangehouden. De modelwaarde voor kh (1 m/d) is het geometrische gemiddelde van deze waarden;

- Voor het BrulandKrijtSysteem zijn geen regionale waarden in de parameterdatabank van VMM beschikbaar. Daarom is geen kv-modelwaarde voor het BKS geformuleerd.

OOc (complexe eenh. F. v. Oosterhout)

Deze modelleenheid komt alleen voor in Nederland. Er is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kh en kv van deze modelleenheid.

IEk1 (1^e kleiige eenh. F. v. Inden)

Deze modelleenheid komt in meerdere deelgebieden voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kv van deze modelleenheid;
- Voor de Vlaamse deelgebieden is deze modelleenheid niet gedefinieerd in H3O-PLUS, c.q. zijn voor deze modelleenheid geen parameterwaarden geformuleerd in de VMM-parameterdatabank;
- In Wallonië zijn Vlaamse waarden aangehouden;
- Voor de Rurscholle (H3O-Roerdalslenk Zuidoost ofwel H3O-ROSE) zijn in H3O-PLUS 'expert range' waarden voor kv van deze modelleenheid geformuleerd. De modelwaarde voor kv ($8,6 \cdot 10^{-4}$ m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;
- Voor de Venloer Scholle zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:50.000 geen waarden voor kv van deze modelleenheid (Inden-Fm., Flöz Schophoven, Hor. 7F) geformuleerd. Voor zover deze modelleenheid voorkomt, is de voor Rurscholle gevonden modelwaarde voor kv ($8,6 \cdot 10^{-4}$ m/d) overgenomen;
- Voor het overige deel van Duitsland zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100.000 geen waarden voor kv van deze modelleenheid geformuleerd, omdat deze valt onder de overkoepelende modelleenheid Inden und Ville Schichten met zeer uiteenlopende doorlatendheden. De modelwaarde voor kv is overgenomen van Rurscholle.

IEz2 en IEz3 (2^e en 3^e zandige eenh. F. v. Inden)

Deze modelleenheid komt in meerdere deelgebieden voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kh van deze modelleenheden;
- Voor deze modelleenheid zijn geen parameterwaarden geformuleerd in de VMM-parameterdatabank. De H3O-PLUS 'expert range' waarden voor het Nederlandse deel van H3O-Roerdalslenk zijn aangehouden. De modelwaarden voor kh (18 m/d) zijn de geometrische gemiddelden van deze waarden;
- In Wallonië komt deze modelleenheid niet voor;
- Voor de Rurscholle (H3O-Roerdalslenk Zuidoost ofwel H3O-ROSE) zijn in H3O-PLUS 'expert range' waarden voor kh van deze modelleenheden geformuleerd. De modelwaarden voor kh (2,7 m/d) zijn de geometrische gemiddelden van deze waarden;
- Voor de Venloer Scholle zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:50.000 geen waarden voor kh van deze

modeleenheden (Inden-Fm., Kirchberg- und Schophoven-Sand, Hor. 7C, 7E, en Friesheim-Sand, Hor. 7A) geformuleerd. Voor zover deze modeleenheden voorkomen, is de voor Rurscholle gevonden modelwaarde voor kh (2,7 m/d) overgenomen;

- Voor het overige deel van Duitsland zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100.000 geen waarden voor kh van deze modeleenheden geformuleerd, omdat deze valt onder de overkoepelende model eenheid Inden und Ville Schichten met zeer uiteenlopende doorlatendheden. De modelwaarden voor kh zijn overgenomen van Rurscholle.

IEk2 (2^e kleiige eenh. F. v. Inden)

Deze model eenheid komt in meerdere deelgebieden voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kv van deze model eenheid;
- Voor de Vlaamse deelgebieden is deze model eenheid niet gedefinieerd in H3O-PLUS, c.q. zijn voor deze model eenheid geen parameterwaarden geformuleerd in de VMM-parameterdatabank;
- In Wallonië zijn Vlaamse waarden aangehouden;
- Voor de Rurscholle (H3O-Roerdalslenk Zuidoost ofwel H3O-ROSE) zijn in H3O-PLUS 'expert range' waarden voor kv van deze model eenheid geformuleerd. De modelwaarde voor kv ($8,6 \cdot 10^{-4}$ m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;
- Voor de Venloer Scholle zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:50.000 geen waarden voor kv van deze model eenheid (Inden-Fm., Flöz Friesheim, Hor. 7B) geformuleerd. Voor zover deze model eenheid voorkomt, is de voor Rurscholle gevonden modelwaarde voor kv ($8,6 \cdot 10^{-4}$ m/d) overgenomen;
- Voor het overige deel van Duitsland zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100.000 geen waarden voor kv van deze model eenheid geformuleerd, omdat deze valt onder de overkoepelende model eenheid Inden und Ville Schichten met zeer uiteenlopende doorlatendheden. De modelwaarde voor kv is overgenomen van Rurscholle.

IEk2a (kleiige eenheid 2a F. v. Inden)

Deze model eenheid wordt alleen voor de Rurscholle onderscheiden, als Inden-Fm., Flöz Kirchberg, Hor. 7D. Aangezien in H3O-PLUS aan alle kleiige modeleenheden van de Inden-Fm. in de Rurscholle dezelfde parameterwaarden zijn toegekend, is aangenomen dat deze ook geldig zijn voor IEk2a.

IEz3a (zandige eenheid 3a F. v. Inden)

Deze model eenheid wordt alleen voor de Rurscholle onderscheiden (geen specifieke naamgeving). Aangezien in H3O-PLUS aan alle zandige modeleenheden van de Inden-Fm. in de Rurscholle dezelfde parameterwaarden zijn toegekend, is aangenomen dat deze ook geldig zijn voor IEz3a.

KLc (complexe eenh. gecombineerde F. v. Kasterlee)

De naam van deze modelleenheid is ontleend aan de Vlaamse Nomenclator. Zij komt voor in Vlaanderen en Nederland:

- In Nederland vormt deze modelleenheid de kleiige top van de modelleenheid BRz1. Er zijn daarom geen REGIS II v2.2 gridbestanden van kv van deze modelleenheid beschikbaar. Wel zijn in H3O-PLUS 'expert range' waarden voor KLc benoemd. Er wordt daarbij geen onderscheid gemaakt in een kv en een kh, daarom is als modelwaarde voor kv (0,04 m/d) de minimale expert range waarde aangehouden, en als modelwaarde voor kh (0,2 m/d) de maximale expert range waarde;
- Voor het CKS zijn de H3O-PLUS 'expert range' waarden voor het Vlaamse deel van H3O-De Kempen aangehouden. Er is daarin geen onderscheid gemaakt tussen kv en een kh. Daarom is als modelwaarde voor kv (0,04 m/d) de minimale expert range waarde aangehouden, en als modelwaarde voor kh (0,2 m/d) de maximale expert range waarde.

BRz1a (zandige eenh. 1a F. v. Breda)

Deze modelleenheid komt alleen voor in Nederland en Vlaanderen:

- In H3O-PLUS zijn 'expert range' waarden voor deze modelleenheid geformuleerd die gelijk zijn aan de 'expert range' waarden voor modelleenheid BRz1 voor dit deelgebied. Daarom is voor Nederland gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kh van modelleenheid BRz1;
- Voor het CKS zijn de H3O-PLUS 'expert range' waarden voor het Vlaamse deel van H3O-De Kempen aangehouden. De modelwaarde voor kh (13 m/d) is het geometrische gemiddelde van deze waarden;
- Voor het BrulandKrijtSysteem zijn regionale waarden in de parameterdatabank van VMM beschikbaar voor de corresponderende H3DV2-code A0251 (Zanden van Diest en Bolderberg buiten de Roerdalslenk). De modelwaarde voor kh (16 m/d) het geometrische gemiddelde van deze waarden.

BRz1 (1^e zandige eenh. F. v. Breda)

Deze modelleenheid komt in meerdere deelgebieden voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kh van deze modelleenheid.
- Voor het Maassysteem in de Roerdalslenk zijn de H3O-PLUS 'expert range' waarden voor het Vlaamse deel van H3O-Roerdalslenk aangehouden. De modelwaarde voor kh (3,2 m/d) is het geometrische gemiddelde van deze waarden;
- Voor het CKS zijn de H3O-PLUS 'expert range' waarden voor het Vlaamse deel van H3O-De Kempen aangehouden. De modelwaarde voor kh (13 m/d) is het geometrische gemiddelde van deze waarden;
- Voor het BrulandKrijtSysteem zijn regionale waarden in de parameterdatabank van VMM beschikbaar voor de corresponderende H3DV2-codes A0253/4/7 (Zanden van Diest en Bolderberg buiten de Roerdalslenk). De modelwaarde voor kh (0,3 m/d) het geometrische gemiddelde van deze waarden. Opvallend daarbij is het verschil in kh

tussen enerzijds het Zand van Bolderberg buiten de Roerdalslenk (7 à 8 m/d) en anderzijds de Zanden van Voort/Berchem buiten de Roerdalslenk (0,01 à 0,1 m/d);

- In Wallonië komt deze eenheid niet voor;
- Voor de Rurscholle (H3O-Roerdalslenk Zuidoost ofwel H3O-ROSE) zijn in H3O-PLUS 'expert range' waarden voor kh van deze modelleenheid geformuleerd. De modelwaarde voor kh (2,7 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;
- Voor de Venloer Scholle zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:50.000 waarden voor kh van deze modelleenheid (Ville-Formation, Neurath-Sand, Hor. 6D, zandige lagen) geformuleerd. De modelwaarde voor kh (8,6 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;
- Voor het overige deel van Duitsland zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100.000 geen waarden voor kh van deze modelleenheid geformuleerd, omdat deze valt onder de overkoepelende modelleenheid Inden und Ville Schichten met zeer uiteenlopende doorlatendheden. De modelwaarde voor kh is overgenomen van Rurscholle.

BRk1 (1^e kleiige eenh. F. v. Breda)

Deze modelleenheid komt in meerdere deelgebieden voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kv van deze modelleenheid;
- Voor de Vlaamse deelgebieden is deze modelleenheid niet gedefinieerd in H3O-PLUS, c.q. zijn voor deze modelleenheid geen parameterwaarden geformuleerd in de VMM-parameterdatabank;
- Voor de Rurscholle zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:50.000 waarden voor kv van deze modelleenheid (Ville-Formation, Flöz Garzweiler, Hor. 6E) geformuleerd. De modelwaarde voor kv ($8,6 \cdot 10^{-4}$ m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;
- Voor de Venloer Scholle zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:50.000 waarden voor kv van deze modelleenheid (Ville-Formation, Flöz Garzweiler, Hor. 6E) geformuleerd. De modelwaarde voor kv ($8,6 \cdot 10^{-4}$ m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;
- Voor het overige deel van Duitsland zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100.000 geen waarden voor kv van deze modelleenheid geformuleerd, omdat deze valt onder de overkoepelende modelleenheid Inden und Ville Schichten met zeer uiteenlopende doorlatendheden. De modelwaarde voor kv is overgenomen van Rurscholle.

