

Conceptueel model DGM+ Oost- Nederland

TNO 2024 R12770 – 19 december 2024

Conceptueel model DGM+ Oost-Nederland

Auteurs	Renée de Bruijn, Jeroen Schokker
Rubricering rapport	TNO Publiek
Titel	TNO Publiek
Rapporttekst	TNO Publiek
Aantal pagina's	24 (excl. voor- en achterblad)
Aantal bijlagen	0

Alle rechten voorbehouden

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

© 2025 TNO

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	3
1 Inleiding	4
2 Modelgebied	5
3 Conceptueel model en geologische ontwikkeling	7
4 Modeleenheden	17
4.1 Overzicht modeleenheden	17
4.2 Verbreiding en interpretatie eenheden	19
4.2.1 Bodemdalingscorrectie	21
4.3 Verschillen met de Stratigrafische Nomenclator	21
5 Literatuur	24
Ondertekening.....	25

1 Inleiding

Binnen het TNO-project DGM+ wordt een landelijk lagenmodel van de ondergrond van Nederland gemaakt, dat de basis vormt voor ondergrondmodellen DGM, REGIS II en GeoTOP. De kwaliteitscontrole en oplevering van GeoTOP verloopt per modelgebied. Dit document beschrijft het conceptueel model voor modelgebied GeoTOP Oost-Nederland aan de hand van twee conceptuele profielen.

Het rapport biedt een overzicht van de modelleenheden (lagen) die in het model worden onderscheiden. De conceptuele profielen tonen de ruimtelijke samenhang (stratigrafische en tektonische relaties) tussen de eenheden en geven de geologische verscheidenheid van het gebied weer. De geologische ontwikkeling van het modelgebied en eigenschappen van de eenheden worden in een toelichtende tekst beschreven.

Het stratigrafisch bereik van het lagenmodel loopt in het grootste deel van modelgebied Oost-Nederland van maaiveld tot de basis van de Formatie van Breda en in het oosten van het gebied tot de basis van de Formatie van Dongen. Oudere afzettingen worden niet gemodelleerd. De eenheden die gemodelleerd worden zijn formaties, laagpakketten en lagen die ook in DGM v2.2 en in eerdere modelgebieden van DGM+ zijn opgenomen. De nadruk van de modellering zal liggen op de holocene en (laat-)pleistocene afzettingen. Bij de holocene afzettingen gaat het om lagen en laagpakketten binnen de formaties van Naaldwijk, Nieuwkoop en Echteld. Bij de pleistocene afzettingen betreft het de modellering van lagen en laagpakketten in de Formatie van Bortel en het Laagpakket van Gieten in de Formatie van Drenthe. Voor overige eenheden zal het reeds gepubliceerde landelijke lagenmodel DGM v2.2 worden overgenomen. Verbeterde modellering van deze eenheden is gepland voor latere uitgaven van het modelgebied.

Het lagenmodel vormt de basis voor het lithoklassemmodel GeoTOP, dat eveneens onderdeel is van het project DGM+. Het lithoklassemmodel heeft een dieptebereik van maaiveld tot -50 m NAP, tenzij de basis van de Formatie van Dongen ondieper ligt dan -50 m NAP. In dat geval komt de modelbasis overeen met de basis van de Formatie van Dongen.

2 Modelgebied

Modelgebied GeoTOP Oost-Nederland grenst aan de reeds gepubliceerde modelgebieden Westelijke Wadden, Oostelijke Wadden, Noord-Holland, Almere en Rivierengebied (**Figuur 2.1**). Het heeft een oppervlak van ruim 11.000 km².



