

TNO-rapport

NITG 05-038-B

Van Gidslaag naar Hydrogeologische Eenheid
Toelichting op de totstandkoming van de dataset
REGIS II

Datum	2005
Auteur(s)	R.W. Vernes Th.H.M. van Doorn met bijdragen van: M.F.P. Bierkens S.F. van Gessel E. de Heer
Opdrachtgever	Provincie Groningen, Dienst Ruimte en Milieu Provincie Friesland Provincie Drenthe, Produktgroep Ruimte en Water Provincie Overijssel, Eenheid Water en Bodem Provincie Flevoland, Afdeling Milieuplanvorming Provincie Gelderland, Dienst Milieu en Water Provincie Utrecht, Dienst Water en Milieu Provincie Noord-Holland, Afdeling Water en Groen Provincie Zuid-Holland, Dienst Groen, Water en Milieu Provincie Zeeland, Directie Ruimte, Milieu en Water Provincie Noord-Brabant, Dienst Waterstaat, Milieu en Vervoer RWS/RIZA, Hoofdafdeling Watersystemen Instituutsdirectie TNO-NITG

Alle rechten voorbehouden. Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke 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 onderzoeksopdrachten 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.

Samenvatting

In het begin van de jaren '90 is het Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO, in samenwerking met het Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA) en in nauw overleg met de Provincies, gestart met de ontwikkeling van het **RE**gionaal **Ge**ohydrologisch **I**nformatie **S**ysteem (**REGIS**). Gestart werd met enkele Provincies, waarna geleidelijk andere Provincies zich aansloten bij het samenwerkingsverband. Het eindresultaat van de werkzaamheden tussen 1990 en 1998 is de eerste versie van REGIS (REGIS I) waaraan 10 Provincies deelnamen (uitgezonderd Zeeland en Limburg). Momenteel zijn alle Provincies, uitgezonderd Limburg, bij het huidige REGIS II betrokken. De werkzaamheden aan REGIS Limburg zijn eind 2004 opgestart.

REGIS I bestond uit een set digitale (kaart)bestanden, ook wel aangeduid als Digitale Grondwaterkaart (DGWK), die relevante (geo)hydrologische gegevens voor de waterbeheerder bevatten, alsmede uit programmatuur waarmee deze (kaart)bestanden kunnen worden geraadpleegd. De (kaart)bestanden van de afzonderlijke provincies vormden samen één landelijk bestand dat een groot deel van Nederland beslaat. Na het maken van de software en de (kaart)bestanden in de periode 1990-1998 was, zoals bij de start van het project reeds werd voorzien, behoefte aan een onderhoudsfase. Deze onderhoudsfase was bedoeld om, in samenspraak met de opdrachtgevers, gebruikers en gebiedsdeskundigen, REGIS gedurende langere tijd operationeel en actueel te houden. Vandaar dat er naar gestreefd is om de (kaart)bestanden na oplevering van REGIS I per provincie te laten beoordelen door een kwaliteits-evaluatiecommissie (KEC), waarin gebiedsdeskundigen zitting hadden. Deze KEC bijeenkomsten hebben een belangrijke bijdrage geleverd aan de voorstellen voor het vervaardigen van een Update van REGIS.

De in 1998 vigerende overeenkomsten hadden betrekking op de werkzaamheden die gemoeid waren met de opzet van REGIS I en het samenstellen van een eerste versie van de (kaart)bestanden. De werkzaamheden die in het kader van de onderhoudsfase zouden moeten worden uitgevoerd maakten geen deel uit van deze overeenkomsten. In overleg tussen de Provincies, RIZA en TNO-NITG is een aantal overeenkomsten afgesloten waaronder de overeenkomst "Update REGIS Gegevens".

In de periode 1999 tot 2004 is aan deze Update gewerkt hetgeen heeft geleid tot REGIS II, het nieuwe hydrogeologische, landelijk ondergrondmodel. Bovendien zijn in deze periode nieuwe inzichten ontstaan betreffende de geologische en hydrogeologische kartering van Nederland. Dit heeft onder meer geresulteerd in een nieuwe lithostratigrafie en een nieuwe Landelijke geologische Kartering van Nederland (LKN). REGIS II is sterk gebaseerd op deze vernieuwende aanpak en heeft daardoor aan toepasbaarheid voor hydro(geo)logen gewonnen.

Aanpak en achtergronden van en rond de hydrogeologische kartering in REGIS II worden in de hoofdstukken 1 tot en met 9 beschreven. Waar in hoofdstuk 1 de rol van de Landelijke geologische Kartering van Nederland en ander omgevingsfactoren rond het project aangestipt worden, wordt in hoofdstuk 2 het belang van een vernieuwde aanpak van de hydrogeologische kartering uiteengezet. In de hoofdstukken 3 tot en met 5 wordt de aanpak van de hydrogeologische kartering grondig uit de doeken gedaan. De hoofdstukken 6 en 7 betreffen vooral de geohydrologische parameters en de

schematisatie van de ondergrond. In hoofdstuk 8 zijn de belangrijkste resultaten beschreven en in hoofdstuk 9 is de belangrijkste literatuur die bijgedragen heeft aan de ontwikkeling van REGIS opgenomen.

Geconcludeerd kan worden dat er middels het REGIS-project én de inspanning van alle betrokkenen, ruimtelijke informatie betreffende de geohydrologie van de ondergrond van vrijwel geheel Nederland op een moderne, consistente en digitale wijze beschikbaar is gekomen.

Inhoudsopgave

	Samenvatting	2
	Lijst van tabellen en figuren	6
1	Inleiding	8
1.1	Algemeen.....	8
1.2	Digitale Grondwaterkaart REGIS.....	8
1.3	Achtergronden project “Update REGIS Gegevens”.....	9
1.4	Landelijke geologische Kartering Nederland	11
1.5	Projectorganisatie.....	12
1.6	Opbouw van het rapport	13
2	Van gidslaag naar hydrogeologische eenheid	15
2.1	Noodzaak verbetering gidslaagconcept	15
2.2	Naar hydrogeologische eenheid en hydrogeologisch model.....	15
3	Werkwijze	17
3.1	Algemene beschrijving gevolgde werkwijze	17
3.2	Vorbereiding.....	20
4	Hydrogeologische interpretatie boorgegevens	25
4.1	Algemeen.....	25
4.2	Gebruikte basisgegevens.....	25
4.3	Conversie naar lithoklassen	26
4.4	Aggregatie tot hydroklassen	27
4.5	Identificatie karteerbare hydrogeologische eenheden.....	27
4.6	Interpretatie hydrogeologische eenheden.....	31
4.7	Controle interpretaties kleiige, venige en complexe hydrogeologische eenheden.....	32
4.8	Bijstelling codering zandige hydrogeologische eenheden	33
5	Kartering geometrie hydrogeologische eenheden	34
5.1	Algemeen.....	34
5.2	Gebruikte basisgegevens.....	34
5.3	Onderscheiden eenheden binnen het hydrogeologische model	35
5.4	Potentiële verbreiding kleiige, venige en complexe hydrogeologische eenheden	36
5.5	Top, basis en dikte kleiige, venige en complexe hydrogeologische eenheden	38
5.6	Ruimtelijke consistentie.....	42
5.7	Controle	42
5.8	Hypothetische grensvlakken	42
5.9	Top, basis en dikte zandige hydrogeologische eenheden.....	44
5.10	Afzettingen van de Formaties van Naaldwijk, Nieuwkoop en Echteld en de gestuwde afzettingen.....	44
6	Parametrisatie hydrogeologische eenheden	45
6.1	Algemeen.....	45
6.2	Gebruikte basisgegevens.....	45
6.3	Methodiek.....	45
6.4	Parametrisatie zandige hydrogeologische eenheden binnen de gecombineerde Formaties van Peize en Waalre.....	52

6.5	Niet geparametriseerde hydrogeologische eenheden	52
7	Geohydrologische schematisatie ondergrond	54
7.1	Algemeen	54
7.2	Gebruikte basisgegevens.....	54
7.3	Begrenzing geohydrologische modellen.....	54
7.4	Definitie geohydrologische modellen	54
7.5	Geometrie geohydrologische eenheden	56
7.6	Parametrisatie geohydrologische eenheden	56
8	Resultaten	58
8.1	Algemeen.....	58
8.2	Hydrogeologische interpretaties selectieset boringen.....	58
8.3	Hydrogeologisch model	59
8.4	Geohydrologische modellen	64
9	Literatuurlijst.....	65
	Bijlage(n)	
	A Onderscheiden hydrogeologische eenheden	
	B Overzicht van de binnen de afzonderlijke provincies aanwezige hydrogeologische eenheden	
	C Definities geohydrologische modellen	
	D Verbreiding van de kleiige, venige en complexe hydrogeologische eenheden	

Lijst van tabellen en figuren

Tabellen

Tabel 3.1	Geschatte waterdiepten voor oppervlaktewateren waarvan geen waterbodem-hoogtegegevens konden worden verzameld.	22
Tabel 4.1	Overzicht van de belangrijkste lithoklassen.	26
Tabel 4.2	Typen hydrogeologische eenheden.	29
Tabel 5.1	Onderscheiden categorieën bij de indeling van boringen naar verbreidings-status.	36
Tabel 8.1	Overzicht van de per type hydrogeologische eenheid samengestelde kaartbestanden van de geometrie en hydraulische eigenschappen.	61
Tabel 8.2	Overzicht van het aantal gekarteerde gidslagen (REGIS I), lithostratigrafische eenheden (LKN) en hydrogeologische eenheden (REGIS II) binnen het REGIS-gebied en de afzonderlijke provincies.	62

Figuren

Figuur 1.1	Begrenzing karteergebied REGIS II.	9
Figuur 3.1	Algemeen overzicht van activiteiten.	17
Figuur 3.2	Schematische weergave van de verschillende interpretatiestappen die doorlopen worden bij het karteerproces A: Lithologische opbouw van de ondergrond, B: Geologische interpretatie, C: Hydrogeologische interpretatie en karakterisatie, D: Geohydrologische schematisatie.	19
Figuur 3.3	Selectieset van matig diepe boringen van REGIS II.	21
Figuur 3.4	Herkomst basisgegevens van het maaiveld- en waterbodemhoogtebestand.	23
Figuur 3.5	Locaties van de geïnventariseerde put- en pompproeven.	24
Figuur 4.1	Opeenvolgende stappen bij de hydrogeologische interpretatie van boringen.	25
Figuur 4.2	Criteria voor de indeling van sedimenten in de lithoklassen klei en zandige klei.	27
Figuur 4.3	Ligging profielen ten behoeve van de identificatie van karteerbare hydrogeologische eenheden.	28
Figuur 4.4	Voorbeeld van een ruimtelijke interpretatie van karteerbare hydrogeologische eenheden op basis van hydroklassenkolommen.	29
Figuur 4.5	Het gebruik van stijghoogtegegevens ter controle van een boorbeschrijving (de getallen betreffen het gemiddelde van de gemeten stijghoogten in het filter).	32
Figuur 5.1	Gedeelte van de Thiessen-polygonenkaart en de daaruit afgeleide potentiële verbreiding van de hydrogeologische eenheid Peelo klei 1 (PE-k-1).	37
Figuur 5.2a	Trendmodellering door middel van multi-lineaire regressie.	39
Figuur 5.2b	Trendmodellering door middel van een “coarse grid” trendvlak.	39
Figuur 5.2c	Trendmodellering door middel van een deterministisch stuurvlak.	40
Figuur 5.2d	Trendmodellering door middel van “subsidence modelling”.	40
Figuur 5.3	Invloed van een breuk op de datasetselectie bij krigingberekeningen.	41

Figuur 5.4	Mogelijke geologische begrenzingen van de zandige eenheden binnen een lithostratigrafische eenheid.....	43
Figuur 6.1	Verdelingen van meetschaaldoorlatendheden van de lithoklassen veen, klei matig fijn en grof fluviatiel zand (bron: Weerts, 1995).....	46
Figuur 6.2	Frequentieverdeling van effectieve horizontale doorlatendheden van boringen in eenheid Breda zand 1 (BR-z-1, aantal boorlocaties = 591)...	50
Figuur 6.3	Kans op het voorkomen van klasse 1 (zand) in eenheid Breda zand 1 (BR-z-1) op basis van indicatorkriging.	51
Figuur 7.1	Definitie geohydrologische model.	55
Figuur 8.1	Kaartbestanden van de geometrie (A) en de hydraulische eigenschappen (B) van hydrogeologische eenheid Kreftenheye Twello klei 1 (KRTW-k-1).	60

1 Inleiding

1.1 Algemeen

Voor u ligt de rapportage behorend bij het project “Update REGIS Gegevens”. In de hierna volgende hoofdstukken worden de aanleiding en historie van het project behandeld, de filosofie behorend bij verschillende keuzes, de werkwijze én de aanpak van de verschillende processen die tot het eindproduct REGIS II hebben geleid. De rapportage houdt zich alleen bezig met de geohydrologische dataset van de ondergrond van Nederland, niet met de software die gebruikt kan worden om de informatie te visualiseren of te bewerken, aangezien de software geen onderdeel van het project “Update REGIS Gegevens” uitmaakt. Ook wordt wel naar de Landelijke geologische Kartering Nederland verwezen, er wordt niet ingegaan op de uitvoering van dat project. De nu ter beschikking gekomen hydrogeologische en geohydrologische informatie zal voor alle gebruikers van de databank DINO (Data en Informatie van de Nederlandse Ondergrond) via het Internet bereikbaar zijn onder de naam REGIS Loket.

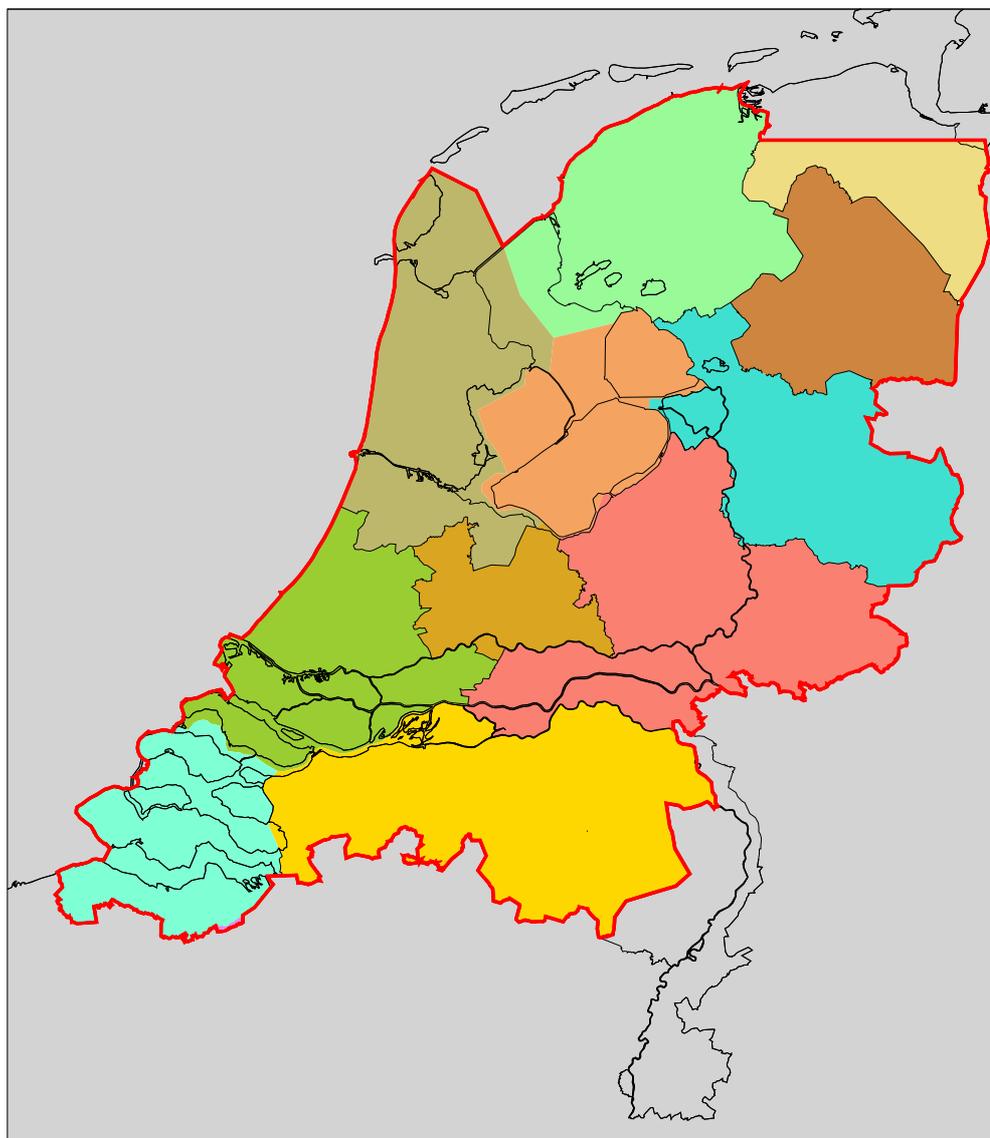
1.2 Digitale Grondwaterkaart REGIS

In het begin van de jaren '90 is TNO-NITG, in samenwerking met het Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA) en een aantal Provincies, gestart met de ontwikkeling van het REgionaal Geohydrologisch Informatie Systeem (REGIS). Sindsdien hebben ook andere Provincies besloten om in het project deel te nemen; sommige reeds in een vroeg stadium, andere pas zeer recent. Momenteel zijn alle Provincies bij REGIS betrokken.

REGIS is oorspronkelijk opgezet als een set digitale (kaart)bestanden, ook wel aangeduid als Digitale Grondwaterkaart (DGWK), die relevante hydrogeologische gegevens voor de waterbeheerder bevatten, alsmede uit programmatuur waarmee deze (kaart)bestanden kunnen worden geraadpleegd. Het resultaat hiervan is de eerste versie van REGIS, vanaf nu te noemen REGIS I, in tegenstelling tot de nu opgeleverde versie, het resultaat van de Update, nu te noemen REGIS II.

Het TNO-NITG stelde voor REGIS I op uniforme wijze per deelnemende provincie een set (kaart)bestanden samen. Het gebied dat deze (kaart)bestanden beslaan (het projectgebied) is in overleg met de betrokken provincie vastgesteld. Het projectgebied omvat meestal de gehele provincie. Een uitzondering hierop vormen Friesland en Groningen, waar het Waddengebied en delen van het vaste land (alleen Groningen) waar brak en zout grondwater ondiep voorkomen buiten het huidige projectgebied zijn gelaten. In het nu voorliggende REGIS II is gewerkt vanuit een landelijk bestand waarvan de provinciale delen onderdeel uitmaken. De (kaart)bestanden van de afzonderlijke provincies zijn dus onderdeel van één landelijk consistent bestand dat inmiddels een groot deel van Nederland beslaat.

Op bijgaande Figuur 1.1 wordt het gebied aangegeven dat in het kader van REGIS II bewerkt is. De provinciale deelgebieden zijn hierop aangegeven.



 begrenzing karteergebied

Figuur 1.1 Begrenzing karteergebied REGIS II.

1.3 Achtergronden project “Update REGIS Gegevens”

Na het vervaardigen van de (kaart)bestanden in de periode 1990-1998, met als resultaat de eerste versie van REGIS, was voorzien in een onderhoudsfase, zie Boswinkel en Broers, 1990¹. Boswinkel en Broers, 1990, omschrijven het geohydrologische onderhoud als “het verzamelen en invoeren van nieuwe gegevens en het aanpassen van de ruimtelijk gegenereerde informatie”.

¹ Dit rapport is in het verleden aangehaald als rapport OS 90-57-B.

De notitie “Onderhoud REGIS Gegevens en Kaartbestanden” van Schoute en Vernes, 1998, gaf een uitgebreidere omschrijving van werkzaamheden die in het kader van de onderhoudsfase zouden kunnen worden uitgevoerd met betrekking tot de (kaart)-bestanden. Belangrijke punten waren:

- Het verbeteren van de in het systeem opgenomen basisgegevens.
- Het actualiseren/aanpassen van de afgeleide gegevens (m.n. kaarten) op grond van de verbeterde en aangevulde basisgegevens.
- Het verbeteren van inconsistenties en onvolkomenheden in de afgeleide gegevens.
- Het verbeteren van de afgeleide gegevens door toepassing van verbeterde methodieken en hulpmiddelen.

Het is voor de verschillende gebruikersgroepen van informatie uitermate belangrijk dat er algemene consensus bestaat ten aanzien van de juistheid van de (kaart)bestanden. Vandaar dat er naar gestreefd is om de (kaart)bestanden van de eerste versie van REGIS (REGIS I) per provincie te laten beoordelen door een kwaliteitsevaluatiecommissie (KEC), waarin gebiedsdeskundigen zitting hadden. Naast een beoordeling van de kwaliteit van de (kaart)bestanden hebben deze KEC's ook kunnen vaststellen welke aanvullingen en verbeteringen in de onderhoudsfase gewenst waren.

De bevindingen van de KEC's in combinatie met de voorstellen van o.a. Schoute en Vernes, 1998, hebben geleid tot het voorstel “Notitie betreffende het onderhoud van REGIS”, zie Vernes et al., 1999.

Deze notitie is onderwerp van gesprek geweest bij het opzetten van nieuwe overeenkomsten tussen RIZA, de Provincies en TNO-NITG voor de periode 1999-2003. Uit deze besprekingen zijn een raamovereenkomst en een 6-tal deelovereenkomsten voortgekomen die tussen de Provincies en TNO-NITG zijn gesloten. Naast het gebruik van gegevens uit REGIS, de toenmalige software en het stimuleren van het gebruik van REGIS werd in een deelovereenkomst de “Update REGIS Gegevens” vastgelegd.

De nu opgeleverde dataset REGIS II is het resultaat van deze overeenkomst tussen de Provincies en TNO-NITG, waarbij opgemerkt dient te worden dat ook RIZA, alhoewel geen contractpartner in deze overeenkomst, in belangrijke mate heeft bijgedragen aan de totstandkoming van het resultaat.

Uit de eerder genoemde notitie werd een aantal voorgestelde projectonderdelen niet overgenomen, zoals het meenemen van nieuwe boringen, de zoet-zout kartering en de thematische kaarten. Doelstelling was op basis van het verbeteren van interpretaties van gebruikte boringen REGIS I te verbeteren.

De onderhoudsperiode werd opgestart uitgaande van het in REGIS I ontwikkelde gidslagenmodel (dat voornamelijk de scheidende of weerstandsbiedende lagen bevatte).

1.4 Landelijke geologische Kartering Nederland

Begin 2000 werd duidelijk dat binnen de toenmalige afdeling Geo-Kartering van TNO-NITG aan de invoering van een nieuwe, lithostratigrafische indeling² van de ondergrond van Nederland gewerkt werd, zie Weerts et al., 2000.

Deze nieuwe indeling heeft als groot voordeel dat er een directe relatie bestaat tussen de onderscheiden lithostratigrafische eenheden en de samenstelling en opbouw van de sedimenten van deze eenheden. Hierdoor is een eenduidige karakterisatie van onder andere de hydraulische eigenschappen van deze sedimenten mogelijk geworden. Invoering van de nieuwe indeling had echter tot gevolg dat oude, langdurig in gebruik zijnde namen soms vervangen moesten worden door nieuwe namen, zodat de indeling in overeenstemming zou zijn met de internationale richtlijnen op dit gebied. De gidslaagaanduidingen van REGIS I, die gekoppeld waren aan de oude geologische indeling, dreigden hierdoor hun relatie met de geologische indeling te verliezen. Ook de geologische interpretaties van de boringen waarop het gidslagenmodel van REGIS I gebaseerd was, zouden bij invoering van de nieuwe indeling, achterhaald zijn.

Aansluitend op de nieuwe lithostratigrafische indeling werd in 2000 de Landelijke geologische Kartering van Nederland (LKN), schaal 1:250.000, opgestart. De beslissing om deze kartering op te starten was gebaseerd op de visie dat Nederland behoefte heeft aan een landsdekkend beeld van de ondergrond tot een diepte van ca. 500 meter en dat de op dat moment in uitvoering zijnde kartering (Geologische kaart van Nederland 1:50.000) een te lang tijdpad besloeg om die behoefte te dekken. Lange tijd waren de geologische kartering en het kaartproduct synoniem. Door een toegenomen besef binnen de Nederlandse samenleving omtrent het belang van de ondergrond en door nieuwe technologische ontwikkelingen, is duidelijk geworden dat het vergaren van integrale geologische kennis, gekoppeld aan een geografische positie, in feite het belangrijkste doel van een kartering is.

Binnen het project werd in eerste instantie een lithostratigrafisch model ontwikkeld (gebaseerd op gesteente-eigenschappen) dat een raamwerk vormt voor 3D lagenmodellen van specifieke eigenschappen van de bodem. Hierbij moet gedacht worden aan bijvoorbeeld winning van oppervlakte delfstoffen, hydrologische en geomechanische toepassingen.

Het karterproces zoals dat in de LKN werd en wordt uitgevoerd is een iteratief proces van het uitbreiden (verdichten) van de set van geïnterpreteerde boringen en het verbeteren van de gridkaarten en het lagenmodel. Het afronden van de eerste versie van het landelijk lithostratigrafische lagenmodel was voorzien voor 2003.

Relatie met REGIS II

De ontwikkelingen rond de nieuwe lithostratigrafische indeling en LKN zouden bij gelijkblijvende planning voor REGIS II tot gevolg hebben gehad dat er eind 2003 een hydrogeologisch model opgeleverd zou worden dat niet conform het dan opgeleverde geologisch model van LKN zou zijn en zelfs qua toegepaste terminologie uit de pas zou lopen. Aan de Klankbordgroep REGIS is vanaf begin 2000 voorgelegd wat de inhoudelijke winst zou zijn als het hydrogeologische ondergrondmodel van REGIS II gebruik zou maken van de inspanningen binnen het LKN-team van TNO door hun

² Bij een lithostratigrafische indeling worden sedimentpakketten geordend op grond van macroscopisch waarneembare lithologische eigenschappen en stratigrafische positie. Onder stratigrafische positie wordt de ruimtelijke positie verstaan die een sedimentpakket ten opzichte van andere sedimentpakketten inneemt.

geologisch model als uitgangspunt te nemen. Binnen het klankbordoverleg werd de waarde van deze vernieuwende aanpak ingezien.

Uiteindelijk zijn de werkzaamheden binnen het project “Update REGIS gegevens” sterk geënt op de werkzaamheden van de LKN. Een belangrijk voordeel van deze werkwijze is het feit dat nu in REGIS II een consistent geologisch model benut is. Een optredend nadeel was de afhankelijkheid die ontstond tussen de beide projecten, waarbij vertraging bij het ene project tot vertraging bij het andere leidde.

1.5 Projectorganisatie

Vanaf het begin van REGIS in 1990 is voorzien in een aantal commissies, die het gehele proces van vervaardiging van REGIS zouden begeleiden. Er werd een Beheerscommissie REGIS ingesteld met een toezichthoudende functie, die een directe relatie onderhield met de Hoofden Water (AAW) van het InterProvinciaal Overleg (IPO). Daarnaast werd een Klankbordgroep REGIS ingesteld waarin vooral de inhoudelijk betrokken medewerkers van Provincies en RIZA zitting namen. Gepland was om per provincie een soort begeleidingsgroep in te stellen. Deze laatste is door de oorspronkelijke 10 Provincies niet ingesteld, eerst bij de provincie Zeeland is dit voornemen tot uitvoer gebracht. De eerder vermeldde KEC's hebben deze taakstelling naderhand in de voorbereiding op het project “Update REGIS gegevens” alsnog op zich genomen. Door de Beheerscommissie REGIS werd ter voorbereiding van het project een werkgroep in het leven geroepen onder meer belast met de uitwerking van de contracten.

In de hierna volgende alinea's is de taakstelling van de commissies weergegeven zoals contractueel vastgelegd.

- Beheerscommissie REGIS: de commissie wordt gevormd door een drietal vertegenwoordigers van de Provincies die zitting hebben in de Klankbordgroep REGIS, een vertegenwoordiger van RIZA en twee vertegenwoordigers van TNO. De commissie komt in beginsel twee maal per jaar bijeen. De commissie heeft tot taak besluiten omtrent voortgang van de ontwikkeling van REGIS en over de financiering daarvan te nemen, gehoord hebbende de adviezen van de Klankbordgroep REGIS. Het voorzitterschap en secretariaat van de Beheerscommissie wordt verzorgd door vertegenwoordigers van de Provincies in de Klankbordgroep REGIS. De taakomschrijving van de Beheerscommissie REGIS, ook wel genoemd de Landelijke Commissie van Begeleiding, is vastgelegd in OS-90-57-B, het basisdocument van REGIS.
- Klankbordgroep REGIS: het collectief van vertegenwoordigers van alle Provincies die zijn betrokken bij de ontwikkeling van REGIS, RIZA en TNO dat technisch inhoudelijk de ontwikkeling van de applicatie REGIS en de gegevensbestand REGIS begeleidt. De Klankbordgroep adviseert de Beheerscommissie REGIS en komt in beginsel eenmaal per kwartaal bijeen. De Klankbordgroep kan zich ad hoc door enkele leden laten vertegenwoordigen. Het voorzitterschap en secretariaat van de Klankbordgroep wordt verzorgd door TNO (sinds 2003 berust het voorzitterschap en het secretariaat bij de Provincies).
- KwaliteitsEvaluatieCommissie REGIS (KEC): een commissie welke wordt gevormd door gebruikers van de REGIS-gegevens in elke provincie. Elke provincie stelt een KEC samen welke kan worden bijgestaan door geologisch en geohydrologisch gespecialiseerde medewerkers van TNO. De KEC vormt een mening over de kwa-

liteit van het (bewerkte) databestand betreffende een provincie en adviseert over te realiseren verbeteringen aan de REGIS Gegevens.

- AAW: de Algemene Adviesgroep Water. Hierin heeft voor iedere provincie zitting het hoofd van de afdeling Water. De adviesgroep komt *maandelijks* bijeen. AAW laat zich voor wat betreft REGIS adviseren door de provinciale vertegenwoordigers in de Beheerscommissie REGIS. De AAW neemt beslissingen aangaande de provinciale betrokkenheid bij REGIS.

Aan de zijde van TNO-NITG is gedurende de afgelopen jaren door een groot aantal medewerkers aan het project gewerkt. Voor het LKN project, dat de basis voor het project leverde, werden meer dan 20 geologisch georiënteerde medewerkers van TNO-NITG ingezet. De medewerkers die vanuit de invalshoek van de hydrogeologie betrokken waren vormden de vaste kern van het “Update”-team. De heren ing. E. de Heer (Noord-Nederland), H. Houtman (Oost-Nederland), ing. C.M.L. Cornelissen (Centraal- en West-Nederland), ing. H.J. Hummelman (Zuid-Nederland) en ir. R.W. Vernes (Zeeland) functioneerden in deze als regiospecialisten.

Ir. R.W. Vernes voerde ook de dagelijkse leiding over het project “Update REGIS Gegevens”. Dr.ir. N. Kukuric heeft de dagelijkse leiding over de ontwikkeling van het eerder genoemde REGIS Loket gevoerd. Drs. Th.H.M. van Doorn droeg de verantwoordelijkheid voor het gehele REGIS-project.

1.6 Opbouw van het rapport

In de hierna volgende hoofdstukken en paragrafen wordt beschreven wat de filosofie achter de uitvoering van het project “Update REGIS Gegevens” is. Hierbij is de overgang van het gidslagenmodel naar een model met hydrogeologische eenheden het meest in het oog springend. Dit wordt beschreven in **Hoofdstuk 2**.

Hoofdstuk 3 beschrijft de gevolgde werkwijze waarbij onder meer ingegaan wordt op de voor het project gebruikte basisgegevens. Door de toepassing van de gegevens uit de LKN (zie hoofdstuk 1) is de basisset van gegevens voor het project Update REGIS uiteindelijk aanzienlijk breder geworden dan de oorspronkelijk geselecteerde set boringen zoals vermeld in Vernes et al., 1999.

In **hoofdstuk 4** wordt het proces beschreven hoe de geologische gegevens uit de boringen vertaald worden in hydrogeologische gegevens. De nieuwe lithostratigrafie zoals toegepast binnen het project LKN leverde nieuwe uitgangspunten op voor de hydrogeologische kartering. De overgang van lithostratigrafie via lithoklassen naar hydroklassen wordt in dit hoofdstuk uitvoerig beschreven. Dit proces wordt belicht vanuit het perspectief van de basisgegevens: de boringen.

Hoofdstuk 5 laat vervolgens zien hoe de samenhang van de boorgegevens wordt vertaald naar ruimtelijke informatie. Hier worden de puntgegevens of kolomgegevens, de geïnterpreteerde boringen, met elkaar in relatie gebracht om vlakgegevens en ruimtelijke beelden van de ondergrond te kunnen vervaardigen. In de eerste paragrafen wordt aandacht besteed aan de kleiige, venige en complexe eenheden. In het laatste deel van dit hoofdstuk worden de zandige eenheden besproken. Hier wordt ook aandacht besteed aan het gebruik van hypothetische grensvlakken, een in deze versie van REGIS II nieuwe aanpak die op verzoek van de Provincies in de laatste fase van het project ingevoerd is.

Hoofdstuk 6 is volledig toegespitst op de parameters die binnen de verschillende hydrogeologische eenheden van toepassing zijn. Ook hier is een vernieuwde aanpak gebruikt, waardoor de nu verkregen parameters de werkelijkheid dichter benaderen dan in de eerste versie van REGIS. Een belangrijke hulp in deze is het promotiewerk geweest van twee medewerkers van TNO-NITG, prof.dr. ir. M.F.P. Bierkens en dr. H.J.T. Weerts. Hun expertise op dit terrein heeft het parameterbeeld van de eerste versie van REGIS, die vooral op empirische gronden gebaseerd was, naar een wetenschappelijk onderbouwd parameterbeeld gebracht, hetgeen in de projectinformatie duidelijk tot uiting komt.

Hoofdstuk 7 behandelt de geohydrologische schematisatie van de ondergrond per provincie. Voor deze aanpak is gekozen omdat één landelijke schematisatie in watervoerende pakketten en scheidende lagen geen realistische aanpak is, gezien de grote variatie van provincie tot provincie. De toegepaste schematisaties zijn, ondanks een veel complexer REGIS II, in overleg met de Provincies zoveel mogelijk geënt op de gangbare schematisatie, onder meer om verwarring bij het gebruik ervan te voorkomen.

Het rapport wordt afgerond met een korte opsomming van de resultaten in **hoofdstuk 8**, en met verwijzingen naar de gebruikte literatuur in **hoofdstuk 9**.

Het rapport bevat geen verantwoording van de nieuwe lithostratigrafische indeling en van de werkzaamheden van de LKN. Hiervoor wordt verwezen naar rapportage aangaande de keuzes die binnen de werkgroep Lithostratigrafie van TNO-NITG gemaakt zijn, zie hiervoor Weerts et al., 2000. Deze rapportage is aan de Provincies toegestuurd. De gehanteerde lithostratigrafische indeling is ook te vinden op de website van TNO-NITG: <http://dinolks01.nitg.tno.nl/dinoLks/download/standards.jsp>.

2 Van gidslaag naar hydrogeologische eenheid

2.1 Noodzaak verbetering gidslaagconcept

Ter voorbereiding op de onderhoudsfase is door Vernes et al., 1999, onderzoek gedaan naar de aard en omvang van de noodzakelijk en wenselijk geachte onderhoudswerkzaamheden. Daarnaast hebben als onderdeel van het project "Update REGIS Gegevens" provinciegewijs evaluaties plaatsgevonden van de kwaliteit van de kaartbestanden van de dataset REGIS I.

Uit deze onderzoeken is gebleken dat de aard en de kwaliteit van de (kaart)bestanden van het gidslagenmodel en het daaruit afgeleide geohydrologische model niet altijd beantwoordt aan de wensen van gebruikers. Een deel van de geconstateerde tekortkomingen hangt samen met het gidslaagconcept en de bij het interpreteren en karteren van de gidslagen gevolgde werkwijze. Belangrijke noodzakelijk geachte verbeteringen met betrekking tot het gidslagenmodel betreffen:

- Het maken van een directe koppeling tussen geologische en "hydrogeologische eenheden" die in de naamgeving van de "hydrogeologische eenheden" tot uiting dient te komen.
- Het benoemen van zowel de gidslagen, als de tussenliggende veelal zandige afzettingen.
- Het tegengaan van aggregatie van verschillende lithostratigrafische en lithologische eenheden binnen eenzelfde "hydrogeologische eenheid".
- De gevolgde werkwijze dient transparant en reproduceerbaar te zijn.

Daarnaast is geconcludeerd dat de wijze waarop in REGIS I kaartbestanden van de hydraulische eigenschappen van de ondergrond zijn vervaardigd, verbeterd dient te worden. Belangrijke aandachtspunten zijn:

- De methodiek waarmee de kaartbestanden worden vervaardigd, dient inzichtelijk en verifieerbaar te zijn. In het bijzonder dient aandacht te worden besteed aan de parametrisatie van slecht doorlatende afzettingen.
- De parametrisatie dient op het niveau van de gidslagen plaats te vinden in plaats van op het niveau van de geohydrologische eenheden zoals in REGIS I is gedaan.

2.2 Naar hydrogeologische eenheid en hydrogeologisch model

De noodzakelijk geachte verbeteringen grijpen sterk in op het oorspronkelijke gidslaagconcept en impliceren feitelijk een volledige herziening van dit concept. Binnen een nieuw concept zijn de termen "gidslaag" en "gidslagenmodel" niet meer te handhaven. Deze termen zijn daarom in de dataset REGIS II komen te vervallen en vervangen door "hydrogeologische eenheid" en "hydrogeologisch model".

Een hydrogeologische eenheid wordt, naar de Duitse definitie (zie Ad-Hoc-Arbeitsgruppe Hydrogeologie, 1997), gedefinieerd als:

"Een gesteentelichaam dat op grond van petrografie (gesteentesamenstelling en -eigenschappen), textuur of structuur binnen vastgestelde bandbreedten uniforme

hydrogeologische eigenschappen vertoont en door laaggrenzen, faciesgrenzen, erosieranden of breuken wordt begrensd."

Een hydrogeologisch model wordt binnen dit project gedefinieerd als:

"Een ruimtelijke interpretatie van de ondergrond in hydrogeologische eenheden."