BRz2 (2^e zandige eenh. F. v. Breda)

Deze modelleenheid komt in meerdere deelgebieden voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kh van deze modelleenheid;

- Voor de Vlaamse deelgebieden is deze modelleenheid niet gedefinieerd in H3O-PLUS, c.q. zijn voor deze modelleenheid geen parameterwaarden geformuleerd in de VMM-parameterdatabank;
- In Wallonië komt deze modelleenheid niet voor;
- Voor de Rurscholle (H3O-Roerdalslenk Zuidoost ofwel H3O-ROSE) zijn in H3O-PLUS geen 'expert range' waarden voor kh van deze modelleenheid geformuleerd. De H3O-PLUS 'expert range' waarden voor BRz1 c.q. BRz3 (deze zijn gelijk) zijn aangehouden;
- Voor de Venloer Scholle zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:50.000 waarden voor kh van deze modelleenheid (Ville-Formation, Neurath-Sand, Hor. 6D, Schluff) geformuleerd. De modelwaarde voor kh (0,09 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden; NB: lijkt hier meer een aquitard;
- Voor het overige deel van Duitsland zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100.000 geen waarden voor kh van deze modelleenheid geformuleerd, omdat deze valt onder de overkoepelende modelleenheid Inden und Ville Schichten met zeer uiteenlopende doorlatendheden. De modelwaarde voor kv is overgenomen van Rurscholle.

Vlb1a en Vlb1 (1^e bruinkooleenh. F. v. Ville)

Er is geen specifieke informatie voor Vlb1a. De onderstaande gegevens zijn afgeleid voor Vlb1 en ook gebruikt voor Vlb1a. Deze modelleenheden komen in meerdere deelgebieden voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kv van deze modelleenheid;
- In H3O-PLUS is aangegeven dat deze modelleenheid voorkomt in het Maassysteem in de Roerdalslenk, maar worden geen doorlatendheidswaarden opgegeven. Voor het CKS zijn wel enkele regionale en lokale waarden in de parameterdatabank van VMM beschikbaar voor de corresponderende H3DV2-code A0200 (Kempens Aquifersysteem) / HCOVv1-code 0250, maar dat zijn vrij hoge doorlatendheden corresponderend met aquifers. Er is daarom geen kv-modelwaarde voor deze modelleenheid aangenomen;
- Voor het CKS en BKS is deze modelleenheid niet gedefinieerd in H3O-PLUS, c.q. zijn voor deze modelleenheid geen parameterwaarden geformuleerd in de VMM-parameterdatabank;
- In Wallonië zijn Vlaamse waarden aangehouden;
- Voor de Rurscholle (H3O-Roerdalslenk Zuidoost ofwel H3O-ROSE) zijn in H3O-PLUS 'expert range' waarden voor kv van deze modelleenheid geformuleerd. De modelwaarde voor kv ($8,6 \cdot 10^{-4}$ m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;
- Voor de Venloer Scholle zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:50.000 zeer uiteenlopende waarden voor kv van deze modelleenheid (Ville-Fm., Flöz Frimmersdorf, Hor. 6C, Braunkohle/Ton/ Fein- bis Grobsand) geformuleerd. De modelwaarde voor kv ($8,6 \cdot 10^{-4}$ m/d) is het geometrisch gemiddelde van de waarden die worden opgegeven voor de niet-zandige delen van deze modelleenheid;
- Voor het overige deel van Duitsland zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100.000 geen waarden

voor kv van deze modelleenheid geformuleerd, omdat deze valt onder de overkoepelende modelleenheid Inden und Ville Schichten met zeer uiteenlopende doorlatendheden. De modelwaarde voor kv is overgenomen van Rurscholle.

BRz3 en BRz4 (3^e en 4^e zandige eenh. F. v. Breda)

Deze modelleenheid komt in meerdere deelgebieden voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kh van deze modelleenheid en voor de Nederlandse delen buiten REGIS II een waarde van 5 m/d;
- Voor het CKS is op basis van de H3O-PLUS 'expert range' waarden voor het Vlaamse deel van H3O-Roerdalslenk, de lithologie en de waarde in de aansluitende gebieden een modelwaarde voor kh van 5 m/d aangehouden;
- Volgens H3O-PLUS komen deze modelleenheden in het CKS niet voor;
- Voor het BrulandKrijtSysteem zijn regionale waarden in de parameterdatabank van VMM beschikbaar voor de corresponderende H3DV2-code A0251/3 (Zanden van Diest en Bolderberg buiten de Roerdalslenk). De modelwaarde voor kh (13 m/d) is het geometrische gemiddelde van deze waarden;
- In Wallonië komt deze eenheid niet voor;
- Voor de Rurscholle (H3O-Roerdalslenk Zuidoost ofwel H3O-ROSE) zijn in H3O-PLUS 'expert range' waarden voor kh van deze modelleenheid geformuleerd. De modelwaarde voor kh (2,7 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;
- Voor de Venloer Scholle zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:50.000 waarden voor kh van deze modelleenheid (Ville-Formation, Frimmersdorf-Sand, Hor. 6B) geformuleerd. De modelwaarde voor kh (2,7 m/d) is het geometrisch gemiddelde van de voor de zandige lagen binnen deze modelleenheid opgegeven waarden;
- Voor het overige deel van Duitsland zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100.000 geen waarden voor kh van deze modelleenheid geformuleerd, omdat deze valt onder de overkoepelende modelleenheid Inden und Ville Schichten met zeer uiteenlopende doorlatendheden. De modelwaarde voor kh is overgenomen van Venloer Scholle.

Vlb2 (2^e bruinkooleenh. F. v. Ville)

Deze modelleenheid komt in meerdere deelgebieden voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kv van deze modelleenheid;
- Voor het CKS is de H3O-PLUS 'expert range' voor het Nederlandse deel van H3O-Roerdalslenk aangehouden (want niet beschikbaar voor het Nederlandse deel van H3O-De Kempen). De gebruikte modelwaarde voor kv ($8,6 \cdot 10^{-6}$ m/d) is het de geometrische gemiddelde van deze waarden;
- In Wallonië komt deze modelleenheid niet voor;
- Voor de Rurscholle (H3O-Roerdalslenk Zuidoost ofwel H3O-ROSE) zijn in H3O-PLUS 'expert range' waarden voor kv van deze modelleenheid geformuleerd. De modelwaarde voor kv ($8,6 \cdot 10^{-4}$ m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;

- Voor de Venloer Scholle zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:50.000 zeer uiteenlopende waarden voor kv van deze modeleenheid (Ville-Fm., Flöz Frimmersdorf, Hor. 6C, Braunkohle/Ton/ Fein- bis Grobsand) geformuleerd. De modelwaarde voor kv ($8,6 \cdot 10^{-4}$ m/d) is het geometrisch gemiddelde van de waarden die worden opgegeven voor de niet-zandige delen van deze modeleenheid;
- Voor het overige deel van Duitsland zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100.000 geen waarden voor kv van deze modeleenheid geformuleerd, omdat deze valt onder de overkoepelende modeleenheid Inden und Ville Schichten met zeer uiteenlopende doorlatendheden. De modelwaarde voor kv is overgenomen van Rurscholle.

Vlb3 (3^e bruinkooleenh. F. v. Ville)

Deze modeleenheid komt in meerdere deelgebieden voor:

- Deze modeleenheid is alleen gedefinieerd voor de Rurscholle als Ville-Fm., Flöz Morken II, Hor. 5C. In H3O-PLUS zijn geen 'expert range' waarden voor kv van deze modeleenheid geformuleerd. Dit is wel gebeurd ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:50.000, waar deze modeleenheid onderdeel lijkt van de laag Frechen-Sand 2 bis Morken-Sand, Flöze Kerpen, Morken II 5A-D. De modelwaarde voor kv (2,7 m/d) lijkt vooral representatief voor de zandige lagen binnen deze modeleenheid. Daarom is geen modelwaarde voor kv geformuleerd. Voor zover deze modeleenheid voorkomt wordt de modelwaarde voor Vlb1 en Vlb2 overgenomen;
- Voor het overige deel van Duitsland zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100.000 geen waarden voor kv van deze modeleenheid geformuleerd, omdat deze valt onder de overkoepelende modeleenheid Inden und Ville Schichten met zeer uiteenlopende doorlatendheden. De modelwaarde voor kv is overgenomen van Rurscholle.

BRz5 (5^e zandige eenh. F. v. Breda)

Deze modeleenheid is voor geen enkel deelgebied verder uitgewerkt. Voor zover deze modeleenheid een verbreiding heeft, zijn de doorlatendheden overgenomen van BRz4.

VESOc (complexe eenh. Lp. v. Someren, F. v. Veldhoven)

Deze modeleenheid komt in meerdere deelgebieden voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de ThermoGIS gridbestanden van de permeabiliteit van deze modeleenheid (NMVFS) . Er is geen informatie beschikbaar over kv: hiervoor is een anisotropiewaarde van 0,1 aangehouden. In de overige Nederlandse delen is een kh van 1 m/d aangehouden;
- Voor het Maassysteem in de Roerdalslenk zijn de H3O-PLUS 'expert range' waarden voor het Vlaamse deel van H3O-Roerdalslenk aangehouden. De modelwaarde voor kh (1,4 m/d) is het geometrische

- gemiddelde van deze waarden. Er is geen informatie beschikbaar over kv: hiervoor is een anisotropiewaarde van 0,1 aangehouden;
- Voor het CKS is deze modelleenheid niet gedefinieerd in H3O-PLUS, maar er zijn wel regionale waarden in de parameterdatabank van VMM beschikbaar voor de corresponderende H3DV2-code A0254 (Zanden van Berchem en Voort buiten de Roerdalslenk). De modelwaarde voor kh (1 m/d) ligt binnen het bereik van deze waarden en sluit aan bij de overige gebieden. Er is geen informatie beschikbaar over kv: hiervoor is een anisotropiewaarde van 0,1 aangehouden;
 - Voor het BrulandKrijtSysteem zijn twee regionale waarden in de parameterdatabank van VMM beschikbaar voor de corresponderende H3DV2-code A0254 (Zanden van Berchem en Voort buiten de Roerdalslenk). De modelwaarde voor kh (0,03 m/d) is het geometrische gemiddelde van deze waarden; veel lager dan CKS;
 - In Wallonië zijn Vlaamse waarden aangehouden;
 - Voor de Rurscholle (H3O-Roerdalslenk Zuidoost ofwel H3O-ROSE) zijn in H3O-PLUS 'expert range' waarden voor k van deze modelleenheid geformuleerd. De modelwaarde voor kh (0,9 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden. Er is geen informatie beschikbaar over kv: hiervoor is een anisotropiewaarde van 0,1 aangehouden;
 - Voor de Venloer Scholle zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:50.000 waarden voor kv van deze modelleenheid (Grafenberg-Formation, Hor. 04B) geformuleerd. De modelwaarde voor k (0,09 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden. Er is geen informatie beschikbaar over kv: hiervoor is een anisotropiewaarde van 0,1 aangehouden;
 - Voor het overige deel van Duitsland zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100.000 waarden voor k van deze modelleenheid (Grafenberg Schichten) geformuleerd. De modelwaarde voor k (0,9 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden. Er is geen informatie beschikbaar over kv: hiervoor is een anisotropiewaarde van 0,1 aangehouden.