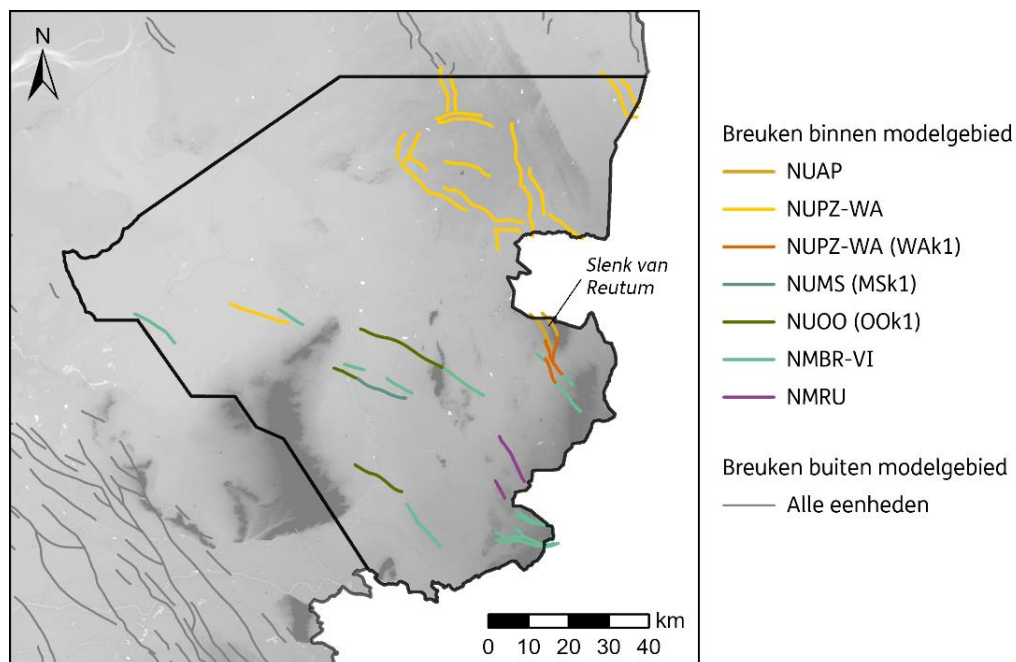
Figuur 2.1: Modelgebied Oost-Nederland en aangrenzende modelgebieden. Reeds gepubliceerde modelgebieden zijn in een lichtere kleur weergegeven.

Geologische setting

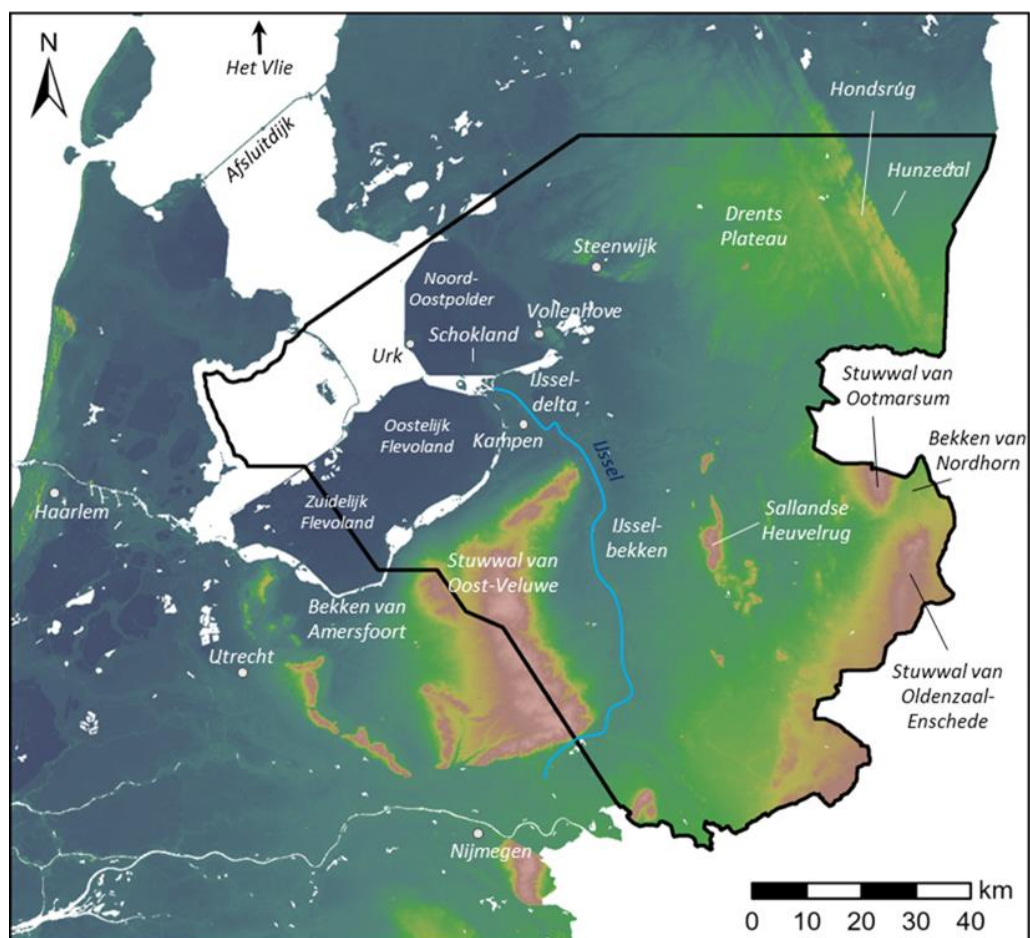
Het modelgebied is gepositioneerd aan de zuidoostelijke rand van het Noordzee Bekken, met een dalingsgebied in het westen en noordwesten en een opheffingsgebied in het oosten en zuidoosten. Dit heeft tot gevolg dat oudere afzettingen tektonisch zijn scheefgesteld.