Zoals door Ad-Hoc-Arbeitsgruppe Hydrogeologie, 1997, is aangegeven, kunnen hydrogeologische eenheden op grond van diverse hydrogeologische eigenschappen worden geclassificeerd. Overeenkomstig de uitgangspunten die ten grondslag hebben gelegen aan het gidslaagconcept, zal de doorlatendheid als belangrijkste parameter worden gehanteerd voor het onderscheiden van hydrogeologische eenheden. Opgemerkt dient te worden dat hierbij de bandbreedte, waarbinnen een gesteentelichaam als homogeen wordt beschouwd, in sterke mate afhankelijk is van de bewerkings- en presentatieschaal.

In navolging van Weerts, 1996, zullen hydrogeologische eenheden worden onderscheiden op grond van de volgende criteria:

Lithostratigrafische eenheden

Een hydrogeologische eenheid maakt onderdeel uit van een lithostratigrafische eenheid of valt daar mee samen. Een hydrogeologische eenheid kan derhalve niet uit meerdere lithostratigrafische eenheden zijn opgebouwd. Door het hanteren van dit criterium wordt de consistentie tussen het geologische en hydrogeologische ondergrondmodel gewaarborgd.

Lithologische klassen

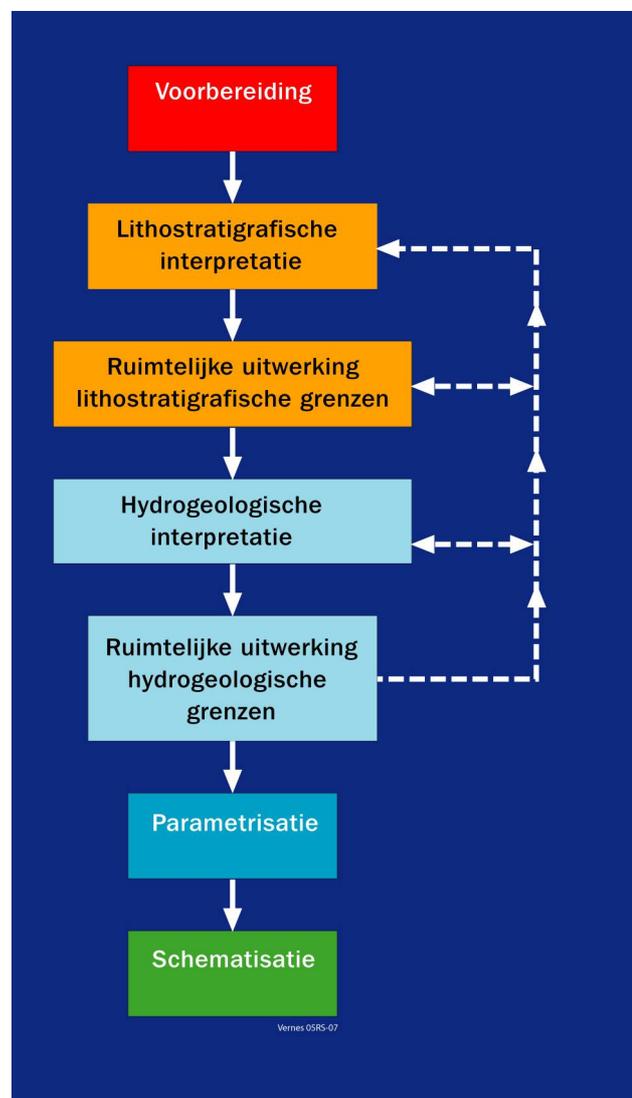
Een hydrogeologische eenheid valt samen met een in het veld herkenbare lithologische klasse die te relateren is aan een type of een combinatie van afzettingen (facies) binnen een lithostratigrafische eenheid. De onderscheiden lithologische klassen moeten vanuit geohydrologisch perspectief zinvol zijn, dat wil zeggen dat ze statistisch aantoonbaar verschillen in doorlatendheid (mediaan, variantie).

3 Werkwijze

3.1 Algemene beschrijving gevolgde werkwijze

Bij de uitvoering van het project "Update REGIS Gegevens" kunnen de volgende hoofdactiviteiten worden onderscheiden, zie Figuur 3.1:

- Voorbereiding.
- Geologische interpretatie.
- Hydrogeologische interpretatie en karakterisatie.
- Geohydrologische schematisatie.



Figuur 3.1 Algemeen overzicht van activiteiten.

Voorbereiding

De voorbereiding omvat activiteiten zoals de selectie van basisgegevens en het vervaardigen van enkele relevante (kaart)bestanden, bijvoorbeeld van maaiveld- en waterbodemhoogten.

Geologische interpretatie

De geologische interpretatie omvat het geheel van activiteiten rond de litho-stratigrafische interpretatie van de basisgegevens en de vervaardiging van een 2,5D lithostratigrafisch model van de Nederlandse ondergrond. Deze activiteiten zijn uitgevoerd als onderdeel van het project Landelijke Kartering Nederland. De resultaten vormen de basis voor de hydrogeologische interpretatie en karakterisatie.

Hydrogeologische interpretatie en karakterisatie

Deze hoofdactiviteit kan worden onderverdeeld in:

- De hydrogeologische interpretatie van de basisgegevens.
- Het vervaardigen van een 2,5D hydrogeologische model van de ondergrond binnen het REGIS-projectgebied.
- De parametrisatie van de hydrogeologische eenheden.

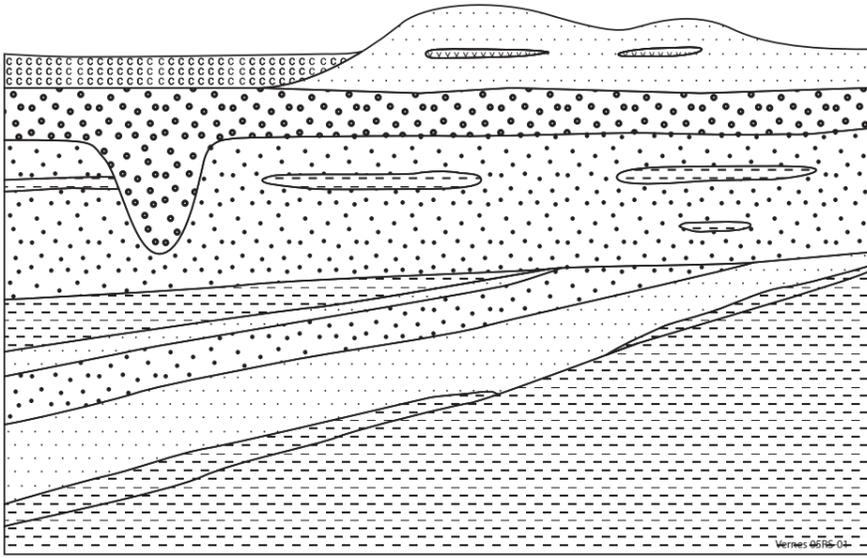
De resultaten van deze activiteit vormen op hun beurt weer het uitgangspunt voor de geohydrologische schematisatie.

Geohydrologische schematisatie

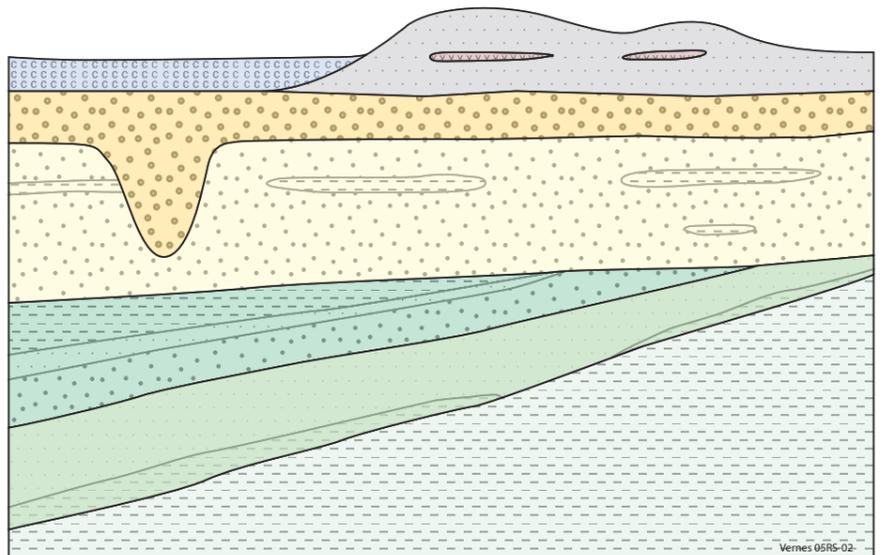
Waterbeheerders hanteren een schematisatie van de ondergrond in watervoerende en slecht doorlatende lagen. Uitgaande van het hydrogeologische model en de binnen de Provincies gehanteerde regionale schematisaties, is per provincie een geohydrologisch model vervaardigd.

Figuur 3.2 toont het onderlinge verband tussen de resultaten van deze activiteiten.

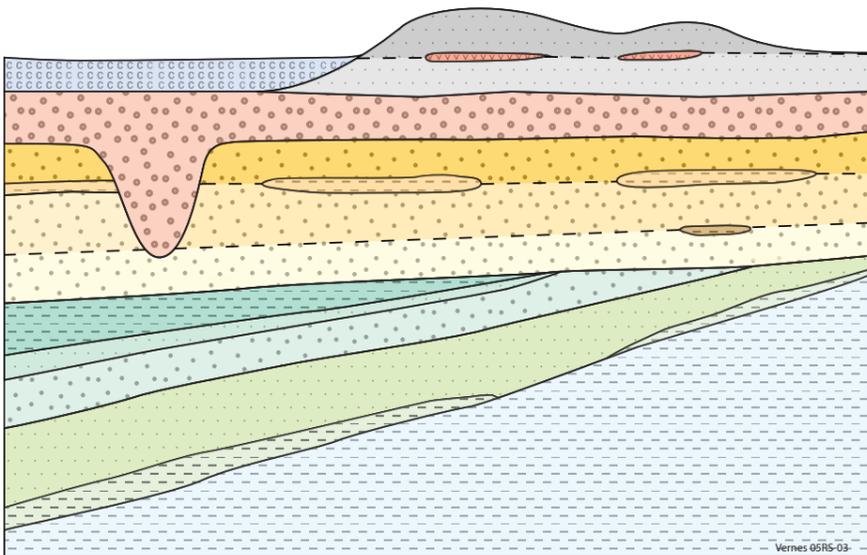
A: Lithologie



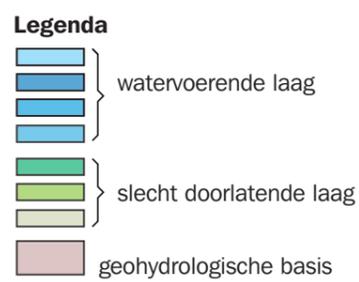
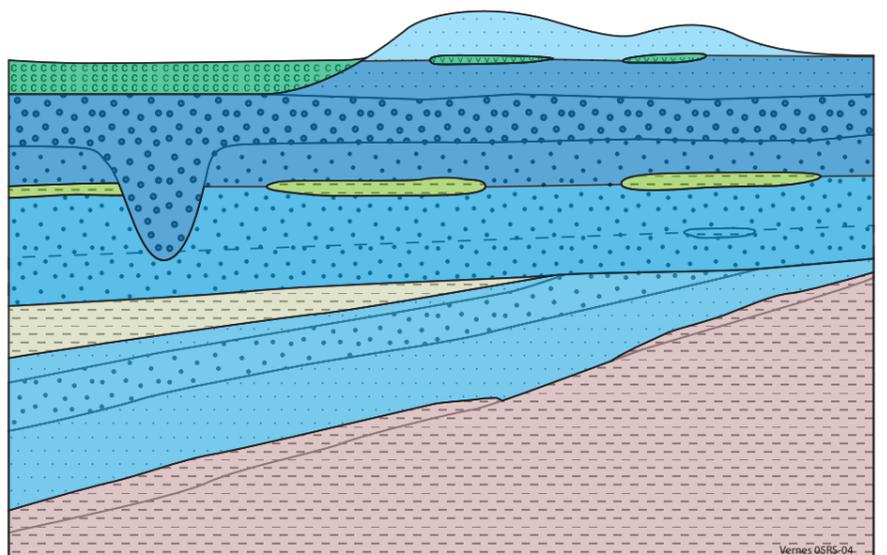
B: Geologie



C: Hydrogeologie



D: Geohydrologie



Figuur 3.2 Schematische weergave van de verschillende interpretatiestappen die doorlopen worden bij het karterproces A: Lithologische opbouw van de ondergrond, B: Geologische interpretatie, C: Hydrogeologische interpretatie en karakterisatie, D: Geohydrologische schematisatie.

3.2 Voorbereiding

Onder de voorbereiding vallen de volgende activiteiten:

- Het vervaardigen van enkele algemene kaartbestanden zoals de begrenzing van het projectgebied.
- Het samenstellen van een selectieset van te interpreteren matig diepe boringen.
- Het vervaardigen van een maaiveld- en waterbodemoogtegrid van het projectgebied.
- Het vervaardigen van een overzicht van put- en pompproeven.

3.2.1 *Selectieset van boorgegevens*

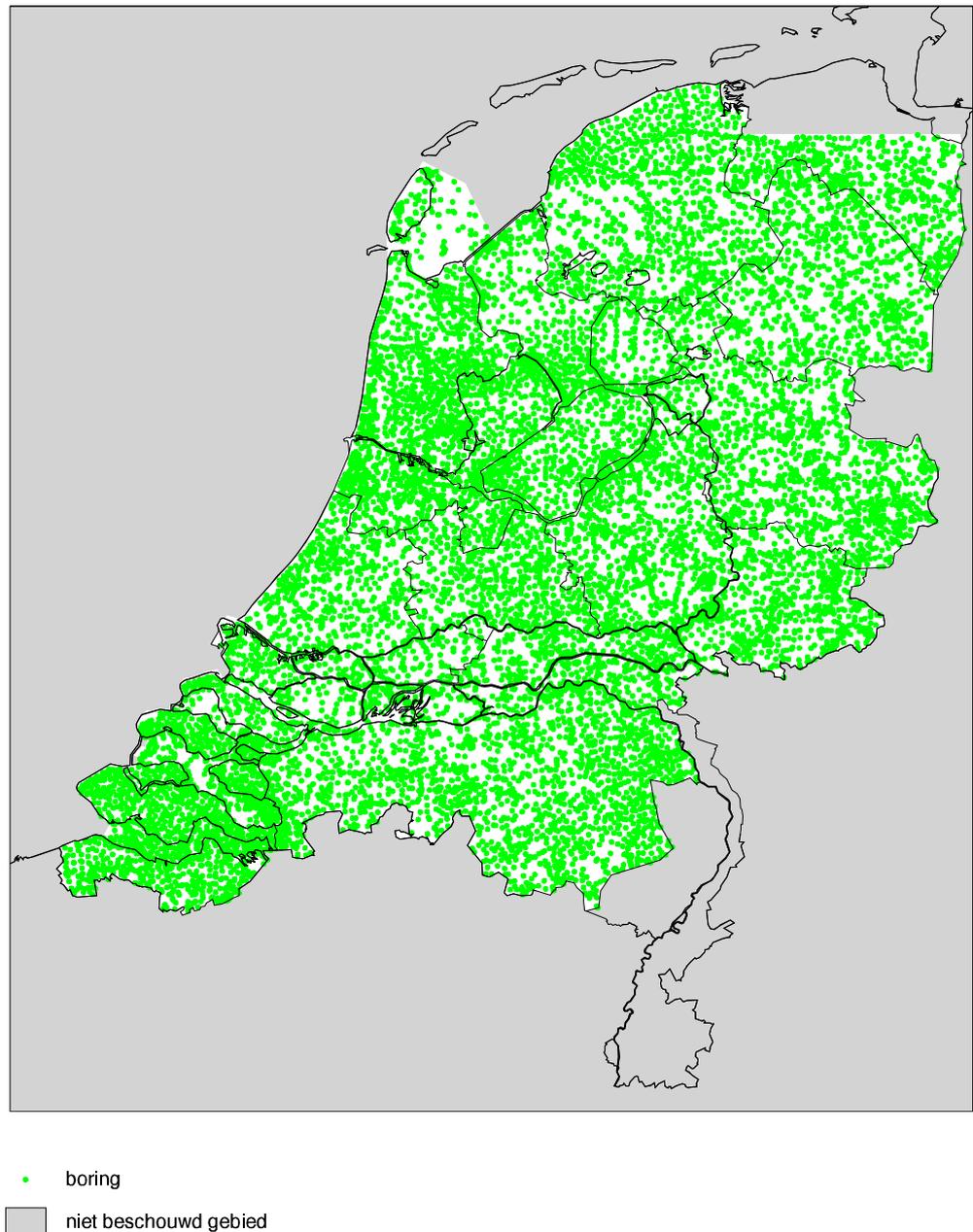
De matig diepe boringen³ uit de databank DINO van TNO-NITG vormen de belangrijkste basisgegevens bij de totstandkoming van zowel het lithostratigrafische als het hydrogeologische model. De kwaliteit van de boorgegevens in deze database is zeer heterogeen. Bij boorbeschrijvingen zijn de gebruikte boormethode, de monster-namemethode en de kwaliteit van de monsterbeschrijving van belang. Afhankelijk hiervan kunnen relevante kenmerken of zelfs lagen in de boorbeschrijving ontbreken hetgeen van invloed is op de betrouwbaarheid van de lithostratigrafische en/of hydrogeologische interpretatie.

In tegenstelling tot REGIS I is daarom uitgegaan van een selectieset van boringen. Deze selectieset is als volgt opgebouwd:

- Een selectieset van kapstokboringen die de best beschreven en diepste boringen uit DINO omvat. Hierbij is een dichtheid van 35 ruimtelijk homogeen verdeelde boringen per 1:25.000 kaartblad (= 125 km²) nagestreefd. Deze boringen vormen de kern van de selectieset.
- Een set van aanvullende boringen ter plaatse van belangrijke hydrologische locaties, te weten de provinciale primaire grondwaterstandsm Meetpunten, de locaties van vergunningsplichtige grondwateronttrekkingen en de locaties waar put- of pompproeven zijn uitgevoerd. Voorwaarde is wel dat van deze locaties boorgegevens in DINO aanwezig zijn en dat de boorbeschrijvingen kwalitatief voldoende zijn.
- Een set van aanvullende boringen in probleemgebieden, dat wil zeggen gebieden die geologisch en/of hydrogeologisch als complex worden ervaren. Hiertoe worden de volgende gebieden gerekend:
 - Het verbreidingsgebied van de Formatie van Peelo.
 - De glaciële bekkens en de randen langs deze bekkens in Midden-Nederland.
 - Een tweetal sterk door breuken beïnvloede gebieden in de provincie Noord-Brabant, die zich uitstrekken tot in de provincies Zuid-Holland, Utrecht en Gelderland.
 - De door diepe Holocene geulen doorsneden Zeeuwsche delta.
 - Een gebied in Zuidoost-Drenthe.
 - Een gebied in het noordwestelijke deel van Zuid-Holland.

In totaal omvat de selectieset ca. 14.500 matig diepe boringen, zie Figuur 3.3. Binnen het projectgebied komen enkele gebieden voor waar de dichtheid aan kwalitatief goede, diepe boringen in de databank DINO laag is.

³ Matig diepe boringen zijn mechanische boringen meestal dieper dan 10 meter en ondieper dan 1000 meter.



Figuur 3.3 Selectieset van matig diepe boringen van REGIS II.

3.2.2 *Kaartbestand van maaiveld- en waterbodemoogten*

De bovenkant van alle modellen, lithostratigrafisch, hydrogeologisch en geohydrologisch, wordt gevormd door het "maaiveld". Het "maaiveld" komt overeen met de bovenkant van de klastische sedimenten en bestaat feitelijk uit een "land" en een "water" gedeelte. Ten behoeve van de modellen dient dan ook een gecombineerd maaiveld- en waterbodemoogtebestand beschikbaar te zijn.

Uitgaande van de standaardresolutie van 100 meter die binnen REGIS wordt gehanteerd, zijn alle wateren breder dan 50 meter als relevant aangemerkt. Een

inventarisatie van relevante wateren is aansluitend per provincie uitgevoerd op basis van de Topografische kaart van Nederland 1:50.000.

Waterbodemoogteinformatie van de Rijkswateren is door TNO-NITG ingewonnen. Van de overige relevante wateren zijn de gegevens, voor zover mogelijk, door de Provincies zelf, of in opdracht van de Provincies door TNO-NITG verzameld. Van een deel van deze wateren beschikken ook de beheerders niet over gegevens of konden de Provincies deze gegevens niet aanleveren.

De aard en nauwkeurigheid van de beschikbare bodemoogte-informatie is zeer divers. Afhankelijk van de aard van de gegevens zijn ze op verschillende manieren omgezet naar een grid met een resolutie van 100 meter. Voor wateren waarvan geen gegevens beschikbaar waren, zijn geschatte diepten aangehouden. Hierbij zijn de in Tabel 3.1 vermelde diepteklassen aangehouden.

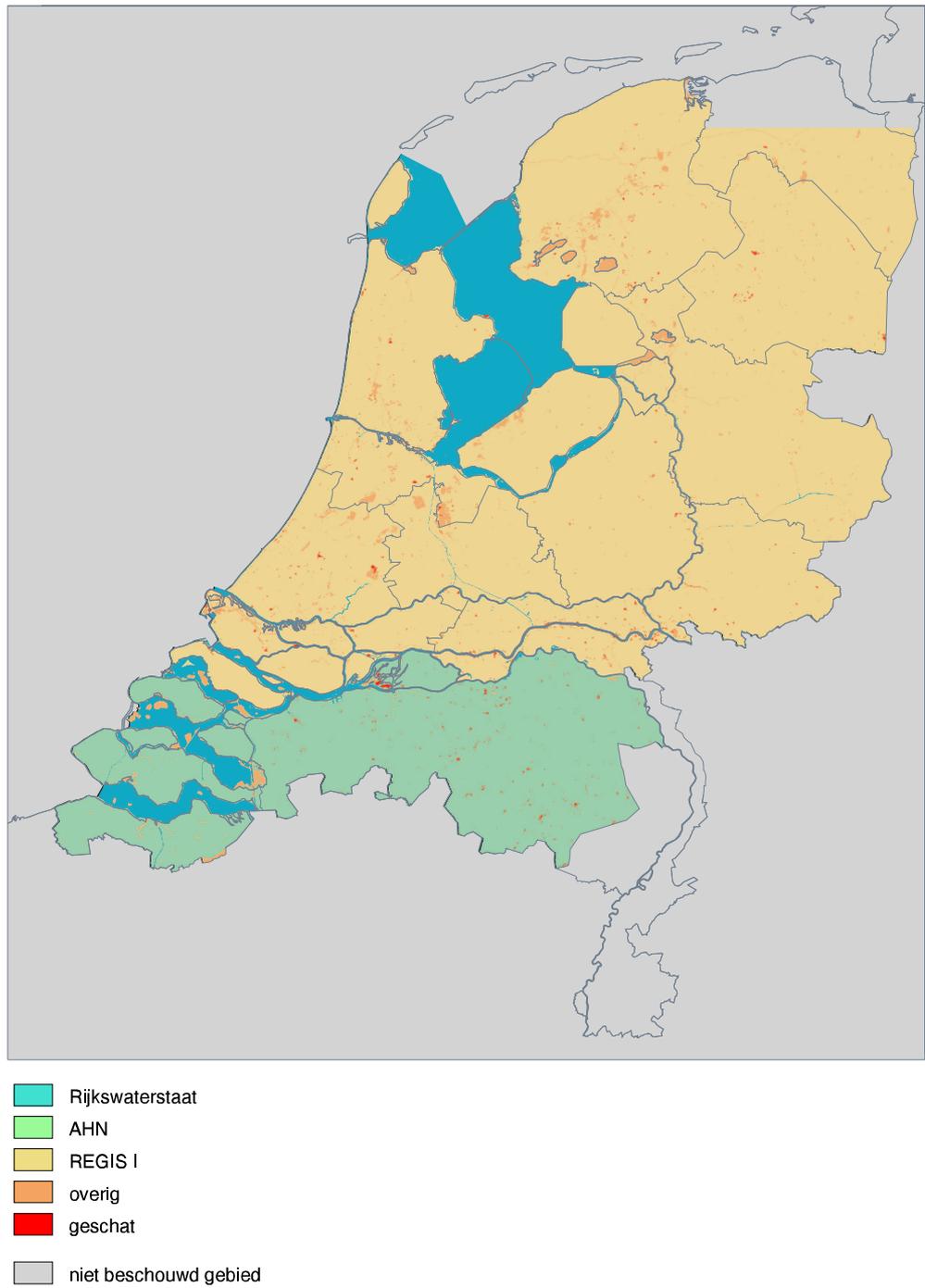
Tabel 3.1 Geschatte waterdiepten voor oppervlaktewateren waarvan geen waterbodem-hoogtegegevens konden worden verzameld.

Klasse	Waterdiepte (m)
ondiep	1
ondiep - middeldiep	3
middeldiep	6
middeldiep - diep	10
diep	15

Op basis van de gemiddelde maaiveldhoogte van de oevers en een arbitraire hoogte van de oever van 0,5 m ten opzichte van het waterpeil zijn deze diepten naar NAP-hoogten omgerekend.

Het land deel omvat het overige deel van het REGIS-gebied. In het kader van het project "Update REGIS Gegevens" is om uiteenlopende redenen door de Provincies besloten om vooralsnog het bestaande maaiveldhoogtegrid van REGIS I, dat gebaseerd is op de hoogtepunten uit de Topografische kaart 1:25.000, als uitgangspunt te blijven gebruiken. Door de geringe gegevensdichtheid, de veelal oude terreingegevens en de gebruikte interpolatiemethode is de nauwkeurigheid van dit grid echter beperkt. Om die reden heeft de Provincie Noord-Brabant TNO-NITG aanvullend opdracht gegeven om op basis van het Aktueel Hoogtebestand Nederland (AHN) een nieuw maaiveldshoogtegrid samen te stellen. Ook voor Zeeland is het AHN als basis gebruikt. Over de wijze waarop het AHN in deze provincies is bewerkt wordt apart gerapporteerd.

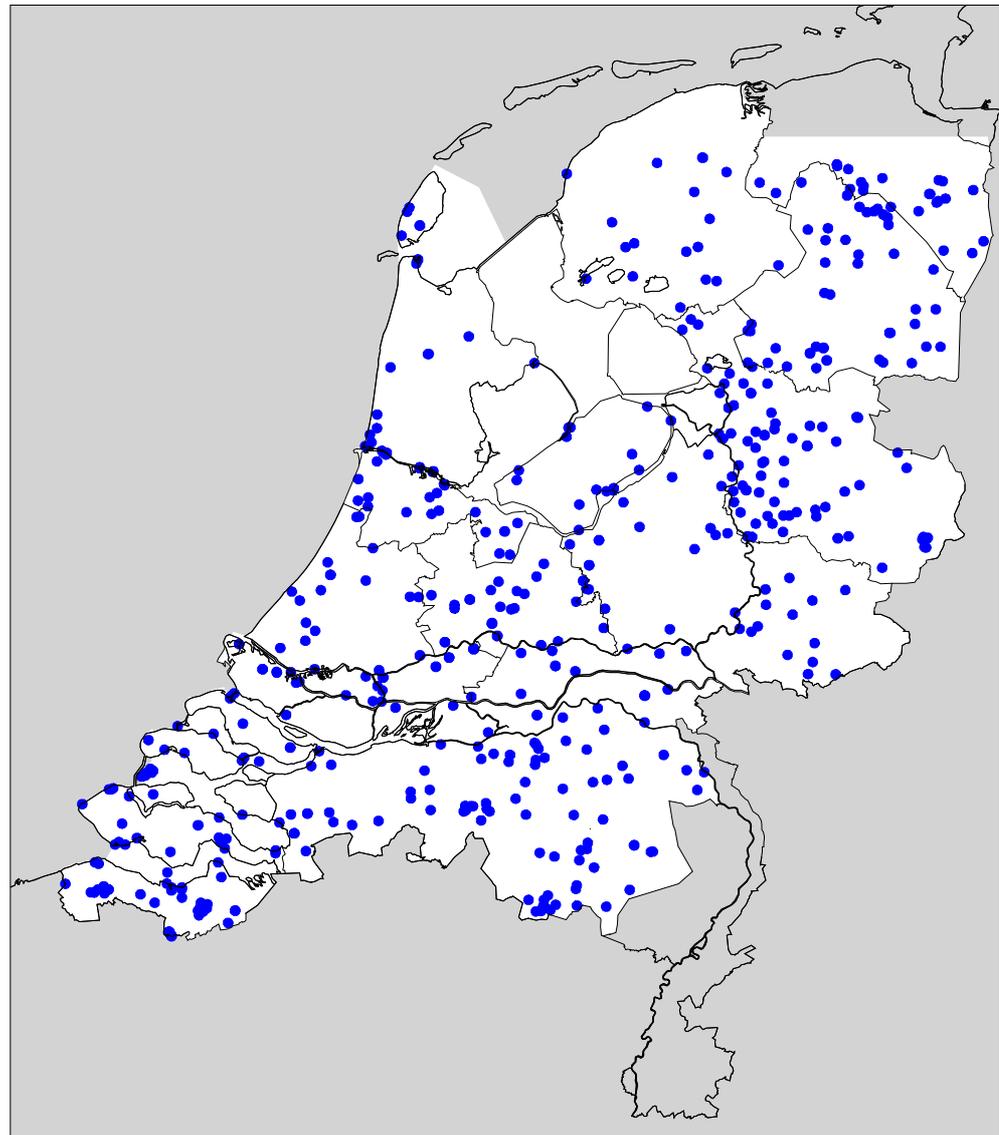
Figuur 3.4 geeft voor het REGIS-gebied de herkomst van de gebruikte basisgegevens weer.



Figuur 3.4 Herkomst basisgegevens van het maaiveld- en waterbodemoogtebestand.

3.2.3 Bestand van put- en pompproeven

Voor het REGIS-gebied is in samenwerking met de Provincies en met waterleidingbedrijven een inventarisatie van put- en pompproeven uitgevoerd. De resultaten van deze inventarisatie zijn vastgelegd in een digitaal bestand. Dit bestand omvat in totaal 534 verschillende locaties, zie Figuur 3.5.



- put- of pompproef
- niet beschouwd gebied

Figuur 3.5 Locaties van de geïnventariseerde put- en pompproeven.

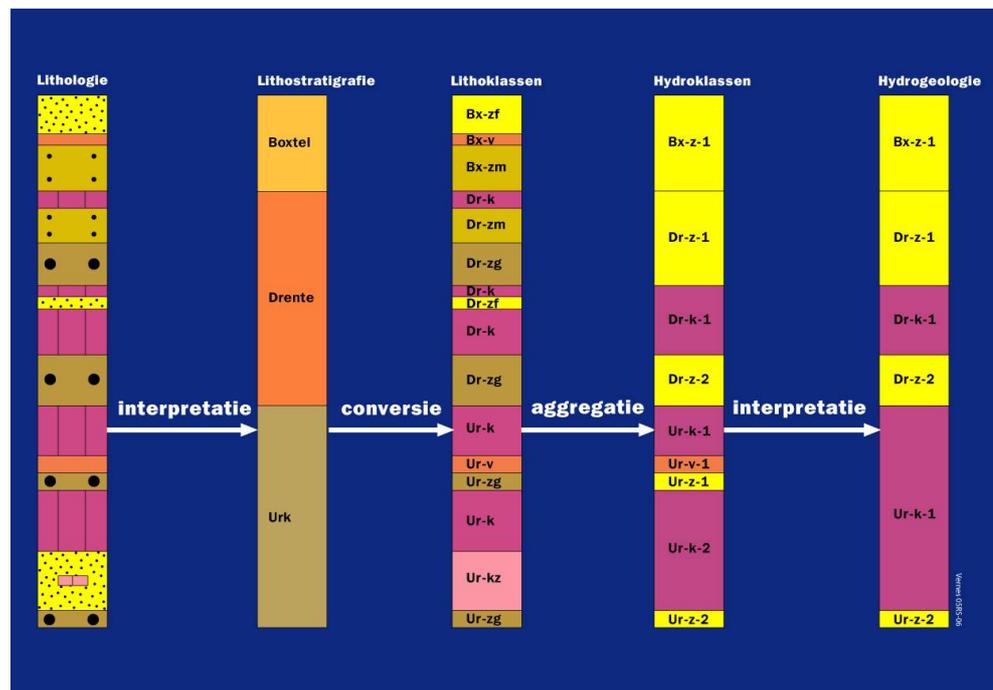
4 Hydrogeologische interpretatie boorgegevens

4.1 Algemeen

Dit hoofdstuk beschrijft de werkwijze die gevolgd is bij het hydrogeologisch interpreteren van de boringen van de selectieset. Deze werkwijze omvat de volgende stappen, zie Figuur 4.1:

- 1 Conversie.
- 2 Aggregatie.
- 3 Interpretatie.

Deze stappen worden voorafgegaan door de lithostratigrafische interpretatie, dat wil zeggen de geologische interpretatie van de boringen in lithostratigrafische eenheden. Een beschrijving van dit onderdeel, dat in het kader van het project LKN is uitgevoerd, valt buiten de context van dit rapport.



Figuur 4.1 Opeenvolgende stappen bij de hydrogeologische interpretatie van boringen.

4.2 Gebruikte basisgegevens

Bij de hydrogeologische interpretatie van de boringen zijn de volgende basisgegevens gebruikt:

- De selectieset van ca. 14.500 lithostratigrafisch geïnterpreteerde matig diepe boorbeschrijvingen.
- De per lithostratigrafische eenheid vastgestelde breukenpatronen.

- Geofysische boorgatmetingen (vooral gamma-ray) voor het nauwkeurig vaststellen van zandige en kleiige niveaus.
- Stijghoogtegegevens ter controle van de hydrogeologische interpretatie van de boringen.

4.3 Conversie naar lithoklassen

De basis van het karterproces wordt gevormd door de lithologische laagbeschrijvingen en de lithostratigrafische interpretaties van de boringen. Op grond van deze gegevens is elke boring vertaald naar een lithoklassenkolom, zie Figuur 4.1. Bij deze conversie worden lithologieën met vergelijkbare hydraulische eigenschappen gegroepeerd in categorieën, de lithoklassen. Tabel 4.1 geeft een overzicht van de belangrijkste onderscheiden lithoklassen. Figuur 4.2 toont de criteria die zijn aangehouden bij de indeling van de lithoklassen klei en zandige klei.

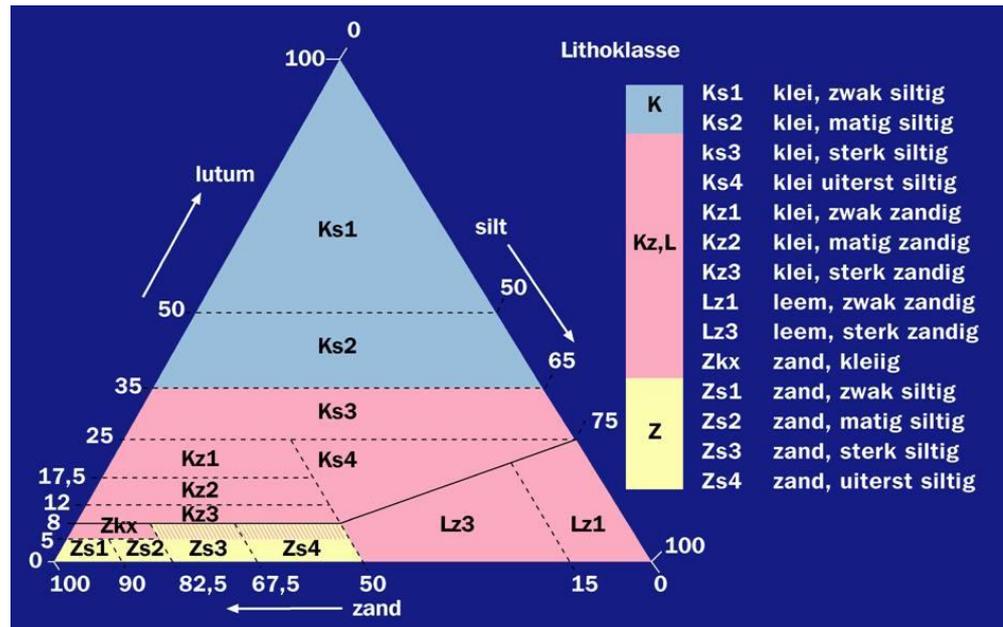
De lithoklassenkolommen vormen de basis voor de parametrisatie van de hydrogeologische eenheden.

Ten behoeve van de objectiviteit, de consistentie en de verifieerbaarheid van de interpretaties is de conversie volledig geautomatiseerd.

Tabel 4.1 Overzicht van de belangrijkste lithoklassen.

Code	Omschrijving
g	grind (korrelgrootte $\geq 2\text{mm}$)*
zg	zand, grof (korrelgrootte $\geq 300\ \mu\text{m}$ - $< 2\text{mm}$)
zm	zand, matig grof (korrelgrootte $\geq 150\ \mu\text{m}$ - $< 300\ \mu\text{m}$)
zf	zand, fijn (korrelgrootte $\geq 63\ \mu\text{m}$ - $< 150\ \mu\text{m}$)
l	leem*
kz	kleilig zand en zandige klei
k	Klei
v	veen*
she	schelpen*
gcz	glauconietzanden*
kas	kalksteen*
o	overig*

*Lithoklasse alleen bij de hydrogeologische interpretatie van afzettingen van bepaalde lithostratigrafische eenheden onderscheiden.



Figuur 4.2 Criteria voor de indeling van sedimenten in de lithoklassen klei en zandige klei.

4.4 Aggregatie tot hydroklassen

Om een goed inzicht te krijgen in het voorkomen van karteerbare hydrogeologische eenheden zijn in de volgende stap opeenvolgende lithoklassen met vergelijkbare hydraulische eigenschappen binnen een lithostratigrafische eenheid geaggregeerd tot hydroklassen, zie Figuur 4.1. Dunne, afwijkende lithoklassen zijn hierbij, afhankelijk van de dikte en de diepte waarop de lithoklasse voorkomt, weggeschaald.

Ten behoeve van de objectiviteit, de consistentie en de verifieerbaarheid van de interpretaties is de aggregatie volledig geautomatiseerd.

Op basis van de hydroklassenkolommen zijn uiteindelijk de hydrogeologische eenheden geïnterpreteerd.