VEWik1 (1^e kleiige eenh. Lp. v. Wintelre, F. v. Veldhoven)

Deze modelleenheid komt in meerdere deelgebieden voor:

- Voor Nederland zijn geen REGIS II v2.2 gridbestanden van kv van deze modelleenheid beschikbaar. Wel zijn in H3O-PLUS 'expert range' waarden voor VEWik1 benoemd die identiek zijn voor de verschillende Nederlandse H3O-gebieden. De modelwaarde voor kv ($1,0 \cdot 10^{-3}$ m/d) is het geometrische gemiddelde van deze waarden;
- Voor alle Vlaamse deelgebieden is de voor Nederland afgeleide waarde overgenomen;
- In Wallonië komt deze eenheid niet voor;
- In H3O-PLUS is aangegeven dat deze modelleenheid voorkomt in de Rurscholle, maar worden geen doorlatendheidswaarden opgegeven. Ook zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen geen waarden voor kv van deze modelleenheid (Veldhoven-Formation) geformuleerd. Daarom is geen kv-modelwaarde voor Duitsland geformuleerd;

VEUFk1 (1^e kleiige eenh. Unterflöz, F. v. Veldhoven)

Deze modelleenheid komt alleen in Duitsland voor:

- Voor de Rurscholle zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:50.000 waarden voor kv van deze modelleenheid (Köln-Formation, Ton 1 / Unterflöz II, Hor. 1) geformuleerd. De modelwaarde voor kv ($8,6 \cdot 10^{-4}$ m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;
- Voor de Venloer Scholle en het overige deel van Duitsland zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen geen waarden voor kv van deze modelleenheid (3/1(A)/08) geformuleerd. Daarom is de waarde voor de Rurscholle overgenomen.

VEVOc (complexe eenh. Lp. v. Voort, F. v. Veldhoven)

Deze modelleenheid komt in meerdere deelgebieden voor:

- Voor Noord-Brabant en Limburg is voor kh gebruik gemaakt van de ThermoGIS gridbestanden van de permeabiliteit van deze eenheid (NMVFV). Voor Rivierenland is het geometrisch gemiddelde van de in H3O-PLUS voor H3O-Roerdalslenk afgeleide expert range waarden aangehouden. Er is geen informatie beschikbaar over kv: hiervoor is een anisotropiewaarde van 0,1 aangehouden;
- Voor het Maassysteem in de Roerdalslenk zijn de H3O-PLUS 'expert range' waarden voor het Vlaamse deel van H3O-Roerdalslenk aangehouden. De modelwaarde voor k (1,4 m/d) is het geometrische gemiddelde van deze waarden;
- Voor het CKS zijn de H3O-PLUS 'expert range' waarden voor het Vlaamse deel van H3O-Roerdalslenk aangehouden. De modelwaarde voor k (7,5 m/d) is het geometrische gemiddelde van deze waarden;
- Voor het BrulandKrijtSysteem zijn twee regionale waarden in de parameterdatabank van VMM beschikbaar voor de corresponderende H3DV2-code A0254 (Zanden van Berchem en Voort buiten de Roerdalslenk). De modelwaarde voor k (0,03 m/d) is het geometrische gemiddelde van deze waarden; veel lager dan CKS;
- In Wallonië komt deze modelleenheid niet voor;
- Voor de Rurscholle (H3O-Roerdalslenk Zuidoost ofwel H3O-ROSE) zijn in H3O-PLUS 'expert range' waarden voor kh van deze modelleenheid geformuleerd. De modelwaarde voor k (0,9 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;
- Voor de Venloer Scholle zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:50.000 waarden voor k van deze modelleenheid (Grafenberg-Formation, Hor. 04B) geformuleerd. De modelwaarde voor k (0,09 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;
- Voor het overige deel van Duitsland zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100.000 waarden voor k van deze modelleenheid (Grafenberg Schichten) geformuleerd. De modelwaarde voor k (0,9 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden.

RUz2 (2^e zandige eenh. Rupel F.)

Deze modelleenheid komt in meerdere deelgebieden voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2- en ThermoGIS gridbestanden van resp. kh en de permeabiliteit van deze modelleenheid (NMRFT);
- Voor het Maassysteem in de Roerdalslenk zijn de H3O-PLUS 'expert range' waarden voor het Vlaamse deel van H3O-Roerdalslenk aangehouden. De modelwaarde voor kh (0,5 m/d) is het geometrische gemiddelde van deze waarden;
- Voor het CKS zijn de H3O-PLUS 'expert range' waarden voor het Vlaamse deel van H3O-Roerdalslenk aangehouden. De modelwaarde voor kh (0,5 m/d) is het geometrische gemiddelde van deze waarden;
- Voor het BrulandKrijtSysteem zijn geen regionale waarden in de parameterdatabank van VMM beschikbaar voor de corresponderende H3DV2-code A0258 (zandig deel van Eigenbilzen). Er is daarom geen modelwaarde voor kh van deze modelleenheid geformuleerd;
- In Wallonië zijn Vlaamse waarden aangehouden;
- Voor Nordrhein-Westfalen zijn de waarden voor Ruz3 overgenomen.

RUBOk1 (1^e kleiige eenh. Lp. v. Boom, Rupel F.)

Deze modelleenheid komt in meerdere deelgebieden voor:

- Voor Zeeland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2- gridbestanden van kv van deze modelleenheid. In de overige Nederlandse deelgebieden zijn vanuit REGIS II geen parameterwaarden beschikbaar. De voor Duitsland afgeleide modelwaarden zijn overgenomen;
- Voor het Maassysteem in de Roerdalslenk zijn de H3O-PLUS 'expert range' waarden voor het Vlaamse deel van H3O-Roerdalslenk aangehouden. De modelwaarde voor kv ($5,5 \cdot 10^{-7}$ m/d) is het geometrische gemiddelde van deze waarden;
- Voor het CKS zijn de H3O-PLUS 'expert range' waarden voor het Vlaamse deel van H3O-Roerdalslenk aangehouden. De modelwaarde voor kv ($5,5 \cdot 10^{-7}$ m/d) is het geometrische gemiddelde van deze waarden;
- Voor het BrulandKrijtSysteem zijn twee regionale waarden in de parameterdatabank van VMM beschikbaar voor de corresponderende H3DV2-code A0300 (Boom Aquitard). De modelwaarde voor kv ($2,6 \cdot 10^{-7}$ m/d) is het geometrische gemiddelde van deze waarden;
- In Wallonië is deze modelleenheid afwezig;
- Voor de Rurscholle (H3O-Roerdalslenk Zuidoost ofwel H3O-ROSE) zijn in H3O-PLUS 'expert range' waarden voor kv van deze modelleenheid geformuleerd. De modelwaarde voor kv ($8,6 \cdot 10^{-3}$ m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;
- Voor de Venloer Scholle zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:50.000 waarden voor kv van deze modelleenheid (Rupel-Fm., Ratingen- und Lintfort-Sub-Fm., Hor. 03 und 04A) geformuleerd. De modelwaarde voor kv ($8,6 \cdot 10^{-3}$ m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;
- Voor het overige deel van Duitsland zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100.000 waarden voor k van de afzonderlijke onderliggende modelleenheden (Ratingen-Schichten

en Lintfort-Schichten) geformuleerd. De modelwaarde voor kv ($8,6 \cdot 10^{-3}$ m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden.

RUz3 (3^e zandige eenh. Rupel F.)

Deze modelleenheid komt in meerdere deelgebieden voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2- en ThermoGIS gridbestanden van resp. kh en de permeabiliteit van deze modelleenheid (NMRFV);
- Voor het Maassysteem in de Roerdalslenk zijn de H3O-PLUS 'expert range' waarden voor het Vlaamse deel van H3O-Roerdalslenk aangehouden. De modelwaarde voor kh (0,2 m/d) is het geometrische gemiddelde van deze waarden;
- Voor het CKS en het BKS zijn in H3O-PLUS geen 'expert range' waarden voor het Vlaamse deel van H3O-De Kempen geformuleerd, c.q. zijn geen regionale waarden in de parameterdatabank van VMM beschikbaar voor de corresponderende H3DV2-code A0420. De eenheid is hier echter wel voor IBRAHYM gekarteerd. Als modelwaarde is een kh van 0,2 m/d aangehouden, dit is globaal de waarde die in REGIS II v2.2 in het grensgebied van Nederlands en Belgisch Limburg voorkomt;
- In Wallonië komt deze modelleenheid niet voor;
- Voor de Rurscholle (H3O-Roerdalslenk Zuidoost ofwel H3O-ROSE) zijn in H3O-PLUS 'expert range' waarden voor kh van deze modelleenheid geformuleerd. De modelwaarde voor k (0,9 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;
- Voor de Venloer Scholle zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:50.000 waarden voor kv van deze modelleenheid (Rupel-Fm., Walsum-Sub-Fm., Hor. 02) geformuleerd. De modelwaarde voor k (0,09 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;
- Voor het overige deel van Duitsland zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100.000 waarden voor k van de afzonderlijke onderliggende modelleenheden (Walsum-Schichten) geformuleerd. De modelwaarde voor k (0,9 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden.

RUK2 (2^e kleiige eenh. Rupel F.)

Deze modelleenheid komt voor in Nederland en Vlaanderen:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kv van deze modelleenheid en is een waarde van $3,0 \cdot 10^{-4}$ m/d aangehouden buiten het in REGIS II gekarteerde gebied;
- Voor het CKS en het BrulandKrijtsysteem zijn in H3O-PLUS geen 'expert range' waarden voor het Vlaamse deel van H3O-De Kempen geformuleerd, c.q. zijn geen regionale waarden in de parameterdatabank van VMM beschikbaar voor de corresponderende H3DV2-code A0420. De eenheid is hier echter wel voor IBRAHYM gekarteerd. Als modelwaarde is een kv van 0,0002 m/d aangehouden, dit is globaal de waarde die in REGIS II v2.2 in het grensgebied van Nederlands en Belgisch Limburg voorkomt.