In het modelgebied komen verschillende breuksystemen voor. De breuken en de bovenste eenheid tot waarin zij actief zijn geweest zijn weergegeven in Figuur 2.2. Binnen gestuwde afzettingen worden geen breuken onderscheiden.

Alle topografische aanduidingen in de tekst zijn weergegeven in Figuur 2.3.



Figuur 2.2: Breuken in het modelgebied, gekleurd naar bovenste eenheid tot waarin zij doorwerken.



Figuur 2.3: Hoogtekaart van Nederland met daarin modelgebied Oost-Nederland (zwart omlijnd) en de topografische aanduidingen uit de tekst. Rode gebieden zijn hoog- en donkerblauwe gebieden laaggelegen.

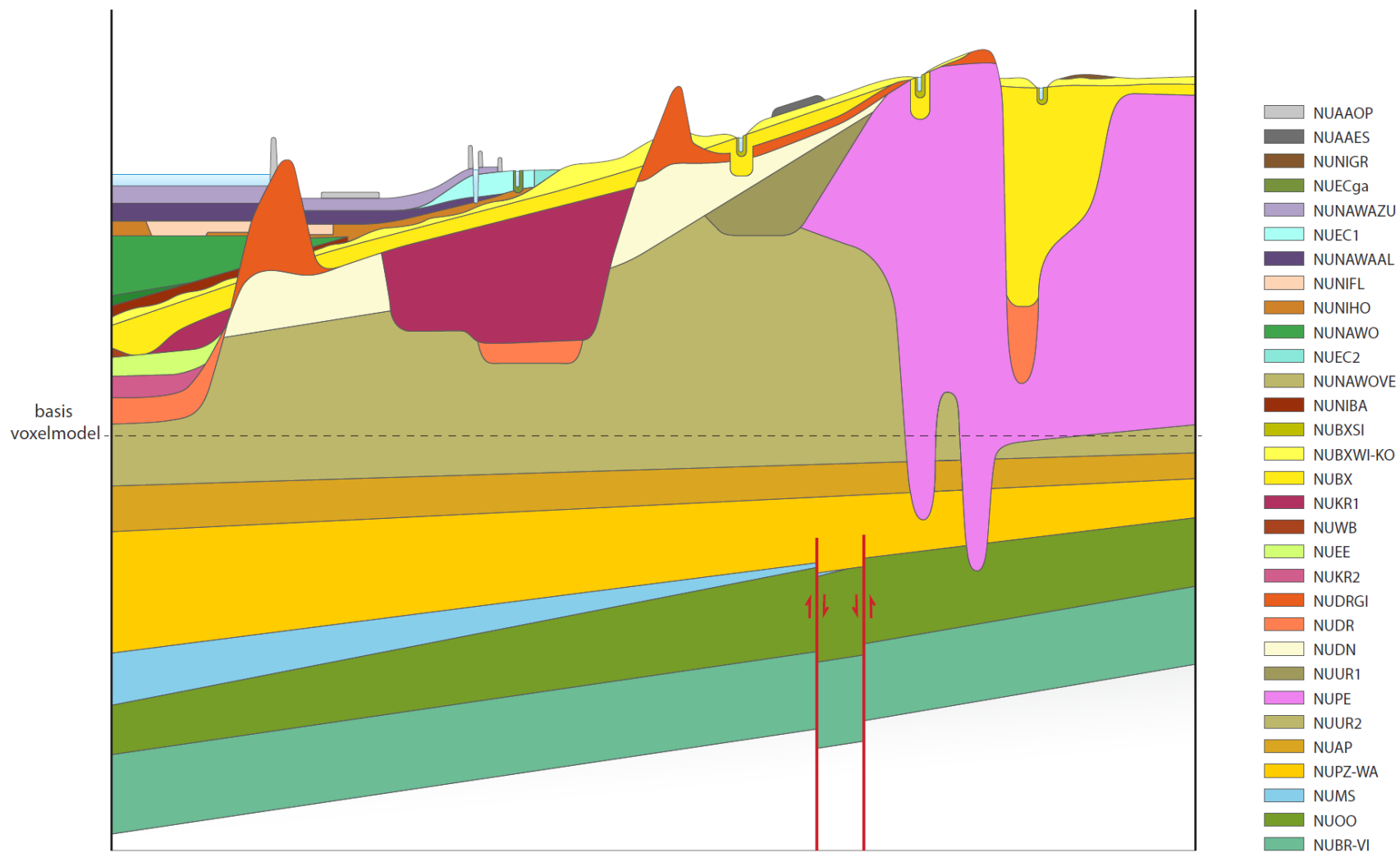
3 Conceptueel model en geologische ontwikkeling