4.5 Identificatie karteerbare hydrogeologische eenheden

Voorafgaand aan de eigenlijke interpretatie is door middel van profielen vastgesteld welke hydrogeologische eenheden per lithostratigrafische eenheid, in het algemeen per Formatie, landelijk te onderscheiden zijn. Hiertoe is een dicht netwerk van profielen gedefinieerd, zie Figuur 4.3. De hydroklassenkolommen op deze profielen zijn vervolgens ruimtelijk geïnterpreteerd in, op regionale schaal karteerbare, hydrogeologische eenheden, zie Figuur 4.4.



Figuur 4.3 Ligging profielen ten behoeve van de identificatie van karteerbare hydrogeologische eenheden.

complexe hydrogeologische eenheid, niet van elkaar kunnen worden onderscheiden worden deze trajecten in de boringen gecodeerd met een volgnummer dat opgebouwd is uit de volgnummers van de afzonderlijke zandige eenheden gescheiden door een “+”.

Als voorbeeld, de hydrogeologische eenheid “DRGI-k-1” betreft de ondiepste, kleiige hydrogeologische eenheid binnen het Laagpakket van Gieten van de Formatie van Drente; “BE-z-1+2” betreft de gecombineerde zandlaag 1 en 2 binnen de Formatie van Beegden.

Opgemerkt dient te worden dat de codering van trajecten in de boringen op enkele punten afwijkt van de coderingen waarmee de eenheden van het hydrogeologische model worden aangeduid, zie paragraaf 5.3.

Deze kartering beperkt zich tot het deel van de ondergrond dat vanuit geohydrologisch oogpunt relevant is, dat wil zeggen het gedeelte boven de geohydrologische basis. Door de scheefstelling en laterale lithologische overgangen varieert de dikte van dit traject en wordt de geohydrologische basis binnen het REGIS-gebied gevormd door verschillende slecht doorlatende niveaus. Er is naar gestreefd om een hydrogeologische indeling op te stellen voor de afzettingen tot en met de Formatie van Breda. Alleen in het zuidelijke deel van Zeeland is ook een hydrogeologische indeling opgesteld voor de daar ondiep voorkomende Formaties van Rupel, Tongeren en Dongen.

Bijlage A geeft een overzicht van de per lithostratigrafische eenheid onderscheiden hydrogeologische eenheden.

Vanwege de dichtheid van het netwerk, is het interpreteren van de werkprofielen een belangrijke controlestep gebleken voor de ruimtelijke consistentie van de lithostratigrafische interpretaties. Daar waar sprake leek te zijn van een onjuiste interpretatie is dit teruggekoppeld met het LKN-projectteam en is de lithostratigrafische interpretatie waar nodig herzien.

4.5.1 *Hydrogeologische interpretatie van afzettingen van de Formaties van Naaldwijk, Nieuwkoop en Echteld*

Afzettingen van de Formaties van Naaldwijk, Nieuwkoop en Echteld, die door hun ondiepe ligging van grote hydrologische betekenis zijn, kunnen zowel lateraal als vertikaal veel variatie vertonen. Om deze variatie te kunnen karteren is een hoge dichtheid aan goede boringen nodig (zie o.a. Weerts, 1996). De dichtheid en deels ook de nauwkeurigheid van de matig diepe boringen van REGIS is hiertoe verre van toereikend. Op basis van deze boorgegevens kunnen daardoor binnen deze Formaties geen verantwoorde kaarten van de geometrie en de hydraulische eigenschappen van hydrogeologische eenheden worden vervaardigd. Een hydrogeologische indeling van deze afzettingen is daarom niet opgesteld.

Opgemerkt dient te worden dat in een aparte opdracht van de Provincie Zeeland op basis van ca. 23.600 boringen een gedetailleerde hydrogeologische kartering van de deklaag is uitgevoerd (zie Vernes en Menkovic, 2005). Bij deze studie zijn hydrogeologische eenheden gedefinieerd binnen de Formaties van Naaldwijk en Nieuwkoop.

4.5.2 *Hydrogeologische interpretatie gestuwde afzettingen*

Afzettingen kunnen onder invloed van het landijs gestuwd zijn. Bij de lithostratigrafische interpretatie worden deze afzettingen op nagenoeg dezelfde wijze benoemd als ongestuwde sedimenten. Door middel van een apart kenmerk wordt aangegeven of een traject "mogelijk gestuwd" of "waarschijnlijk gestuwd" is.

Uit detailstudies is duidelijk geworden dat de lithologische samenstelling en de interne structuur van gestuwde afzettingen op regionale en op lokale schaal sterk kunnen variëren. Alhoewel er de laatste jaren meer onderzoek op dit gebied plaatsvindt, is het op basis van de voor deze kartering beschikbare gegevens niet mogelijk om aparte hydrogeologische eenheden te onderscheiden. Trajecten die mogelijk of waarschijnlijk gestuwd zijn, hebben naast de code van de hydroklasse het toevoegsel "mg" of "wg" meegekregen, waardoor de relatie met de lithostratigrafische eenheid duidelijk blijft. Vanwege de afwijkende hydraulische eigenschappen worden de gestuwde afzettingen echter wel als een aparte, complexe hydrogeologische eenheid onderscheiden, zie paragraaf. 5.9.

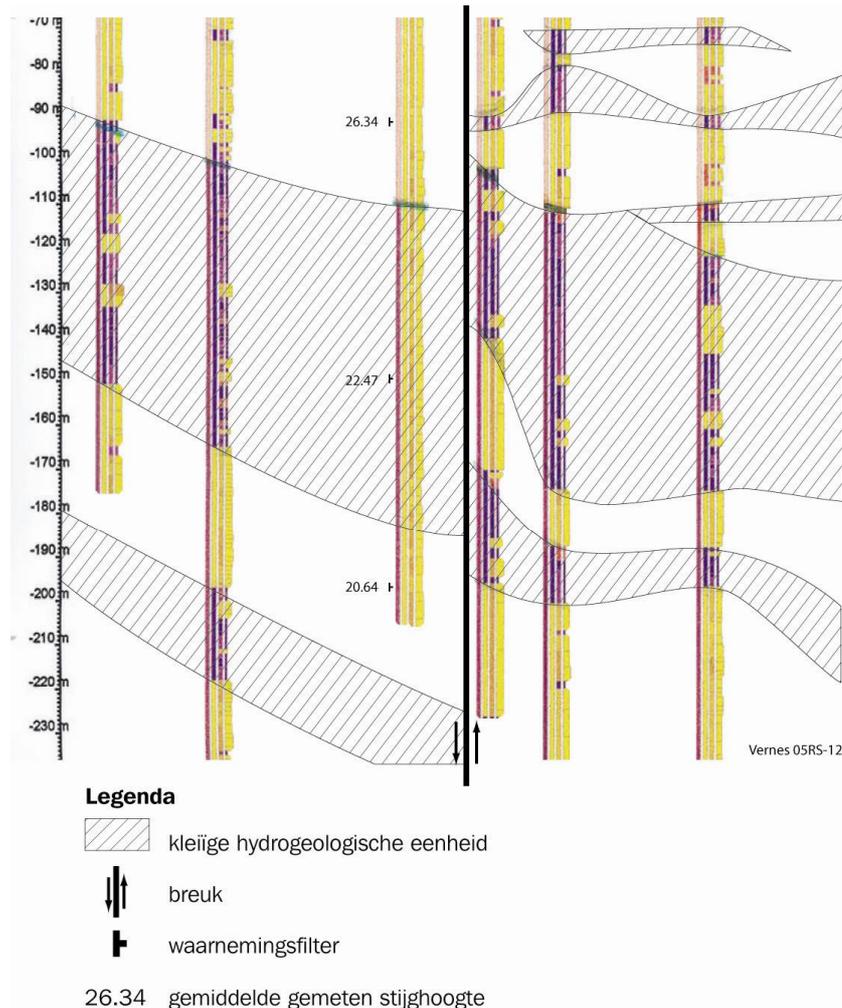
4.6 **Interpretatie hydrogeologische eenheden**

Op basis van de voorlopige lijst van hydrogeologische eenheden zijn allereerst de boringen op de werkprofielen geïnterpreteerd. Aansluitend zijn op basis van deze interpretaties de overige boringen van de selectieset geïnterpreteerd, waarbij vanaf de werkprofielen is "uitgewaaierd". Bij het interpreteren zijn geofysische boorgatmetingen en stijghoogtegegevens gebruikt ter controle van de boorbeschrijvingen, zie Figuur 4.5. Onbetrouwbare boringen in de selectieset zijn verwijderd. Waar mogelijk is een vervangende boring in de selectieset opgenomen.

Tijdens het interpreteren is de voorlopige lijst van karteerbare hydrogeologische eenheden bijgesteld. De aanpassingen betroffen veelal uitbreidingen van de lijst met eenheden die een grotere verbreiding bleken te hebben dan aanvankelijk op grond van de profielen was verondersteld.

Bij de interpretatie heeft de nadruk gelegen op de kleiige, venige en complexe hydrogeologische eenheden. Zandige eenheden zijn wel benoemd, zij het dat het volgnummer, vanwege het nog ontbreken van inzicht in de verbreiding van de kleiige, venige en complexe eenheden, nog niet is bijgesteld, zie paragraaf 4.8.

Ook in deze stap is, daar waar sprake leek te zijn van een onjuiste lithostratigrafische interpretatie, teruggekoppeld met het LKN-projectteam en is de lithostratigrafische interpretatie waar nodig herzien.



Figuur 4.5 Het gebruik van stijghoogtegegevens ter controle van een boorbeschrijving (de getallen betreffen het gemiddelde van de gemeten stijghoogten in het filter).

4.7 Controle interpretaties kleiige, venige en complexe hydrogeologische eenheden

De ruimtelijke consistentie van de hydrogeologische interpretaties van kleiige, venige en complexe eenheden is gecontroleerd. Hierbij is met behulp van een geautomatiseerde procedure per eenheid en per boring bepaald of in omliggende boringen op hetzelfde niveau ook dezelfde hydrogeologische eenheid voorkwam. Indien op dit niveau de betreffende eenheid nog niet was geïnterpreteerd, is de lithoklassenkolom gecontroleerd op eventuele weggeschaalde dunne kleilagen en is de lithologische beschrijving gecontroleerd op het voorkomen van kleilaagjes, kleibrokjes, klei- en of slibpercentages of een beschrijving als “sterk slibhoudend” en “sterk kleilig” in het zandige traject. Indien nodig zijn de lithoklassenkolom en de hydrogeologische interpretatie bijgesteld.

4.8 Bijstelling codering zandige hydrogeologische eenheden

Het volgnummer van de zandige hydrogeologische eenheden is gebaseerd op de positie van de zandige eenheid ten opzichte van de kleiige, venige en complexe eenheden binnen de betreffende lithostratigrafische eenheid, zie bijlage A.

Pas nadat de verbreiding en de diepteligging van de kleiige, venige en complexe eenheden zijn vastgesteld, zie hoofdstuk 5, kan dit volgnummer definitief worden toegekend.

5 Kartering geometrie hydrogeologische eenheden

5.1 Algemeen

Dit hoofdstuk beschrijft de wijze waarop uit de geïnterpreteerde boorgegevens de geometrie, dat wil zeggen de top, basis en dikte, van de hydrogeologische eenheden, is afgeleid.

Doordat de toppen en bases van kleiige, venige en complexe eenheden in de boringen interpreteerbaar zijn, dit in tegenstelling tot die van de zandige eenheden, concentreert de kartering zich primair op de geometrie van deze eenheden. De kartering van de geometrie van de zandige eenheden is aansluitend uitgevoerd.

De geometrie van de hydrogeologische eenheden is vastgelegd in de vorm van grids met een resolutie van 100×100 meter. In tegenstelling tot de dataset REGIS I, waar voor de diepere gidslagen grids met een resolutie van 500×500 zijn samengesteld, wordt deze resolutie voor alle eenheden aangehouden. Hiermee worden problemen met de consistentie van het hydrogeologische model voorkomen.

5.2 Gebruikte basisgegevens

Bij de kartering van de geometrie van de hydrogeologische eenheden zijn de volgende gegevens gebruikt:

- De selectieset van ca. 14.500 hydrogeologisch geïnterpreteerde matig diepe boorbeschrijvingen.
- Het 2,5D lithostratigrafische model dat in het kader van het project LKN is vervaardigd, 100 meter versie d.d. 20 december 2004.
- De eveneens in het kader van het project LKN per lithostratigrafische eenheid vastgestelde breukenpatronen.
- Een deel van de in het kader van REGIS I vervaardigde, actuele verbreidingen van de gidslagen, ter controle van de plausibiliteit van de verbreidingsgrenzen van de kleiige, venige en complexe eenheden. Door de gewijzigde geologische interpretaties en de nieuwe werkwijze is het gidslagenmodel van REGIS I echter slechts in beperkte mate voor deze controle bruikbaar.
- Stijghoogtegegevens uit de databank DINO, eveneens ter controle van de verbreidingsgrenzen van de kleiige, venige en complexe eenheden.

5.2.1 *Lithostratigrafisch model*

Zoals in hoofdstuk 2 is aangegeven kan de begrenzing van een hydrogeologische eenheid niet die van een lithostratigrafische eenheid doorkruisen. Een lithostratigrafische eenheid bestaat daardoor uit één of meerdere unieke hydrogeologische eenheden. Het lithostratigrafische model vormt als het ware het raamwerk voor het hydrogeologische model.

Om aan dit uitgangspunt te voldoen dient bij het samenstellen van het hydrogeologische model de consistentie met het lithostratigrafische model gewaarborgd te worden. Anderzijds dient de geometrie van de lithostratigrafische eenheden zodanig goed

gemodelleerd te zijn dat het logische ruimtelijke verloop van hydrogeologische eenheden gewaarborgd is.

Enkele uitzonderingen daargelaten, is binnen het project LKN besloten om in eerste instantie een landelijk lithostratigrafisch model op Formatieniveau op te zetten. Door het beperkte aantal Formaties is de complexiteit van het model te overzien en kon aldus, naast ervaring met de nieuwe lithostratigrafische indeling, ook ervaring worden opgedaan met het samenstellen van een dergelijk model. Hoewel in de nabije toekomst voorzien wordt om de boringen op laagpakket en zelfs laagniveau te interpreteren en het model verder te verfijnen op deze niveaus, is deze informatie thans nog niet beschikbaar. Bijlage A geeft een overzicht van de lithostratigrafische eenheden van dit model. Vanwege enerzijds onduidelijkheid over de juiste ruimtelijke begrenzing en anderzijds praktische problemen, is afgezien van de modellering van de vervanging van enkele eenheden. Deze eenheden zijn in het lithostratigrafische model opgenomen als gecombineerde eenheid. Het betreffen:

- Formaties van Naaldwijk, Nieuwkoop en Echteld.
- Eem Formatie en de Formatie van Woudenberg.
- Formaties van Peize en Waalre.

De gestuwde afzettingen, die uit een combinatie van verschillende lithostratigrafische eenheden zijn opgebouwd, zijn als een aparte modellaag onderscheiden.

5.2.2 *Breukenpatronen*

In het kader van de door TNO-NITG uitgevoerde kartering t.b.v. de Geologische Atlas van de Diepe Ondergrond van Nederland zijn, vnl. op basis van seismische data van de olie- en aardgasexploratie, breukenkaarten vervaardigd. Deze kaarten zijn in het kader van het LKN-project bijgesteld op basis van aanvullend seismisch onderzoek dat recentelijk is uitgevoerd op de Maas en haar zijkanalen en waar mogelijk op basis van boorgegevens.

5.3 **Onderscheiden eenheden binnen het hydrogeologische model**

Zoals hierboven werd aangegeven, zijn in het lithostratigrafische model enkele Formaties gecombineerd in één modellaag opgenomen. In het hydrogeologische model zijn binnen deze gecombineerde Formaties eveneens hydrogeologische eenheden onderscheiden. Vanwege het ontbreken van een ruimtelijke begrenzing van de afzonderlijke Formaties zijn de volgende benaderingen gekozen:

- De zandige eenheid WB-z-1 is alleen verondersteld aanwezig te zijn boven de eenheid WB-v-1 daar waar de top van deze laatste eenheid niet samenvalt met de top van de gecombineerde Formaties van Eem en Woudenberg.
- Eenheid WB-v-1 is als aparte modellaag opgenomen.
- Vanwege het geringe aantal boringen waarin deze eenheden zijn aangetroffen, de geringe dikte en de beperkte, veelal lokale verbreiding, zijn de overige venige en zandige eenheden van de Formatie van Woudenberg niet als aparte modellen onderscheiden. In het hydrogeologische model zijn deze afzettingen opgenomen in de eenheden EE-z-1 en EE-z-3, zie bijlage A.
- De zandige eenheden die binnen de gecombineerde Formaties van Peize en Waalre worden onderscheiden, worden aangeduid met de combinatie van de DINO-codes van deze twee Formaties: PZWA.

Bijlage A geeft een overzicht van de eenheden die in het hydrogeologische model worden onderscheiden.

De codering van de eenheden in het hydrogeologische model komt in grote mate overeen met de codering van eenheden in de geïnterpreteerde boringen:

- 1 De (gecombineerde) DINO-code van de lithostratigrafische eenheid waarbinnen de hydrogeologische eenheid is onderscheiden, in hoofdletters.
- 2 Gescheiden door een “-”, de aanduiding van het type hydrogeologische eenheid, in kleine letters.
- 3 Gescheiden door een “-”, een volgnummer waarmee binnen dezelfde lithostratigrafische eenheid opeenvolgende hydrogeologische eenheden van hetzelfde type van elkaar worden onderscheiden. Hierbij wordt van ondiep naar diep oplopend genummerd. In tegenstelling tot de interpretaties van de boringen, kunnen, door het gebruik van hypothetische grensvlakken, opeenvolgende zandige eenheden langs een zuiver fictieve grens van elkaar worden onderscheiden, zie paragraaf 5.8. Het is daarom niet nodig om in het hydrogeologische model voor de zandige eenheden een combinatie van volgnummers te gebruiken.

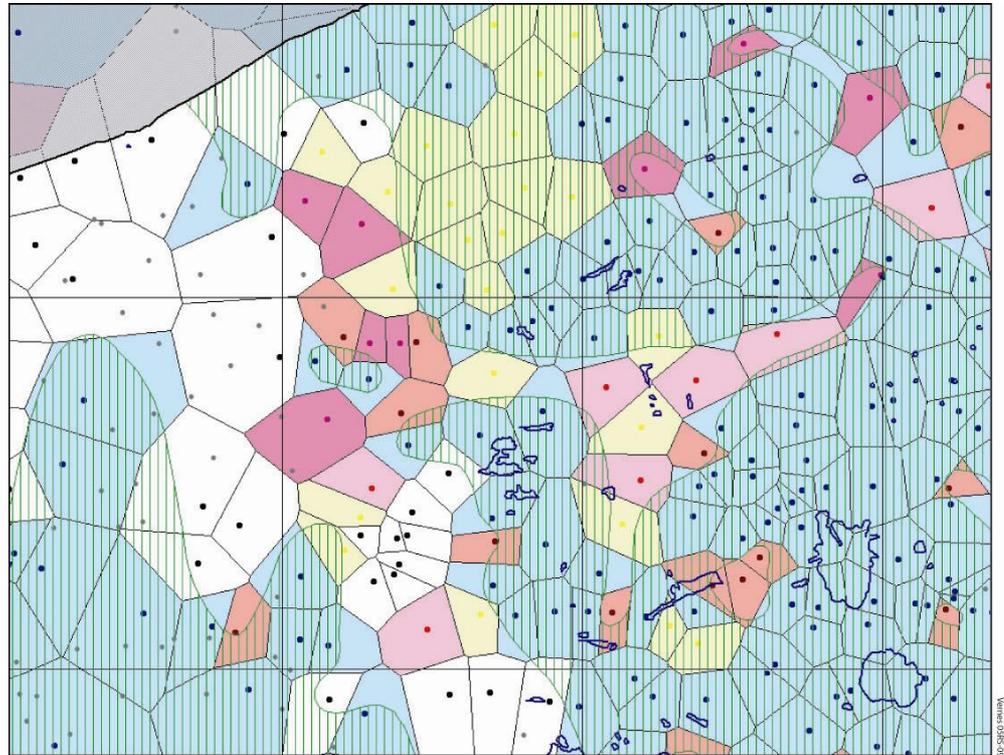
5.4 Potentiële verbreiding kleiige, venige en complexe hydrogeologische eenheden

Rekening houdend met de diepteligging van de top, de dikte en de positie van de eenheid binnen het lithostratigrafische model, is op basis van de hydrogeologisch geïnterpreteerde boringen voor de kleiige, venige en complexe hydrogeologische eenheden een Thiessen-polygonenkaart gegenereerd, zie Figuur 5.1. De Thiessen-polygonen zijn hierbij in categorieën ingedeeld, zie Tabel 5.1, die het (mogelijke) voorkomen/(mogelijk) afwezig zijn van de eenheid aangeven.

Tabel 5.1 Onderscheiden categorieën bij de indeling van boringen naar verbreidings-status.

Categorie	Toelichting
Aanwezig	De hydrogeologische eenheid is in de boring geïnterpreteerd.
Mogelijk aanwezig	De boring is waarschijnlijk te ondiep; de einddiepte van de boring ligt ondieper dan de veronderstelde top van de hydrogeologische eenheid.
Waarschijnlijk niet aanwezig	De einddiepte van de boring is iets dieper dan de veronderstelde basis van de hydrogeologische eenheid, maar de hydrogeologische eenheid is niet in de boring geïnterpreteerd.
Afwezig – einddiepte	De einddiepte van de boring is duidelijk dieper dan de veronderstelde basis van de hydrogeologische eenheid, maar de eenheid is niet in de boring geïnterpreteerd.
Afwezig – stratigrafie	De boring heeft de basis van de lithostratigrafische eenheid, waartoe de hydrogeologische eenheid wordt gerekend, bereikt; de hydrogeologische eenheid is echter niet in de boring geïnterpreteerd.
Afwezig – locatie	De boring ligt buiten de verbreiding van de lithostratigrafische eenheid waartoe de hydrogeologische eenheid wordt gerekend.

Aan de hand van deze Thiessen-polygonenkaart is de potentiële verbreiding, dat wil zeggen de maximale verbreiding, geïnterpreteerd.



Legenda

- afwezig/einddiepte
- afwezig/stratigrafie
- waarschijnlijk niet aanwezig
- mogelijk aanwezig
- aanwezig
- afwezig/locatie
- boring te ondiep
- potentiële verbreiding eenheid PE-k-1
- buiten beschouwing

Figuur 5.1 Gedeelte van de Thiessen-polygonenkaart en de daaruit afgeleide potentiële verbreiding van de hydrogeologische eenheid Peelo klei 1 (PE-k-1).

Het aantal diepe boringen is beperkt. Naarmate hydrogeologische eenheden dieper liggen, neemt daarmee de dichtheid aan gegevens waarop de ruimtelijke interpretatie gebaseerd kan worden, sterk af. Het is daardoor niet altijd meer mogelijk om een verantwoorde ruimtelijke interpretatie van de hydrogeologische opbouw te maken. Om

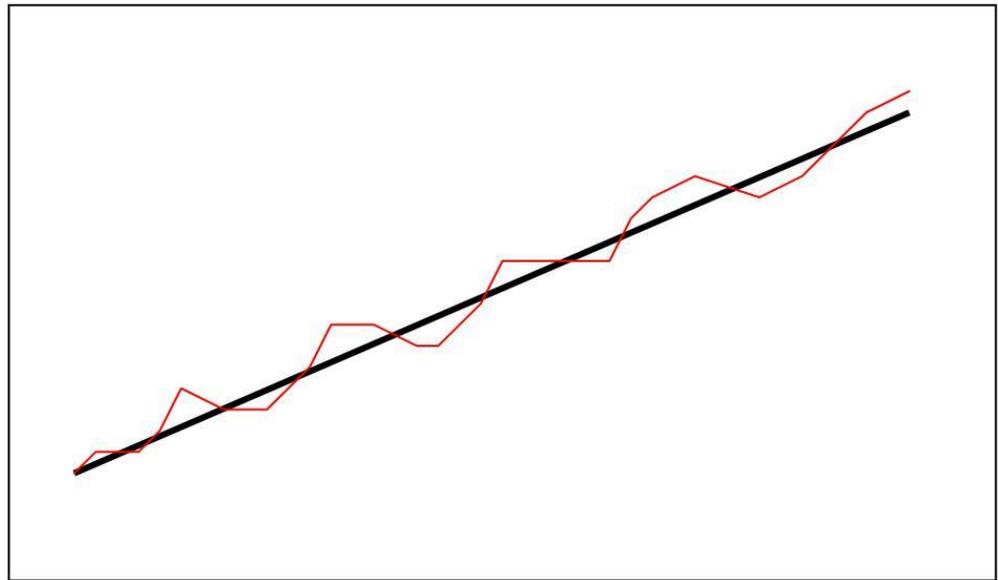
die reden zijn bij het definiëren van het potentiële verbreidingsgebied van de diepere eenheden de volgende beperkingen aangehouden:

- Buiten het zuidelijke en oostelijke verbreidingsgebied van de Formatie van Maassluis worden slechts de eenheden MS-z-1 en MS-c onderscheiden.
- Hydrogeologische eenheden binnen de Formaties van Oosterhout en Breda zijn slechts in het zuidelijke en oostelijk deel van het verbreidingsgebied uitgekarteerd.
- Hydrogeologische eenheden binnen de Formaties van Rupel, Tongeren en Dongen zijn alleen uitgekarteerd in een oostelijk en zuidwestelijk deelgebied waar deze eenheden nabij maaiveld voorkomen.

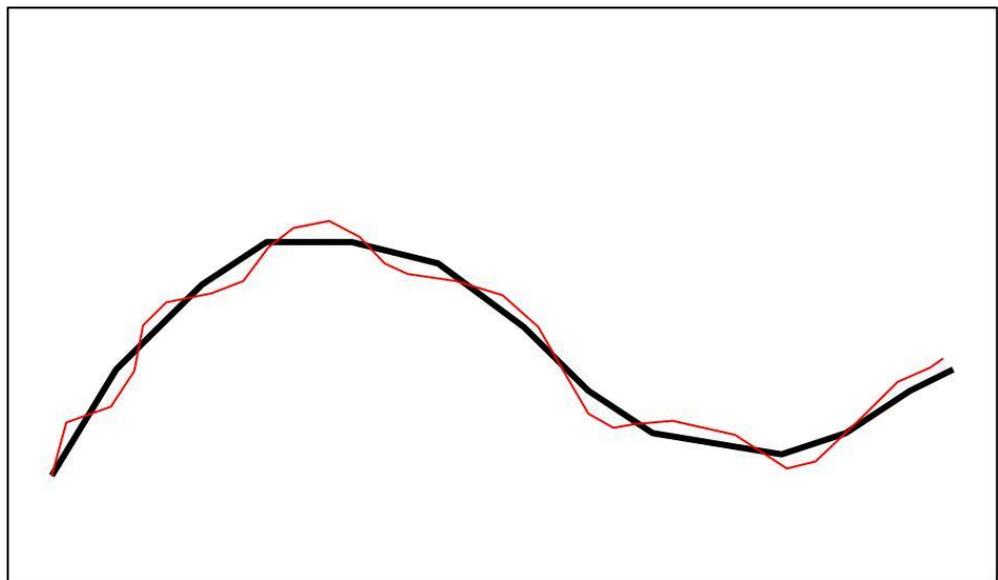
5.5 Top, basis en dikte kleiige, venige en complexe hydrogeologische eenheden

Kaartbestanden van de top, basis en dikte van de kleiige, venige en complexe hydrogeologische eenheden zijn berekend volgens onderstaande werkwijze.

- 1 Binnen de potentiële verbreiding is de diepteligging van de top en de basis van een eenheid berekend. Voor enkele eenheden is in plaats van de diepteligging van de basis de dikte berekend. De gebruikte methodiek kan per eenheid verschillen. Afhankelijk van de datadichtheid en -verdeling en de correlatiestructuur tussen de datapunten is blokkering of “inverse distance weighted” toegepast.
- 2 De meeste eenheden zijn op landelijke schaal niet-stationair, dat wil zeggen ze bevatten één of meerdere grootschalige trends en structuren. Er zijn verschillende technieken gebruikt om de kennis betreffende deze structuren in het model door te voeren:
 - Trend modellering: multi-lineaire regressie, “coarse-grids”, deterministische stuurvlakken en “subsidence modellering”, zie Figuur 5.2.
 - Breukmodellering.
 - Handmatig toevoegen van steunpunten om zeer lokaal het model te sturen, bijvoorbeeld in smalle gekantelde breukblokken, rond breuken bij de diepere eenheden, langs de randen van de verbreiding, rond zoutdômes.
 - Automatisch toevoegen van datapunten om de effecten van onregelmatige dataverdelingen te voorkomen.
- 3 De dikte is afgeleid uit de top en de basis. Een uitzondering hierop vormen die eenheden waar aanvankelijk in plaats van de diepteligging van de basis de dikte berekend was. Voor deze eenheden is de basis uit de top en de dikte afgeleid.



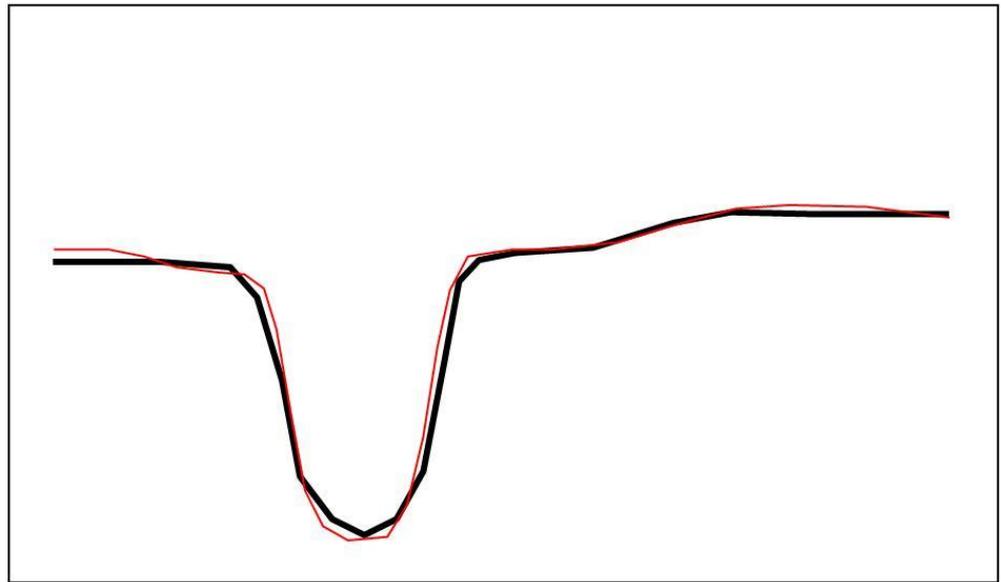
Figuur 5.2a Trendmodellering door middel van multi-lineaire regressie⁴.



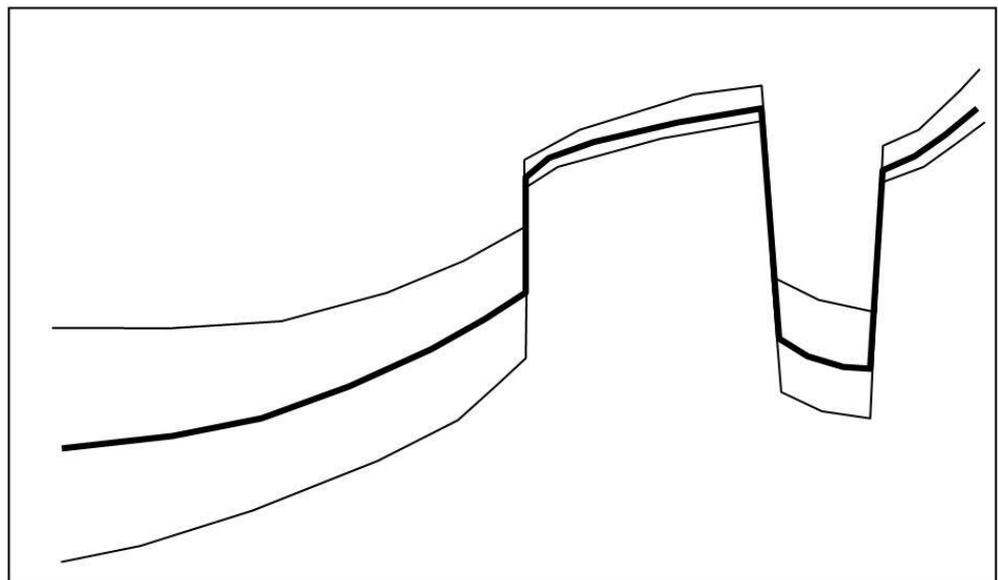
Figuur 5.2b Trendmodellering door middel van een "coarse grid" trendvlak⁵.

⁴ Bij trendmodellering door middel van multi-lineaire regressie wordt de trend gevormd door een regelmatig hellend vlak (zwarte lijn) dat door multi-lineaire regressie uit de data is bepaald. De lokale variatie (rode lijn = residu) wordt met kriging geïnterpoleerd en later samengevoegd met het trendvlak.

⁵ Bij trendmodellering door middel van een "coarse grid" trendvlak wordt het trendvlak (zwarte lijn) bepaald door kriging interpolatie naar een grofschalig grid. Daarna worden wederom de residuen geïnterpoleerd (rode lijn) en samengevoegd met het trendvlak.



Figuur 5.2c Trendmodelling door middel van een deterministisch stuurvlak⁶.



Figuur 5.2d Trendmodelling door middel van "subsidence modelling"⁷.

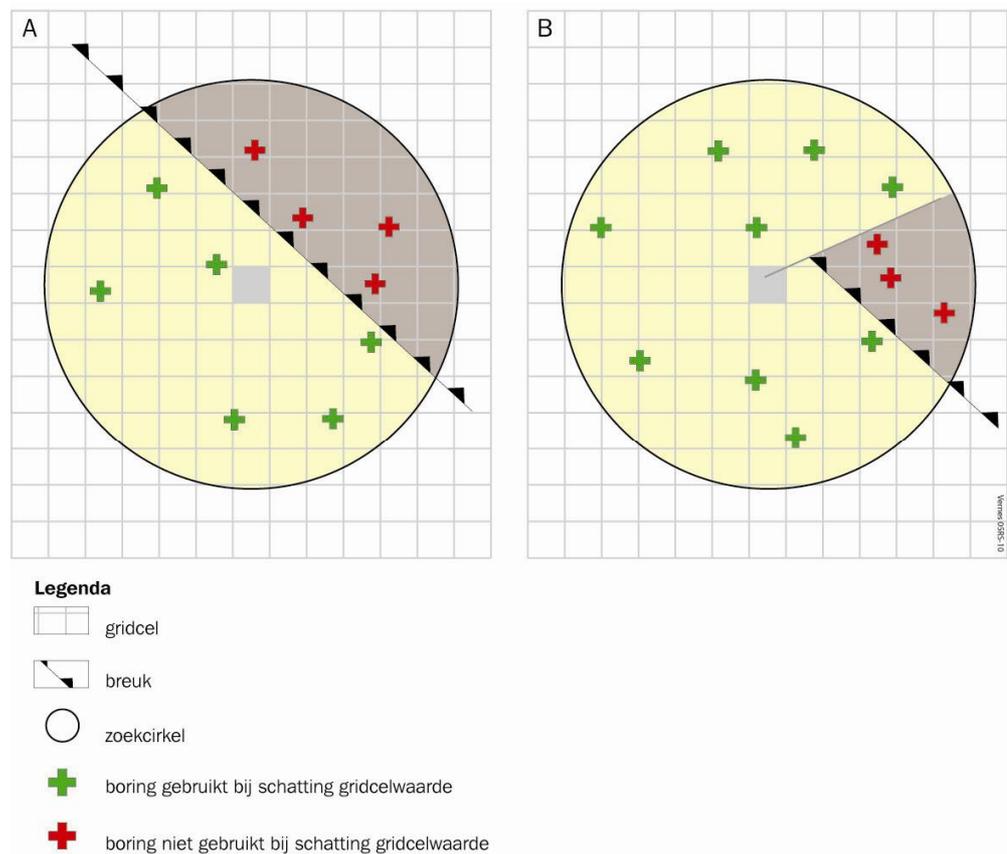
⁶ Bij trendmodelling door middel van een deterministisch trendvlak wordt het trendvlak (ofwel stuurvlak) handmatig gemaakt (zwarte lijn) en kunnen lokaal tot regionaal zeer specifiek structuren worden ingebracht (bijv. glaciale dalen in Fm. van Drente en Fm. van Peelo). De residuen (rode lijn) worden geïnterpoleerd en daarna samengevoegd met het stuurvlak.

⁷ Bij "subsidence modelling" wordt een trendvlak berekend door uit te gaan van een bepaalde dalings/opheffingsgeschiedenis. Aan de hand hiervan wordt op plaatsen waar weinig data zijn de meest waarschijnlijke diepteligging van het vlak bepaald.

5.5.1 *Invloed breuken*

De ligging en werking van de breuken is van invloed geweest bij de lithostratigrafische en hydrogeologische interpretatie van de boringen en bij interpolatie van zowel de lithostratigrafische als de hydrogeologische eenheden.

Bij interpolatie worden alleen boringen gebruikt die binnen hetzelfde breukblok liggen als de locatie waarvoor de bepaling wordt uitgevoerd, zie Figuur 5.3A. De breuklijn vormt als het ware een barrière. Afhankelijk van het verzet langs de breuk ontstaat hierdoor langs de breuk een scherpe diepte- en/of diktesprong binnen de eenheid. Aan de uiteinden van de breuken komen geleidelijk boringen ter weerszijde van de breuk binnen bereik waardoor een geleidelijke uitdoving van de breuk in het model ontstaat, zie Figuur 5.3B. Bij onregelmatige dataverdelingen kunnen soms artificiële sprongen aan de uiteinden van breuken ontstaan (breukschaduw) welke een gevolg zijn van de interpolatie. Dit effect is tegengegaan door, waar nodig, aan de uiteinden van de breuken hulppunten te definiëren.



Figuur 5.3 Invloed van een breuk op de dataselectie bij krigingberekeningen.

5.5.2 *Uitwiggen van eenheden langs de randen van het verbreidingsgebied*

Thans ontbreekt het inzicht of en waar kleine, venige en/of complexe eenheden geleidelijke uitwiggen of scherp zijn begrensd. Een gedetailleerde lithostratigrafische interpretatie op het niveau van Laagpakket of Laag zou hier mogelijk inzicht in kunnen verschaffen. Omdat dit inzicht thans ontbreekt, is het dikteverloop afgeleid uit het diepteverloop van de top en basis van hydrogeologische eenheden.