RUz4 (4^e zandige eenh. Rupel F.)

Deze modelleenheid komt voor zover bekend alleen voor in Nederland. Er is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kh van deze modelleenheid.

TOGOk1 (1^e kleiige eenh. Lp. v. Goudsberg, F. v. Tongeren)

Deze modelleenheid komt in meerdere deelgebieden voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2- gridbestanden van kv van deze modelleenheid;
- Voor het CKS is het geometrisch gemiddelde van de H3O-PLUS expert range waarden voor het Vlaamse deel van H3O-Roerdalslenk aangehouden ($4,7 \cdot 10^{-6}$ m/d);
- In Wallonië is deze modelleenheid afwezig;
- Volgens H3O-PLUS komt deze modelleenheid wel voor in de Rurscholle, maar er zijn geen 'expert range' waarden voor kv van deze modelleenheid geformuleerd. Daarom is de modelwaarde voor het CKS overgenomen.

TOz2 (2^e zandige eenh. F. v. Tongeren)

Deze modelleenheid komt in meerdere deelgebieden voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2- en ThermoGIS gridbestanden van resp. kh/kv en de permeabiliteit van deze modelleenheid (NMVFV);
- Voor het Maassysteem in de Roerdalslenk zijn de H3O-PLUS 'expert range' waarden voor het Vlaamse deel van H3O-Roerdalslenk aangehouden. De modelwaarde voor kh (0,2 m/d) is het geometrische gemiddelde van deze waarden;
- Voor het CKS zijn de H3O-PLUS 'expert range' waarden voor het Vlaamse deel van H3O-Roerdalslenk aangehouden. De modelwaarde voor kh (0,2 m/d) is het geometrische gemiddelde van deze waarden;
- Voor het BrulandKrijtSysteem zijn twee regionale waarden in de parameterdatabank van VMM beschikbaar voor de corresponderende H3DV2-code A0430 (Ruisbroek-Berg Aquifer). De modelwaarde voor kh (2,4 m/d) is het geometrische gemiddelde van deze waarden;
- In Wallonië is deze modelleenheid afwezig;
- Voor de Rurscholle (H3O-Roerdalslenk Zuidoost ofwel H3O-ROSE) zijn in H3O-PLUS 'expert range' waarden voor kh van deze modelleenheid geformuleerd. De modelwaarde voor k (0,5 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;
- Voor de Venloer Scholle zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:50.000 waarden voor kv van deze modelleenheid (Tongeren-Fm., Ratheim-Sub-Fm., Hor. 01D) geformuleerd. De modelwaarde voor k (0,09 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;
- Voor het overige deel van Duitsland zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100.000 geen waarden voor kh van deze modelleenheid geformuleerd.

TOZEWAk1 (1^e kleiige eenh. Watervliet L., Lp. v. Zelzate, F. v. Tongeren)

Deze modelleenheid komt voor in Nederland en Vlaanderen:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2- gridbestanden van kv van deze modelleenheid;
- In H3O-PLUS zijn voor deze modelleenheid geen hydraulische parameters geformuleerd. In de parameterdatabank van VMM is de corresponderende H3DV2-code A0442 (Kleiig zand van Watervliet), maar er zijn geen regioparameterwaarden beschikbaar. Als modelwaarde voor kv is een waarde van $1,2 \cdot 10^{-4}$ m/d aangehouden, dit is de uniform in REGIS II gehanteerde kv-waarde voor Zeeland.

REGIS II v2.2. bevat deze modelleenheid TOZEWAk1, maar nadien heeft de stratigrafiecommissie een wijziging in de Formatie van Tongeren doorgevoerd waardoor het laagpakket van Zelzate is komen te vervallen. De omschrijving komt dus nu niet meer overeen met de Nederlandse nomenclator.

TOz3 (3^e zandige eenh. F. v. Tongeren)

Deze modelleenheid komt in meerdere deelgebieden voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2 gridbestanden van kh van deze modelleenheid. In gebieden waar de eenheid geen REGIS II waarde heeft maar wel voor IBRAHYM is gekarteerd is een modelwaarde van 2 m/d aangehouden, globaal de gemiddelde REGIS II waarde;
- In H3O-PLUS zijn voor deze modelleenheid geen hydraulische parameters geformuleerd. De waarde voor het BrulandKrijtsysteem is daarom overgenomen voor het Maassysteem en het CKS;
- Voor het BrulandKrijtsysteem en het Centraal Vlaams Systeem is elk één regionale waarde in de parameterdatabank van VMM beschikbaar voor de corresponderende H3DV2-code A0453 (Kleiig zand van Bassevelde). Beide waarden zijn 1 m/d. Deze waarde is als modelwaarde overgenomen;
- Voor de Rurscholle, Venloer Scholle en het overige deel van Duitsland is deze modelleenheid niet gedefinieerd ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen. Daarom is geen modelwaarde voor kv geformuleerd.

MAc (complexe eenh. F. v. Maldegem)

De naam van deze modelleenheid is gebaseerd op de Vlaamse nomenclator. Zij komt voor in meerdere deelgebieden:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2- gridbestanden van kv van de corresponderende modelleenheid DOASk1 (1^e kleiige eenheid van het Laagpakket van Asse binnen de Formatie van Dongen) . In gebieden waar de eenheid geen REGIS II waarde heeft maar wel voor IBRAHYM is gekarteerd is een modelwaarde van $6 \cdot 10^{-7}$ m/d aangehouden, globaal de gemiddelde REGIS II waarde;
- Deze modelleenheid komt in het Maassysteem in de Roerdalslenk niet voor;
- Voor het CKS zijn de H3O-PLUS 'expert range' waarden voor het Vlaamse deel van H3O-De Kempen aangehouden. De modelwaarde voor kv ($3,5 \cdot 10^{-6}$ m/d) is het geometrische gemiddelde van deze waarden. De modelwaarde voor kh is een factor 10 groter gekozen;

- In de parameterdatabank van VMM zijn voor het BrulandKrijtsysteem twee regionale waarden aanwezig voor de corresponderende H3DV2-codes A0500 en A0505 (Bartoon Aquitardsysteem en Bartoon klei 3). De modelwaarde voor kv ($6,1 \cdot 10^{-6}$ m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden. De modelwaarde voor kh is een factor 10 groter gekozen;
- In Duitsland en Wallonië komt deze modelleenheid niet voor.

EZz1 (complexe eenh. gecombineerde F. v. Lede en Brussel)

De Formaties van Lede en Brussel maken deel uit van de Vlaamse nomenclator. Deze modelleenheid komt in meerdere deelgebieden voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2- en ThermoGIS gridbestanden van resp. kh en de permeabiliteit van de corresponderende modelleenheid (DOz2 / NLFFS);
- Deze modelleenheid komt in het Maassysteem in de Roerdalslenk niet voor volgens H3O-PLUS;
- Voor het CKS zijn de H3O-PLUS 'expert range' waarden voor het Vlaamse deel van H3O-De Kempen aangehouden. De modelwaarde voor kh (0,6 m/d) is het geometrische gemiddelde van deze waarden;
- In de parameterdatabank van VMM zijn voor het BrulandKrijtsysteem twee regionale waarden aanwezig voor de corresponderende H3DV2-code A0620 (Zanden van Brussel en Lede). De modelwaarde voor kh (6,2 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;
- In Wallonië en Duitsland komt deze modelleenheid niet voor.

GBc (complexe eenh. F. v. Gentbrugge)

De naam van deze modelleenheid is ontleend aan de Vlaamse nomenclator. Zij komt alleen voor in Noord-Brabant en Vlaanderen:

- Voor Nederland zijn de waarden voor het BrulandKrijtsysteem overgenomen;
- In de parameterdatabank van VMM zijn voor het BrulandKrijtsysteem twee regionale waarden aanwezig: een kh van 1 m/d voor A0701 en een weerstand van 100.000 dagen over een dikte van 5 m, dus een kv van $5 \cdot 10^{-5}$ m/d voor A0702. Deze waarden zijn gehanteerd als modelwaarden van kh en kv voor deze modelleenheid.

TTc (complexe eenh. F. v. Tielt)

De naam van deze modelleenheid is ontleend aan de Vlaamse nomenclator. Zij komt in meerdere deelgebieden voor:

- Deze modelleenheid maakt in deel uit van REGIS II v2.2 modelleenheid DOIEk1 (eerste kleiige eenheid in het Laagpakket van Ieper binnen de Formatie van Dongen). Gebruik is gemaakt van de REGIS II v2.2-gridbestanden van kv van die modelleenheid. In gebieden waar de eenheid geen REGIS II waarde heeft maar wel voor IBRAHYM is gekarteerd is een modelwaarde voor kv van $6 \cdot 10^{-7}$ m/d aangehouden, globaal de gemiddelde REGIS II waarde. Voor de modelwaarde van kh is de modelwaarde voor CKS aangehouden;

- Deze modelleenheid komt in het Maassysteem in de Roerdalslenk niet voor volgens H3O-PLUS;
- Voor het CKS zijn de H3O-PLUS 'expert range' waarden voor het Vlaamse deel van H3O-De Kempen aangehouden. De modelwaarde voor kh ($3,5 \cdot 10^{-6}$ m/d) is het geometrische gemiddelde van deze waarden;
- In de parameterdatabank van VMM zijn voor het BrulandKrijtsysteem geen regionale waarden aanwezig voor de corresponderende H3DV2-code A0800 (leperiaan Aquifersysteem). Daarom zijn de waarden voor het CKS aangehouden;
- In Wallonië en Duitsland is deze modelleenheid niet aanwezig.

KOc (complexe eenh. F. v. Kortrijk)

De naam voor deze modelleenheid is ontleend aan de Vlaamse nomenclator. Zij komt in meerdere deelgebieden voor:

- Deze modelleenheid maakt deel uit van REGIS II v2.2 eenheid DOIEk1 (eerste kleiige eenheid van het Laagpakket van Ieper binnen de Formatie van Dongen). Gebruik is gemaakt van de REGIS II v2.2- gridbestanden van kv van die modelleenheid. In gebieden waar de eenheid geen REGIS II waarde heeft maar wel voor IBRAHYM is gekarteerd is een modelwaarde voor kv van $6 \cdot 10^{-7}$ m/d aangehouden, globaal de gemiddelde REGIS II waarde. Voor de modelwaarde van kh is de voor TTc afgeleide modelwaarde voor CKS aangehouden;
- Deze modelleenheid komt in het Maassysteem in de Roerdalslenk niet voor volgens H3O-PLUS;
- Voor het CKS zijn de H3O-PLUS 'expert range' waarden voor het Vlaamse deel van H3O-De Kempen aangehouden. De modelwaarde voor kv ($1,0 \cdot 10^{-6}$ m/d) is het geometrische gemiddelde van deze waarden. Voor de modelwaarde van kh is de voor TTc afgeleide modelwaarde voor CKS aangehouden;
- In de parameterdatabank van VMM zijn voor het BrulandKrijtsysteem geen regionale waarden aanwezig voor de corresponderende H3DV2-code A0900 (leperiaan Aquitardsysteem) en daarom zijn hier de CKS-waarden over genomen;
- In Wallonië en Duitsland komt deze modelleenheid niet voor.