Dit hoofdstuk beschrijft het conceptueel model aan de hand van twee west-oost georiënteerde conceptuele profielen, die gezamenlijk alle modelleenheden van GeoTOP Oost-Nederland beslaan (Figuur 3.1 en Figuur 3.2) en de gemodelleerde stratigrafische en tektonische relaties hiertussen weergeven. Voor elk van de modelleenheden is de hoofdlithologie, het afzettingsmilieu en de ouderdom beschreven.

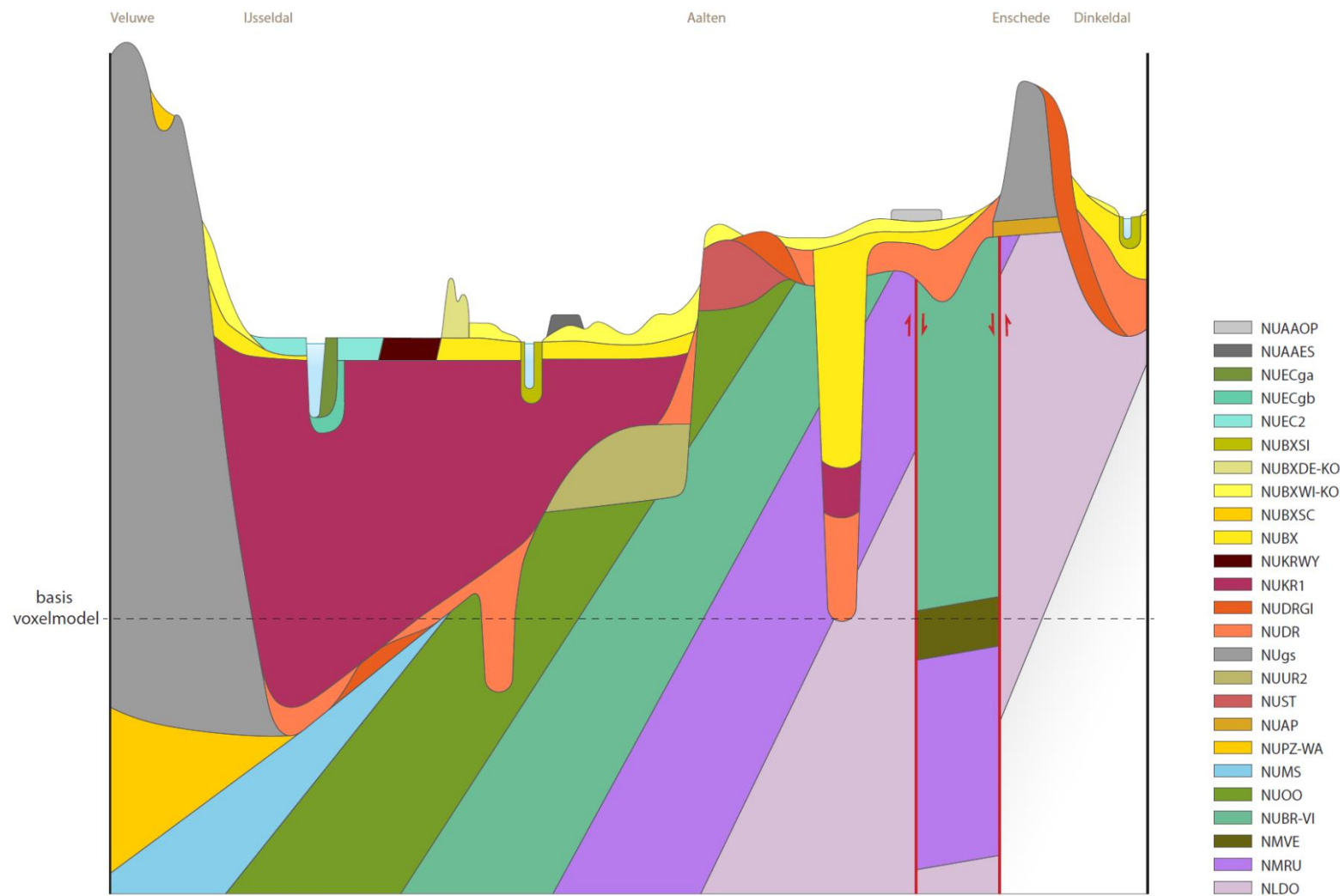
Het ondergrondmodel DGM+ omvat in het modelgebied Oost-Nederland afzettingen van de Onder-, Midden- en Boven-Noordzee Groep. Deze zijn gevormd in het Paleogeen, Neogeen en Kwartair. De afzettingen worden gemodelleerd in lagen c.q. modelleenheden. Deze modelleenheden komen in de meeste gevallen overeen met de lithostratigrafische eenheden in de Stratigrafische Nomenclator¹. In een aantal gevallen zijn de eenheden echter samengevoegd tot één modelleenheid. Er zijn ook lithostratigrafische eenheden die juist worden opgesplitst in meerdere modelleenheden, omdat zij zowel boven als onder één of meerdere andere modelleenheden voorkomen en deze intercalatie anders niet kan worden gemodelleerd. Modelleenheden die niet overeenkomen met eenheden in de Stratigrafische Nomenclator worden in **Paragraaf 4.3** opgesomd en indien nodig nader toegelicht.