5.6 Ruimtelijke consistentie

De top en de basis van een hydrogeologische eenheid kunnen niet die van een lithostratigrafische eenheid of van een andere hydrogeologische eenheid doorkruisen. De berekende kaartbestanden van de top en de basis van de kleiige, venige en complexe hydrogeologische eenheden zijn daarom onderling én met die van de lithostratigrafische eenheden vergeleken en waar nodig consistent gemaakt. De grensvlakken van lithostratigrafische eenheden zijn daarbij onveranderd gebleven. Aldus zullen erosieve eenheden mogelijke onderliggende eenheden wegsnijden en zullen sommige eenheden uitwijken tegen andere. Het gebied waar, na het consistent maken van de bestanden, de dikte groter is dan 0 meter wordt de actuele verbreiding van de hydrogeologische eenheid genoemd.

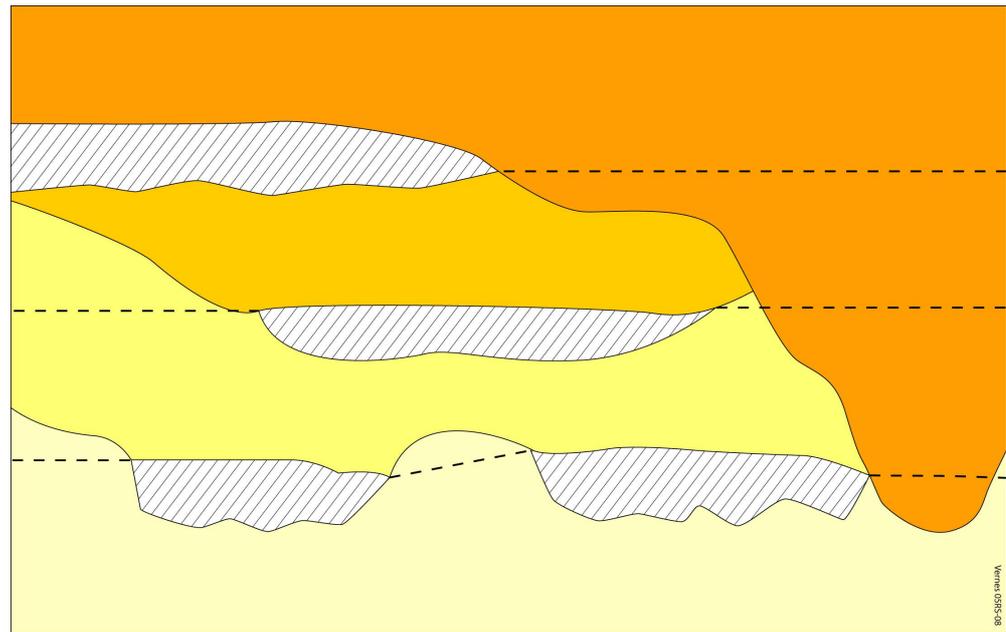
De top en/of de basis van kleiige, venige en complexe hydrogeologische eenheden vallen in een deel van de boringen samen met de top of basis van de bijbehorende lithostratigrafische eenheid. Door verschillen in de methodiek waarop de grensvlakken van de lithostratigrafische eenheden en de hydrogeologische eenheden worden berekend, vallen de berekende grensvlakken in die gebieden echter niet altijd samen waardoor fictieve zandige eenheden kunnen ontstaan. Om dit te voorkomen zijn de gebieden waar een grensvlak van een kleiige, venige of complexe hydrogeologische eenheid met een lithostratigrafische eenheid dient samen te vallen, vastgesteld. In die gebieden wordt het grensvlak van de hydrogeologische eenheid gelijk gemaakt aan het lithostratigrafische grensvlak.

5.7 Controle

De plausibiliteit van het ruimtelijke verloop van de berekende kaartbestanden is gecontroleerd. Daarbij zijn zowel de consistente als de niet consistente kaartbestanden beoordeeld en is de actuele verbreiding vergeleken met de potentiële verbreiding. Waar nodig zijn geologische of hydrogeologische interpretaties bijgesteld, of is de gevolgde werkwijze voor het berekenen van de kaartbestanden aangepast. In sommige gevallen zijn boringen aangemerkt als "skipboring", dat wil zeggen een boring die niet wordt meegenomen bij de ruimtelijke interpretatie van een eenheid omdat deze niet in het kaartbeeld past.

5.8 Hypothetische grensvlakken

Indien een kleiige hydrogeologische eenheid discontinu is, kan, afhankelijk van de geologische ontstaansgeschiedenis, er sprake zijn geweest van erosie. Ter plaatse komen dan mogelijk geulopvullingen voor, zoals bij diepe Holocene geulen van de Formatie van Naaldwijk. In dat geval kan de aard van deze afzettingen sterk afwijken van het onderliggende zand dat voor erosie gespaard is gebleven. De omgekeerde situatie is ook denkbaar waarbij deze zones opduikingen vormen en de betreffende kleilagen pas later tegen deze opduikingen op zijn afgezet, zie Figuur 5.4. In dat geval kan de lithologische samenstelling van het zand van deze opduikingen afwijken van latere afzettingen. Geologisch onderzoek naar de erosie- en sedimentatiegeschiedenis van de afzettingen zou moeten uitwijzen van welke situatie er sprake is. Indien de lagen duidelijk afwijkende kenmerken hebben, kan eventueel besloten worden om aparte lagen of laagpakketten te beschrijven en te benoemen.



Legenda

-  kleiige, venige of complexe hydrogeologische eenheid
-  } zandige sedimentpakketten
-  }
-  }
-  - - - - - hypothetisch grensvlak

Figuur 5.4 Mogelijke geologische begrenzings van de zandige eenheden binnen een lithostratigrafische eenheid.

In de lithostratigrafische interpretaties van de boringen zijn thans nog geen geologische aanknopingspunten op basis waarvan het niveau van de kleiige eenheid lateraal zou kunnen worden doorgetrokken in gebieden waar deze laag ontbreekt. Een dergelijk grensvlak zou daarom zuiver hypothetisch van aard zijn. Op welke diepte dit hypothetische niveau dan zou moeten worden gelegd, is onduidelijk. Immers, de kleiige hydrogeologische eenheden hebben nooit een constante diepteligging, maar vertonen allerlei trends en patronen waardoor niet met een “bepaald” diepteniveau kan worden volstaan. Daarnaast is in de zones waar een kleilaag ontbreekt, een gedetailleerde parametrisatie van de opeenvolgende zandlagen niet mogelijk omdat in de hydrogeologische interpretaties van de boringen de lagen niet apart kunnen worden onderscheiden. Een zandige eenheid kan bij deze benadering verschillende afzettingen omvatten met afwijkende hydraulische eigenschappen.

Bij toepassingen van het hydrogeologische model, bijvoorbeeld in grondwater-modelstudies, bestaat echter de behoefte om zoveel mogelijk vervolgbare zandige eenheden te hebben. Om die reden en omdat concrete informatie over de werkelijke begrenzing van de zandige eenheden thans ontbreekt, zijn voor de kleiige, venige en

complexe eenheden, voor zover relevant, hypothetische grensvlakken berekend. De procentuele dikteverdeling van de zandige eenheden ter plaatse van de kleiige, venige en complexe eenheden is hierbij als uitgangspunt gebruikt. De diepteligging van het hypothetische grensvlak is hier, door extrapolatie, uit afgeleid.

Daar waar binnen dezelfde lithostratigrafische eenheid kleiige, venige en complexe eenheden op hetzelfde diepteniveau voorkomen, is een gecombineerd hypothetisch grensvlak voor beide eenheden vervaardigd. Om praktische redenen is eveneens een hypothetisch grensvlak vervaardigd voor de Formatie van Peelo die deels binnen de Formatie van Urk voorkomt, zie bijlage A. Dit hypothetische grensvlak splitst de Formatie van Urk op in een deel dat boven, respectievelijk onder het niveau de Formatie van Peelo is gelegen.

5.9 Top, basis en dikte zandige hydrogeologische eenheden

Uitgaande van het lithostratigrafische model, de geometrie van de kleiige, venige en complexe eenheden en de bijbehorende hypothetische grensvlakken is per eenheid van het lithostratigrafische model de geometrie van de zandige hydrogeologische eenheden afgeleid.

5.10 Afzettingen van de Formaties van Naaldwijk, Nieuwkoop en Echteld en de gestuwde afzettingen

In overeenstemming met het complexe karakter zijn de afzettingen van de Formaties van Naaldwijk, Nieuwkoop en Echteld en de gestuwde afzettingen, waarbinnen geen aparte hydrogeologische eenheden zijn onderscheiden, in het hydrogeologische model opgenomen als complexe hydrogeologische eenheid. De geometrie van deze eenheden is gebaseerd op de overeenkomstige eenheden van het lithostratigrafische model.⁸

⁸ In het kader van een aparte opdracht van de Provincie Zeeland is een gedetailleerd hydrogeologisch model van de deklaag opgesteld, zie Vernes en Menkovic, 2005.

6 Parametrisatie hydrogeologische eenheden

6.1 Algemeen

Naar aanleiding van de bevindingen bij de kwaliteitsevaluaties heeft TNO-NITG besloten om gericht onderzoek te doen naar nieuwe technieken om kaartbeelden te vervaardigen van de hydraulische eigenschappen van de ondergrond. Binnen het kennisinvesteringsproject PARKWAARD is daartoe een geostatistische methodiek ontwikkeld. Deze methodiek is objectief en de resultaten zijn volledig reproduceerbaar. Daarnaast is het met deze techniek mogelijk geworden om naast een kaartbeeld van de verwachtingswaarde van de doorlatendheid ook een kaartbeeld van de onzekerheid, in de vorm van de standaardafwijking, samen te stellen. Deze methodiek is gebruikt bij het vervaardigen van kaartbeelden van de hydraulische eigenschappen van de hydrogeologische eenheden.

De tekst van dit hoofdstuk is deels ontleend aan Bierkens, 2004.

6.2 Gebruikte basisgegevens

De basisgegevens voor het hydraulisch karakteriseren van de hydrogeologische eenheden zijn:

- De diktebestanden, in de vorm van 100×100 meter grids, van de hydrogeologische eenheden.
- Per hydrogeologische eenheid een bestand van de hydrogeologisch geïnterpreteerde matig diepe boorbeschrijvingen waarin de eenheid is aangetroffen.
- Doorlatendheidsmetingen aan ongestoorde boorkernen, ontleend aan geotechnische of geohydrologische rapporten, in combinatie met een nieuwe lithostratigrafische en hydrogeologische interpretatie van de bijbehorende boringen.
- Statistieken van doorlatendheden bepaald aan ongestoorde boorkernen die gepubliceerd zijn in wetenschappelijke publicaties.
- Algemene literatuurgegevens betreffende doorlatendheden en porositeiten van sedimenten.
- Een beperkt aantal put- en pompproefgegevens ten behoeve van de karakterisatie van enkele hydrogeologische eenheden waarvan noch doorlatendheidsmetingen, noch literatuurgegevens beschikbaar waren.
- Een kaartbestand van de verbreiding van de vertandingzone van de Formaties van Peize en Waalre, zie Favier, 2004.

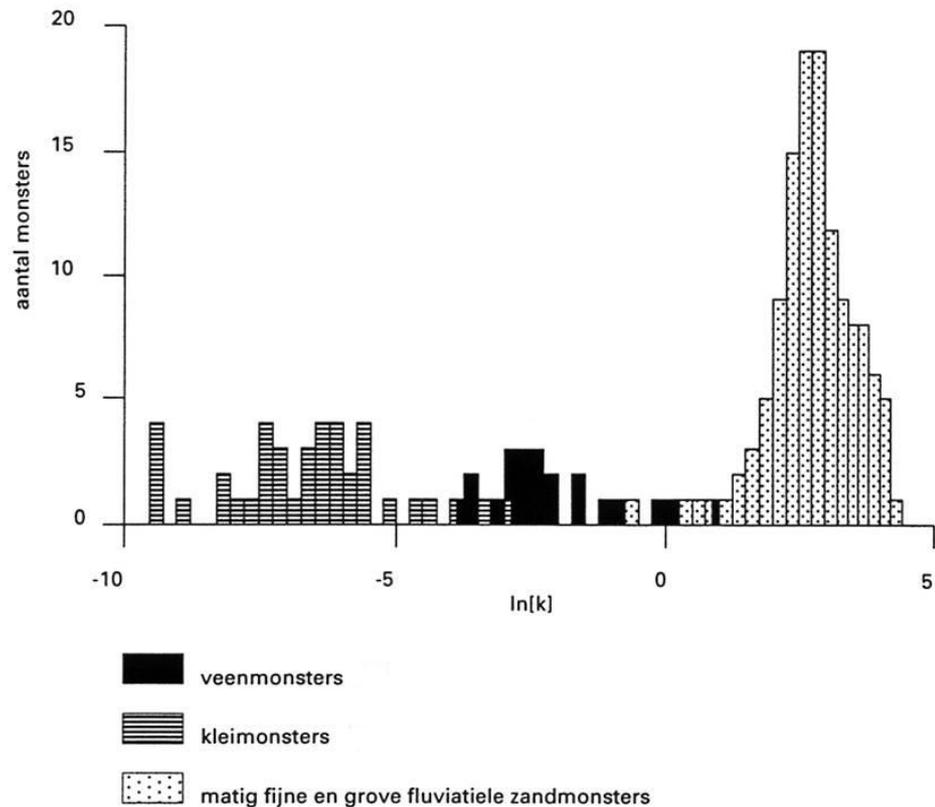
6.3 Methodiek

Het vervaardigen van de kaartbestanden van de hydraulische eigenschappen is volgens onderstaande methodiek uitgevoerd⁹.

1 Door Schokker en Weerts, 2004, is per lithostratigrafische eenheid, op basis van het veronderstelde afzettingmilieu, een beschrijving gemaakt van de faciesarchitectuur. Hieruit kan een indruk worden verkregen van de interne heterogeniteit van de hydrogeologische eenheden.

⁹ De activiteiten 1 en 2 zijn uitgevoerd in het kader van het kennisinvesteringsproject PARKWAARD.

- 2 Er is een database aangemaakt waarin per afzettingsmilieu en per textuur de doorlatendheid (minimum, maximum, gemiddelde, onder veronderstelling van lognormale verdeling) is opgeslagen. Deze waarden zijn gebaseerd op literatuuronderzoek, zie bijvoorbeeld Figuur 6.1, en de weinige beschikbare meetgegevens. Deze waarden zijn vertaald naar doorlatendheden (minimum, maximum, gemiddelde) voor elke lithoklasse van de hydrogeologische eenheden.



Figuur 6.1 Verdelingen van meetschaaldoorlatendheden van de lithoklassen veen, klei matig fijn en grof fluviatiel zand (bron: Weerts, 1995).

- 3 Per boring zijn aan elk traject dat in een hydrogeologische eenheid ligt op basis van de bijbehorende lithoklassenkolom doorlatendheden toegekend uit de database. Deze zijn vervolgens opgeschaald tot representatieve doorlatendheden in horizontale en verticale richting voor de boorlocaties. Dit levert per boorlocatie de gemiddelde representatieve doorlatendheid, als ook de minimale en maximale waarde voor alle eenheden die de boring doorsnijdt. Voor een boring met N lagen van dikten d_i , $i=1, \dots, N$ met doorlatendheden k_i , $i=1, \dots, N$ wordt de representatieve horizontale doorlatendheid gegeven door (toegepast op zandige en complexe eenheden):

$$k_h = \frac{\sum_{i=1}^N d_i k_i}{\sum_{i=1}^N d_i} \quad (1)$$

De representatieve verticale doorlatendheid wordt gegeven door (kleiige, venige en complexe eenheden):

$$k_v = \frac{\sum_{i=1}^N d_i}{\sum_{i=1}^N \frac{d_i}{k_i}} \quad (2)$$

Vergelijkingen (1) en (2) zijn toegepast voor de gemiddelde, de minimale en de maximale waarden van de doorlatendheden per lithoklasse uit de database. Dit levert voor elke boring per hydrogeologische eenheid een waarde voor de gemiddelde, de minimale en de maximale horizontale en/of verticale doorlatendheid op.

Opgemerkt dient te worden dat bij deze berekeningen verondersteld wordt dat het volledige traject van een hydrogeologische eenheid verzadigd is.

- 4 De vierde stap betreft het interpoleren van de effectieve doorlatendheden op de boorlocaties tot een vlakdekkend grid met een resolutie van 100×100 meter. Als interpolatiemethode is kriging gekozen (Journel en Huijbregts, 1978), omdat deze methode ook een maat voor de onzekerheid van de geïnterpoleerde waarden kan geven. Het is redelijk te veronderstellen dat de opgeschaalde doorlatendheden op de locaties van de boorbeschrijvingen ook lognormaal verdeeld zijn. Het verdient dan de aanbeveling om een logtransformatie toe te passen alvorens te kriging. De volgende stappen worden genomen:

- a) Logtransformatie van de minimum en maximum representatieve waarden per boring: $y_h^{\min} = \ln(k_h^{\min})$ en $y_h^{\max} = \ln(k_h^{\max})$ voor horizontale doorlatendheid en $y_v^{\min} = \ln(k_v^{\min})$ en $y_v^{\max} = \ln(k_v^{\max})$ voor verticale doorlatendheid omgezet in een gemiddelde en een variantie (onder de veronderstelling dat de logdoorlatendheid normaal verdeeld is en de minimum en maximumwaarden de 2.5 en 97.5-percentielen voorstellen). Voor de horizontale doorlatendheid levert dit:

$$\mu_h = \frac{y_h^{\max} + y_h^{\min}}{2} \quad (3)$$

$$\sigma_h^2 = \left(\frac{y_h^{\max} - y_h^{\min}}{2 * 1.96} \right)^2 \quad (4)$$

Dezelfde formules worden gehanteerd voor de verticale doorlatendheid.

- b) De gemiddelden en variantie op de boorlocaties zijn vervolgens gebruikt in de interpolatiemethode “ordinary kriging met onzekere data” (De Marsily, 1986; Deutsch en Journel, 1998) om grids met een resolutie van 100×100 m te genereren van de horizontale en de verticale doorlatendheid van respectievelijk zandige/complexe eenheden en kleiige/venige/complexe eenheden.
- c) De representatieve horizontale doorlatendheid van een gridcel kan worden benaderd door het geometrisch gemiddelde (Desbarats, 1991). Als $Y_{B,h}$ het

blokgemiddelde van de getransformeerde horizontale doorlatendheid is, dan wordt de representatieve horizontale blokdoorlatendheid gegeven door:

$$K_{B,h} = e^{Y_{B,h}} \quad (5)$$

Als $\hat{Y}_{B,h}$ de blokkriging predictie is van het blokgemiddelde van getransformeerde doorlatendheid en $\sigma_{B,h}^2$ de krigingvariantie (variantie van de predictiefout), dan volgt de volgende eerste orde Taylorbenadering van de verwachte blokdoorlatendheid:

$$E[K_{B,h}] \approx e^{\hat{Y}_{B,h}} \quad (6)$$

Een eerste orde benadering van de variantie van voorspelde blokdoorlatendheid wordt gegeven door:

$$Var[K_{B,h}] \approx e^{2\hat{Y}_{B,h}} \sigma_{B,h}^2 \quad (7)$$

Vergelijkingen (6) en (7) worden gebruikt om voor de 100x100 m blokken van aquifers representatieve horizontale doorlatendheden te voorspellen, alsmede de bijhorende foutenvariantie.

- d) De representatieve verticale doorlatendheid van een gridcel kan worden benaderd door het rekenkundig gemiddelde (Desbarats, 1989). Als $Y_{B,v}$ het blokgemiddelde van de loggetransformeerde horizontale doorlatendheid is, dan wordt de representatieve verticale blokdoorlatendheid benaderd door de volgende benadering van het rekenkundig gemiddelde (Bierkens, 1997):

$$K_{B,v} \approx e^{Y_{B,v} + \frac{1}{2}\gamma(B,B)} \quad (8)$$

met $\gamma(B, B)$ de gemiddelde semivariantie tussen alle mogelijke puntenparen binnen het modelblok. Als $\hat{Y}_{B,v}$ de blokkrigingpredictie is van het blokgemiddelde van getransformeerde (verticale) doorlatendheid en $\sigma_{B,v}^2$ de krigingvariantie (variantie van de predictiefout), dan volgt de volgende tweede orde Taylorbenadering van de verwachte blokdoorlatendheid:

$$E[K_{B,v}] \approx e^{\hat{Y}_{B,v} + \frac{1}{2}\gamma(B,B)} \quad (9)$$

Een eerste orde benadering van de variantie van voorspelde blokdoorlatendheid wordt gegeven door:

$$Var[K_{B,h}] \approx e^{2\hat{Y}_{B,v} + \gamma(B,B)} \sigma_{B,v}^2 \quad (10)$$

Vergelijkingen (9) en (10) worden gebruikt om voor de 100x100 m blokken van eenheden representatieve verticale doorlatendheden te voorspellen, alsmede de bijhorende foutenvariantie.

5. Voor een aantal afsluitende lagen en watervoerende pakketten is er duidelijk sprake van een zogenaamde tweetoppige frequentieverdeling van effectieve doorlatendheden van boringen. Figuur 6.2 geeft een voorbeeld daarvan voor de eenheid Breda zand 1 (BR-z-1). De oorzaak van deze tweetoppigheid is meestal het voorkomen van een aantal boringen met alleen zandige sedimenten in de boorbeschrijving binnen een kleiige of venige eenheid of alleen kleien in de beschrijving binnen een overwegend zandige eenheid. We hebben dan te maken met een afsluitende laag die op plekken gaten vertoont, of een watervoerend pakket met eilanden van kleien. Voor een realistische kartering van de doorlatendheid binnen dit soort laagpakketten is het noodzakelijk de dataset te splitsen in een doorlatend en een niet doorlatend gedeelte. Vervolgens worden de volgende stappen genomen:
 - a) Codering van de boringen in de klassen 1 en 2 door het toekennen van respectievelijk “1” en “0” aan de boorlocaties.
 - b) Interpolatie van de 1-en en 0-en middels indicatorkriging (Journel, 1983; Deutsch en Journel, 1998). Het resultaat is voor elk 100x100 m pixel een schatting van de kans op klasse 1 (p_1) en kans op klasse 2 (via 1 minus de kans op klasse 1 ($p_2 = 1 - p_1$)).
 - c) Aparte ordinary blockkriging met onzekere data voor klasse 1 en klasse 2. Dit levert de krigingvoorspellingen voor klasse 1 ($\hat{Y}_B(1)$) en 2 ($\hat{Y}_B(2)$) en de bijbehorende krigingvarianties $\sigma_B^2(1)$ en $\sigma_B^2(2)$.
 - d) De doorlatendheidsvoorspelling op elk punt wordt dan samengesteld uit de voorspellingen van klasse 1 en 2 met de kans daarop als gewicht:

$$\hat{Y}_B = p_1 \hat{Y}_B(1) + p_2 \hat{Y}_B(2) \quad (11)$$

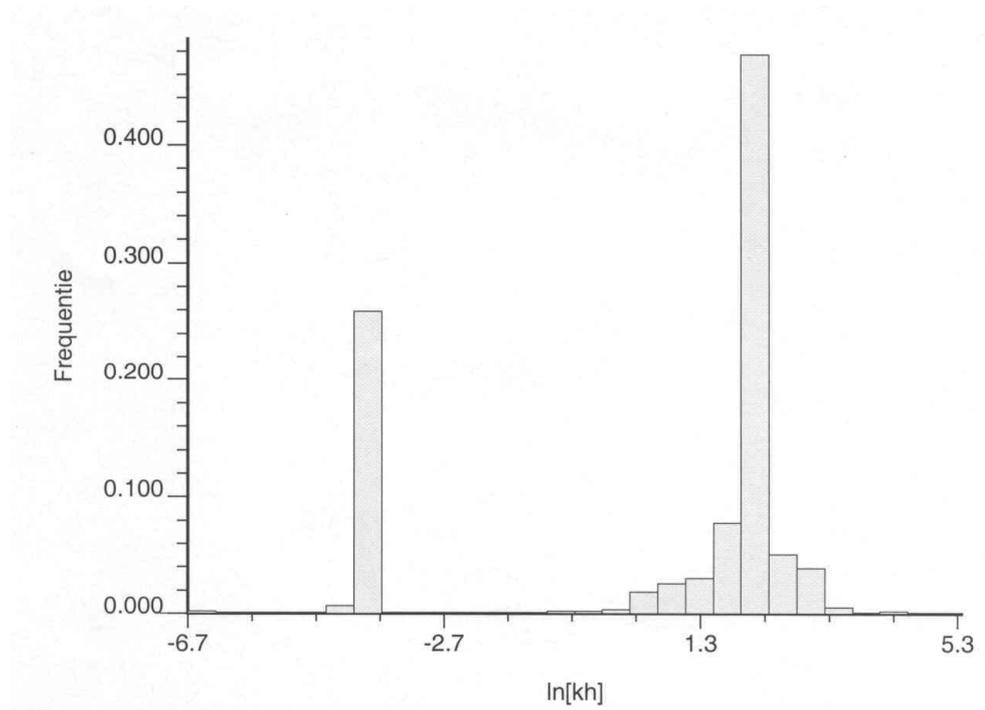
De bijbehorende voorspellingsvariantie wordt dan gegeven door:

$$\sigma_B^2 = p_1^2 \sigma_B^2(1) + p_2^2 \sigma_B^2(2) \quad (12)$$

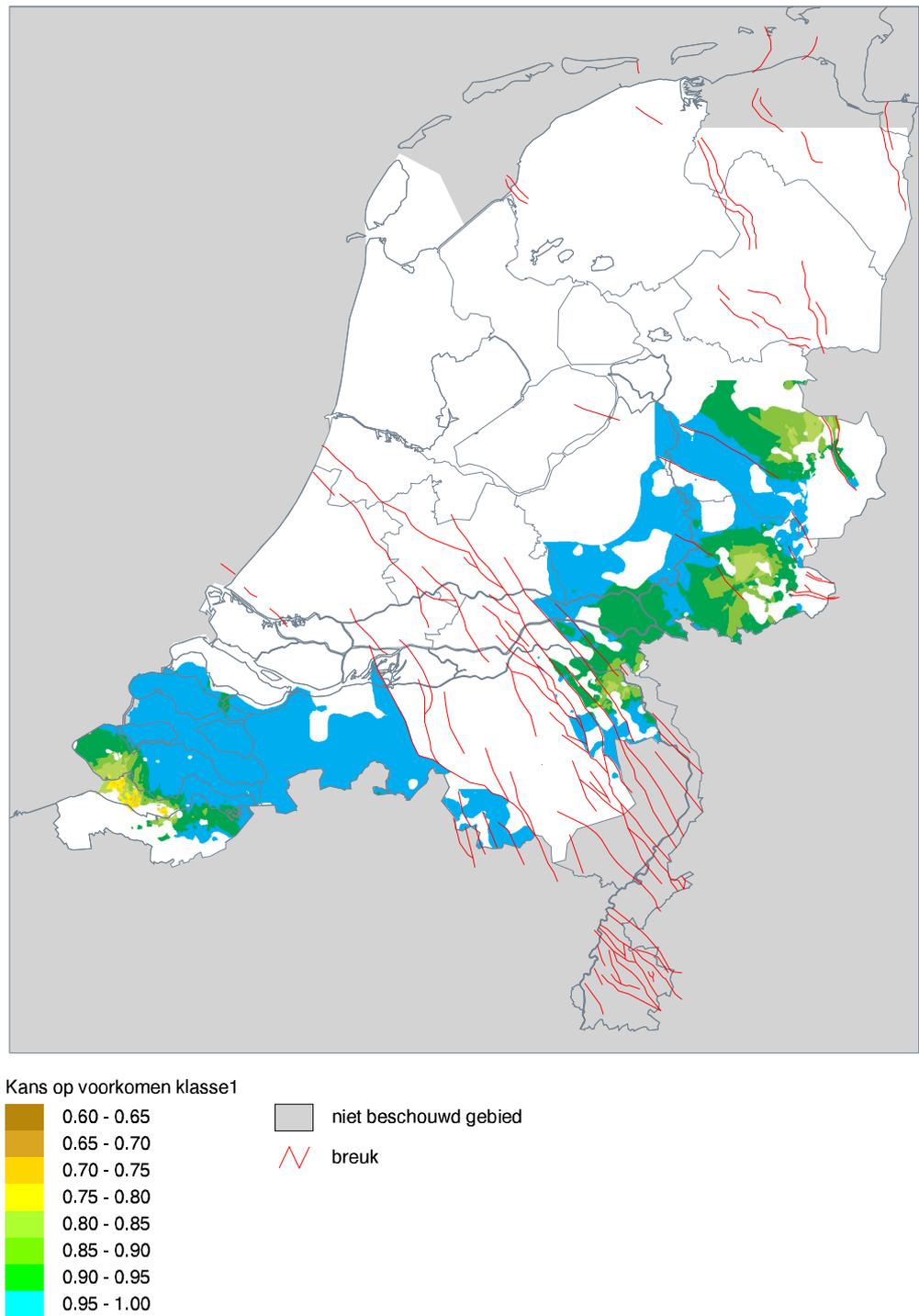
Dit model komt overeen met de situatie van kleilagen die uitwijken naar de randen en plekken met alleen zand.

- e) De verdere stappen zijn hetzelfde als in het geval van 1 klasse: toepassen van vergelijkingen (9) en (10).

Figuur 6.2 geeft het histogram weer van representatieve doorlatendheden op boorlocaties voor eenheid Breda zand 1 (BR-z-1). Er is duidelijk sprake van een tweetoppige verdeling. Figuur 6.3 toont de verbreiding van het laagpakket met daarbinnen de kans op het voorkomen van klasse 1 (de doorlatende klasse).



Figuur 6.2 Frequentieverdeling van effectieve horizontale doorlatendheden van boringen in eenheid Breda zand 1 (BR-z-1, aantal boorlocaties = 591).



Figuur 6.3 Kans op het voorkomen van klasse 1 (zand) in eenheid Breda zand 1 (BR-z-1) op basis van indicatorkruiging.

5. Tenslotte geldt dat voor die eenheden waarbij niet voldoende boringen aanwezig zijn om semivariogrammen te schatten, besloten is om geen kriging toe te passen maar één doorlatendheid toe te kennen. Voor de horizontale doorlatendheid betekent dit het geometrisch gemiddelde van de effectieve horizontale doorlatendheden op de boorlocaties en voor de verticale doorlatendheden het rekenkundig gemiddelde van de effectieve verticale doorlatendheden op de boorlocaties.
6. Vermenigvuldiging van de representatieve horizontale doorlatendheden met de laagdikten en delen van de laagdikten door de representatieve verticale doorlatendheden geven respectievelijk de transmissiviteit van de zandige en complexe hydrogeologische eenheden en de weerstandswaarden van de kleiige, venige en complexe eenheden. Opgemerkt dient te worden dat hierbij verondersteld wordt dat de hydrogeologische eenheden verzadigd zijn. In gebieden met een diepe freatische grondwaterstand wordt hierdoor de transmissiviteit in eenheden die nabij maaiveld voorkomen overschat.

6.4 Parametrisatie zandige hydrogeologische eenheden binnen de gecombineerde Formaties van Peize en Waalre

De Formaties van Peize en Waalre zijn in het lithostratigrafische model opgenomen als gecombineerde Formatie, zie paragraaf 5.2.1. De binnen deze gecombineerde Formatie onderscheiden zandige hydrogeologische eenheden omvatten daardoor afzettingen van beide Formaties. Om parametrisatie van de zandige eenheden volgens de hierboven beschreven methodiek toch mogelijk te maken is verondersteld dat er binnen de vertandingszone sprake is van een geleidelijke afname respectievelijk toename van het aandeel van beide Formaties. Op basis van de boorgegevens zijn voor zowel de Formaties van Peize en Waalre afzonderlijke kaartbestanden van de doorlatendheid van de zandige eenheden vervaardigd. Deze kaartbestanden zijn op hun beurt weer gecombineerd. Hierbij is gebruik gemaakt van de, in het kader van recent onderzoek (zie Favier, 2004), vastgestelde verbreiding van deze vertandingzone.

6.5 Niet geparametriseerde hydrogeologische eenheden

Zoals in paragraaf 4.5 is aangegeven, vertonen afzettingen van de Formaties van Naaldwijk, Nieuwkoop en Echteld, zowel lateraal als vertikaal veel variatie. Om deze variatie te kunnen karteren is een hoge dichtheid aan goede boringen nodig (zie o.a. Weerts, 1996). De dichtheid en deels ook de nauwkeurigheid van de matig diepe boringen van REGIS is hiertoe verre van toereikend. Op basis van deze boorgegevens kunnen daardoor binnen deze Formaties geen verantwoorde kaarten van de geometrie en de hydraulische eigenschappen van hydrogeologische eenheden worden vervaardigd. Deze kaartbeelden ontbreken om die reden.¹⁰

Alhoewel er de laatste jaren meer onderzoek op dit gebied plaatsvindt, is het op basis van de beschikbare gegevens eveneens niet mogelijk om de gekarteerde gestuwde

¹⁰ In het kader van een aanvullende opdracht van de Provincie Zeeland zijn voor deze provincie gedetailleerde kaartbeelden vervaardigd van de hydraulische eigenschappen van de hydrogeologische eenheden die binnen de Formaties van Naaldwijk en Nieuwkoop zijn onderscheiden, zie Vernes en Menkovic, 2005

afzettingen op een verantwoorde wijze eenduidig te parametriseren. Geconcludeerd zou moeten worden dat dit een van de belangrijke kennisleemtes is. Om die reden zijn geen kaartbeelden van de hydraulische eigenschappen van deze afzettingen samengesteld. Onderzoek hiernaar is een studie op zich, waarbij vanwege de aard van de afzettingen veel locatiespecifiek onderzoek zou moeten worden gedaan. Binnen deze kartering is niet voorzien in een dergelijk onderzoek. Kaartbeelden van de hydraulische eigenschappen van de gestuwde afzettingen ontbreken om die reden.

7 Geohydrologische schematisatie ondergrond

7.1 Algemeen

Door het grote aantal onderscheiden eenheden kan het hydrogeologische model als complex worden ervaren. Voor elke provincie is daarom een geohydrologisch model samengesteld, een schematisatie van de ondergrond in watervoerende en slecht doorlatende lagen. Dit hoofdstuk beschrijft de daarbij gevolgde werkwijze.

7.2 Gebruikte basisgegevens

Bij het samenstellen van de geohydrologische modellen zijn de volgende gegevens als uitgangspunt gebruikt:

- Het hydrogeologisch lagenmodel, in het bijzonder:
 - kaartbestanden van de diepteligging van de top van de eenheden.
 - kaartbestanden van de diepteligging van de hypothetische grensvlakken.
 - kaartbestanden van de transmissiviteit en weerstand.
- Het lithostratigrafische lagenmodel.
- Definities van de geohydrologische modellen zoals vervaardigd in het kader van REGIS I.
- Kaartbestand van gemeentegrenzen, uitgave 2004, van de Topografische Dienst.
- Kaartbestand van de begrenzing van het REGIS II-projectgebied.

7.3 Begrenzing geohydrologische modellen

Vaak is het wenselijk om ook over informatie van aangrenzende provincies te beschikken. In overleg met de Provincies is daarom besloten om de begrenzingen van de provinciale geohydrologische modellen 5 kilometer ruimer te nemen dan de provinciegrens, voor zover de begrenzing van het projectgebied dit toelaat. Op basis van het kaartbestand van gemeentegrenzen en de begrenzing van het REGIS II-projectgebied is per provincie een kaartbestand van de begrenzing van het geohydrologische model afgeleid. Voor het geohydrologische model van de provincie Zeeland is de eerder in overleg met de Provincie Zeeland vastgestelde begrenzing van kaartbestanden aangehouden.

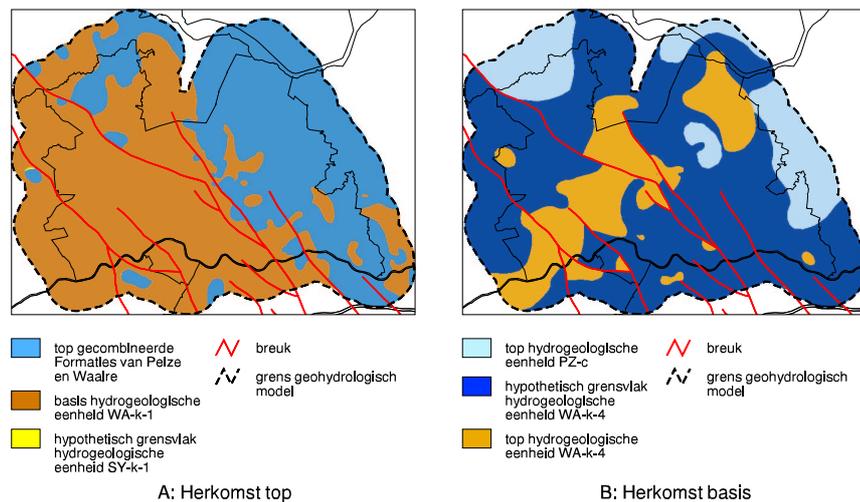
7.4 Definitie geohydrologische modellen

Per provincie is een schematisatie van de ondergrond in geohydrologische eenheden opgesteld. Daarbij worden de volgende eenheden onderscheiden:

- Deklaag (DKL).
- Watervoerend pakket (WVP).
- Slecht doorlatende laag (SDL).
- Geohydrologische basis (GHB).
- Gestuwde afzettingen (DTC).

Per geohydrologische eenheid is vastgelegd uit welke grensvlakken van het hydrogeologische model de top wordt samengesteld. Bij de definitie kan in plaats van

de top van een hydrogeologische eenheid of een hypothetisch grensvlak eventueel ook de top of basis van een lithostratigrafische eenheid worden aangehouden. De basis van een eenheid wordt gelijk gesteld aan de top van de onderliggende eenheid., zie Figuur 7.1. Daar waar sprake is van grote verschillen in hydrogeologische opbouw, bijvoorbeeld in de provincie Noord-Brabant, kan het wenselijk zijn om deelgebieden te onderscheiden en per deelgebied een aparte definitie op te stellen.



Figuur 7.1 Definitie geohydrologische model.