TNc (complexe eenh. F. v. Tienen)

De naam van deze modelleenheid is gebaseerd op de Vlaamse nomenclator. Zij komt in meerdere deelgebieden voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2- en ThermoGIS gridbestanden van resp. kh en de permeabiliteit van de corresponderende modelleenheid (DOz4 / NLFFD);
- Deze modelleenheid komt in het Maassysteem in de Roerdalslenk niet voor volgens H3O-PLUS;
- Voor het CKS zijn de H3O-PLUS 'expert range' waarden voor het Vlaamse deel van H3O-De Kempen aangehouden. De modelwaarde voor kh (0,1 m/d) is het geometrische gemiddelde van deze waarden;
- In de parameterdatabank van VMM zijn voor het BrulandKrijtsysteem geen regionale waarden aanwezig voor de corresponderende H3DV2-code

A1012 (Zandige afzettingen van Loksbergen en Dormaal). Daarom zijn de CKS-waarden overgenomen;

- In Wallonië komt deze modelleenheid niet voor;
- Deze modelleenheid komt in de Rurscholle niet voor volgens H3O-PLUS;
- Voor de Venloer Scholle en het overige deel van Duitsland is deze modelleenheid niet gedefinieerd ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen. Daarom is geen modelwaarde voor kv geformuleerd. Als modelwaarde voor kh is een waarde van 500 mD ($4,2 \cdot 10^{-1}$ m/d) aangehouden, dit is globaal de gemiddelde in ThermoGIS gehanteerde permeabiliteitswaarde voor het aangrenzende deel van Nederland.

HAc (complexe eenh. F. v. Hannut)

De naam van deze modelleenheid is gebaseerd op de Vlaamse nomenclator. Zij komt in meerdere deelgebieden voor:

- In Nederland betreft deze modelleenheid de Laagpakketten van Reusel, Liessel en de top van het Laagpakket van Gelinden in de Formatie van Landen. Gebruik is gemaakt van de ThermoGIS gridbestanden van de permeabiliteit van de corresponderende modelleenheid (NLLFR). In de resterende Nederlandse delen is de Vlaamse waarde van 0.166 m/d overgenomen. Voor de kv is een anisotropie van 10 aangehouden;
- In H3O-PLUS wordt deze modelleenheid aangeduid met H3DV2-codes A1013, A1021 en A1022, maar er worden geen parameterwaarden geformuleerd. Als modelwaarde voor kh is het equivalent van de gemiddelde ThermoGIS-waarde in het westelijk deel van de Roerdalslenk aangehouden (200 mD ofwel 0,17 m/d). Ter afleiding van een modelwaarde voor kv is een anisotropie van 10 aangehouden;
- In de parameterdatabank van VMM is voor het BrulandKrijtsysteem één regioparameterwaarde beschikbaar voor de H3DV2-code A1013 (Zand van Grandglise). Deze waarde is aangehouden als modelwaarde voor k (3,8 m/d). Ter afleiding van een modelwaarde voor kv is een anisotropie van 10 aangehouden;
- In Wallonië komt deze eenheid niet voor;
- Voor de Rurscholle (H3O-Roerdalslenk Zuidoost ofwel H3O-ROSE) zijn in H3O-PLUS geen 'expert range' waarden voor k van deze modelleenheid geformuleerd. Als modelwaarde voor kh is het equivalent van de gemiddelde NLLFR-ThermoGIS-waarde in het aangrenzende deel van de Roerdalslenk in Nederland aangehouden (150 mD ofwel 0,12 m/d). Ter afleiding van een modelwaarde voor kv is een anisotropie van 10 aangehouden;
- Voor de Venloer Scholle en het overige deel van Duitsland is deze modelleenheid niet gedefinieerd ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen. Als modelwaarde voor kh is het equivalent van de gemiddelde NLLFR-ThermoGIS-waarde in het aangrenzende deel van Nederland aangehouden (500 mD ofwel 0,42 m/d). Ter afleiding van een modelwaarde voor kv is een anisotropie van 10 aangehouden.

HSc (complexe eenh. F. v. Heers)

De naam van deze modelleenheid is gebaseerd op de Vlaamse nomenclator. Zij komt in meerdere deelgebieden voor:

- In Nederland betreft deze modelleenheid de Laagpakketten van Gelinden en Orp in de Formatie van Landen. Voor kh zijn in H3O-PLUS expert range waarden geformuleerd in de Nederlandse H3O-gebiedsdelen. De modelwaarde (0,2 m/d) is het geometrisch gemiddelde van al deze waarden. Voor kv van beide eenheden zijn in H3O-PLUS expert range waarden geformuleerd in het Nederlandse deel van de Roerdalslenk. De modelwaarde ($2,6 \cdot 10^{-4}$ m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden;
- In de Vlaamse deelgebieden van H3O-PLUS wordt deze modelleenheid aangeduid met H3DV2-codes A1032 en A1033, maar er worden in H3O-PLUS geen parameterwaarden geformuleerd. Als modelwaarde voor kh is het equivalent van de gemiddelde NLLFS-ThermoGIS-waarde in het westelijk deel van de Roerdalslenk aangehouden (200 mD of wel 0,17 m/d). Voor kv is de voor Nederland afgeleide waarde aangehouden;
- In de parameterdatabank van VMM zijn voor het BrulandKrijtsysteem regioparameterwaarden beschikbaar voor de overkoepelende modelleenheid Heersiaan en Opglabbeek Aquifersysteem (H3DV2 code A1030). De modelwaarde voor kh (2,9 m/d) is het geometrische gemiddelde van deze waarden. Voor kv is de voor Nederland afgeleide waarde aangehouden;
- In Wallonië komt deze eenheid niet voor;
- In de Rurscholle (H3O-Roerdalslenk Zuidoost ofwel H3O-ROSE) is dit de modelleenheid Landen-Fm., Heers-Sub-Fm., maar in H3O-PLUS zijn geen 'expert range' waarden voor k van deze modelleenheid geformuleerd. Als modelwaarde voor kh is het equivalent van de gemiddelde NLLFS-ThermoGIS-waarde in het aangrenzende deel van de Roerdalslenk in Nederland aangehouden (150 mD ofwel 0,12 m/d);
- Voor de Venloer Scholle en het overige deel van Duitsland is deze modelleenheid niet gedefinieerd ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen. Als modelwaarde voor kh is het equivalent van de gemiddelde NLLFS-ThermoGIS-waarde in het aangrenzende deel van Nederland aangehouden (500 mD ofwel 4,2 m/d).

OPc (complexe eenheid F. v. Opglabbeek)

De naam van deze modelleenheid is gebaseerd op de Vlaamse nomenclator. Zij komt in meerdere deelgebieden voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de ThermoGIS gridbestanden van de permeabiliteit van de eenheid NLLFS. Voor kv zijn in H3O-PLUS expert range waarden geformuleerd in het Nederlandse deel van de Roerdalslenk. De modelwaarde ($2,6 \cdot 10^{-4}$ m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden. In de overige Nederlandse delen is een kh-waarde van 0.2 m/d aangehouden;
- In H3O-PLUS wordt deze modelleenheid aangeduid met H3DV2-codes A1034 en A1030, maar er worden geen parameterwaarden geformuleerd. Als modelwaarde voor kh is het equivalent van de gemiddelde NLLFS-

ThermoGIS-waarde in het westelijk deel van de Roerdalslenk aangehouden (200 mD ofwel 0,17 m/d). Voor kv is de voor Nederland afgeleide waarde aangehouden;

- In de parameterdatabank van VMM zijn voor het BrulandKrijtsysteem regioparameterwaarden beschikbaar voor de overkoepelende modelleenheid Heersiaan en Opglabbeek Aquifersysteem (H3DV2 code A1030). De modelwaarde voor kh (2,9 m/d) is het geometrische gemiddelde van deze waarden. Voor kv is de voor Nederland afgeleide waarde aangehouden;
- In Wallonië komt deze modelleenheid niet voor;
- In de Rurscholle (H3O-Roerdalslenk Zuidoost ofwel H3O-ROSE) zijn in H3O-PLUS geen 'expert range' waarden voor k van deze modelleenheid geformuleerd. Als modelwaarde voor kh is het equivalent van de gemiddelde NLLFS-ThermoGIS-waarde in het aangrenzende deel van de Roerdalslenk in Nederland aangehouden (150 mD ofwel 0,12 m/d);
- Voor de Venloer Scholle en het overige deel van Duitsland is deze modelleenheid niet gedefinieerd ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen. Als modelwaarde voor kh is het equivalent van de gemiddelde NLLFS-ThermoGIS-waarde in het aangrenzende deel van Nederland aangehouden (500 mD ofwel 0,42 m/d).

TRc (complexe eenh. Combinatie van Tertiaire Eenheden)

Deze modelleenheid betreft gecombineerde Tertiaire eenheden in Duitsland. In de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100.000 is dit een restcategorie waarvoor geen specifieke doorlatendheidswaarden zijn gedefinieerd. Voor de modelwaarden van kh en kv zijn daarom de meest voorkomende (orde grootten van) modelwaarden aangehouden die zijn toegekend aan de specifieke, onderliggende Tertiaire eenheden. Voor kh is dit 1 m/d en voor kv is dit $8,6 \cdot 10^{-4}$ m/d.

HTc (complexe eenh. F. v. Heijenrath)

Deze modelleenheid komt alleen in Nederland voor. Er is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2- gridbestanden van kh en kv van deze modelleenheid.