Kleilagen die volgens het geohydrologisch model REGIS II v2.2.2 voorkomen binnen het dieptebereik van GeoTOP (max. -50 m NAP) vormen geen onderdeel van het lagenmodel. Een aantal hiervan wordt wel gebruikt om de lithoklassemodellering te sturen (zie **Tabel 4.2**). De betreffende kleilagen worden in de tekst kort benoemd.

¹ <https://www.dinoloket.nl/stratigrafische-nomenclator>



Figuur 3.1: Conceptueel profiel (schematische weergave) langs een fictieve lijn in het noorden van het modelgebied. Relaties tussen de eenheden zijn schematisch weergegeven en verticaal niet op schaal. Legenda-eenheden zijn weergegeven op modelvolgorde.



Figuur 3.2: Conceptueel profiel (schematische weergave) langs een fictieve lijn door het zuiden van het modelgebied. Relaties tussen de eenheden zijn schematisch weergegeven en verticaal niet op schaal. Legenda-eenheden zijn weergegeven op modelvolgorde.

Paleogeen en Neogeen marien complex

In het Paleogeen en Neogeen lag in het Noordzee Bekken een ondiepe zee. In het modelgebied, aan de zuidooststrand van dit bekken, werd marien sediment afgezet. De oudste gemodelleerde afzettingen in het modelgebied zijn de mariene afzettingen van de Formatie van Dongen (NLDO), bestaande uit klei en zeer fijn zand met bovenin enkele dunne zandsteenlagen. Deze worden bedekt door mariene afzettingen van de Formatie van Rupel (NMRU), die voornamelijk bestaan uit siltige klei. Beide formaties liggen in het uiterste oosten van het modelgebied nabij het oppervlak en hellen richting het westen. Langs de lijn Vasse-Reutum-Weerselo-Oldenzaal ligt de enkele kilometers brede Slenk van Reutum. Hierin ligt op de Rupel Formatie een pakket ondiep mariene leem en zand van de Formatie van Veldhoven (NMVE) die elders in de omgeving afwezig is. De bovengenoemde formaties zijn afgezet vanaf het Eoceen tot in het Vroeg-Mioceen. De formaties van Dongen, Rupel en Veldhoven zijn in het modelgebied uitsluitend gemodelleerd ten oosten van de lijn X = 230.000 en ten zuiden van de lijn Y = 500.000. Daar liggen ze relatief ondiep en vormt de Formatie van Dongen de basis van het model.