Binnen een gebied zijn verschillende geohydrologische schematisaties mogelijk. Een schematisatie dient afgestemd te zijn op het gebruiksdoel en kan daardoor variëren van sterk gegeneraliseerd tot zeer gedetailleerd. Om aan te sluiten bij de geohydrologische indelingen die gangbaar zijn bij de Provincies, is de definitie van de modellen in principe gebaseerd op de definitie zoals aangehouden binnen REGIS I. Bijlage B geeft een gedetailleerd overzicht van de hydrogeologische eenheden die binnen de afzonderlijke provincies aanwezig zijn. Door de grote mate van detail van het hydrogeologische model is het thans mogelijk een fijnere schematisatie op te stellen, bijvoorbeeld door de kleiige, venige en complexe hydrogeologische eenheden als aparte slecht doorlatende lagen te onderscheiden. Op verzoek van de Provincies Drenthe, Utrecht en Gelderland is daarom een aangepaste schematisatie aangehouden.

Bij het samenstellen en het gebruik van het geohydrologische model dient met twee bijzondere hydrogeologische eenheden rekening te worden gehouden, te weten het complex van afzettingen van de Formaties van Naaldwijk, Nieuwkoop en Echteld en het complex van gestuwde afzettingen. Door de complexiteit van de afzettingen is het binnen dit project niet mogelijk om binnen deze afzettingen hydrogeologische eenheden te onderscheiden, uit te karteren en te parametriseren, zie onder andere paragraaf 4.5¹¹. De afzettingen kunnen daardoor deels goed, deels slecht doorlatend zijn. Een juiste indeling van deze afzettingen binnen het geohydrologische model is daardoor niet goed mogelijk. Om praktische redenen zijn de afzettingen van de Formaties van Naaldwijk,

¹¹ In een aparte opdracht zijn de Holocene afzettingen binnen de Provincie Zeeland wel uitgekarteerd en geparametriseerd. In de schematisatie van het geohydrologische model van deze provincie is hier rekening mee gehouden.

Nieuwkoop en Echteld tot de deklaag (DKL) gerekend en is het complex van gestuwde afzettingen als apart geohydrologische eenheid (DTC) onderscheiden.

De definities van de geohydrologische modellen zijn in bijlage C opgenomen.

7.5 Geometrie geohydrologische eenheden

Op basis van de definities zijn, door combinatie van de relevante kaartbestanden van het hydrogeologische en het lithostratigrafische model en de begrenzing van het modelgebied, voor elke eenheid kaartbestanden samengesteld van de top en de basis. Aansluitend zijn daaruit kaartbestanden van de dikte afgeleid.

7.6 Parametrisatie geohydrologische eenheden

Op basis van de grids van de hydraulische parameters van de hydrogeologische eenheden waaruit de deklaag, de watervoerende of de slecht doorlatende lagen zijn opgebouwd, zijn voor elke geohydrologische eenheid, uitgezonderd de geohydrologische basis, representatieve waarden afgeleid. Het gaat hierbij om de volgende parameters:

- \bar{k}_h : de gemiddelde horizontale doorlatendheid (m/d).
- \bar{k}_v : de gemiddelde verticale doorlatendheid (m/d).
- $\bar{k}_h D$: de transmissiviteit (m²/d).
- c : de hydraulische weerstand (d).

Deze parameters zijn als volgt berekend:

$$\bar{k}_h = \frac{\sum_{i=1}^n k_{h,i} D_i}{D} \quad (13)$$

met:

- \bar{k}_h : gemiddelde horizontale doorlatendheid van de geohydrologische eenheid.
- $k_{h,i} D_i$: transmissiviteit van de i-de hydrogeologische eenheid waaruit de geohydrologische eenheid is opgebouwd.
- D : dikte van de geohydrologische eenheid.

$$\bar{k}_v = \frac{D}{\sum_{i=1}^n c_i} \quad (14)$$

Met:

- \bar{k}_v : gemiddelde doorlatendheid van de geohydrologische eenheid.
- D : dikte van de geohydrologische eenheid.
- c_i : hydraulische weerstand van de i-de hydrogeologische eenheid waaruit de geohydrologische eenheid is opgebouwd.

$$\overline{k_h D} = \sum_{i=1}^n k_{h,i} D_i \quad (15)$$

met:

$\overline{k_h D}$: transmissiviteit van de geohydrologische eenheid.

$k_{h,i} D_i$: transmissiviteit van de i-de hydrogeologische eenheid waaruit de geohydrologische eenheid is opgebouwd.

$$c = \sum_{i=1}^n c_i \quad (16)$$

met:

c : weerstand van de geohydrologische eenheid.

c_i : hydraulische weerstand van de i-de hydrogeologische eenheid waaruit de geohydrologische eenheid is opgebouwd.

Uitgezonderd het complex van afzettingen van de Formaties van Naaldwijk, Nieuwkoop en Echteld en het complex van gestuwde afzettingen zijn van de zandige en complexe hydrogeologische eenheden horizontale doorlatendheden bekend, en van de complexe, kleiige en venige eenheden de verticale doorlatendheid. Dit betekent dat voor zandige eenheden de verticale weerstand zou worden verwaarloosd en voor kleiige en venige eenheden de horizontale doorlatendheid. Op basis van bovenstaande vergelijkingen zijn voor watervoerende pakketten de gemiddelde horizontale doorlatendheid en de transmissiviteit berekend, voor slecht doorlatende lagen de gemiddelde verticale doorlatendheid en de weerstand. Van geohydrologische eenheden waarvan het complex van afzettingen van de Formaties van Naaldwijk, Nieuwkoop en Echteld of het complex van gestuwde afzettingen deel uitmaken, bijvoorbeeld de deklaag, zijn geen parameters berekend, zie paragraaf 7.4.

Afhankelijk van de gekozen schematisatie kunnen er in een watervoerend pakket echter weerstandbiedende niveaus aanwezig zijn en binnen een slecht doorlatende laag watervoerende niveaus. Daar waar dit het geval is, is de gesommeerde hydraulische weerstand of transmissiviteit van deze niveaus berekend.

Bij het berekenen van de hydraulische parameters wordt ervan uitgegaan dat de eenheden volledig verzadigd zijn. Voor geohydrologische eenheden die deels onverzadigd zijn, is deze benadering onjuist. Er zal in dat geval sprake zijn van een overschatting van de transmissiviteit en de weerstand.

8 Resultaten

8.1 Algemeen

Het belangrijkste resultaat van het project "Update REGIS gegevens" betreft de samengestelde set van (kaart)bestanden. Deze dataset, in het vervolg aangeduid als REGIS II, omvat:

- De hydrogeologische interpretaties van de geselecteerde boringen.
- Het hydrogeologische model, inclusief breuken en maaiveld- en waterbodemoogten.
- De provinciale geohydrologische modellen.

Dit hoofdstuk geeft een toelichting op deze resultaten.

8.2 Hydrogeologische interpretaties selectieset boringen

Van een selectieset van ca. 14.500 matig diepe boringen uit de databank DINO zijn hydrogeologische interpretaties gemaakt. Deze set van interpretaties wordt gekenmerkt door:

Kwaliteit boorbeschrijvingen, diepte boringen en ruimtelijke spreiding

De selectieset van boringen heeft tot doel om, gegeven de heterogeniteit en de ruimtelijke variatie van boorgegevens in de databank DINO, toch kwalitatief goede en ruimtelijke homogene kaartbestanden te kunnen samenstellen. De selectieset bestaat om die reden uit kwalitatief goed beschreven, diepe boringen die, rekening houdend met variaties in (hydro)geologische complexiteit, een zo homogeen mogelijke ruimtelijke spreiding vertonen.

Hydrologische betekenis geselecteerde boringen

Daar waar de kwaliteit van de boorbeschrijvingen voldoende is, zijn (representatieve) boringen opgenomen van de primaire grondwaterstandsmeetpunten, put- en pompproeflocaties en vergunningsplichtige grondwateront-trekkingen. Enerzijds is hiermee nagestreefd dat het hydrogeologische model, gegeven de karteerschaal, ter plaatse van deze belangrijke hydrologische locaties goed is. Anderzijds kunnen de (hydro)geologische interpretaties van deze boringen een belangrijk uitgangspunt vormen bij hydrologische studies, bijvoorbeeld meetnet-evaluaties.

Nieuwe landelijke indeling in hydrogeologische eenheden

Bij de hydrogeologische interpretatie is, voor het eerst, een hydrogeologische indeling van de ondergrond van Nederland ingevoerd die nauw aansluit bij de nieuwe lithostratigrafische indeling. De onderscheiden hydrogeologische eenheden omvatten afzettingen die binnen de karteerschaal uniforme hydraulische eigenschappen hebben. Hydrogeologische eenheden vormen daardoor het uitgangspunt voor een eenduidige hydraulische karakterisatie van de ondergrond van Nederland.

In tegenstelling tot de gidslaaginterpretatie van REGIS I zijn daardoor thans alle trajecten van de boorbeschrijving hydrogeologisch benoemd. Stuwings van sedimenten

is nu eveneens aangegeven. Binnen het projectgebied en het beschouwde deel van de ondergrond zijn 122 verschillende eenheden in de boringen onderscheiden.

Geologische onderbouwing interpretaties

Voorafgaand aan de hydrogeologische interpretatie is, binnen het project LKN, elke boring geologisch geïnterpreteerd volgens de nieuwe lithostratigrafische indeling van de ondergrond van Nederland. De hydrogeologische interpretaties sluiten hierdoor aan bij de nieuwste geologische inzichten.

Consistentie geologische en hydrogeologische interpretatie

Door de wijze waarop hydrogeologische eenheden zijn gedefinieerd en door de gevolgde werkwijze correspondeert een hydrogeologische eenheid altijd met één en dezelfde lithostratigrafische eenheid. De geologische en hydrogeologische interpretaties van de boringen zijn daardoor consistent.

Heldere relatie met geologie

De naamgeving van de hydrogeologische eenheden is zodanig gekozen dat daaruit direct valt op te maken tot welke lithostratigrafische eenheden deze geologisch gezien worden gerekend.

Consistentie met stijghoogtegegevens

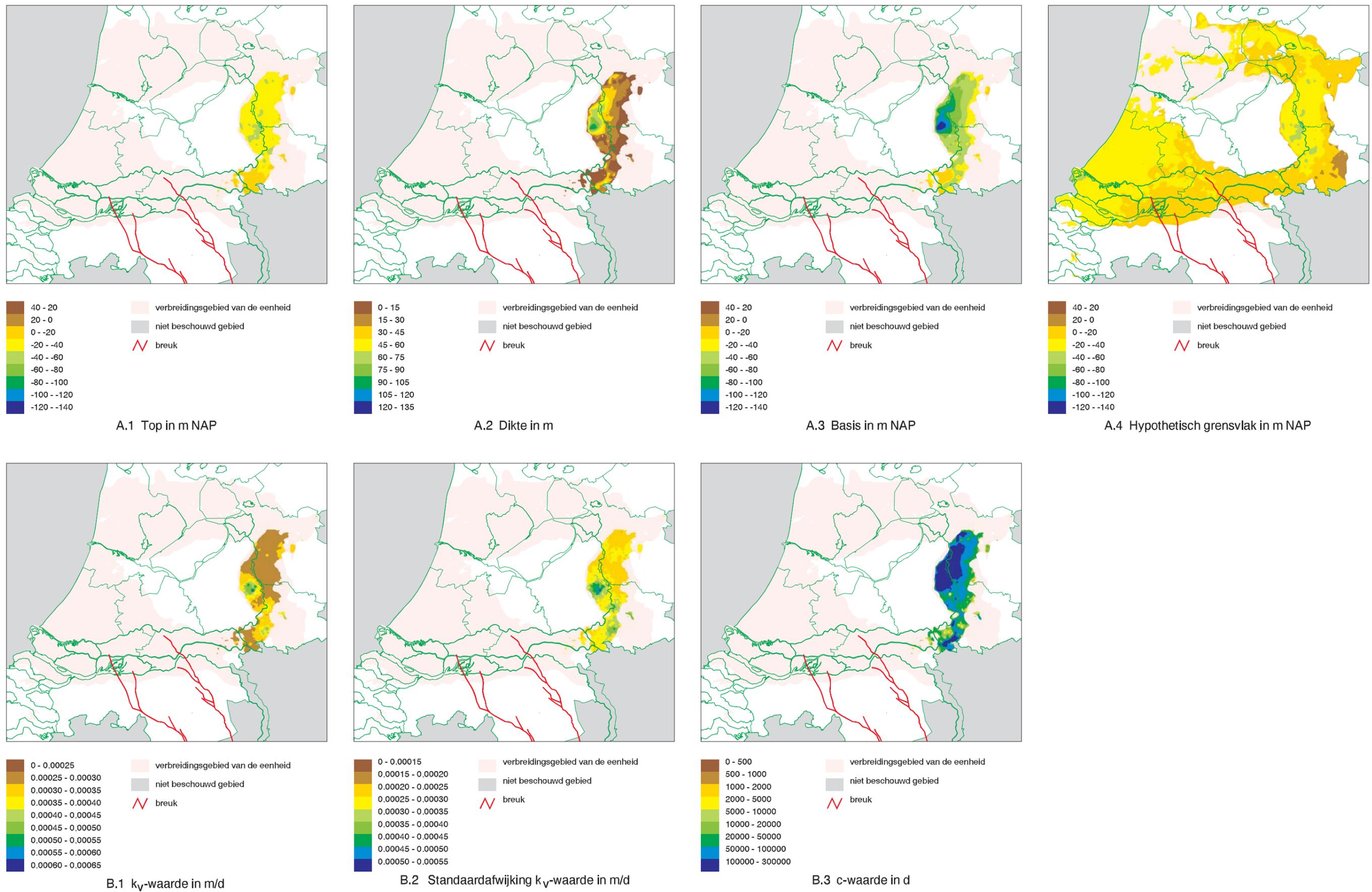
Door een vergelijking van de hydrogeologische interpretaties met ter plaatse gemeten stijghoogten zijn niet geïnterpreteerde relevante eenheden opgespoord.

Consistentie, transparantie en verificerbaarheid interpretaties

Door de gehanteerde werkwijze en de uitgevoerde controlestappen is een landelijke consistentie in de interpretaties bereikt die transparant en reproduceerbaar is.

8.3 Hydrogeologisch model

Op basis van de geïnterpreteerde boringen is een hydrogeologisch model vervaardigd. Dit model is opgebouwd uit een stapeling van hydrogeologische eenheden, in totaal 106. Voor elke hydrogeologische eenheid is een set kaartbestanden (grids) samenge-steld die de geometrie van de betreffende eenheid beschrijven en een set die de hydraulische eigenschappen van de betreffende eenheid omvat, zie Figuur 8.1 en Tabel 8.1. Per lithostratigrafische eenheid is daarnaast een kaartbestand (shape) met relevante breuken opgenomen. De bovenkant van het model wordt gevormd door het kaartbestand (grid) van maaiveld- en waterbodemoogten. In totaal omvat het hydrogeologische model 329 kaartbestanden.



Figuur 8.1: Kaartbestanden van de geometrie (A) en de hydraulische eigenschappen (B) van de hydrogeologische eenheid KRTW-k-1

Tabel 8.1 Overzicht van de per type hydrogeologische eenheid samengestelde kaartbestanden van de geometrie en hydraulische eigenschappen.

Kaartbestand	Type hydrogeologische eenheid			
	z	k	v	c
Top	*	*	*	*
Basis	*	*	*	*
Dikte	*	*	*	*
Hypothetisch	-	*	*	*
k_h	*	-	-	*
σk_h	*	-	-	*
$k_h D$	*	-	-	*
k_v	-	*	*	*
σk_v	-	*	*	*
c	-	*	*	*

Noot: kaartbestanden van σk_h en σk_v zijn voor enkele hydrogeologische eenheden niet vervaardigd vanwege een te gering aantal datapunten.

Het hydrogeologische model wordt getypeerd door:

Aantal gekarteerde hydrogeologische eenheden

Het model omvat 106 hydrogeologische eenheden. Dit aantal is aanzienlijk groter dan het aantal van 31 lagen van het gidslagenmodel van REGIS I. Dit hogere aantal wordt deels verklaard doordat ook de zandige eenheden in het hydrogeologische model zijn opgenomen, deels door een hoger detailniveau van de kartering. Bijlage D geeft per lithostratigrafische eenheid de verbreiding weer van de onderscheiden kleiige, venige en complexe eenheden.

De verschillen zijn per provincie anders, zie Tabel 8.2. Bijlage B geeft een meer gedetailleerd overzicht van de hydrogeologische eenheden die binnen de afzonderlijke provincies aanwezig zijn.

Tabel 8.2 Overzicht van het aantal gekarteerde gidslagen (REGIS I), lithostratigrafische eenheden (LKN) en hydrogeologische eenheden (REGIS II) binnen het REGIS-gebied en de afzonderlijke provincies.

Gebied/provincie	Gidslagen	Eenheden	Hydrogeologische eenheden		
	REGIS I	LKN	REGIS II		
	#	#	type z	type k, v, c	totaal
REGIS-gebied	31	33	60	46	106
Friesland	7	16	35	18	53
Groningen	12	13	33	16	49
Drenthe	13	15	39	18	57
Flevoland	11	17	37	22	59
Overijssel	17	17	41	20	61
Noord-Holland	14	17	39	24	63
Zuid-Holland	7	13	41	21	62
Utrecht	8	14	40	25	65
Gelderland	18	14	40	25	65
Noord-Brabant	20	13	42	30	72
Zeeland	n.v.t.	10	29	11	40

Consistentie tussen geologie en hydrogeologie

Per definitie bestaat een lithostratigrafische eenheid uit een of meerdere hydrogeologische eenheden. Het lithostratigrafische model, dat in het kader van het project LKN is vervaardigd, is dan ook gebruikt als raamwerk voor het hydrogeologische model. Door een intensieve samenwerking van geologen en hydrogeologen, sluiten beide modellen thans naadloos op elkaar aan en zijn de nieuwste geologische inzichten in het hydrogeologische model verwerkt. Voor het eerst is dan ook sprake van een landelijk lithostratigrafisch en een landelijk hydrogeologisch model die consistent zijn met elkaar.

Opgemerkt dient te worden dat het lithostratigrafische model van de Nederlandse ondergrond thans nog verder uitgewerkt wordt. Het betreft enerzijds een uitwerking van kaartproblemen, zoals bijvoorbeeld de vervanging van eenheden van de Formaties van Peize en Waalre, die in de huidige versie van het model op pragmatische wijze zijn verwerkt. Anderzijds is een verdere detaillering, bijvoorbeeld op laagpakket of laagniveau te verwachten. Het is van groot belang dat deze nieuwe geologische inzichten ook in het hydrogeologische model worden verwerkt zodat de consistentie met het lithostratigrafische model gewaarborgd blijft.

"Up to date" ligging en invloed breuken

In het kader van het project LKN is op basis van de meest recente inzichten en gegevens omtrent de ligging en doorwerking van breuken per lithostratigrafische eenheid een kaartbestand samengesteld van relevante breuken. Deze kaartbestanden zijn bij het vervaardigen van het hydrogeologische model gebruikt bij de ruimtelijke interpretatie van de boringen en bij de interpolatie.

Gestuwde afzettingen in beeld

De gestuwde afzettingen zijn als een aparte complexe hydrogeologische eenheid in het model opgenomen.

Hypothetische grensvlakken, een aanzet

In de lithostratigrafische interpretaties van de boringen zijn thans nog geen geologische aanknopingspunten op basis waarvan het niveau van een kleiige, venige of complexe eenheid lateraal zou kunnen worden doorgetrokken in gebieden waar deze laag ontbreekt. Een dergelijk grensvlak zou daarom zuiver hypothetisch van aard zijn. Voor hydrologische toepassingen, bijvoorbeeld in grondwatermodelstudies, bestaat er echter grote behoefte aan een dergelijk hypothetische grensvlak zodat zoveel mogelijk sprake is van continue zandige eenheden. Om die reden zijn hypothetische grensvlakken vervaardigd. Vanwege het nagenoeg ontbreken van aanknopingspunten is het vervaardigen van een dergelijk grensvlak echter niet eenvoudig. Met nu voorliggende hypothetische grensvlakken is een aanzet gegeven.

Maaiveld- en waterbodemhoogten

In samenwerking met Rijkswaterstaat, de Provincies en andere waterbeheerders zijn de actuele waterbodemhoogten voor zover mogelijk ingewonnen en op consistente wijze in het kaartbestand verwerkt. Niet altijd bleek het mogelijke deze gegevens te achterhalen of konden de Provincies binnen hun mogelijkheden deze gegevens aanleveren. De waterbodemhoogten van deze wateren zijn daarom geschat.

Geconstateerd wordt dat er met het beschikbaar komen van het Actueel Hoogtebestand van Nederland (AHN) thans betere landsdekkende informatie beschikbaar is dan het maaiveldhoogtebestand dat in het kader van REGIS I is samengesteld. Inconsistenties tussen maaiveldhoogten en boorgegevens zouden met het landsdekkend gebruiken van het AHN als basis voor de maaiveldhoogten kunnen worden voorkomen.

Hydrogeologische eenheid, eenduidige parametrisatie nu mogelijk

Door de wijze waarop hydrogeologische eenheden zijn gedefinieerd bestaat er een directe relatie tussen een hydrogeologische eenheid en de lithostratigrafische eenheid. Daarmee is ook een directe relatie gelegd met het afzettingmilieu waarin de sedimenten zijn gevormd. Dit afzettingmilieu is in belangrijke mate bepalend voor de lithologische samenstelling, de ruimtelijke variatie daarvan en de structuren daarbinnen en daarmee voor de hydraulische eigenschappen. Met de gekozen opzet wordt een eenduidige parametrisatie dus mogelijk.

Parametrisatie hydrogeologische eenheden objectief en reproduceerbaar

Een nieuw ontwikkelde methodiek is toegepast voor het vervaardigen van kaartbeelden van de hydraulische eigenschappen van de hydrogeologische eenheden. Deze methodiek resulteert in objectieve en reproduceerbare kaartbestanden.

Parametrisatie op basis van hydraulische eigenschappen van lithoklassen per afzettingmilieu

Uitgangspunt voor de parametrisatie vormen de statistieken van de hydraulische eigenschappen van de lithoklassen per afzettingmilieu. Onderzoek naar deze hydraulische eigenschappen is nodig om de onzekerheidsmarges in de kaartbeelden te verminderen.

Kwantificering onzekerheid van k-waarden, een trend ingezet

Voor het eerst is als onderdeel van een landelijke kartering de onzekerheid van de doorlatendheid, in de vorm van de standaardafwijking, in kaart gebracht. Hiermee is een eerste stap gezet om gebruikers naast de kaartbeelden ook inzicht te geven in de onzekerheid van de gegevens. Deze informatie kan bijvoorbeeld worden gebruikt bij het vaststellen van de bandbreedte van een parameter bij het ijken van grondwatermodellen.

Volledig verzadigde dikte verondersteld bij hydraulische karakterisatie

Bij het vervaardigen van de kaartbestanden van de kD en c-waarden is verondersteld dat de eenheden volledig verzadigd zijn.

8.4 Geohydrologische modellen

Voor elke provincie is een geohydrologische schematisatie van de ondergrond samengesteld. Deze geohydrologische schematisaties worden gekenmerkt door:

Flexibiliteit bij geohydrologische schematisaties

Op basis van de kaartbestanden van de geometrie en de hydraulische eigenschappen van de hydrogeologische eenheden kunnen van willekeurige gebieden binnen het projectgebied geohydrologische schematisaties van de ondergrond worden afgeleid. Afhankelijk van de doelstelling kan deze schematisatie variëren van gedetailleerd tot sterk gegeneraliseerd. Deze flexibiliteit was binnen REGIS I niet aanwezig.

Provincie-specifieke definities

Door de flexibiliteit die bestaat, zijn provincie-specifieke geohydrologische modellen vervaardigd die zijn afgestemd op de gangbare schematisatie dan wel op specifieke wensen van de Provincies.

9 Literatuurlijst

Ad-Hoc Arbeitsgruppe Hydrogeologie. 1997. Hydrogeologische Kartieranleitung. *Geologisches Jahrbuch, G 2, 3-157*. Hannover, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und den Staatlichen Geologischen Diensten in der Bundesrepublik Deutschland.

Bierkens, M.F.P. 1997. Using stratification and residual kriging to map soil pollution in urban areas. pp. 996-1007. In: E.Y. Bafi and N.A. Schofield (eds.). *Geostatistics Wollongong '96*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.

Bierkens, M.F.P. 2004. *Het schatten van hydraulische doorlatendheid in het hydrogeologisch lagenmodel van REGIS, TNO-notitie GW 04-10.185/lk*. Utrecht, Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO.

Boswinkel, J.A. en H.P Broers. 1990. *REGIS/Digitale Grondwaterkaart; Algemene opzet en voorwaarden, TNO-rapport OS 90-57-B*. Delft, Dienst Grondwaterverkenning TNO.

De Marsily, G. 1986. *Quantitative Hydrogeology, Groundwater Hydrology for Engineers*. New York, Academic Press.

Desbarats, A.J. 1989. Support effects and the spatial averaging of transport properties. *Mathematical Geology* 21: 383-389.

Desbarats, A.J. 1991. Spatial Averaging of Transmissivity. pp. 139-154. In: S. Bachu (ed.). *Proceedings of the 5th Canadian/American Conference on Hydrogeology: Parameter Identification and Estimation for Aquifer and Reservoir Characterization*. Dublin, Ohio, National Water Well Association.

Deutsch, C.V. en A.G. Journel. 1998. *GSLIB, Geostatistical Software Library and User's Guide (2nd edition)*. New York, Oxford University Press.

Favier, T.T. 2004. *Vertanding van de fluviatiele afzettingen van de Formatie van Waalre en de Formatie van Peize in Midden en West Nederland, Hoe houd je ze uit elkaar?, TNO-rapport NITG A 03-157*. Utrecht, Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO.

Journel, A.G. 1983. Non-parametric estimation of spatial distributions. *Mathematical Geology* 5(3): 445-468.

Journel, A.G. en C.J. Huijbregts. 1978. *Mining Geostatistics*. London, Academic Press.

Schokker J. en H.J.T. Weerts. 2004. *Afzettingmilieus en faciëseenheden van de Tertiaire en Kwartaire lithostratigrafische eenheden in de ondergrond van Nederland, TNO-rapport NITG 03-194-A*. Utrecht, Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO.

Schoute, H. en R.W. Vernes. 1998. *Onderhoud REGIS gegevens en kaartbestanden, notitie ten behoeve van REGIS-klankbordoverleg van 22 januari 1998, briefnr. GW 98-10.044*. Delft, Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO.

Vernes, R.W., C.M.L. Cornelissen en Th.H.M. van Doorn. 1999. *Notitie betreffende het onderhoud van REGIS, briefnr. GW 99-10.588*. Delft, Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO.

Vernes, R.W. en A. Menkovic. 2005. *REGIS Zeeland, Deelrapport B: Hydrogeologische opbouw en hydraulische eigenschappen van Holocene afzettingen (in voorbereiding)*. Utrecht, TNO Bouw en Ondergrond.

Weerts, H.J.T. 1995. Meetschaaldoorlatendheden van een complexe deklaag. pp. 15-23. In: J.C. Hooghart (ed.). *Onzekerheid in grondwatermodellering*: verslag van de lezingendag, 19 januari 1995, De Reehorst te Ede, georganiseerd door TNO Grondwater en Geo-Energie, in samenwerking met Universiteit Utrecht en Technische Universiteit Delft. Delft, TNO Grondwater en Geo-Energie.

Weerts, H.J.T. 1996. *Complex Confining Layers, Architecture and hydraulic properties of Holocene and Late Weichselian deposits in the fluvial Rhine-Meuse Delta, The Netherlands*. Utrecht, Faculteit Ruimtelijke Wetenschappen Universiteit Utrecht. Proefschrift.

Weerts, H.J.T., P. Cleveringa, J.H.J. Ebbing, F.D. de Lang en W.E. Westerhoff. 2000. *De lithostratigrafische indeling van Nederland - Formaties uit het Tertiair en Kwartair, Versie 2000 A, TNO-rapport NITG 00-95-A*. Delft/Utrecht, Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO.

A Onderscheiden hydrogeologische eenheden

Relatie Geologie en Hydrogeologie			
Geologische eenheid Formatie (/ Laagpakket)	Hydrogeologische eenheid		
	Codering in boring (afwijkend van de modellaag)	Modellaag	
Antropogeen + Holoceen (Naaldwijk, Nieuwkoop, Echteld)	AP.... NA.... NI.... EC....	HL-c	
Boxtel	BX-z-1 BX-k-1 BX-z-2 BX-k-2 BX-z-3	BX-z-1 BX-k-1 BX-z-2 BX-k-2 BX-z-3	
Kreftenheye (/ Wijchen)	KR-z-1	KR-z-1	
	KRWY-k-1	KRWY-k-1	
	KR-z-2	KR-z-2	
	KR-k-1	KR-k-1	
	KR-z-3	KR-z-3	
	Beegden (/ Rosmalen)	BE-z-1	BE-z-1
		BERO-k-1 BE-k-1	BERO-k-1 BE-k-1
	Kreftenheye (/ Zutphen, / Twello)	BE-z-2	BE-z-2
		WB-z-1	WB-z-1
		WB-v-1	WB-v-1
		WB-z-2	EE-z-1
		EE-z-1	EE-k-1
		EE-z-2	EE-z-2
		EE-k-2	EE-k-2
EE-z-3		EE-z-3	
Kreftenheye (/ Zutphen, / Twello)	KR-z-4	Niet gekarteerd	
	KRZU-k-1 KR-z-5 KRTW-k-1 KR-z-6	KRZU-k-1 KR-z-5 KRTW-k-1 KR-z-6	
Drente (/ Uitdam, / Gieten)	DR-z-1	DR-z-1	
	DRUI-k-1	DRUI-k-1	
	DR-z-2	DR-z-2	
	DRGI-k-1 DR-z-3	DRGI-k-1 DR-z-3	
gecombineerde gestuwde afzettingen	Formatie-MG/WG	DT-c	
Drente	DR-z-4	Niet gekarteerd	
Boxtel/Drachten	BXDN-z-1	BXDN-z-1	
Urk	Urk (/ Tynje)	UR-z-1	UR-z-1
		UR-k-1	UR-k-1
		UR-z-2	UR-z-2
		UR-k-2	UR-k-2
	Peelo	UR-z-3	UR-z-3
		PE-z-1	PE-z-1
		PE-k-1	PE-k-1
		PE-z-2	PE-z-2
Urk (/ Veenhuizen)	PE-k-2	PE-k-2	
	PE-z-3	PE-z-3	
	UR-z-4	UR-z-4	
Sterksel	UR-k-3	UR-k-3	
	UR-z-5	UR-z-5	
Appelscha	ST-z-1	ST-z-1	
	ST-k-1	ST-k-1	
Stramproy	ST-z-2	ST-z-2	
	AP-z-1	AP-z-1	
gecombineerde Peize en Waalre	SY-z-1	SY-z-1	
	SY-k-1	SY-k-1	
	SY-z-2	SY-z-2	
	SY-k-2	SY-k-2	
	SY-z-3	SY-z-3	
	SY-k-3	SY-k-3	
	SY-z-4	SY-z-4	
	WA-z-0	PZWA-z-1	
	WA-k-0	WA-k-0	
	WA-z-1	PZWA-z-2	
WA-k-1	WA-k-1		
WA-z-2	PZWA-z-3		
WA-k-2	WA-k-2		
WA-z-3	PZWA-z-4		
PZ-z-2	PZ-k-1		
PZ-k-1	PZ-k-1		
PZ-z-3	PZWA-z-5		
WA-z-4	WA-k-3		
WA-k-3	PZWA-z-6		
WA-z-5	WA-k-4		
WA-k-4	WA-k-4		
WA-z-6	PZWA-z-7		
PZ-z-4	PZ-C		
PZ-C	PZ-C		
PZ-z-5	PZWA-z-8		
Maassluis	MS-z-1	MS-z-1	
	MS-C	MS-C	
	MS-k-1	MS-k-1	
	MS-z-2	MS-z-2	
	MS-k-2	MS-k-2	
Kiezeloëliet	MS-z-3	MS-z-3	
	KI-z-1	KI-z-1	
	KI-k-1	KI-k-1	
	KI-z-2	KI-z-2	
	KI-k-2	KI-k-2	
Oosterhout	KI-z-3	KI-z-3	
	KI-k-3	KI-k-3	
	KI-z-4	KI-z-4	
	OO-z-1	OO-z-1	
	OO-C	OO-C	
Breda	OO-k-1	OO-k-1	
	OO-z-2	OO-z-2	
	OO-k-2	OO-k-2	
Rupel (/ Boom)	OO-z-3	OO-z-3	
	BR-z-1	BR-z-1	
Tongeren (/ Zelzate/Watervliet)	BR-k-1	BR-k-1	
	BR-z-2	BR-z-2	
Dongen (/ Asse, / Ieper)	RU-z-1	RU-z-1	
	RUBO-k-1	RUBO-k-1	
	RU-z-2	RU-z-2	
	TO-z-1	TO-z-1	
	TOZEWA-k-1	TOZEWA-k-1	
	TO-z-2	TO-z-2	
	DO-z-1	DO-z-1	
	DOAS-k-1	DOAS-k-1	
	DO-z-2	DO-z-2	
	DOIE-k-1	DOIE-k-1	

Legenda hydrogeologische eenheden	
	kleiige, venige of complexe eenheid
	zandige eenheid
	niet geparametriseerde eenheid

B **Overzicht van de binnen de afzonderlijke provincies aanwezige hydrogeologische eenheden**

Geologische eenheid Formatie / Laagpakket	Hydrogeologische eenheid	Aanwezigheid hydrogeologische eenheden binnen de provincies c.q. in buffer van 5 km daarbuiten																					
		FR	+5km	GR	+5km	DR	+5km	NH	+5km	FL	+5km	OV	+5km	ZH	+5km	UT	+5km	GL	+5km	ZE	+5km	BR	+5km
Antropogeen + Holoceen (Naaldwijk, Nieuwkoop, Echteld)	HL-C																						
Boxtel	BX-z-1																						
	BX-k-1																						
	BX-z-2																						
	BX-k-2																						
Kreftenheye (/ Wijchen)	BX-z-3																						
	KR-z-1																						
	KRWY-k-1																						
	KR-z-2																						
Beegden (/ Rosmalen)	KR-k-1																						
	KR-z-3																						
	BE-z-1																						
gecombineerde Eem en Woudenberg	BERO-k-1																						
	BE-k-1																						
	BE-z-2																						
	WB-z-1																						
	WB-v-1																						
Kreftenheye (/ Zutphen, / Twello)	EE-z-1																						
	EE-k-1																						
	EE-z-2																						
	EE-k-2																						
Drente (/ Uitdam, / Gieten)	EE-z-3																						
	KR-z-4																						
	KRZU-k-1																						
	KR-z-5																						
gecombineerde gestuwde afzettingen	KRTW-k-1																						
	DR-z-1																						
	DRUI-k-1																						
Baxtel / Drachten	DR-z-2																						
	DRGI-k-1																						
	DR-z-3																						
	DT-c																						
Urk (/ Tynje)	DN-z-1																						
	UR-z-1																						
	UR-k-1																						
	UR-z-2																						
Peelo	UR-k-2																						
	UR-z-3																						
	PE-z-1																						
	PE-k-1																						
Urk (/ Veenhuizen)	PE-z-2																						
	PE-k-2																						
	PE-z-3																						
Sterksel	UR-z-4																						
	UR-k-3																						
	UR-z-5																						
Appelscha	ST-z-1																						
	ST-k-1																						
Stramproy	ST-z-2																						
	AP-z-1																						
	SY-z-1																						
	SY-k-1																						
	SY-z-2																						
gecombineerde Peize en Waalre	SY-k-2																						
	SY-z-3																						
	SY-k-3																						
	SY-z-4																						
	PZWA-z-1																						
	WA-k-0																						
	PZWA-z-2																						
	WA-k-1																						
	PZWA-z-3																						
	WA-k-2																						
	PZWA-z-4																						
	PZ-k-1																						
PZWA-z-5																							
WA-k-3																							
PZWA-z-6																							
WA-k-4																							
PZWA-z-7																							
PZ-C																							
PZWA-z-8																							
Maassluis	MS-z-1																						
	MS-C																						
	MS-k-1																						
	MS-z-2																						
	MS-k-2																						
Kiezeloöliet	MS-z-3																						
	KI-z-1																						
	KI-k-1																						
	KI-z-2																						
	KI-k-2																						
Oosterhout	KI-z-3																						
	KI-k-3																						
	KI-z-4																						
	OO-z-1																						
	OO-C																						
Breda	OO-k-1																						
	OO-z-2																						
	OO-k-2																						
Rupel (/ Boom)	OO-z-3																						
	BR-z-1																						
Tongeren (/ Zelzate/Watervliet)	BR-k-1																						
	BR-z-2																						
	RU-z-1																						
Dongen (/ Asse, / Ieper)	RU-k-1																						
	RUBO-k-1																						
Dongen (/ Asse, / Ieper)	RU-z-2																						
	TO-z-1																						
Dongen (/ Asse, / Ieper)	TOZEWAK-1																						
	TO-z-2																						
Dongen (/ Asse, / Ieper)	DO-z-1																						
	DOAS-k-1																						
Dongen (/ Asse, / Ieper)	DO-z-2																						
	DOIE-k-1																						

Legenda m.b.t. aanwezigheid c.q. afwezigheid



Hydrogeologische eenheid aanwezig

Hydrogeologische eenheid afwezig

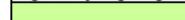
Hydrogeologische eenheid niet gekarteerd



Hydrogeologische eenheid niet gekarteerd, geologische eenheid gebruikt in hydrogeologisch model