HOq (kalksteeneenh. F. v. Houthem)

Deze modelleenheid komt in meerdere deelgebieden voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2- gridbestanden van kD van deze modelleenheid in combinatie met de die van de dikte;
- In het Maassysteem en CKS is de modelwaarde voor het BrulandKrijtsysteem aangehouden;
- In de parameterdatabank van VMM zijn alleen voor het BrulandKrijtsysteem regioparameterwaarden beschikbaar, en dat alleen voor de overkoepelende H3DV2-code A1100 voor het Krijt-Aquifersysteem. De modelwaarde voor k (7,9 m/d) is het geometrische gemiddelde van de laagste en hoogste waarden. Opgemerkt wordt dat de laagste en hoogste waarde circa 2,5 orde van grootte van elkaar verschillen, vermoedelijk een aanwijzing voor een duaal systeem met macroporiën (spleten in de kalksteenafzettingen);

- In Wallonië zijn Vlaamse waarden aangehouden;
- Deze modeleenheid is in de Venloer Scholle gedefinieerd als de modeleenheid Houthem_01A, maar er zijn geen doorlatendheden opgenomen in het overzicht ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:50.000. Als modelwaarde voor k_h is de in de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen geformuleerde waarde voor k_h van de eenheid Maastricht aangehouden ($k = 8,6 \text{ m/d}$);
- In de Rurscholle en het overige deel van Duitsland is deze modeleenheid niet gedefinieerd ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen. Daarom is de modelwaarde voor de Venloer Scholle overgenomen.

MTq (kalksteeneenh. F. v. Maastricht)

Deze modeleenheid komt in meerdere deelgebieden voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2- gridbestanden van kD van deze modeleenheid in combinatie met die van de dikte;
- In de parameterdatabank van VMM zijn alleen voor het BrulandKrijtsysteem regioparameterwaarden beschikbaar, en dat alleen voor de overkoepelende H3DV2-code A1100 voor het Krijt-Aquifersysteem. De modelwaarde voor k ($7,9 \text{ m/d}$) is het geometrische gemiddelde van de laagste en hoogste waarden. Opgemerkt wordt dat de laagste en hoogste waarde circa 2,5 orde van grootte van elkaar verschillen, vermoedelijk een referentie naar een duaal systeem met spleten en matrix in de kalksteen afzettingen;
- In Wallonië zijn Vlaamse waarden aangehouden.

GUq (kalksteeneenh. F. v. Gulpen)

Deze modeleenheid komt in meerdere deelgebieden voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2- gridbestanden van kD van deze modeleenheid;
- In de parameterdatabank van VMM zijn alleen voor het BrulandKrijtsysteem regioparameterwaarden beschikbaar, en dat alleen voor de overkoepelende H3DV2-code A1100 voor het Krijt-Aquifersysteem. De modelwaarde voor k ($7,9 \text{ m/d}$) is het geometrische gemiddelde van de laagste en hoogste waarden. Opgemerkt wordt dat de laagste en hoogste waarde circa 2,5 orde van grootte van elkaar verschillen, vermoedelijk een referentie naar een duaal systeem met spleten en matrix in de kalksteen afzettingen;
- In Wallonië zijn Vlaamse waarden aangehouden;
- Deze modeleenheid is in de Rurscholle gedefinieerd als de Gulpen-Formation, onderverdeeld in de Orsbach- en Vylen-Subformaties. Ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:50.000 zijn waarden voor k van deze afzonderlijke modeleenheden geformuleerd. De modelwaarde voor k ($8,6 \text{ m/d}$) is het geometrisch gemiddelde van de minimum- en maximumwaarde van de samengenomen populaties;
- Voor het overige deel van Duitsland zijn ten behoeve van de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100.000 waarden voor k van deze modeleenheid (Gulpen Schichten) geformuleerd. De

modelwaarde voor k (27 m/d) is het geometrisch gemiddelde van deze waarden.

VAc (complexe eenh. F. v. Vaals)

Deze modelleenheid komt in meerdere deelgebieden voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2- gridbestanden van k_h en k_v van deze modelleenheid;
- In de parameterdatabank van VMM zijn alleen voor het BrulandKrijtsysteem regioparameterwaarden beschikbaar, en dat alleen voor de overkoepelende H3DV2-code A1100 voor het Krijt-Aquifersysteem. De modelwaarde voor k (7,9 m/d)) wordt representatief geacht voor MTq en Guq maar niet voor de complexe eenheden VAc en AKc. Als modelwaarden voor k_h en k_v zijn daarom waarden van respectievelijk 0,1 en 0,005 m/d aangehouden, dit zijn globaal de gemiddelde in REGIS II gehanteerde waarden voor het aangrenzende deel van Limburg;
- In Wallonië zijn Vlaamse waarden aangehouden.

AKc (complexe eenh. F. v. Aken)

Deze modelleenheid komt in meerdere deelgebieden voor:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de REGIS II v2.2- gridbestanden van k_h en k_v van deze modelleenheid;
- In de parameterdatabank van VMM zijn alleen voor het BrulandKrijtsysteem regioparameterwaarden beschikbaar, en dat alleen voor de overkoepelende H3DV2-code A1100 voor het Krijt-Aquifersysteem. De modelwaarde voor k (7,9 m/d) wordt representatief geacht voor MTq en GUq maar niet voor de complexe eenheden VAc en AKc. Als modelwaarden voor k_h en k_v zijn daarom waarden van respectievelijk 0,5 en 0,0002 m/d aangehouden, dit zijn globaal de gemiddelde in REGIS II gehanteerde waarden voor het aangrenzende deel van Limburg;
- In Wallonië zijn Vlaamse waarden aangehouden.

CKc (complexe eenh. Krijtkalk Groep)

Deze modelleenheid bestaat de kalksteenafzettingen uit het Krijt gelegen onder de bovengenoemde HTc, HOq, MTq, GUq, VAc en AKc. Als modelwaarde voor k_h van is overal de voor de Vlaamse gebiedsdelen afgeleide constante k_h -waarde van MTq aangehouden (7,9 m/d). Als modelwaarde voor k_v is de voor de Vlaamse gebiedsdelen afgeleide constante k_v -waarde van VAc aangehouden (0,005 m/d).

KNz1 (zandige eenh. Rijnland Groep)

Deze modelleenheid is aanwezig in Nederland. Voor de doorlatendheid is gebruik gemaakt van de ThermoGIS-gridbestanden KNGLG/KNGLS. Voor overige delen van Nederland is een k_h van 35 mD (0,025 m/d) aangehouden. Dit is de middenwaarde van de permeabiliteitsklasse die in de ThermoGIS-mapviewer wordt aangegeven voor de eenheid KNGLG/KNGLS (Holland/Spijkenisse groenzand) in het gebied rond Dordrecht.

SLz1 (zandige eenh. Schieland Groep)

Deze modeleenheid is aanwezig in Nederland. Voor de doorlatendheid is gebruik gemaakt van de ThermoGIS-gridbestanden SLDN. Voor overige delen van Nederland is een kh van 0,025 m/d aangehouden.

ATk1 (kleiige eenh. Altena Groep)

Voor deze modeleenheid is een doorlatendheid van $8,6 \cdot 10^{-4}$ m/d aangehouden.

RBRNz1 (zandige eenh. Onder- en Boven-Germaanse Trias Groep)

Voor Noord-Brabant, Limburg en Rivierenland is gebruik gemaakt van de ThermoGIS-permeabiliteiten die worden opgegeven voor deze groep als geheel (RN & RB). Voor het Maassysteem en het CKS is een kh-modelwaarde van 50 mD (0,042 m/d) aangehouden, globaal de gemiddelde ThermoGIS-mapviewer waarde in het grensgebied tussen Nederland en de beide Vlaamse deelgebieden.

ZEz1 (zandige eenh. Zechstein Groep)

Voor de eenheden in deze groep zijn in ThermoGIS geen permeabiliteiten aangegeven. Daarom zijn doorlatendheidswaarden ontleend aan de doorlatendheidsklassen die voor de inliggende eenheden worden aangegeven bij de Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100.000. De modelwaarde voor kh (2,7 m/d) is het geometrisch gemiddelde van de minimale en maximale klassengrenswaarden (III en IV-V), die overigens drie orden van grootten uiteen liggen.

ROz1 (zandige eenh. Boven-Rotliegend Groep)

Deze modeleenheid komt voor in Nederland en Vlaanderen:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de ThermoGIS-permeabiliteiten die worden opgegeven voor deze groep (RO);
- Voor het CKS is als modelwaarde voor kh is het equivalent van de gemiddelde RO-ThermoGIS-waarde in het aangrenzende deel van Nederland aangehouden (1 mD ofwel 0,0083 m/d);
- Voor overige gebieden is 3 mD (ofwel 0,025 m/d) aangehouden op basis van Bär e.a. (2011).

DCc (complexe eenh. Limburg Groep)

DC omvat afzettingen uit de perioden Stephanien, Westfalien en Namurien in het Boven-Carboon en is aanwezig in Nederlandse en Vlaanderen:

- Voor Nederland is gebruik gemaakt van de ThermoGIS-permeabiliteiten die worden opgegeven voor deze groep (DC).

Voor gebieden buiten de ThermoGIS-verbreidingen is een waarde van 0,001 m/d aangehouden;

- Voor Vlaanderen is een kh van 0,0017 m/d en een kv van 0,0086 m/d aangehouden.

CLk1 (kleiige eenh. Kolenkalk Groep)

Voor deze modeleenheid is een doorlatendheid van $8,6 \cdot 10^{-4}$ m/d aangehouden.

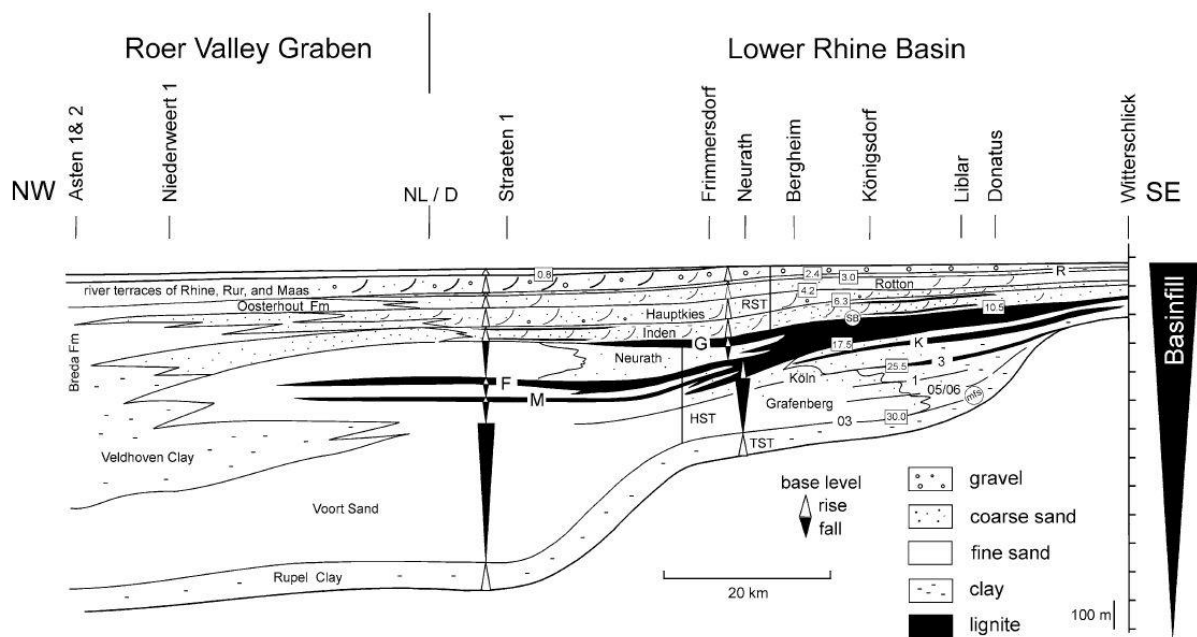
D Informatie bruinkoollagen met betrekking tot hydrogeologie Zuidoost-Nederland

Auteurs: Marcel Bakker, Ronald Vernes

Inleiding

In de ondergrond van Zuidoost-Nederland komen langs de grens met Duitsland een tweetal bruinkoollagen voor. Deze bruinkoollagen worden gerekend tot de Formatie van Ville (TNO-GDN, 2022) - afgezet tijdens het Mioceen - en zijn ingeschakeld binnen de Formatie van Breda.