C Definities geohydrologische modellen

Definitie Geohydrologisch Model Groningen				
Geologische eenheid Formatie / Laagpakket	Hydrogeologische eenheid	Aanwezigheid		Geohydrologische eenheid
		Groningen	+5km	
Antropogeen + Holoceen (Naaldwijk, Nieuwkoop, Echteld)	HL-C			Deklaag (DKL)
Bostel	BX-z-1			Watervoerend pakket 1a (WVP1a)
	BX-k-1			Slecht doorlatende laag 1a (SDL1a)
	BX-z-2			
	BX-k-2			
BX-z-3				
Kreftenheye (/ Wijchen)	KR-z-1			Watervoerend pakket 1b (WVP1b)
	KRWY-k-1			
	KR-z-2			
KR-k-1				
KR-z-3				
BE-z-1				
Beegden (/ Rosmalen)	BERO-k-1			Slecht doorlatende laag 1b (SDL1b)
	BE-k-1			
	BE-z-2			
gecombineerde Eem en Woudenberg	WB-z-1			
	WB-v-1			
	EE-z-1			
	EE-k-1			
	EE-z-2			
Kreftenheye (/ Zutphen, / Twello)	EE-k-2			
	EE-z-3			
	KR-z-4			
	KRZU-k-1			
Drente (/ Uitdam, / Gieten)	KR-z-5			Watervoerend pakket 1c (WVP1c)
	KRTW-k-1			
	KR-z-6			
	DR-z-1			
DRUI-k-1				
DR-z-2				
gecombineerde gestuwde afzettingen	DRGI-k-1			Slecht doorlatende laag 1b (SDL1b)
	DR-z-3			
	DT-c			
Boxtel / Drachten	DN-z-1			Watervoerend pakket 2a (WVP2a)
Urk (/ Tynje)	UR-z-1			
	UR-k-1			
	UR-z-2			
	UR-k-2			
Peelo	UR-z-3			
	PE-z-1			
	PE-k-1			
Urk (/ Veenhuizen)	PE-z-2			Slecht doorlatende laag 2a (SDL2a)
	PE-k-2			
	PE-z-3			
Sterksel	UR-z-4			Watervoerend pakket 2b (WVP2b)
	UR-k-3			
	UR-z-5			
Appelscha	ST-z-1			
	ST-k-1			
	ST-z-2			
	AP-z-1			
Stramproy	SY-z-1			
	SY-k-1			
	SY-z-2			
	SY-k-2			
	SY-z-3			
gecombineerde Peize en Waalre	SY-k-3			
	SY-z-4			
	PZWA-z-1			
	WA-k-0			
	PZWA-z-2			
	WA-k-1			
	PZWA-z-3			
	WA-k-2			
	PZWA-z-4			
	PZ-k-1			
	PZWA-z-5			
WA-k-3				
PZWA-z-6				
WA-k-4				
PZWA-z-7				
PZ-C				
PZWA-z-8				
Maassluis	MS-z-1			Slecht doorlatende laag 2b (SDL2b)
	MS-C			Watervoerend pakket 2c (WVP2c)
	MS-k-1			Slecht doorlatende laag 2c (SDL2c)
	MS-z-2			
Kiezeloëliet	MS-k-2			Watervoerend pakket 3a (WVP3a)
	MS-z-3			
	KI-z-1			
	KI-k-1			
	KI-z-2			
KI-k-2				
Oosterhout	KI-z-3			Slecht doorlatende laag 3a (SDL3a)
	KI-k-3			
	KI-z-4			
	OO-z-1			
Breda	OO-C			Watervoerend pakket 3b (WVP3b)
	OO-k-1			
	OO-z-2			
	OO-k-2			
Breda	OO-z-3			Geohydrologische basis (GHB)
	BR-z-1			
	BR-k-1			
	BR-z-2			

Legenda hydrogeologische eenheden	
	kleiige, venige of complexe eenheid
	zandige eenheid
	niet geparametriseerde eenheid

Legenda geohydrologische eenheden	
	Slecht doorlatende lagen
	Watervoerende pakketten
	niet geparametriseerde eenheid

Definitie Geohydrologisch Model Friesland				
Geologische eenheid Formatie / Laagpakket	Hydrogeologische eenheid	Verbreiding		Geohydrologische eenheid
		Friesland	+5km	
Antropogeen + Holoceen (Naaldwijk, Nieuwkoop, Echteld)	HL-C			Deklaag (DKL)
Boxtel	BX-z-1			Watervoerend pakket 1a (WVP1a)
	BX-k-1			Slecht doorlatende laag 1a (SDL1a)
	BX-z-2			
	BX-k-2			
Kreftenheye (/ Wijchen)	BX-z-3			Watervoerend pakket 1b (WVP1b)
	KR-z-1			
	KRWY-k-1			
Beegden (/ Rosmalen)	KR-z-2			
	KR-k-1			
	KR-z-3			
gecombineerde Eem en Woudenberg	BE-z-1			
	BERO-k-1			
	BE-k-1			
	BE-z-2			
	WB-z-1			
Kreftenheye (/ Zutphen, / Twello)	WB-v-1			Slecht doorlatende laag 1b (SDL1b)
	EE-z-1			
	EE-k-1			
	EE-z-2			
	EE-k-2			
Drente (/ Uitdam, / Gieten)	EE-z-3			
	KR-z-4			
	KRZU-k-1			
	KR-z-5			
gecombineerde gestuwde afzettingen	KRTW-k-1			Gestuwde afzettingen (DTC)
	DR-z-1			
	DRUI-k-1			
	DR-z-2			
Boxtel / Drachten	DRGI-k-1			Watervoerend pakket 1c (WVP1c)
	DR-z-3			
Urk (/ Tynje)	DT-c			Slecht doorlatende laag 1 (SDL1)
	DN-z-1			
	UR-z-1			
	UR-k-1			
Peelo	UR-z-2			Watervoeren pakket 2a (WVP2a)
	UR-k-2			
	UR-z-3			
Urk (/ Veenhuizen)	PE-z-1			Slecht doorlatende laag 2a (SDL2a)
	PE-k-1			
	PE-z-2			
Sterksel	UR-z-4			Watervoerend pakket 2b (WVP2b)
	UR-k-3			
Appelscha	UR-z-5			
	ST-z-1			
Stramproy	ST-k-1			
	ST-z-2			
	AP-z-1			
	SY-z-1			
	SY-k-1			
gecombineerde Peize en Waalre	SY-z-2			
	SY-k-2			
	SY-z-3			
	SY-k-3			
	SY-z-4			
	PZWA-z-1			
	WA-k-0			
	PZWA-z-2			
	WA-k-1			
	PZWA-z-3			
	WA-k-2			
PZWA-z-4				
PZ-k-1				
PZWA-z-5				
WA-k-3				
PZWA-z-6				
WA-k-4				
PZWA-z-7				
PZ-C				
PZWA-z-8				
Maassluis	MS-z-1			Watervoerend pakket 2c (WVP2c)
	MS-C			Slecht doorlatende laag 2c (SDL2c)
	MS-k-1			Watervoerend pakket 3a (WVP3a)
	MS-z-2			
MS-k-2				
MS-z-3				
Kiezeloëliet	KI-z-1			
	KI-k-1			
	KI-z-2			
	KI-k-2			
Oosterhout	KI-z-3			Slecht doorlatende laag 3a (SDL3a)
	KI-k-3			
	KI-z-4			
	KI-k-4			
Breda	OO-z-1			Watervoerend pakket 3b (WVP3b)
	OO-C			
	OO-k-1			
	OO-z-2			
Breda	OO-k-2			Geohydrologische basis (GHB)
	OO-z-3			
	BR-z-1			
	BR-k-1			
	BR-z-2			

Legenda hydrogeologische eenheden	
	kleilige, venige of complexe eenheid
	zandige eenheid
	niet geparametriseerde eenheid

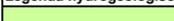
Legenda geohydrologische eenheden	
	Slecht doorlatende lagen
	Watervoerende pakketten
	niet geparametriseerde eenheid

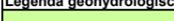
Definitie Geohydrologisch Model Drenthe				
Geologische eenheid Formatie / Laagpakket	Hydrogeologische eenheid	Aanwezigheid		Geohydrologische eenheid
		Drenthe	+5km	
Antropogeen + Holoceen (Naaldwijk, Nieuwkoop, Echteld)	HL-C			Deklaag (DKL)
Boxtel	BX-z-1			Watervoerend pakket 01 - BX (WVP1)
	BX-k-1			
	BX-z-2			
Kreftenheye (/ Wijchen)	BX-z-3			Slecht doorlatende laag 01 - BXk2-EEk1-KRZUK1 (SDL01)
	BX-k-2			
	KR-z-1			
Beegden (/ Rosmalen)	KRWY-k-1			
	KR-z-2			
	KR-k-1			
gecombineerde Eem en Woudenberg	KR-z-3			
	BE-z-1			
	BERO-k-1			
	BE-k-1			
	BE-z-2			
Kreftenheye (/ Zutphen, / Twello)	WB-z-1			
	WB-v-1			
	EE-z-1			
Drente (/ Uitdam, / Gieten)	EE-k-1			
	EE-z-2			
	EE-k-2			
gecombineerde gestuwde afzettingen Boxtel / Drachten	EE-z-3			
	KR-z-4			
	KRZU-k-1			
Urk (/ Tynje)	KR-z-5			
	KRTW-k-1			
	KR-z-6			
Peelo	DR-z-1			
	DRUI-k-1			
	DR-z-2			
Urk (/ Veenhuizen)	DRGI-k-1			
	DR-z-3			
	DT-c			
Sterksel	DN-z-1			
	UR-z-1			
	UR-k-1			
Appelscha	UR-z-2			
	UR-k-2			
	UR-z-3			
Stramproy	UR-k-3			
	PE-z-1			
	PE-k-1			
gecombineerde Peize en Waalre	PE-z-2			
	PE-k-2			
	PE-z-3			
	UR-z-4			
	UR-k-3			
	UR-z-5			
	ST-z-1			
	ST-k-1			
Maassluis	ST-z-2			
	AP-z-1			
	SY-z-1			
Kiezeloëliet	SY-k-1			
	SY-z-2			
	SY-k-2			
	SY-z-3			
	SY-k-3			
	SY-z-4			
	PZWA-z-1			
	WA-k-0			
Oosterhout	PZWA-z-2			
	WA-k-1			
	PZWA-z-3			
	WA-k-2			
	PZWA-z-4			
	PZ-k-1			
	PZWA-z-5			
	WA-k-3			
Breda	PZWA-z-6			
	WA-k-4			
	PZWA-z-7			
Breda	PZWA-z-8			
	PZ-C			
	MS-z-1			
Breda	MS-C			
	MS-k-1			
	MS-z-2			
Breda	MS-k-2			
	MS-z-3			
	OO-z-1			
Breda	OO-C			
	OO-k-1			
	OO-z-2			
Breda	OO-k-2			
	OO-z-3			
	BR-z-1			
Breda	BR-k-1			
	BR-z-2			

Legenda hydrogeologische eenheden	
	kleilige, venige of complexe eenheid
	zandige eenheid
	niet geparametriseerde eenheid

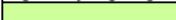
Legenda geohydrologische eenheden	
	Slecht doorlatende lagen
	Watervoerende pakketten
	niet geparametriseerde eenheid

Definitie Geohydrologisch Model Overijssel							
Geologische eenheid Formatie / Laagpakket	Hydrogeologische eenheid	Aanwezigheid		Geohydrologische eenheid per deelgebied			
		Overijssel	+5km	Deelgebiednr 1 Salland en Twente	Deelgebiednr 2 Kop en Polder		
					DT-c afwezig	DT-c aanwezig	
Antropogeen + Holoceen (Naaldwijk, Nieuwkoop, Echteld)	HL-C			Deklaag (DKL)	Deklaag (DKL)		
Boxtel	BX-z-1			Watervoerend pakket 1 (WVP1)	Deklaag (DKL)		
	BX-k-1						
	BX-z-2						
Krefenheye (/ Wijchen)	BX-k-2			Slecht doorlatende laag 1 (SDL1)	Watervoerend pakket 1 (WVP1)		
	BX-z-3						
	KRWY-k-1						
Beegden (/ Rosmalen)	KR-z-1						
	KR-z-2						
	KR-k-1						
gecombineerde Eem en Woudenberg	KR-z-3						
	BE-z-1						
	BERO-k-1						
	BE-k-1						
	BE-z-2						
Krefenheye (/ Zutphen, / Twello)	WB-z-1						
	WB-v-1						
	EE-z-1						
	EE-k-1						
	EE-z-2						
Drente (/ Uitdam, / Gieten)	EE-k-2						
	EE-z-3						
	KRZU-k-1						
gecombineerde gestuwde afzettingen	KR-z-4			Slecht doorlatende laag 1 (SDL1)	Slecht doorlatende laag 1 (SDL1)		
	DR-z-1						
	DRUI-k-1						
Boxtel / Drachten	DR-z-2			Slecht doorlatende laag 2a (SDL2a)	Slecht doorlatende laag 2a (SDL2a)		
	DRGI-k-1						
	DR-z-3						
Urk (/ Tynje)	DT-c			Slecht doorlatende laag 2a (SDL2a)	Slecht doorlatende laag 2a (SDL2a)		
	DN-z-1						
	UR-z-1						
Peelo	UR-k-1			Slecht doorlatende laag 2 (SDL2)	Watervoerend pakket 2b (WVP2b)		
	UR-z-2						
	UR-k-2						
Urk (/ Veenhuizen)	UR-z-3			Slecht doorlatende laag 2 (SDL2)	Watervoerend pakket 2b (WVP2b)		
	PE-z-1						
	PE-k-1						
Sterksel	PE-z-2			Slecht doorlatende laag 2 (SDL2)	Watervoerend pakket 2b (WVP2b)		
	PE-k-2						
	PE-z-3						
Appelscha	UR-z-4			Slecht doorlatende laag 2 (SDL2)	Watervoerend pakket 2b (WVP2b)		
	UR-k-3						
	UR-z-5						
gecombineerde Pelze en Waalre	ST-z-1			Slecht doorlatende laag 2 (SDL2)	Watervoerend pakket 2b (WVP2b)		
	ST-k-1						
	ST-z-2						
	Maassluis	AP-z-1			Slecht doorlatende laag 2 (SDL2)	Watervoerend pakket 2b (WVP2b)	
		SY-z-1					
		SY-k-1					
		Kiezeloëliet	SY-z-2			Slecht doorlatende laag 2 (SDL2)	Watervoerend pakket 2b (WVP2b)
			SY-k-2				
			SY-z-3				
		Oosterhout	SY-k-3			Slecht doorlatende laag 2 (SDL2)	Watervoerend pakket 2b (WVP2b)
SY-z-4							
PZWA-z-1							
Breda	WA-k-0				Slecht doorlatende laag 2 (SDL2)	Watervoerend pakket 2b (WVP2b)	
	PZWA-z-2						
	WA-k-1						
Rupel (/ Boom)	PZWA-z-3				Slecht doorlatende laag 2 (SDL2)	Watervoerend pakket 2b (WVP2b)	
	WA-k-2						
	PZWA-z-4						
Maassluis	PZ-k-1			Slecht doorlatende laag 2 (SDL2)	Watervoerend pakket 2b (WVP2b)		
	PZWA-z-5						
	WA-k-3						
Kiezeloëliet	PZWA-z-6			Slecht doorlatende laag 2 (SDL2)	Watervoerend pakket 2b (WVP2b)		
	WA-k-4						
	PZWA-z-7						
Oosterhout	PZWA-z-8			Slecht doorlatende laag 2 (SDL2)	Watervoerend pakket 2b (WVP2b)		
	PZ-C						
	MS-z-1						
Breda	MS-C			Slecht doorlatende laag 2 (SDL2)	Watervoerend pakket 2b (WVP2b)		
	MS-k-1						
	MS-z-2						
Rupel (/ Boom)	MS-k-2			Slecht doorlatende laag 2 (SDL2)	Watervoerend pakket 2b (WVP2b)		
	MS-z-3						
	MS-z-3						
Breda	MS-z-3			Slecht doorlatende laag 2 (SDL2)	Watervoerend pakket 2b (WVP2b)		
	KI-z-1						
	KI-k-1						
Rupel (/ Boom)	KI-z-2			Slecht doorlatende laag 2 (SDL2)	Watervoerend pakket 2b (WVP2b)		
	KI-k-2						
	KI-z-3						
Breda	KI-k-3			Slecht doorlatende laag 2 (SDL2)	Watervoerend pakket 2b (WVP2b)		
	KI-z-4						
	OO-z-1						
Rupel (/ Boom)	OO-C			Slecht doorlatende laag 2 (SDL2)	Watervoerend pakket 2b (WVP2b)		
	OO-k-1						
	OO-z-2						
Breda	OO-k-2			Slecht doorlatende laag 2 (SDL2)	Watervoerend pakket 2b (WVP2b)		
	OO-z-3						
	BR-z-1						
Rupel (/ Boom)	BR-k-1			Slecht doorlatende laag 2 (SDL2)	Watervoerend pakket 2b (WVP2b)		
	BR-z-2						
	RU-z-1						
Breda	RU-k-1			Slecht doorlatende laag 2 (SDL2)	Watervoerend pakket 2b (WVP2b)		
	RUBO-k-1						
	RU-z-2						

Legenda hydrogeologische eenheden	
	kleilige, venige of complexe eenheid
	zandige eenheid
	niet geïntegreerde eenheid

Legenda geohydrologische eenheden	
	Slecht doorlatende lagen
	Watervoerende pakketten
	niet geïntegreerde eenheid

Definitie Geohydrologisch Model Flevoland				
Geologische eenheid Formatie / Laagpakket	Hydrogeologische eenheid	Aanwezigheid		Geohydrologische eenheid
		Flevoland	+5km	
Antropogeen + Holoceen (Naaldwijk, Nieuwkoop, Echteld)	HL-C			Deklaag (DKL)
Boxtel	BX-z-1			Watervoerend pakket 1 (WVP1)
	BX-k-1			
	BX-z-2			
	BX-k-2			
Kreftenheye (/ Wijchen)	BX-z-3			Slecht doorlatende laag 1 (SDL1)
	KR-z-1			
	KRWY-k-1			
Beegden (/ Rosmalen)	KR-z-2			
	KR-k-1			
	KR-z-3			
gecombineerde Eem en Woudenberg	BE-z-1			
	BERO-k-1			
	BE-k-1			
	BE-z-2			
	WB-z-1			
Kreftenheye (/ Zutphen, / Twello)	WB-v-1			Watervoerend pakket 2a (WVP2a)
	EE-z-1			
	EE-k-1			
	EE-z-2			
Drente (/ Uitdam, / Gieten)	EE-k-2			Slecht doorlatende laag 2a (SDL2a)
	EE-z-3			
	KR-z-4			
gecombineerde gestuwde afzettingen	KRZU-k-1			Gestuwde afzettingen (DTC)
	DR-z-1			
	DRUI-k-1			
Boxtel / Drachten	DR-z-2			Watervoerend pakket 2b (WVP2b)
	DR-z-3			
	DT-c			
Urk (/ Tynje)	DN-z-1			
	UR-z-1			
	UR-k-1			
Peelo	UR-z-2			
	UR-k-2			
	UR-z-3			
Urk (/ Veenhuizen)	PE-z-1			
	PE-k-1			
	PE-z-2			
Sterksel	PE-k-2			
	PE-z-3			
Appelscha	UR-z-4			
	UR-k-3			
	UR-z-5			
	ST-z-1			
Stramproy	ST-k-1			
	ST-z-2			
	AP-z-1			
	SY-z-1			
gecombineerde Peize en Waalre	SY-k-1			
	SY-z-2			
	SY-k-2			
	SY-z-3			
	SY-k-3			
	SY-z-4			
	PZWA-z-1			
	WA-k-0			
PZWA-z-2				
Maassluis	WA-k-1			
	PZWA-z-3			
	WA-k-2			
	PZWA-z-4			
	PZ-k-1			
	PZWA-z-5			
	WA-k-3			
	PZWA-z-6			
WA-k-4				
Kiezeloöliet	PZWA-z-7			
	PZ-C			
	PZWA-z-8			
	MS-z-1			
Oosterhout	MS-C			
	MS-k-1			
	MS-z-2			
	MS-k-2			
Breda	MS-z-3			
	KI-z-1			
	KI-k-1			
	KI-z-2			
Breda	KI-k-2			
	KI-z-3			
	KI-k-3			
	KI-z-4			
Breda	OO-z-1			
	OO-C			
	OO-k-1			
	OO-z-2			
Breda	OO-k-2			
	OO-z-3			
Breda	BR-z-1			
	BR-k-1			
Breda	BR-z-2			
	BR-k-2			

Legenda hydrogeologische eenheden	
	kleiige, venige of complexe eenheid
	zandige eenheid
	niet geïntegreerde eenheid

Legenda geohydrologische eenheden	
	Slecht doorlatende lagen
	Watervoerende pakketten
	niet geïntegreerde eenheid

Definitie Geohydrologisch Model Gelderland				
Geologische eenheid Formatie / Laagpakket	Hydrogeologische eenheid	Aanwezigheid		Geohydrologische eenheid
		Gelderland	+5km	
Antropogeen + Holoceen (Naaldwijk, Nieuwkoop, Echteld)	HL-C			Deklaag (DKL)
Bostel	BX-z-1			Watervoerend pakket 01 - DKL-BXk1 (WVP01)
	BX-k-1			Slecht doorlatende laag 01 - BXk1 (SDL01)
	BX-z-2			Watervoerend pakket 02 - BXk1-BXk2 (WVP02)
	BX-k-2			Slecht doorlatende laag 02 - BXk2 (SDL02)
Kreftenheye (/ Wijchen)	BX-z-3			Watervoerend pakket 03 - BXk2-KRWYk1 (WVP03)
	KR-z-1			
	KRWY-k-1			Slecht doorlatende laag 03 - KRWYk1- KRk1 (SDL03)
	KR-z-2			
Beegden (/ Rosmalen)	KR-k-1			Watervoerend pakket 04 - KRWYk1-BEK1 (WVP04)
	KR-z-3			
	BE-z-1			Slecht doorlatende laag 04 - BEk1-BEROK1 (SDL04)
gecombineerde Eem en Woudenberg	BERO-k-1			Watervoerend pakket 05 - BEk1-EEK1 (WVP05)
	BE-k-1			
	BE-z-2			Slecht doorlatende laag 05 - WBv1-EEK1 (SDL05)
	WB-z-1			
	WB-v-1			Watervoerend pakket 06 - EEk1-EEK2 (WVP06)
Kreftenheye (/ Zutphen, / Twello)	EE-z-1			Slecht doorlatende laag 06 - EEk2 (SDL06)
	EE-k-1			
	EE-z-2			Watervoerend pakket 07 - EEk2-KRZUK1 (WVP07)
	EE-z-3			
	KR-z-4			Slecht doorlatende laag 07 - KRZUK1 (SDL07)
Drente (/ Uitdam, / Gieten)	KRZU-k-1			Watervoerend pakket 08 - KRZUK1- KRTWk1 (WVP08)
	KR-z-5			Slecht doorlatende laag 08 - KRTWk1 (SDL08)
	KRTW-k-1			Watervoerend pakket 09 - KRTWk1- DRUIk1 (WVP09)
	KR-z-6			
gecombineerde gestuwde afzettingen	DR-z-1			Slecht doorlatende laag 09 - DRUIk1 (SDL09)
	DRUI-k-1			Watervoerend pakket 10 - DRUIk1-DRGIk1 (WVP10)
	DR-z-2			Slecht doorlatende laag 10 - DRGIk1 (SDL10)
Boxtel / Drachten	DRGI-k-1			Gestuwde afzettingen (DTC)
	DT-c			
Urk (/ Tynje)	DN-z-1			Watervoerend pakket 11 - DRGIk1-URk1 (WVP11)
	UR-z-1			Slecht doorlatende laag 11 - URk1 (SDL11)
Peelo	UR-k-1			Watervoerend pakket 12 - URk1-STk1 (WVP12)
	UR-z-2			
	UR-k-2			
Urk (/ Veenhuizen)	UR-z-3			
	UR-k-3			
Sterksel	UR-z-5			Slecht doorlatende laag 12 - STk1 (SDL12)
	ST-z-1			
Appelscha	ST-k-1			Watervoerend pakket 13 - STk1-SYk1 (WVP13)
	ST-z-2			
Stramproy	AP-z-1			Slecht doorlatende laag 13 - SYk1 (SDL13)
	SY-z-1			
	SY-k-1			Watervoerend pakket 14 - SYk1-WAk1 (WVP14)
	SY-z-2			
	SY-k-2			
gecombineerde Peize en Waalre	SY-z-3			Slecht doorlatende laag 14 - WAk1 (SDL14)
	SY-k-3			Watervoerend pakket 15 - WAk1-WAk2 (WVP15)
	SY-z-4			Slecht doorlatende laag 15 - WAk2 (SDL15)
	PZWA-z-1			Watervoerend pakket 16 - WAk2-PZk1 (WVP16)
	WA-k-0			Slecht doorlatende laag 16 - PZk1 (SDL16)
	PZWA-z-2			Watervoerend pakket 17 - PZk1-WAk3 (WVP17)
	WA-k-1			Slecht doorlatende laag 17 - WAk3 (SDL17)
	PZWA-z-3			Watervoerend pakket 18 - WAk3-PZc (WVP18)
	WA-k-2			Slecht doorlatende laag 18 - WAk4-PZc (SDL18)
	PZWA-z-4			Watervoerend pakket 19 - PZc-MSc (WVP19)
Maassluis	PZWA-z-5			Slecht doorlatende laag 19 - MSc (SDL19)
	WA-k-3			
	PZWA-z-6			Watervoerend pakket 20 - MS-KIk1 (WVP20)
	WA-k-4			
Kiezeloëliet	PZWA-z-7			Slecht doorlatende laag 20 - KIk1 (SDL19)
	PZC			
	PZWA-z-8			Watervoerend pakket 21 - KIK1-OO (WVP21)
	MS-z-1			
Oosterhout	MS-C			Geohydrologische basis (GHB)
	MS-k-1			
	MS-z-2			
Breda	MS-k-2			
	MS-z-3			
Rupel (/ Boom)	MS-z-1			
	MS-z-2			
Tongeren (Zelzate/Watervliet)	MS-z-3			
	MS-z-3			
Dongen (/ Asse, / Ieper)	MS-z-3			
	MS-z-3			

Legenda hydrogeologische eenheden	
	kleinige, venige of complexe eenheid
	zandige eenheid
	niet geïntegreerde eenheid

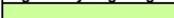
Legenda geohydrologische eenheden	
	Slecht doorlatende lagen
	Watervoerende pakketten
	niet geïntegreerde eenheid

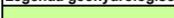
Definitie Geohydrologisch Model Utrecht					
Geologische eenheid Formatie / Laagpakket	Hydrogeologische eenheid	Aanwezigheid		Geohydrologische eenheid	
		Utrecht	+5km		
Antropogeen + Holoceen (Naaldwijk, Nieuwkoop, Echteld)	HL-C			Deklaag (DKL)	
Boxtel	BX-z-1			Watervoerend pakket 1a (WVP1a)	
	BX-k-1				
	BX-z-2				
Kreftenheye (/ Wijchen)	BX-k-2				
	BX-z-3				
	KR-z-1				
Beegden (/ Rosmalen)	KRWY-k-1				
	KR-z-2				
	KR-k-1				
gecombineerde Eem en Woudenberg	KR-z-3				
	BE-z-1				
	BERO-k-1				
	BE-k-1				
	BE-z-2				
Kreftenheye (/ Zutphen, / Twello)	WB-z-1			Slecht doorlatende laag 1a (SDL1a)	
	WB-v-1				
	EE-z-1				
Drente (/ Uitdam, / Gieten)	EE-k-1			Watervoerend pakket 1b (WVP1b)	
	EE-z-2				
	EE-k-2				
gecombineerde gestuwde afzettingen	EE-z-3			Slecht doorlatende laag 1b (SDL1b)	
	KR-z-4				
	KRZU-k-1				
Boxtel / Drachten	KR-z-5			Gestuwde afzettingen (DTC)	
	KRTW-k-1				
	KR-z-6				
Urk (/ Tynje)	DR-z-1			Slecht doorlatende laag 1c (SDL1c)	
	DRUI-k-1				
	DR-z-2				
Peelo	DRGI-k-1			Watervoerend pakket 1c (WVP1c)	
	DR-z-3				
	DT-c				
Urk (/ Veenhuizen)	DN-z-1			Slecht doorlatende laag 1c (SDL1c)	
	UR-z-1				
	UR-k-1				
Sterksel	UR-z-2			Watervoerend pakket 1D (WVP1d)	
	UR-k-2				
	UR-z-3				
Appelscha	PE-z-1			Slecht doorlatende laag 1 (SDL1)	
	PE-k-1				
	PE-z-2				
Stramproy	PE-k-2			Watervoerend pakket 2 (WVP2)	
	PE-z-3				
	UR-z-4				
	UR-k-3				
	UR-z-5				
gecombineerde Peize en Waalre	ST-z-1			Slecht doorlatende laag 2 (SDL2)	
	ST-k-1				
	ST-z-2			Watervoerend pakket 3 (WVP3)	
	AP-z-1				
	SY-z-1			Slecht doorlatende laag 3 (SDL3)	
	SY-k-1				
	Maassluis	SY-z-2			Watervoerend pakket 4 (WVP4)
		SY-k-2			
SY-z-3					
SY-k-3					
SY-z-4					
PZWA-z-1					
WA-k-0					
PZWA-z-2					
WA-k-1					
PZWA-z-3					
WA-k-2					
Kiezeloëliet	PZWA-z-4			Geohydrologische basis (GHB)	
	PZWA-z-5				
	PZ-k-1				
Oosterhout	PZWA-z-6				
	WA-k-3				
	PZWA-z-7				
Breda	PZ-k-2				
	PZWA-z-8				
	PZ-C				
Breda	MS-z-1				
	MS-C				
	MS-k-1				
Breda	MS-z-2				
	MS-k-2				
	MS-z-3				
Breda	MS-z-3				
	KI-z-1				
	KI-k-1				
Breda	KI-z-2				
	KI-k-2				
	KI-z-3				
Breda	KI-k-3				
	KI-z-4				
	OO-z-1				
Breda	OO-C				
	OO-k-1				
	OO-z-2				
Breda	OO-k-2				
	OO-z-3				
	BR-z-1				
Breda	BR-k-1				
	BR-z-2				

Legenda hydrogeologische eenheden	
	kleilige, venige of complexe eenheid
	zandige eenheid
	niet geparametriseerde eenheid

Legenda geohydrologische eenheden	
	Slecht doorlatende lagen
	Watervoerende pakketten
	niet geparametriseerde eenheid

Definitie Geohydrologisch Model Noord Holland				
Geologische eenheid Formatie / Laagpakket	Hydrogeologische eenheid	Aanwezigheid		Geohydrologische eenheid
		Noord-Holland	+5km	
Antropogeen + Holoceen (Naaldwijk, Nieuwkoop, Echteld)	HL-C			Deklaag (DKL)
Boxtel	BX-z-1			Watervoerend pakket 1 (WVP1)
	BX-k-1			
	BX-z-2			
Kreftenheye (/ Wijchen)	BX-k-2			Slecht doorlatende laag 1 (SDL1)
	BX-z-3			
	KR-z-1			
Beegden (/ Rosmalen)	KRWY-k-1			
	KR-z-2			
	KR-k-1			
gecombineerde Eem en Woudenberg	KR-z-3			
	BE-z-1			
	BERO-k-1			
	BE-k-1			
	BE-z-2			
Kreftenheye (/ Zutphen, / Twello)	WB-z-1			
	WB-v-1			
	EE-z-1			
Drente (/ Uitdam, / Gieten)	EE-k-1			
	EE-z-2			
	EE-k-2			
gecombineerde gestuwde afzettingen	EE-z-3			
	DT-c			
	DN-z-1			
Boxtel / Drachten	UR-z-1			Watervoerend pakket 2 (WVP2)
Urk (/ Tynje)	UR-k-1			
	UR-z-2			
	UR-k-2			
Peelo	UR-z-3			Slecht doorlatende laag 3 (SDL3)
	PE-z-1			
	PE-k-1			
Urk (/ Veenhuizen)	PE-z-2			
	PE-k-2			
	PE-z-3			
Sterksel	UR-z-4			Watervoerend pakket 3 (WVP3)
	UR-k-3			
	UR-z-5			
Appelscha	ST-z-1			
	ST-k-1			
	ST-z-2			
Stramproy	AP-z-1			
	SY-z-1			
	SY-k-1			
	SY-z-2			
	SY-k-2			
gecombineerde Peize en Waalre	SY-z-3			
	SY-k-3			
	SY-z-4			
	PZWA-z-1			
	WA-k-0			
	PZWA-z-2			
	WA-k-1			
	PZWA-z-3			
	WA-k-2			
	PZWA-z-4			
PZ-k-1				
Maassluis	PZWA-z-5			
	WA-k-3			
	PZWA-z-6			
Kiezeloëliet	WA-k-4			
	PZWA-z-7			
	PZ-C			
	PZWA-z-8			
Oosterhout	MS-z-1			
	MS-C			
	MS-k-1			
	MS-z-2			
Breda	MS-k-2			
	MS-z-3			
	KI-z-1			
	KI-k-1			
Breda	KI-z-2			
	KI-k-2			
	KI-z-3			
Breda	KI-k-3			
	KI-z-4			
	OO-z-1			
Breda	OO-C			
	OO-k-1			
	OO-z-2			
Breda	OO-k-2			
	OO-z-3			
	BR-z-1			
Breda	BR-k-1			
	BR-z-2			

Legenda hydrogeologische eenheden	
	kleine, venige of complexe eenheid
	zandige eenheid
	niet geparametriseerde eenheid

Legenda geohydrologische eenheden	
	Slecht doorlatende lagen
	Watervoerende pakketten
	niet geparametriseerde eenheid

Definitie Geohydrologisch Model Zuid Holland					
Geologische eenheid Formatie / Laagpakket	Hydrogeologische eenheid	Aanwezigheid		Geohydrologische eenheid	
		Zuid-Holland	+5km	DT-c afwezig	DT-c aanwezig
Antropogeen + Holoceen (Naaldwijk, Nieuwkoop, Echteld)	HL-C			Deklaag (DKL)	Deklaag (DKL)
Boxtel	BX-z-1			Watervoerend pakket 1a (WVP1a)	Watervoerend pakket 1a (WVP1a)
	BX-k-1				
	BX-z-2				
	BX-k-2				
Kreftenheye (/ Wijchen)	BX-z-3				
	KR-z-1				
	KRWY-k-1				
	KR-z-2				
Beegden (/ Rosmalen)	KR-k-1				
	KR-z-3				
	BE-z-1				
gecombineerde Eem en Woudenberg	BERO-k-1				
	BE-k-1				
	BE-z-2				
	WB-z-1				
	WB-v-1				
Kreftenheye (/ Zutphen, / Twello)	EE-z-1				
	EE-k-1				
	EE-z-2				
	EE-k-2				
Drente (/ Uitdam, / Gieten)	EE-z-3				
	KR-z-4				
	KRZU-k-1				
	KR-z-5				
gecombineerde gestuwde afzettingen	KRTW-k-1				
	DR-z-1				
	DRUI-k-1				
	DR-z-2				
Boxtel / Drachten	DRGI-k-1				
	DR-z-3				
Urk (/ Tynje)	DT-c				
	DN-z-1				
	UR-z-1				
	UR-k-1				
	UR-z-2				
Peelo	UR-k-2				
	UR-z-3				
	PE-z-1				
	PE-k-1				
Urk (/ Veenhuizen)	PE-z-2				
	PE-k-2				
	PE-z-3				
Sterksel	UR-z-4				
	UR-k-3				
Appelscha	UR-z-5				
	ST-z-1				
Stramproy	ST-k-1				
	ST-z-2				
	AP-z-1				
	SY-z-1				
	SY-k-1				
gecombineerde Peize en Waalre	SY-z-2				
	SY-k-2				
	SY-z-3				
	SY-k-3				
	SY-z-4				
	PZWA-z-1				
	WA-k-0				
	PZWA-z-2				
	WA-k-1				
	PZWA-z-3				
WA-k-2					
Maassluis	PZWA-z-4				
	PZ-k-1				
	PZWA-z-5				
	WA-k-3				
Kiezeloöliet	PZWA-z-6				
	WA-k-4				
	PZWA-z-7				
	PZ-C				
Oosterhout	PZWA-z-8				
	MS-z-1				
	MS-C				
	MS-k-1				
Breda	MS-z-2				
	MS-k-2				
	MS-z-3				
	MS-k-3				
geohydrologische basis (GHB)	KI-z-1				
	KI-k-1				
	KI-z-2				
	KI-k-2				
geohydrologische basis (GHB)	KI-z-3				
	KI-k-3				
	KI-z-4				
	KI-k-4				
geohydrologische basis (GHB)	OO-z-1				
	OO-C				
	OO-k-1				
	OO-z-2				
geohydrologische basis (GHB)	OO-k-2				
	OO-z-3				
geohydrologische basis (GHB)	BR-z-1				
	BR-k-1				
geohydrologische basis (GHB)	BR-z-2				
	BR-k-2				

Legenda hydrogeologische eenheden	
	kleiige, venige of complexe eenheid
	zandige eenheid
	niet geparametriseerde eenheid

Legenda geohydrologische eenheden	
	Slecht doorlatende lagen
	Watervoerende pakketten
	niet geparametriseerde eenheid

Definitie Geohydrologisch Model Zeeland									
							Geohydrologische eenheid per deelgebied		
Geologische eenheid Formatie / Laagpakket	Hydrogeologische eenheid	Geologische eenheid Formatie / Laagpakket	Hydrogeologische eenheid	Geologische eenheid Formatie / Laagpakket	Hydrogeologische eenheid	Voorkomen in Zeeland	Zuid	Noord	
							Freatisch pakket (FRP)	Freatisch pakket (FRP)	
Holocene en Antropogene Formaties	Antropogeen / Opgebrachte grond	Naaldwijk / Zandvoort	NAZA-z-1	Naaldwijk / Schoorl	NASC-z-1		Freatisch pakket (FRP)	Freatisch pakket (FRP)	
				Naaldwijk / Walcheren	NAWA-z-1 NAWA-k-1 NAWA-z-2 NAWA-k-2 NAWA-z-3				
			NAZA-z-2	Nieuwkoop / Hollandveen	NIHO-v-1		Deklaag (DKL)	Deklaag (DKL)	
				Naaldwijk / Wormer	NAWO-z-1 NAWO-k-1 NAWO-z-2 NAWO-k-2 NAWO-z-3				
				Nieuwkoop / Basisveen	NIBA-v-1				
				Boxtel	BX-z-1 BX-k-1 BX-z-2 BX-k-2 BX-z-3		Watervoerend pakket 1a (WVP1a)	Watervoerend pakket 1a (WVP1a)	
				Kreftenheye (/ Wijchen)	KR-z-1 KRWY-k-1 KR-z-2 KR-k-1 KR-z-3				
				Beegden (/ Rosmalen)	BE-z-1 BERO-k-1 BE-k-1 BE-z-2				
				gecombineerde Eem en Woudenberg	WB-z-1 WB-v-1 EE-z-1 EE-k-1 EE-z-2 EE-k-2 EE-z-3				
				Kreftenheye (/ Zutphen, / Twello)	KR-z-4 KRZU-k-1 KR-z-5 KRTW-k-1 KR-z-6				
				Drente (/ Uildam, / Gieten)	DR-z-1 DRUI-k-1 DR-z-2 DRGI-k-1 DR-z-3				
				Gecombineerde gestuwde afzettingen	DT-c				
				Boxtel / Drachten	DN-z-1				
				Urk (/ Tynje)	UR-z-1 UR-k-1 UR-z-2 UR-k-2 UR-z-3				
				Peelo	PE-z-1 PE-k-1 PE-z-2 PE-k-2 PE-z-3				
				Urk (/ Veenhuizen)	UR-z-4 UR-k-3 UR-z-5				
				Sterksel	ST-z-1 ST-k-1 ST-z-2				
				Appelscha	AP-z-1				
				Stramproy	SY-z-1 SY-k-1 SY-z-2 SY-k-2 SY-z-3 SY-k-3 SY-z-4				
				gecombineerde Peize en Waalre	PZWA-z-1 WA-k-0 PZWA-z-2 WA-k-1 PZWA-z-3 WA-k-2 PZWA-z-4 PZWA-z-5 PZ-k-1 PZWA-z-6 WA-k-3 PZWA-z-7 WA-k-4 PZWA-z-8 PZ-C				
				Maassluis	MS-z-1 MS-C MS-k-1 MS-z-2 MS-k-2 MS-z-3				
				Kiezeloëliet	KI-z-1 KI-k-1 KI-z-2 KI-k-2 KI-z-3 KI-k-3 KI-z-4				
				Oosterhout	OO-z-1 OO-C OO-k-1 OO-z-2 OO-k-2 OO-z-3				
				Breda	BR-z-1 BR-k-1 BR-z-2				
				Rupel (/ Boom)	RU-z-1 RUBO-k-1 RU-z-2				
				Tongeren (/ Zelzate/Watervliet)	TO-z-1 TOZWA-k-1 TO-z-2				
				Dongen (/ Asse, / Ieper)	DO-z-1 DOAS-k-1 DO-z-2 DOIE-k-1				
							Slecht doorlatende laag 1a (SDL1a)	Slecht doorlatende laag 1a (SDL1a)	
							Watervoerend pakket 1b (WVP1b)	Watervoerend pakket 1b (WVP1b)	
							Slecht doorlatende laag 1 (SDL1)	Slecht doorlatende laag 1 (SDL1)	
							Watervoerend pakket 2 (WVP2)	Watervoerend pakket 2 (WVP2)	
							Slecht doorlatende laag 2 (SDL2)	Slecht doorlatende laag 2 (SDL2)	
							Watervoerend pakket 3a (WVP3a)	Watervoerend pakket 3a (WVP3a)	
							Slecht doorlatende laag 3a (SDL3a)	Slecht doorlatende laag 3a (SDL3a)	
							Watervoerend pakket 3b (WVP3b)	Watervoerend pakket 3b (WVP3b)	
							Slecht doorlatende laag 3 (SDL3)	Slecht doorlatende laag 3 (SDL3)	
							Watervoerend pakket 4 (WVP4)	Watervoerend pakket 4 (WVP4)	
							Geohydrologische basis (GHB)	Geohydrologische basis (GHB)	

Legenda hydrogeologische eenheden	
	kleilige, venige of complexe eenheid
	zandige eenheid
	niet geïndividueerde eenheid

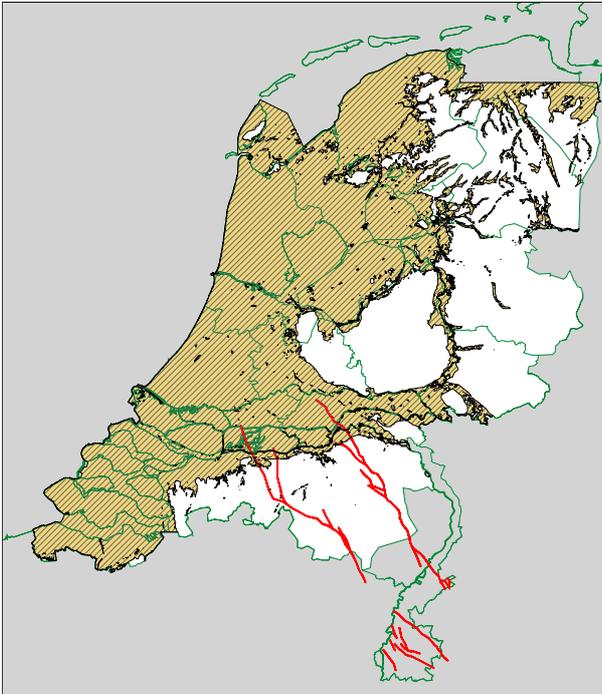
Legenda geohydrologische eenheden	
	Slecht doorlatende lagen
	Watervoerende pakketten
	niet geïndividueerde eenheid

Definitie Geohydrologisch Model Noord-Brabant						
Geologische eenheid Formatie / Laagpakket	Hydrogeologische eenheid	Aanwezigheid		Geohydrologische eenheid per deelgebied		
		Noord Brabant	+5km	West Brabant	Centrale Slenk	Peelhorst
Antropogeen + Holoceen (Naaldwijk, Nieuwkoop, Echteld)	HL-C			Deklaag (DKL)		
Boxtel	BX-z-1			Watervoerend pakket 1a (WVP1a)	Deklaag (DKL)	Deklaag (DKL)
	BX-k-1					
	BX-z-2					
Kreftenheye (/ Wijchen)	BX-k-2					
	BX-z-3					
	KR-z-1					
Beegden (/ Rosmalen)	KRWY-k-1					
	KR-z-2					
	KR-k-1					
gecombineerde Eem en Woudenberg	KR-z-3					
	BE-z-1					
	BERO-k-1					
Kreftenheye (/ Zutphen, / Twello)	BE-k-1					
	BE-z-2					
	WB-z-1					
Drente (/ Uitdam, / Gieten)	WB-v-1					
	EE-z-1					
	EE-k-1					
gecombineerde gestuwde afzettingen Boxtel / Drachten	EE-z-2					
	EE-k-2					
	EE-z-3					
Urk (/ Tynje)	KRZU-k-1					
	KR-z-5					
	KRTW-k-1					
Peelo	KR-z-6					
	DR-z-1					
	DRUI-k-1					
Urk (/ Veenhuizen)	DR-z-2					
	DRGI-k-1					
	DR-z-3					
Sterksel	DT-c					
	DN-z-1					
	UR-z-1					
Appelscha	UR-k-1					
	UR-z-2					
	UR-k-2					
Stramproy	UR-z-3					
	PE-z-1					
	PE-k-1					
gecombineerde Peize en Waaire	PE-z-2					
	PE-k-2					
	PE-z-3					
Maassluis	UR-z-4					
	UR-k-3					
	UR-z-5					
Kiezeloöliet	ST-z-1					
	ST-k-1					
	ST-z-2					
Oosterhout	AP-z-1					
	SY-z-1					
	SY-k-1					
Breda	SY-z-2					
	SY-k-2					
	SY-z-3					
Rupel (/ Boom)	SY-k-3					
	SY-z-4					
	PZWA-z-1					
Dongen (/ Asse, / Ieper)	WA-k-0					
	PZWA-z-2					
	WA-k-1					
Tongeren (Zelzate/Watervliet)	PZWA-z-3					
	WA-k-2					
	PZWA-z-4					
Doornik	PZ-k-1					
	PZWA-z-5					
	WA-k-3					
Doornik	PZWA-z-6					
	WA-k-4					
	PZWA-z-7					
Doornik	PZ-C					
	PZWA-z-8					
	MS-z-1					
Doornik	MS-C					
	MS-k-1					
	MS-z-2					
Doornik	MS-k-2					
	MS-z-3					
	KI-z-1					
Doornik	KI-k-1					
	KI-z-2					
	KI-k-2					
Doornik	KI-z-3					
	KI-k-3					
	KI-z-4					
Doornik	OO-z-1					
	OO-C					
	OO-k-1					
Doornik	OO-z-2					
	OO-k-2					
	OO-z-3					
Doornik	BR-z-1					
	BR-k-1					
	BR-z-2					
Doornik	RU-z-1					
	RU-k-1					
	RUBO-k-1					
Doornik	RU-z-2					
	TO-z-1					
	TOZEWA-k-1					
Doornik	TO-z-2					
	DO-z-1					
	DOAS-k-1					
Doornik	DO-z-2					
	DOIE-k-1					

Legenda hydrogeologische eenheden	
	kleine, venige of complexe eenheid
	zandige eenheid
	niet geparametriseerde eenheid

Legenda geohydrologische eenheden	
	Slecht doorlatende lagen
	Watervoerende pakketten
	niet geparametriseerde eenheid

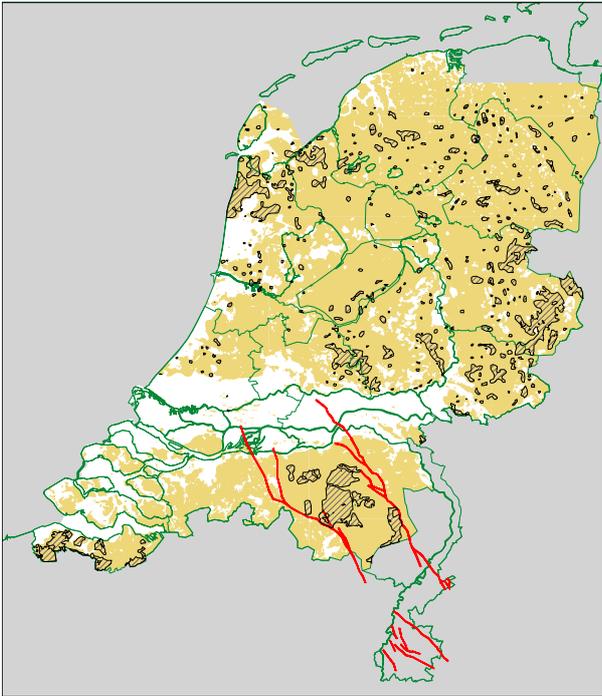
D **Verbreiding van de kleiige, venige en complexe hydrogeologische eenheden**



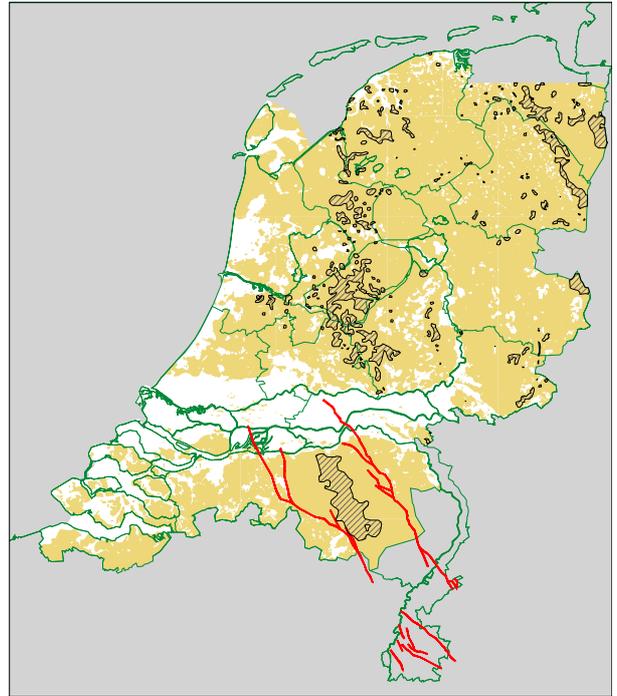
hydrogeologische eenheid HL-c

-
-  verbreidingsgebied van de gecombineerde Formaties
 -  verbreiding hydrogeologische eenheid
 -  niet beschouwd gebied
 -  breuk

Formaties van Naaldwijk, Nieuwkoop en Echteld



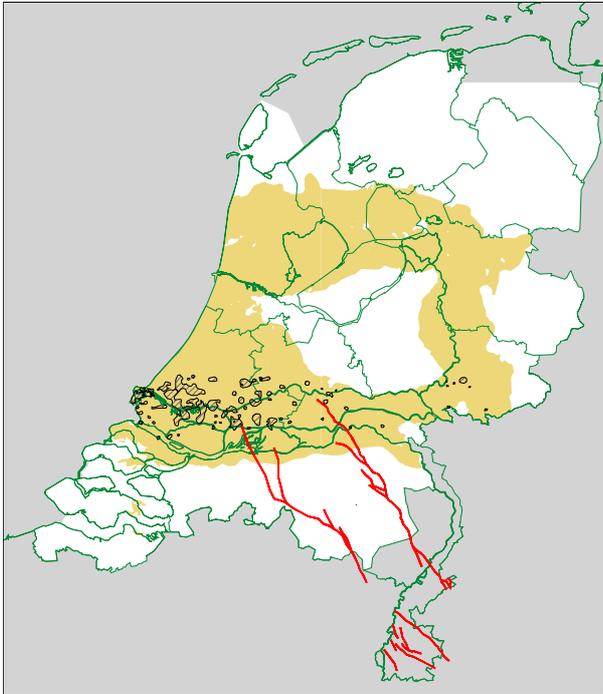
hydrogeologische eenheid BX-k-1



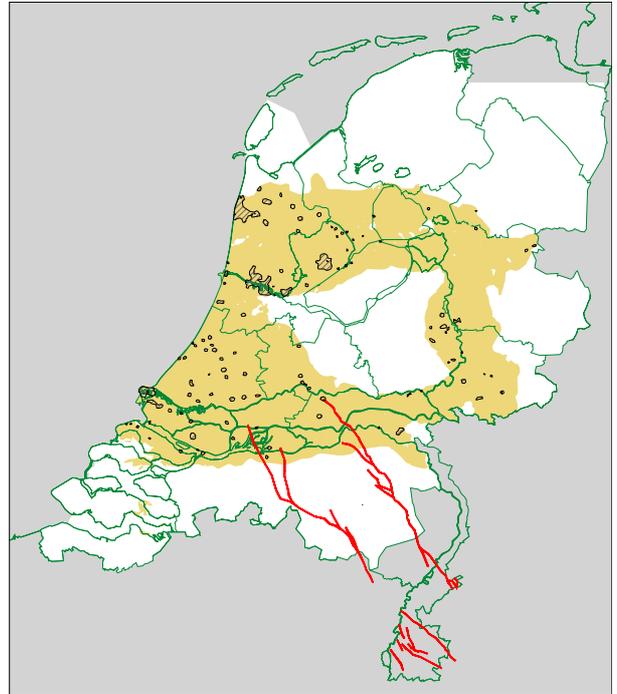
hydrogeologische eenheid BX-k-2

-
- verspreidingsgebied van de Formatie
 - verspreiding hydrogeologische eenheid
 - niet beschouwd gebied
 - breuk

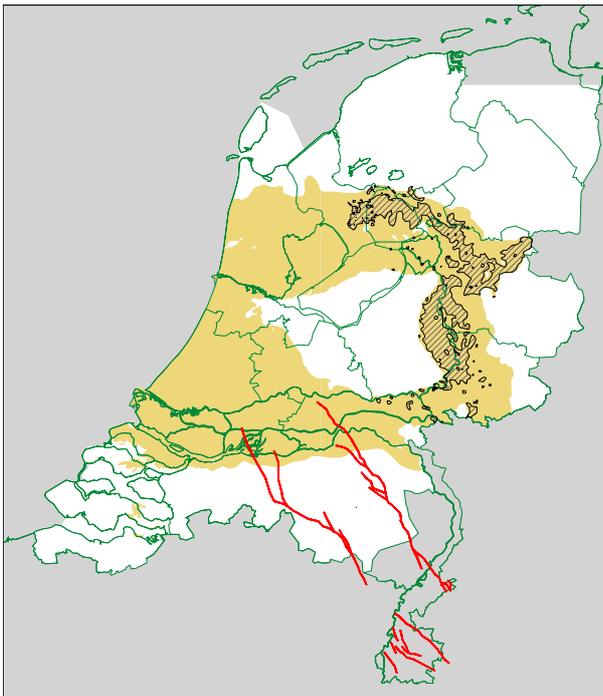
Formatie van Boxtel



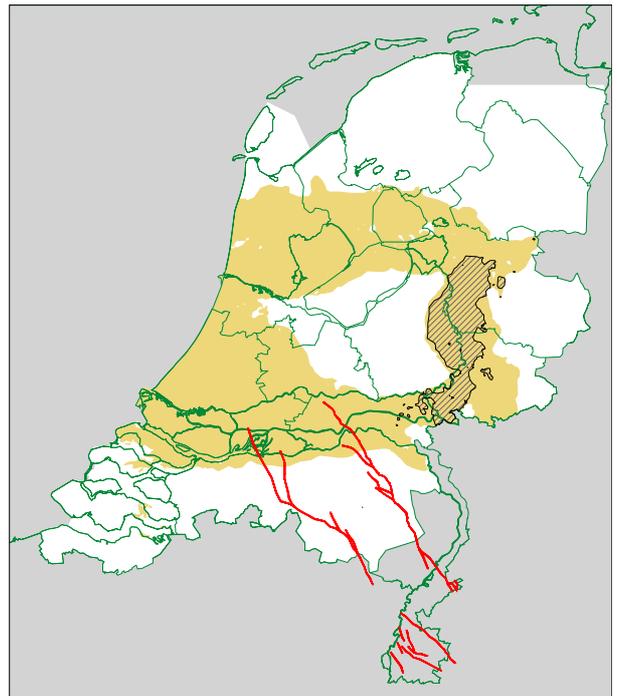
hydrogeologische eenheid KRWY-k-1



hydrogeologische eenheid KR-k-1



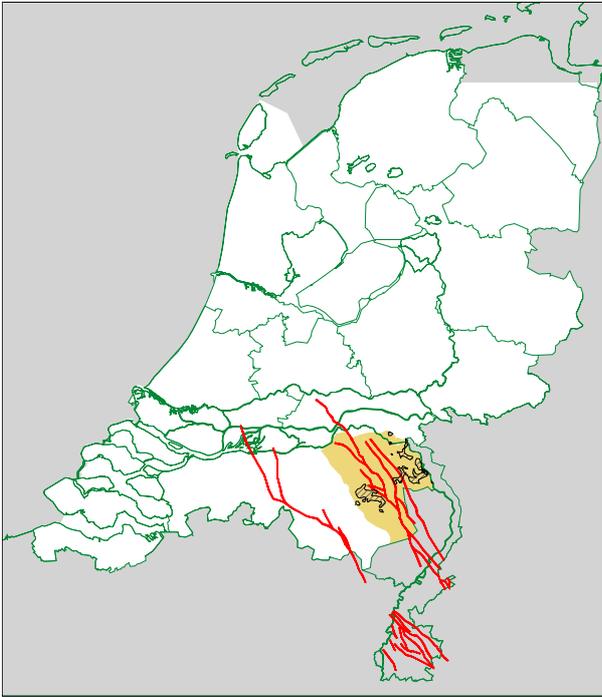
hydrogeologische eenheid KRZU-k-1



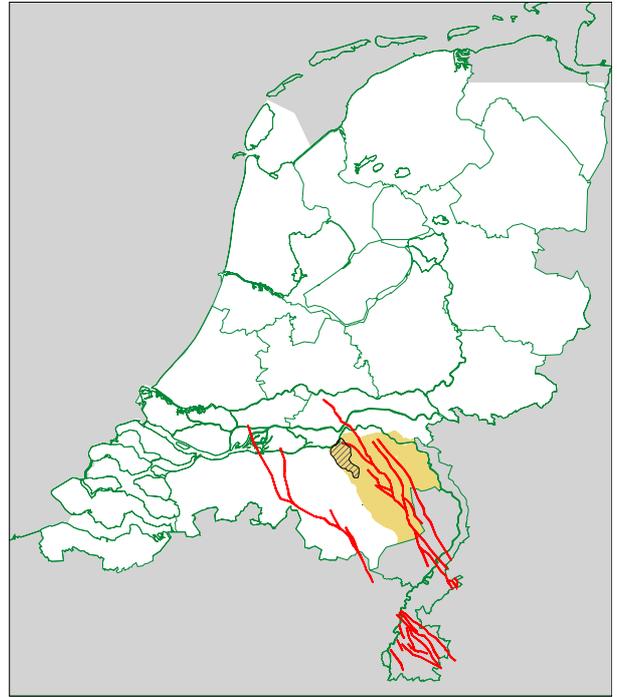
hydrogeologische eenheid KRTW-k-1

-  verbreidingsgebied van de Formatie
-  verbreiding hydrogeologische eenheid
-  niet beschouwd gebied
-  breuk

Formatie van Kreftenheye



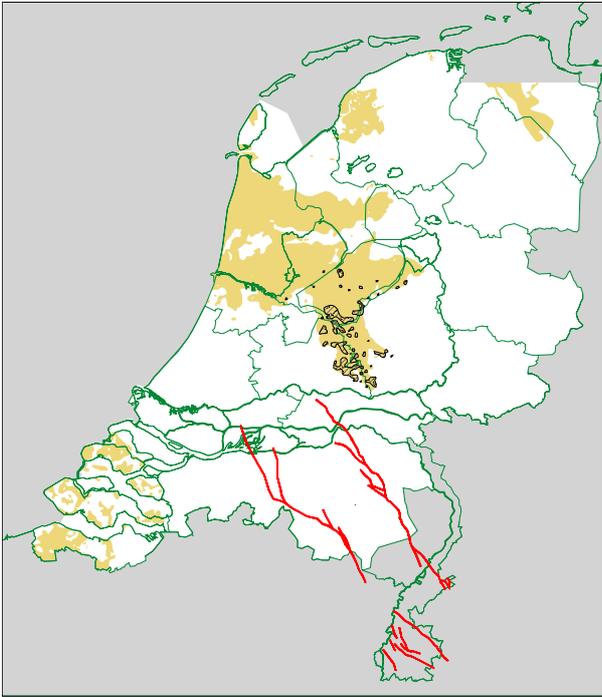
hydrogeologische eenheid BE-k-1



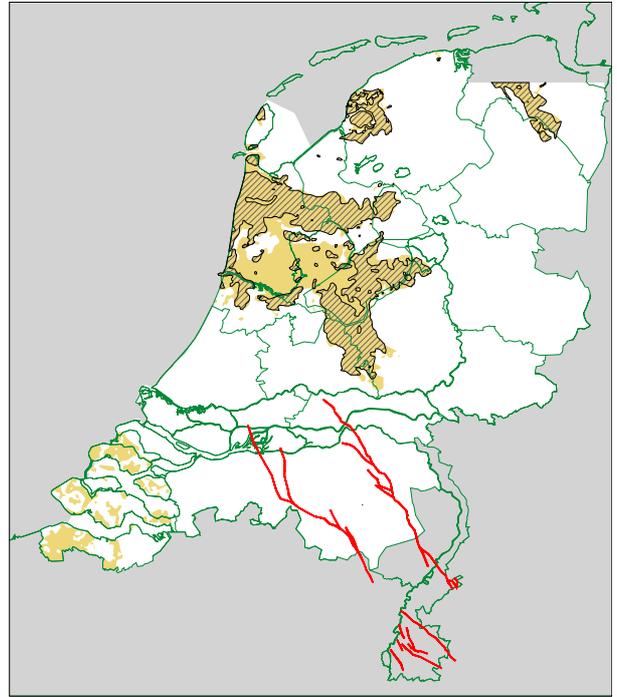
hydrogeologische eenheid BERO-k-1

-
- verspreidingsgebied van de Formatie
 - verspreiding hydrogeologische eenheid
 - niet beschouwd gebied
 - breuk

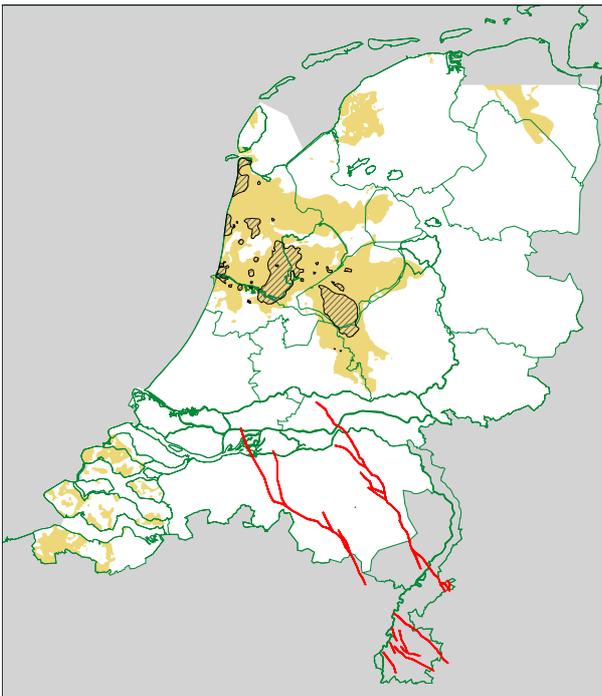
Formatie van Beegden



hydrogeologische eenheid WB-v-1



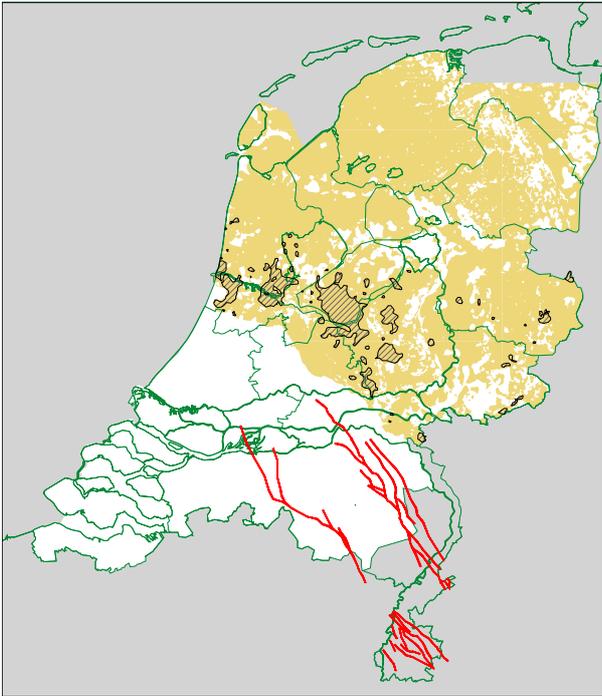
hydrogeologische eenheid EE-k-1



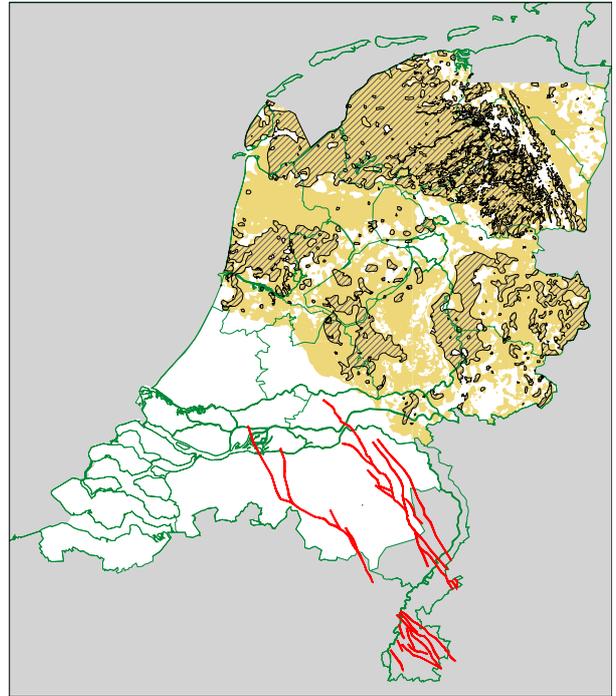
hydrogeologische eenheid EE-k-2

-
- verbreidingsgebied van de gecombineerde Formaties
 - verbreiding hydrogeologische eenheid
 - niet beschouwd gebied
 - breuk

Eem Formatie en Formatie van Woudenberg



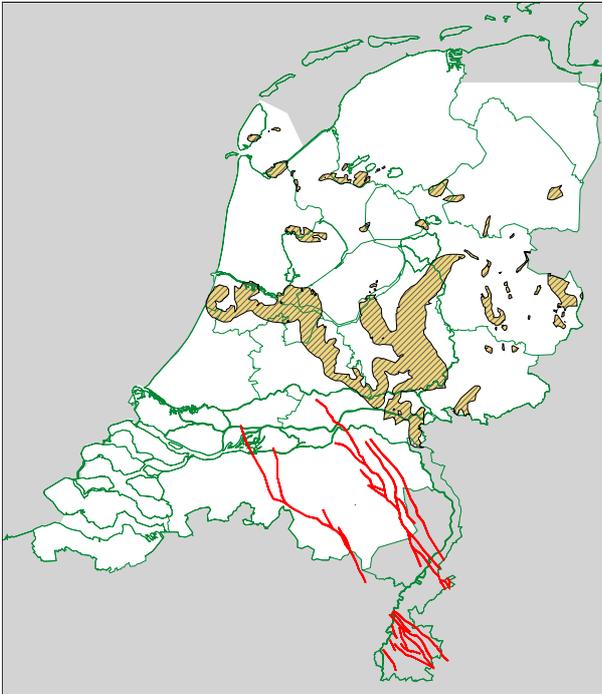
hydrogeologische eenheid DRUI-k-1



hydrogeologische eenheid DRGI-k-1

-
- verspreidingsgebied van de Formatie
 - verspreiding hydrogeologische eenheid
 - niet beschouwd gebied
 - breuk

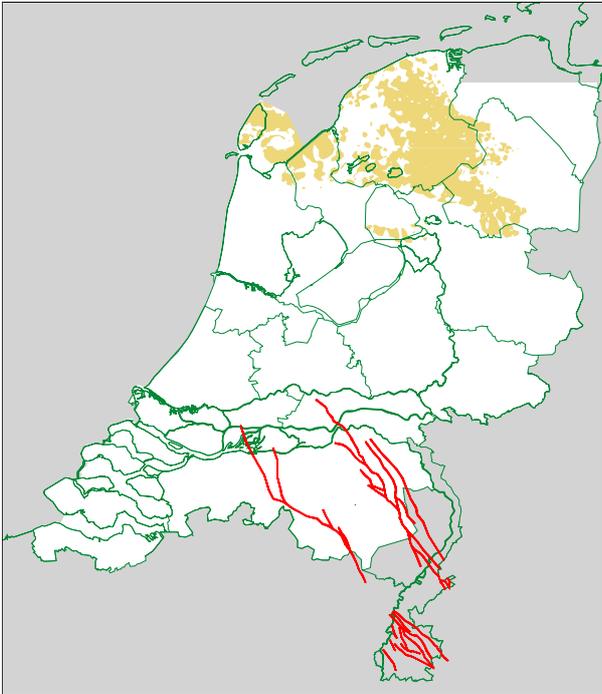
Formatie van Drente



hydrogeologische eenheid DT-c

-
-  verbreidingsgebied van de gestuwde afzettingen
 -  verbreiding hydrogeologische eenheid
 -  niet beschouwd gebied
 -  breuk

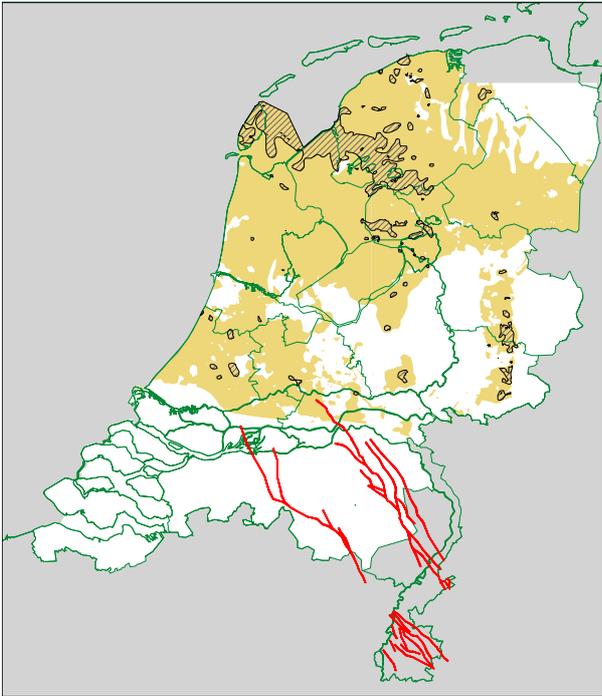
Gestuwde afzettingen



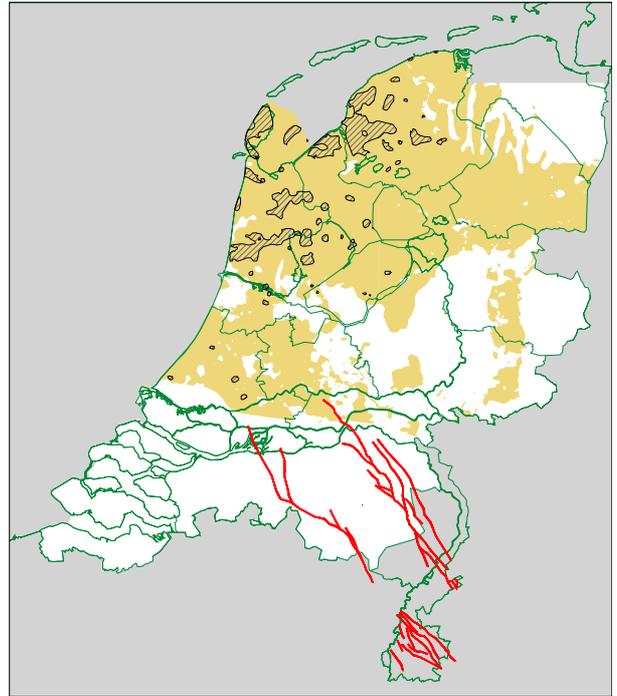
geen kleige, venige of complexe hydrogeologische eenheid onderscheiden

-
-  verbreidingsgebied van het Laagpakket
 -  verbreiding hydrogeologische eenheid
 -  niet beschouwd gebied
 -  breuk

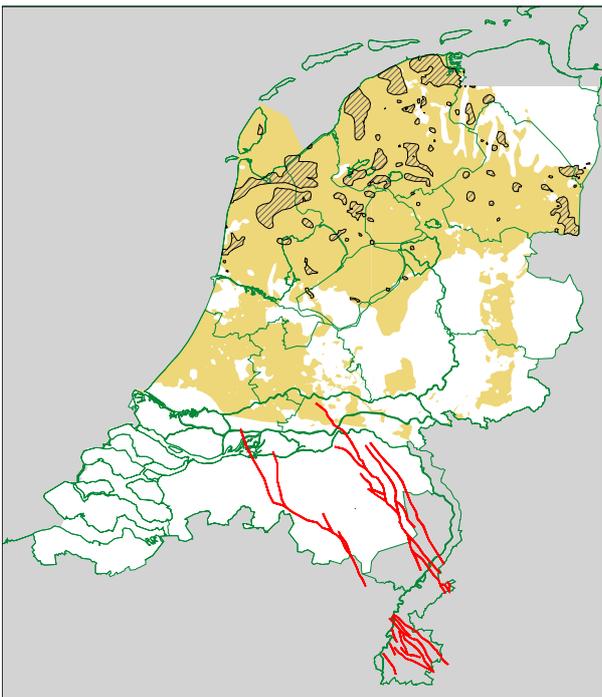
Formatie van Bortel, Laagpakket van Drachten



hydrogeologische eenheid UR-k-1



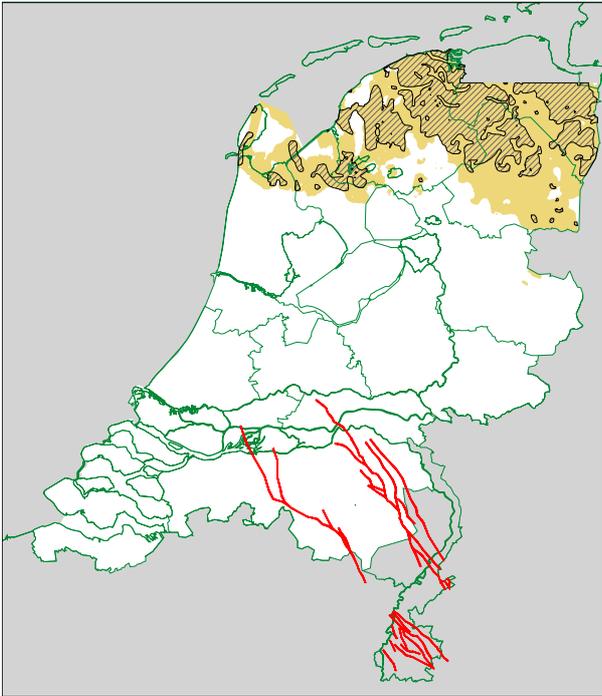
hydrogeologische eenheid UR-k-2



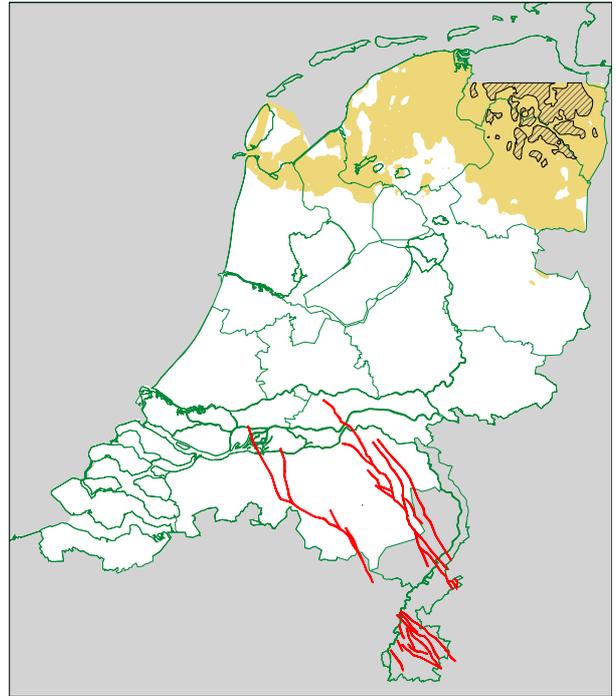
hydrogeologische eenheid UR-k-3

-
- verbreidingsgebied van de Formatie
 - verbreiding hydrogeologische eenheid
 - niet beschouwd gebied
 - breuk