De onderste bruinkoollaag correleert met de in Duitsland onderscheiden *Flöz Morken*, de bovenste met de *Flöz Frimmersdorf*. Beide eenheden worden in het zuidwesten van Noordrijn-Westfalen, niet ver van de Nederlandse grens, gewonnen in dagbouwmijnen zoals bij Garzweiler en Hambach. De bruinkoollagen zijn ter plaatse van de mijnen vrij dik, richting het westen worden de lagen dunner en liggen ze ook steeds dieper in de ondergrond (Figuur 39). De bruinkoollagen vormen zeer slecht doorlatende eenheden en zijn daarom ook in Limburg hydrogeologisch gezien van groot belang.

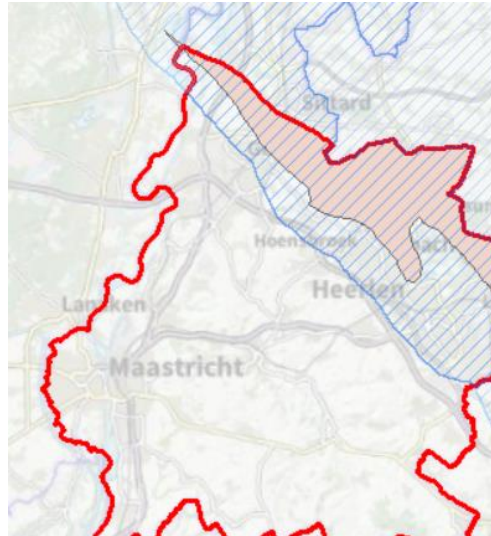


Figuur 39 Schematische positie van de Frimmersdorf (F) en Morken (M) bruinkoollagen volgens Schäfer e.a. (2005).

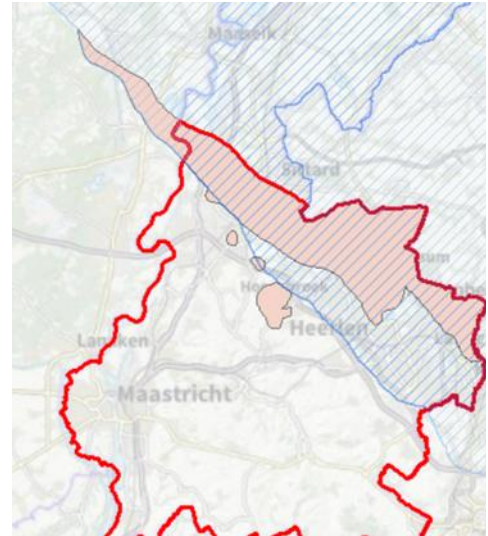
Beschikbare informatie

De twee bruinkoollagen worden in het hydrogeologische model REGIS II v2.2 (2017) onderscheiden als model eenheden VIb1 (Frimmersdorf) en VIb2 (Morken).

De eenheden zijn in strook rond de Feldbissbreuk in Zuid-Limburg gemodelleerd. De bruinkool ligt hier binnen het bereik van matig diepe boringen (Figuur 40 en Figuur 41). Ten noorden hiervan, in de Roerdalslenk, liggen de bruinkoollagen veel dieper. Er zijn daar dan ook zeer weinig boringen die tot het bruinkoolniveau reiken. Ten noorden van Zuid-Limburg zijn beide bruinkoollagen derhalve niet in REGIS II v2.2. gemodelleerd.



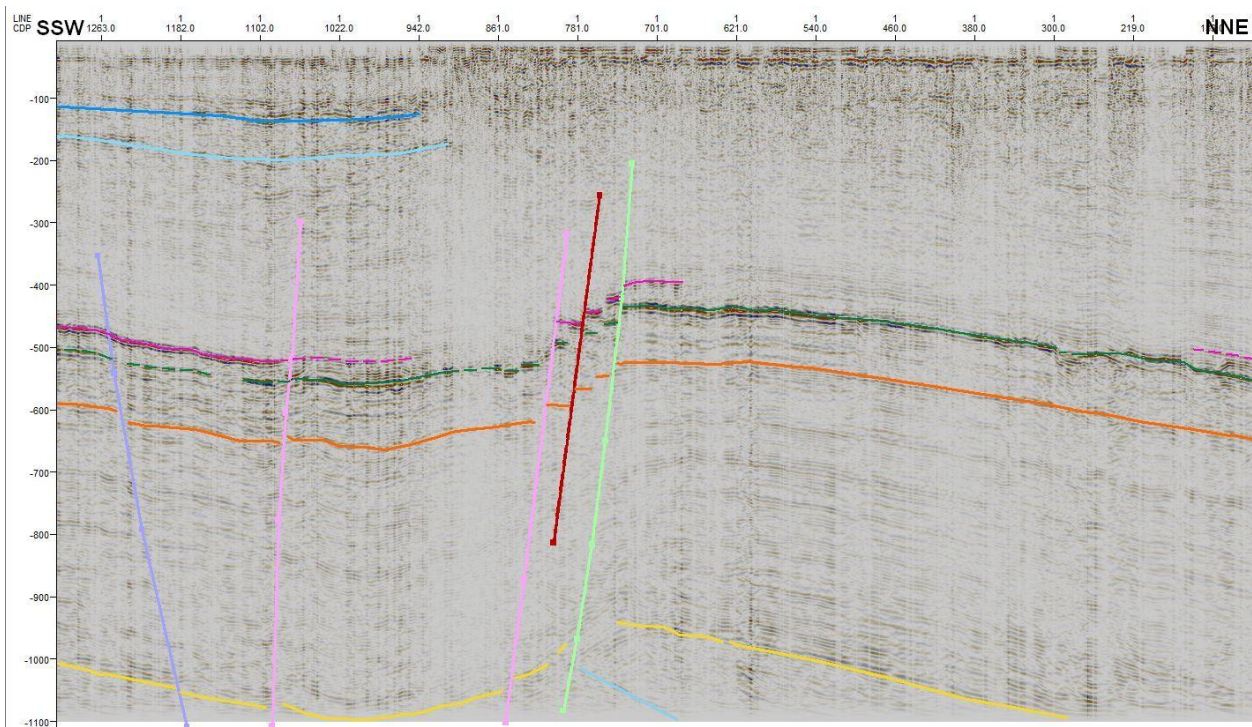
Figuur 40 Verbreiding van eenheid Vlb1 (Frimmersdorf) cf. REGIS II v2.2 (in lichtrood) en het H3O-PLUS-gebied in lichtblauw.



Figuur 41 Verbreiding van eenheid Vlb2 (Morken) cf. REGIS II v2.2 (in lichtrood) en het H3O-PLUS-gebied in lichtblauw.

Deels parallel aan REGIS II v2.2 is in het kader van het pilotproject H3O-Roerdalslenk een hydrogeologisch model van het hele Kenozoïcum gemaakt van het zuidoostelijke, Belgisch-Nederlandse deel van de Roerdalslenk (Deckers et al., 2014). Dit model, dat zich beperkt tot de geometrie van de hydrogeologische eenheden, is voor wat betreft het ondiepe deel tot de Formatie van Breda grotendeels identiek aan dat van REGIS II v2.2, maar het bevat wel enige aanvullende informatie van de bruinkoollagen in een klein deel van het Belgische deel van de Roerdalslenk.

In het kader van het vervolgproject H3O-Roerdalslenk Zuidoost (ofwel Roer Valley Graben SouthEast, H3O-ROSE; Vernes et al., in prep.) zijn de bruinkoollagen Vlb1 en Vlb2 in het ten oosten van de Maas gelegen gebied van de Roerdalslenk wel gemodelleerd (Figuur 43 en Figuur 44). Bij deze modellering is de verbreiding van de bruinkool met behulp van seismische gegevens gekarteerd. Door het sterke lithologische contrast van de bruinkool met de daaronder en daarop gelegen zandpakketten van de Formatie van Breda zijn de bruinkoollagen zeer sterke reflectoren. Ze zijn daarom met name langs de oostgrens van Zuidoost-Nederland goed te herkennen op seismische profielen (Figuur 42) en daar ook te toetsen aan een aantal boringen.

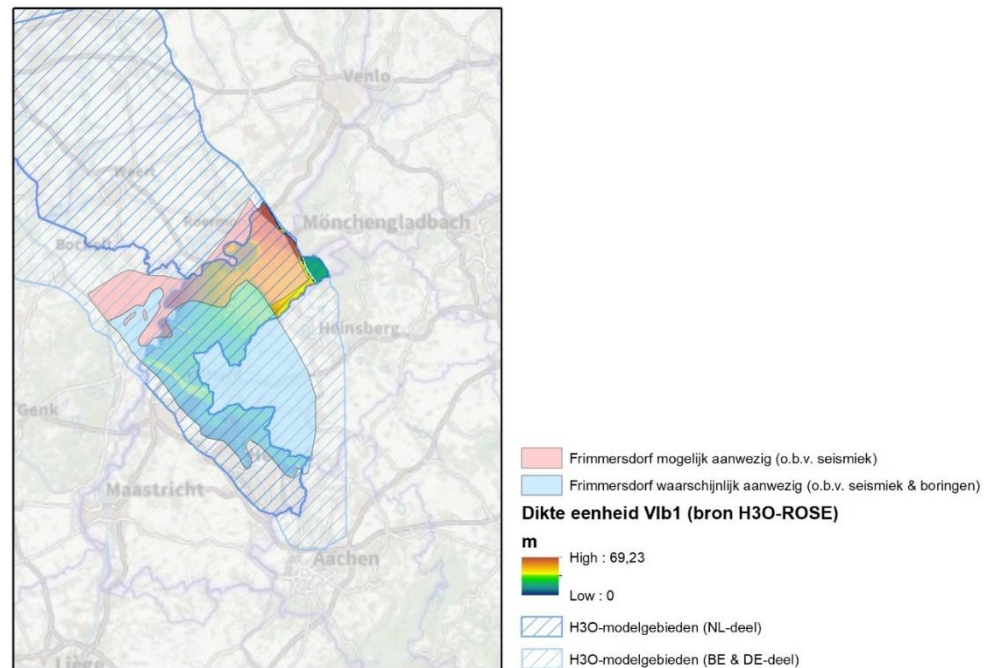


Figuur 42 Morken (in donkergroen) en Frimmersdorf (paars) op de ZZW-NNO georiënteerde seismische lijn Maas TNO-05 ten westen van Susteren. De bruinkoollagen liggen hier op een diepte van circa 500 ms (~480 m beneden maaiveld). In oranje is de basis van de Formatie van Breda weergegeven. Tevens is de Gangelt breukzone zichtbaar (verticale oplijningen). In beide bruinkoolniveaus is het getrapte karakter van de breukzone te zien. Verticale as in ms.