Formatie van Urk



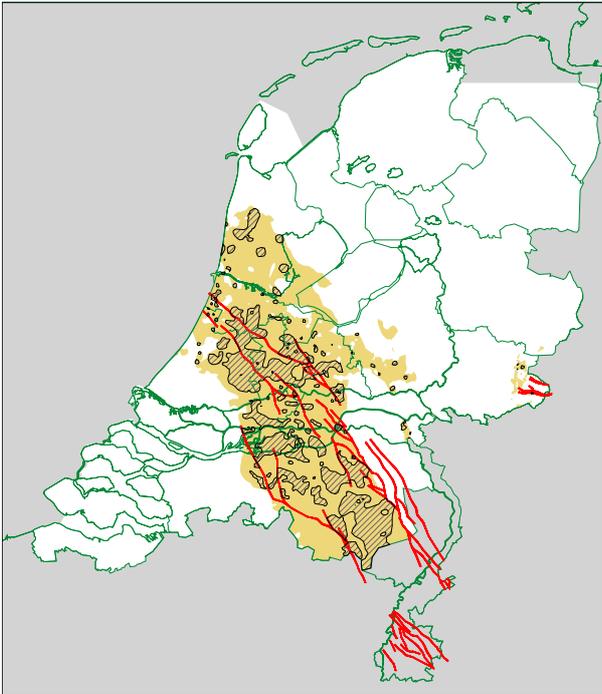
hydrogeologische eenheid PE-k-1



hydrogeologische eenheid PE-k-2

-
- verspreidingsgebied van de Formatie
 - verspreiding hydrogeologische eenheid
 - niet beschouwd gebied
 - breuk

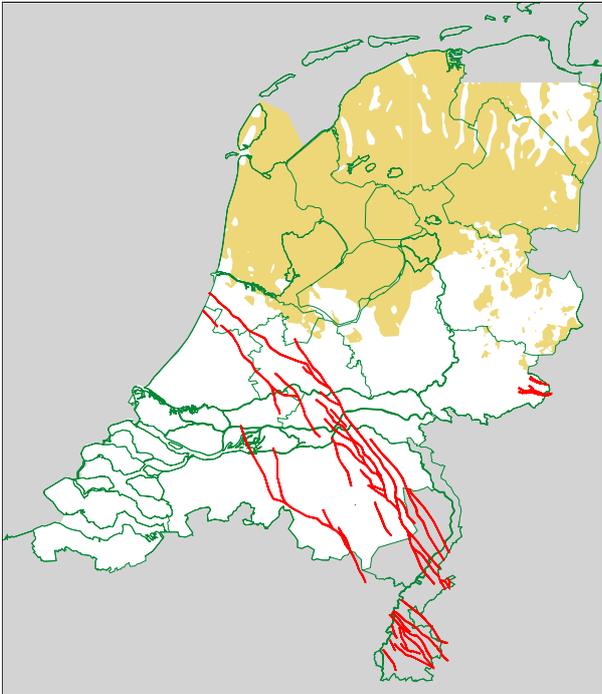
Formatie van Peelo



hydrogeologische eenheid ST-k-1

-
-  verbreidingsgebied van de Formatie
 -  verbreiding hydrogeologische eenheid
 -  niet beschouwd gebied
 -  breuk

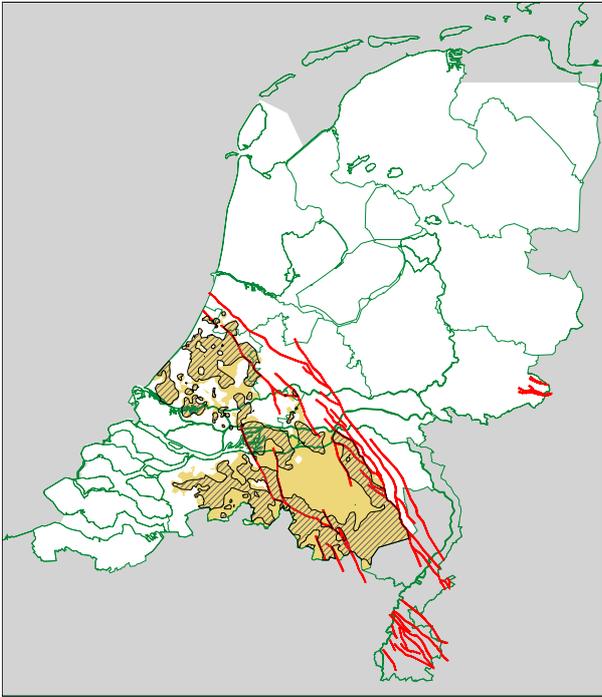
Formatie van Sterksel



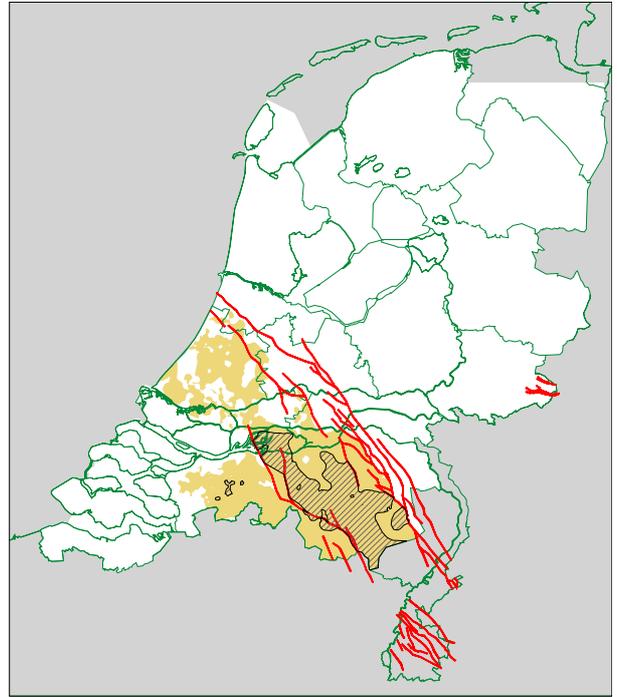
geen kleige, venige of complexe hydrogeologische eenheid onderscheiden

-
-  verbreidingsgebied van de Formatie
 -  verbreiding hydrogeologische eenheid
 -  niet beschouwd gebied
 -  breuk

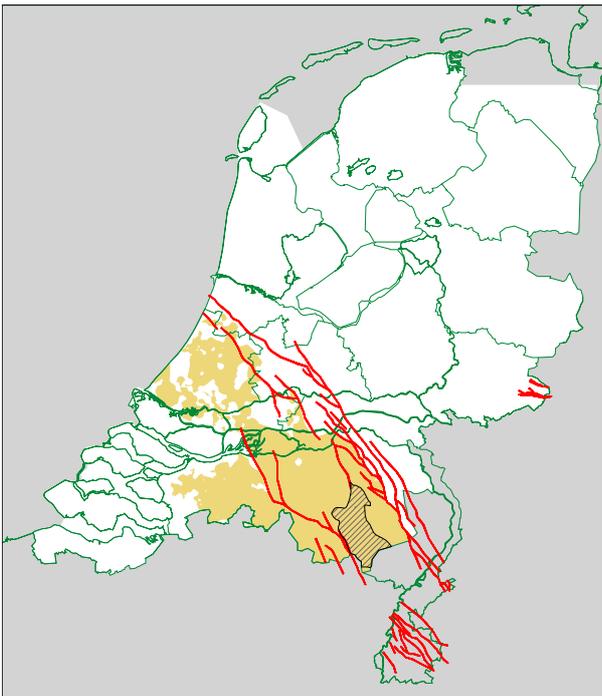
Formatie van Appelscha



hydrogeologische eenheid SY-k-1



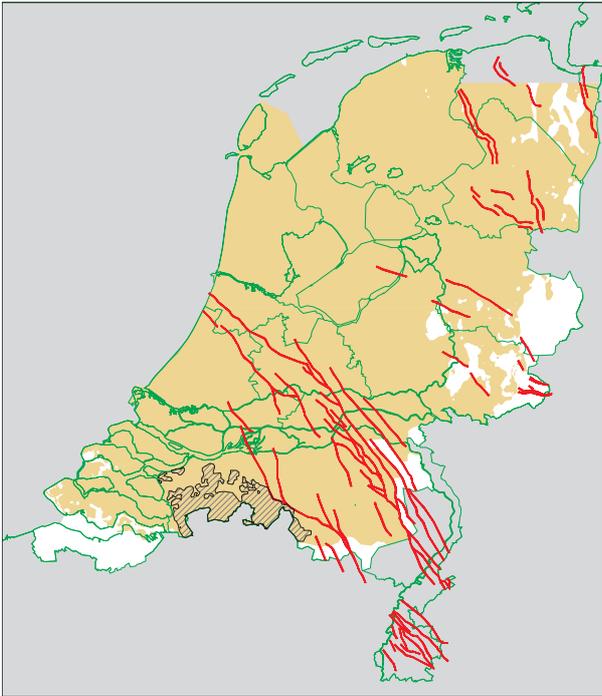
hydrogeologische eenheid SY-k-2



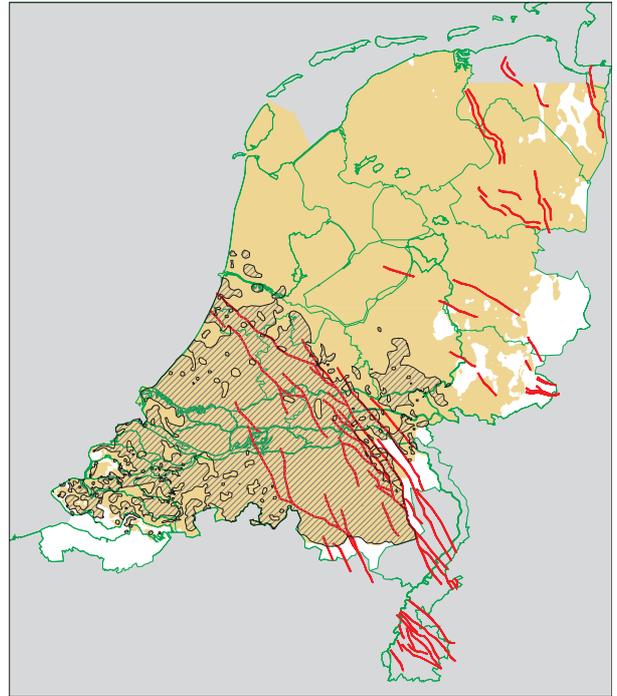
hydrogeologische eenheid SY-k-3

-
- verbreidingsgebied van de Formatie
 - verbreiding hydrogeologische eenheid
 - niet beschouwd gebied
 - breuk

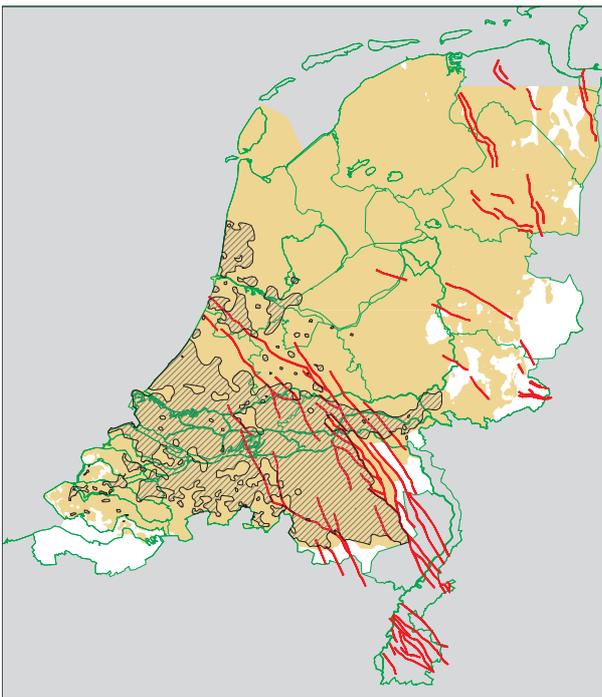
Formatie van Stramproy



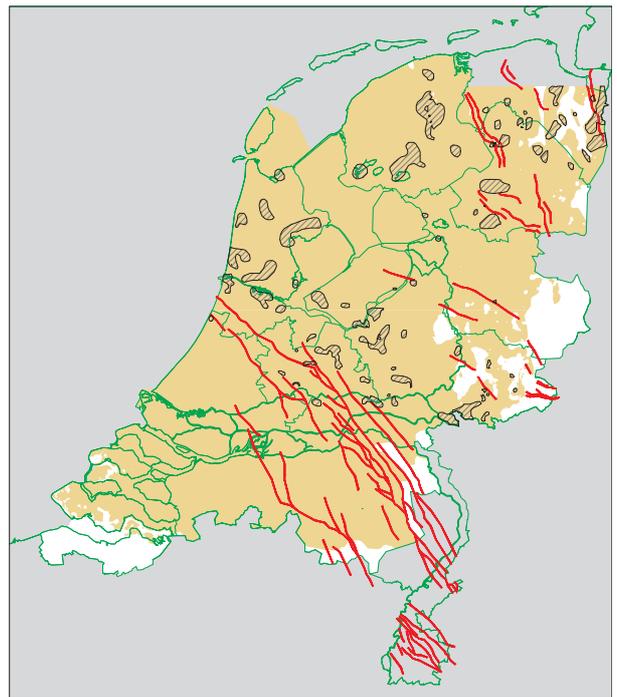
hydrogeologische eenheid WA-k-0



hydrogeologische eenheid WA-k-1



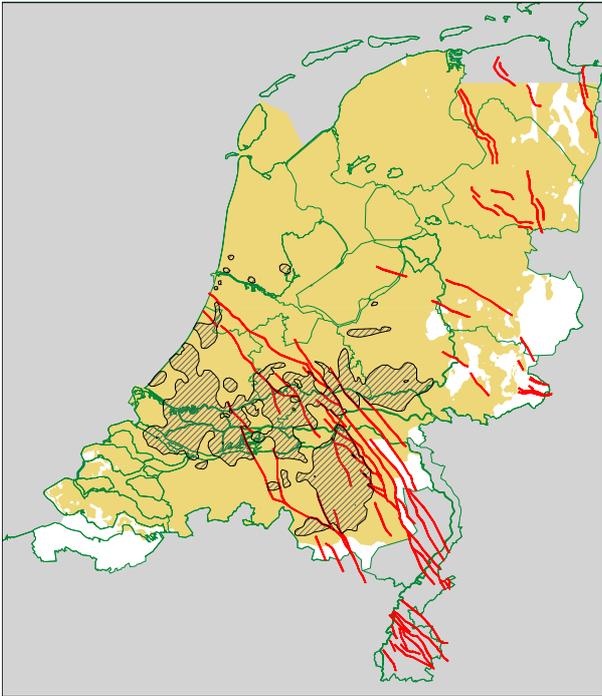
hydrogeologische eenheid WA-k-2



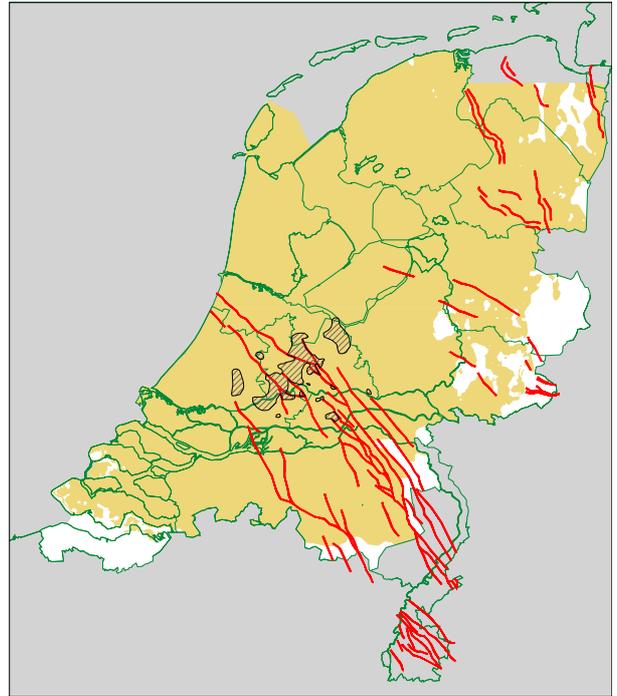
hydrogeologische eenheid PZ-k-1

- verbreidingsgebied van de gecombineerde Formaties
- verbreiding hydrogeologische eenheid
- niet beschouwd gebied
- breuk

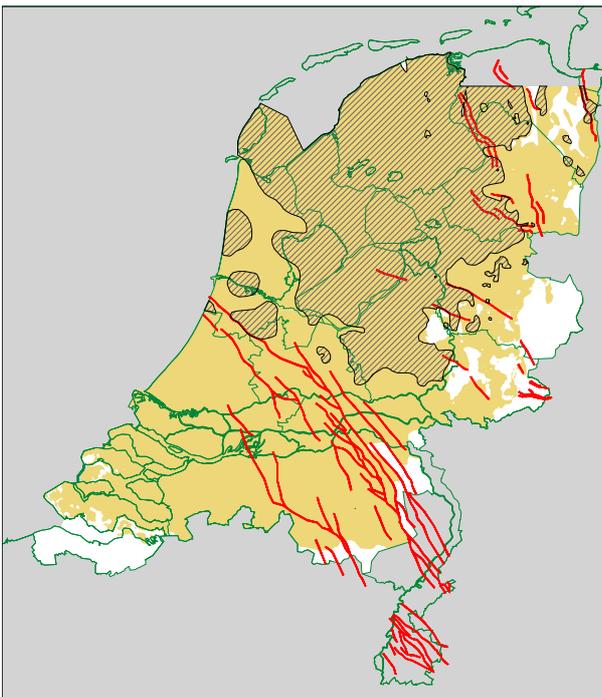
Formaties van Peize en Waalre



hydrogeologische eenheid WA-k-3



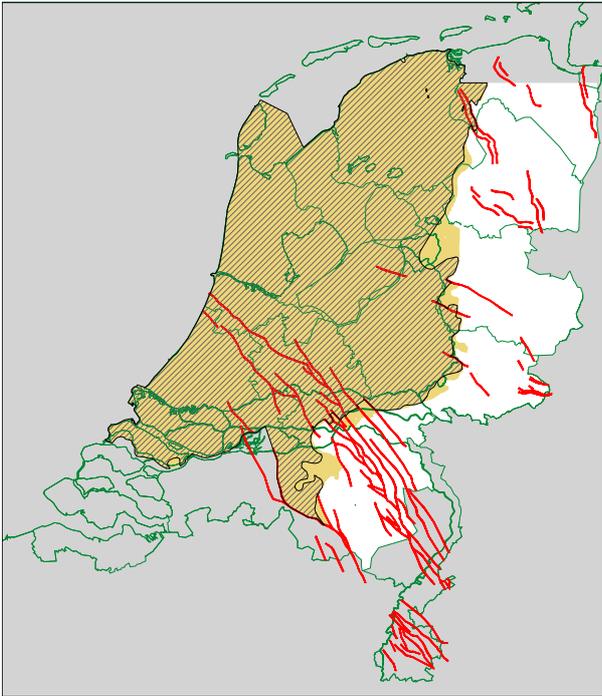
hydrogeologische eenheid WA-k-4



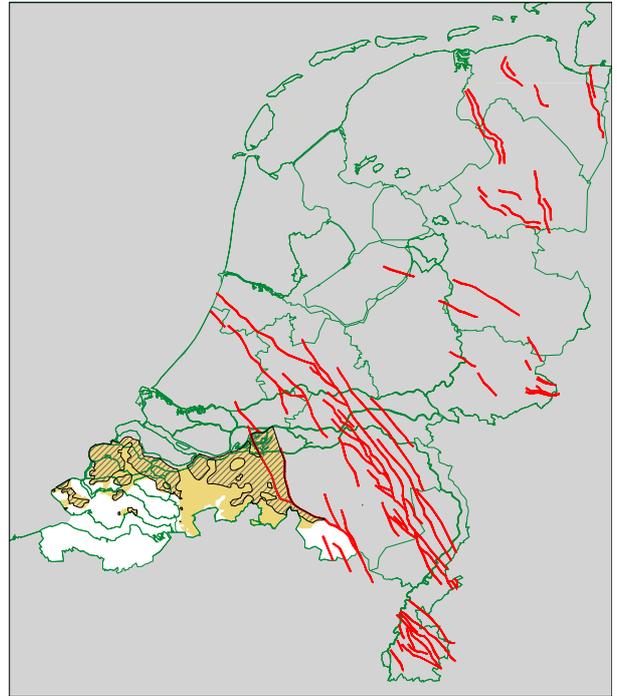
hydrogeologische eenheid PZ-c

-
- verbreidingsgebied van de gecombineerde Formaties
 - verbreiding hydrogeologische eenheid
 - niet beschouwd gebied
 - breuk

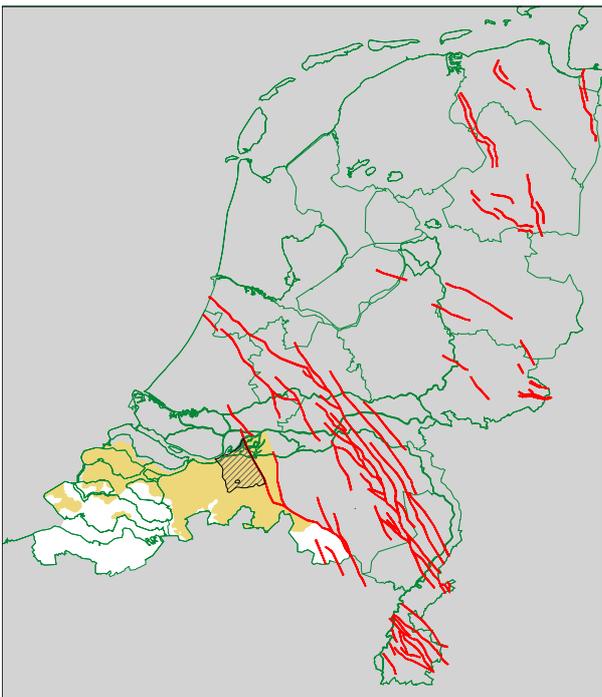
Formaties van Peize en Waalre



hydrogeologische eenheid MS-c



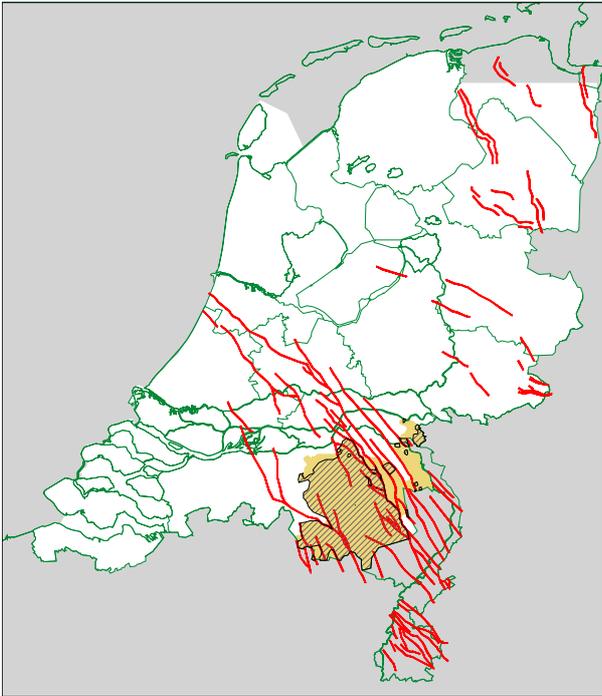
hydrogeologische eenheid MS-k-1



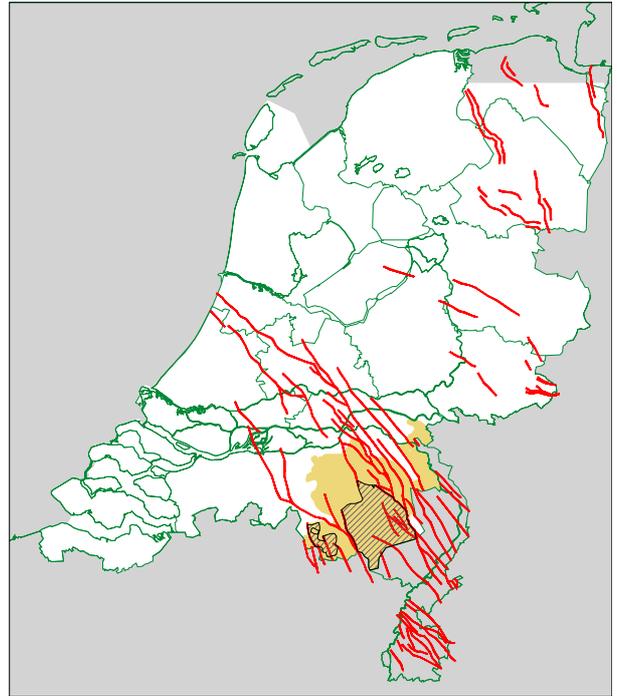
hydrogeologische eenheid MS-k-2

-
- verspreidingsgebied van de Formatie
 - verspreiding hydrogeologische eenheid
 - niet beschouwd gebied
 - breuk

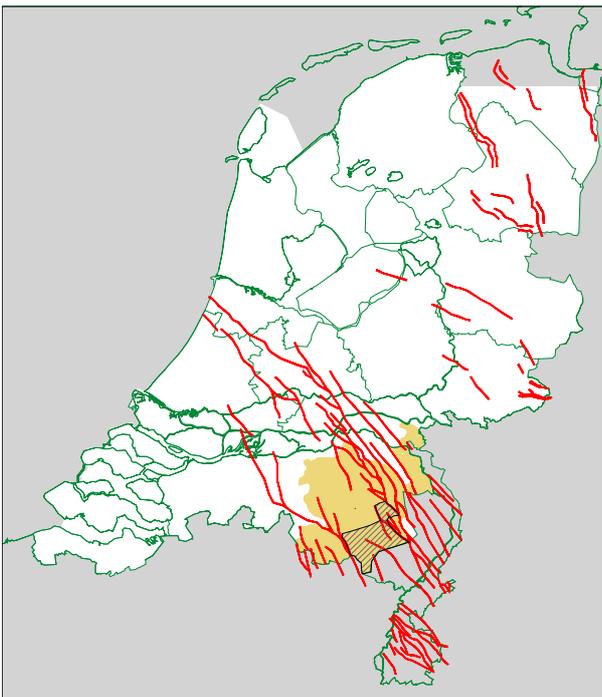
Formatie van Maassluis



hydrogeologische eenheid KI-k-1



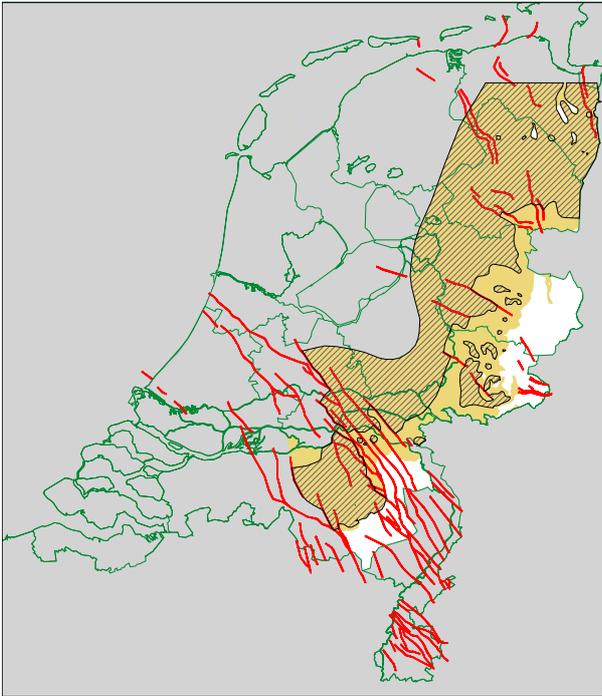
hydrogeologische eenheid KI-k-2



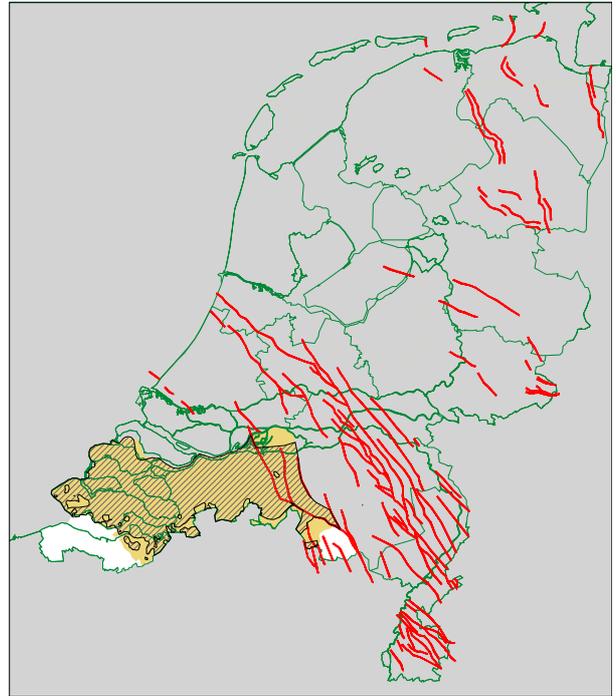
hydrogeologische eenheid KI-k-3

- verbreidingsgebied van de Formatie
- verbreiding hydrogeologische eenheid
- niet beschouwd gebied
- breuk

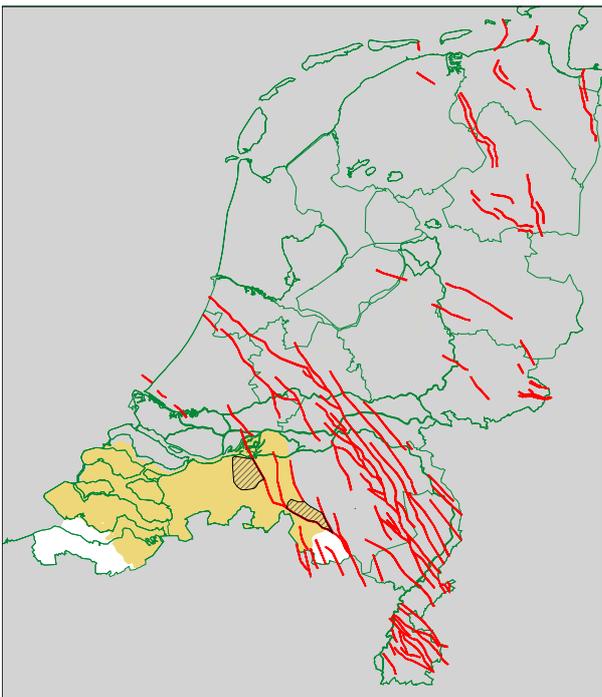
Kiezeloöliet Formatie



hydrogeologische eenheid OO-c



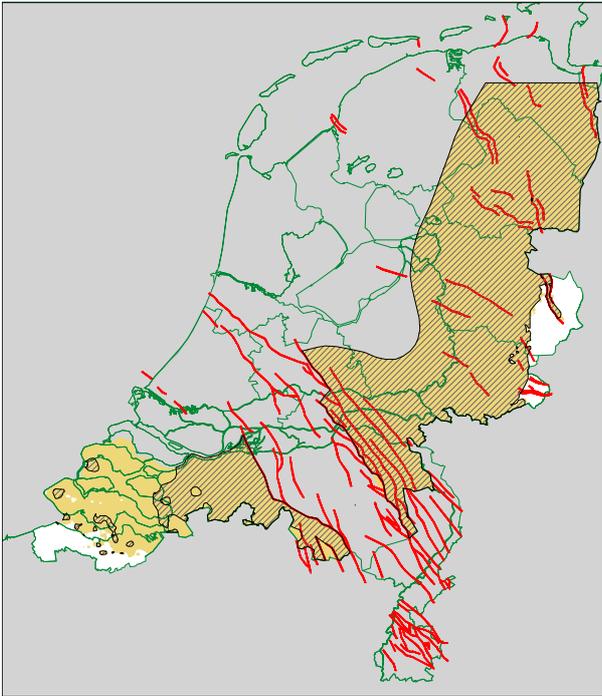
hydrogeologische eenheid OO-k-1



hydrogeologische eenheid OO-k-2

- verbreidingsgebied van de Formatie
- verbreiding hydrogeologische eenheid
- niet beschouwd gebied
- breuk

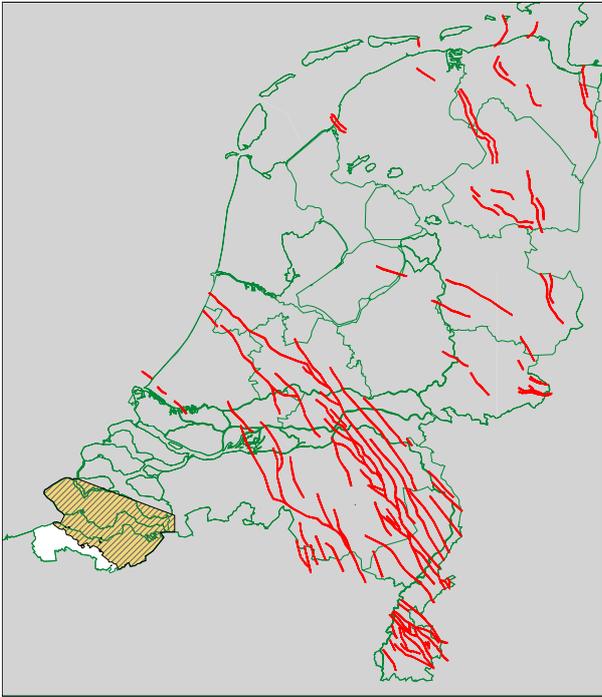
Formatie van Oosterhout



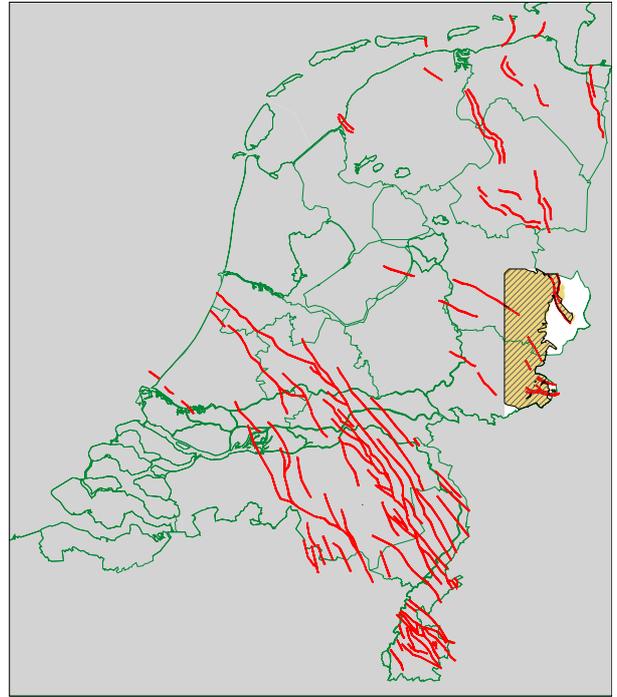
hydrogeologische eenheid BR-k-1

-
-  verbreidingsgebied van de Formatie
 -  verbreiding hydrogeologische eenheid
 -  niet beschouwd gebied
 -  breuk

Formatie van Breda



hydrogeologische eenheid RUBO-k-1



hydrogeologische eenheid RU-k-1

-
-  verbreidingsgebied van de Formatie
 -  verbreiding hydrogeologische eenheid
 -  niet beschouwd gebied
 -  breuk

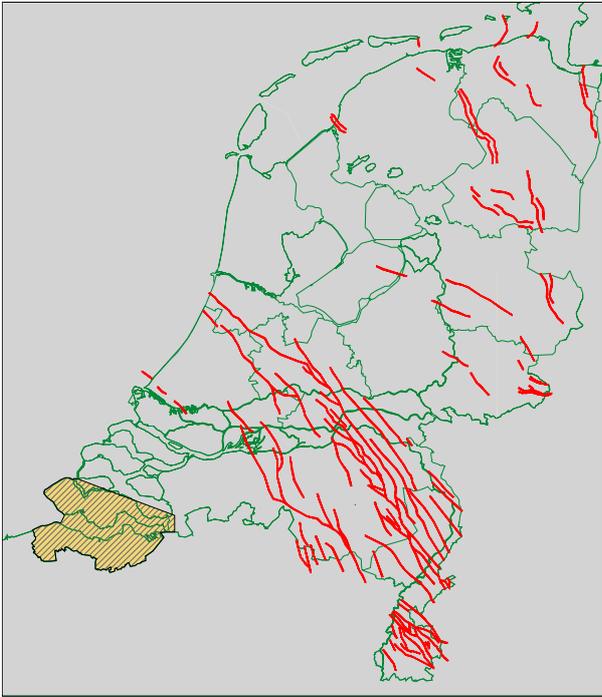
Formatie van Rupel



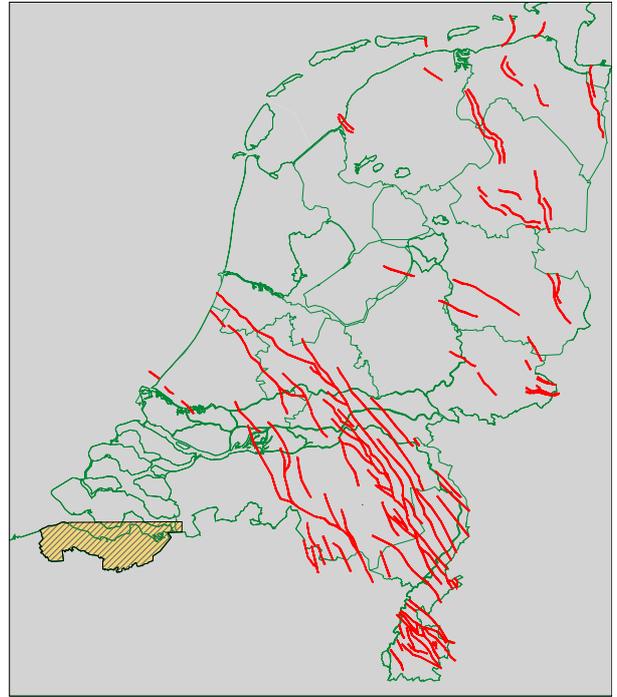
hydrogeologische eenheid TOZEWA-k-1

-
-  verbreidingsgebied van de Formatie
 -  verbreiding hydrogeologische eenheid
 -  niet beschouwd gebied
 -  breuk

Formatie van Tongeren



hydrogeologische eenheid DOAS-k-1



hydrogeologische eenheid DOIE-k-1

-
- verbreidingsgebied van de Formatie
 - verbreiding hydrogeologische eenheid
 - niet beschouwd gebied
 - breuk

Formatie van Dongen