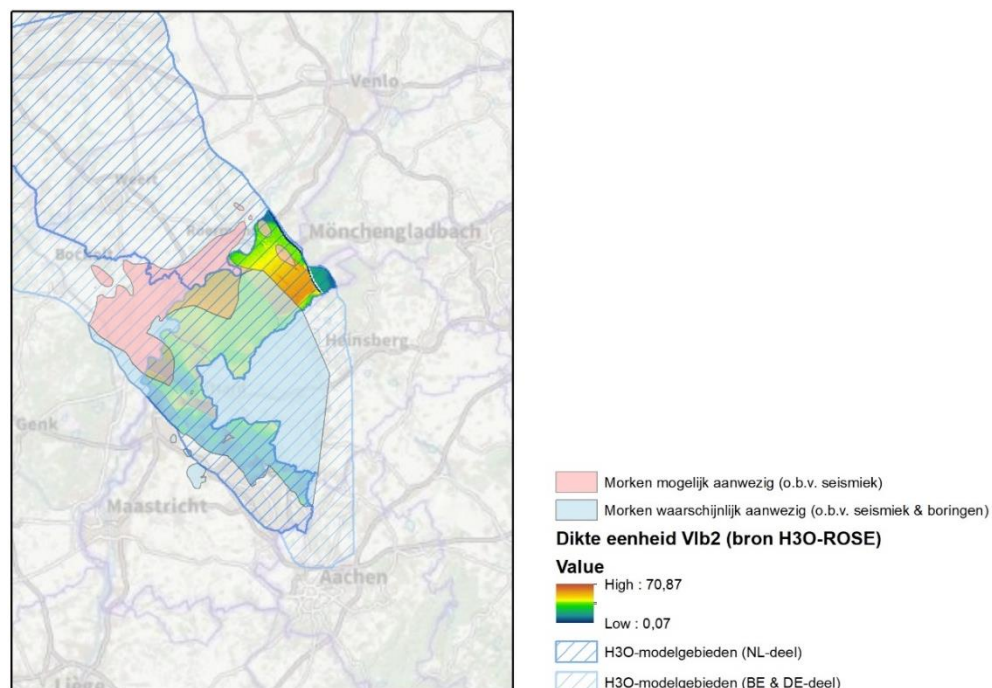
De schaarste aan diepe boringen verder westwaarts maakt echter dat het meestal niet mogelijk is om vast te stellen of de laterale voortzetting van de reflecties veroorzaakt wordt door bruinkool of wellicht door een andere lithologische overgang, bijvoorbeeld naar verkit zand. Bovendien worden de bruinkoollagen naar het noordwesten toe steeds dunner. Studies (o.a. Westerhoff & Weerts, 2003; Deckers, 2015) geven daarnaast aan dat de bruinkoollagen noordwestwaarts verslagen zijn (dat wil zeggen dat op de ene plek (vaak bij de over van een meer) brokken afgeslagen zijn die op een andere plek (meerbodem) weer afgezet zijn). Daardoor neemt het akoestische contrast verder af. De westelijke begrenzing van de bruinkoolvoorkomens is dan ook niet precies vast te leggen.

Om deze reden is bij de interpretatie van de verbreidingen een onderscheid gemaakt tussen gebieden waar de beide bruinkoollagen waarschijnlijk aanwezig zijn (zeer sterke reflecties, al dan niet getoetst aan die enkele boring) en gebieden waar de eenheid mogelijk aanwezig is (minder sterke reflecties). Verder westwaarts zijn de lagen zeker afwezig (reflecties geheel uitgedoofd). Deze verbreidingsgrenzen zijn in het kader van het project H3O-Roerdalslenk Zuidoost (H3O-ROSE) iets aangescherpt met behulp van de in 2021 in het kader van het SCAN-project gepubliceerde seismische lijn 30 (TNO-GDN & MinEZK, 2021).

Uit de seismiek valt verder op te maken dat de Morken- en de Frimmersdorf-bruinkoollagen parallel aan elkaar lopen en niet samenkomen (zoals Figuur 39 ook aangeeft). Plaatselijk komen ze wel dicht bij elkaar, maar niet genoeg om samen een aaneengesloten aquitard te vormen. Daarnaast worden de bruinkoollagen doorsneden door breuksystemen, welk de weerstand plaatselijk verminderen.



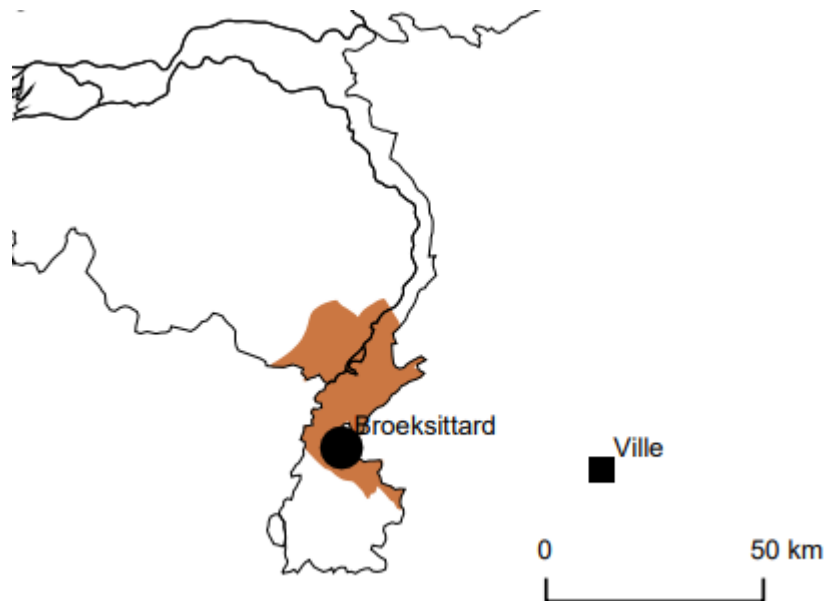
Figuur 43 Dikteverloop van eenheid Vlb1 (Frimmersdorf) uit H3O-ROSE (Vernes et al., in prep.) en op basis van seismiek en boringen geactualiseerde waarschijnlijke (blauw) en mogelijke (rood) verbreiding.



Figuur 44 Dikteverloop van eenheid Vlb2 (Morken) uit H3O-ROSE (Vernes et al., in prep.) en op basis van seismiek en boringen geactualiseerde waarschijnlijke (blauw) en mogelijke (rood) verbreiding.

Gebied ten noorden van de Peelrandbreuk

Ten noorden van de Peelrandbreuk, dus noord van de Roerdalslenk, zijn de bruinkoollagen nog niet gemodelleerd. Op de nomenclator van GDN is de verbreiding al wel op hoofdlijnen weergegeven (Figuur 45).



Figuur 45 Verbreidingskaart van de Formatie van Ville met de in de stratigrafische nomenclator genoemde verbreiding (TNO-GDN, 2022).

Bij de toekomstige modellering van de bruinkool in dit gebied dient aansluiting te worden gezocht bij de al uitgevoerde bruinkoolinterpretaties van de Geologische Dienst van Noordrijn-Westfalen in het Duitse grensgebied. De plausibiliteit van deze interpretaties kan dan aan de hand van boringen en seismiek langs de grensstreek worden beoordeeld door een deskundige Nederlandse geoloog.

Referenties

Deckers, J. (2015). Middle Miocene Mass Transport Deposits in the southern part of the Roer Valley Graben. *Marine and Petroleum Geology*, 66, 653-659.

Deckers, J., Vernes, R.W., Dabekaussen, W., Den Dulk, M., Doornenbal, H., Duser, M., Hummelman, J., Matthijs, J., Menkovic, A., Reindersma, R., Walstra, J., Westerhoff, W. & Witmans, N. (2014). *Geologisch en hydrogeologisch 3D model van het Cenozoïcum van de Roerdalslenk in Zuidoost-Nederland en Vlaanderen (H3O-Roerdalslenk)*. Mol, België & Utrecht, Nederland: VITO & TNO – Geologische Dienst Nederland.

Schäfer, A., T. Utescher, M. Klett & M. Valdivia-Manchego (2005). The Cenozoic Lower Rhine Basin – rifting, sedimentation and cyclic stratigraphy. *International Journal of Earth Sciences*, 94, 621-639.

TNO-GDN (2022). *Formatie van Ville*. In: Stratigrafische Nomenclator van Nederland, TNO – Geologische Dienst Nederland. Geraadpleegd op 06-01-2022 op <http://www.dinoloket.nl/stratigrafische-nomenclator/formatie-van-ville>.

TNO-GDN & MinEZK (2021) *SCAN 2D seismische data*. TNO – Geologische Dienst Nederland en Ministerie van Economische Zaken en Klimaat. Geraadpleegd op 06-01-2022 op <https://www.nlog.nl/scan-2d-seismische-data>.

Vernes, R.W., Linder, B., Bakker, M.A.J., Den Dulk, M., Kruisselbrink, A.F., Menkovic, A., Munsterman, D.K., Reindersma, R.N., Salamon, M. & Witmans, N. (in prep.). *3D geological and hydrogeological model of the Cenozoic of the Dutch-German border area of the Roer Valley Graben (H3O-ROSE)*. Krefeld, Duitsland & Utrecht, Nederland: Geologische Dienst van Noordrijn-Westfalen & TNO – Geologische Dienst Nederland.

Westerhoff, W.E. & Weerts, H.J.T. (2003). Ville Formatie. In: Lithostratigrafische Nomenclator van de Ondiepe Ondergrond. Geraadpleegd op 06-01-2022 op https://www.dinoloket.nl/sites/default/files/nomenclator/vorige_versies/ONDIEP/Westerhoff%20&%20Weerts,%202003,%20Formatie%20van%20Ville_NUVI.pdf.