In het overige deel van het modelgebied wordt de basis van het model gevormd door de ondiep-mariene afzettingen van de Formatie van Breda (NUBR), die gezamenlijk met de uitsluitend in Limburg voorkomende Ville Formatie wordt gemodelleerd als modeleenheid NUBR-VI. De Formatie van Breda bestaat uit zeer fijn glauconiethoudend zand en siltige tot zandige klei. De afzettingen worden bedekt door de meer kustnabije ondiep-mariene afzettingen van de Formatie van Oosterhout (NUOO), bestaande uit glauconiethoudende matig fijne zanden met plaatselijk schelpenbanken en kleilagen (OOK1 in REGIS II v2.2). Deze formatie wordt bedekt door de ondiep mariene zanden van de Formatie van Maassluis (NUMS), die minder glauconiet en minder en andere schelpen bevat. Ook deze bevat een kleilig pakket (MSK1 in REGIS II v2.2). De formaties werden afgezet vanaf het Laat-Mioceen tot in het Vroeg-Pleistoceen, een lange periode met een relatief hoge zeespiegelstand. Als gevolg van tektonische activiteit zijn de Paleogene en Neogene sedimenten scheef komen te staan en is de top van deze afzettingen gedurende het Kwartair deels afgevlakt en geërodeerd.

Vroeg- tot Midden Pleistoceen - fluviatiel complex

De daling van het Noordzee Bekken en opheffing van het achterland leidden, in combinatie met de sterke klimaatfluctuaties die het Kwartair typeren, tot een grotere sedimenttoevoer door riviersystemen. Hierdoor verplaatste de kustlijn zich noordwestwaarts. In deze periode werden in het modelgebied kust- en rivierafzettingen gevormd door verschillende riviersystemen.

Op de Formatie van Maassluis liggen vroeg-pleistocene fluviatische en estuariene afzettingen van de formaties van Peize en Waalre (NUPZ, NUWA). De afzettingen bestaan uit matig tot zeer grove zand- en grindlagen, afgewisseld met kleilagen. De glimmerloze, kalkloze en door restkwarts gedomineerde sedimenten zijn afgezet door het Baltische (Eridanos) riviersysteem (Formatie van Peize) vanuit het noordoosten, terwijl de glimmerrijke, kalkhoudende en door melkkwarts gedomineerde sedimenten zijn afgezet door de Rijn (Formatie van Waalre) vanuit het zuidoosten. De Formatie van Waalre bevat in het uiterste zuidwesten van het modelgebied twee kleiniveaus (WAK1 en WAK2 in REGIS II). Omdat de formaties van Peize en Waalre in een brede overgangszone intercaleren, worden ze als één modeleenheid gemodelleerd (NUPZ-WA). De eenheid komt met uitzondering van de grensstreek in het hele modelgebied voor.

Als gevolg van uitbreiding van de Scandinavische ijskap aan het einde van het Vroeg-Pleistoceen verdween het Eridanos-riviersysteem. Rivieren vanuit midden- en oostelijk Duitsland voerden fijn tot uiterst grof, kalkloos grindrijk zand aan. Deze afzettingen vormen de Formatie van Appelscha (NUAP) en zijn aangetroffen in het noordwestelijk deel van het

modelgebied. In het oosten van het modelgebied komt de eenheid gefragmenteerd voor². Aan de top kan ze lokaal zeer grof, sterk grindhoudend sediment voorkomen. De Rijn bleef in het modelgebied aanwezig.

In het Midden-Pleistoceen veranderden de klimaatfluctuaties van aard: zowel de frequentie van ijstijden als de intensiteit ervan nam toe, waardoor meer insnijding en erosie plaatsvond. Op oudere afzettingen werd bont en relatief grof Rijnsediment afgezet. Deze afzettingen worden gerekend tot de Formatie van Sterksel (NUST). Deze wordt aangetroffen in het zuidwesten en lokaal in de vorm van terrasrestanten het oosten van het modelgebied.

Op de bovengenoemde formaties is tot ver in het noorden van Nederland nog grover en grindrijker Rijnsediment afgezet. Dit behoort tot de Formatie van Urk (NUUR2³), die in het modelgebied met uitzondering van het oostelijk deel overal is afgezet, maar door latere glaciale processen op grote schaal is gestuwd (zie tekst 'Saalien – glaciaal complex'). De formatie bevat als gevolg van sterke vulkanische activiteit in de Eifel relatief veel vulkanische mineralen.

Midden-Pleistoceen – glaciaal/fluviatiel complex

Vanaf de tweede helft van het Midden-Pleistoceen raakte Nederland meermaals gedeeltelijk door de Scandinavische ijskap bedekt. In het Elsterien reikte het ijs tot ca. 5 à 10 km zuidelijk van de lijn Den Helder-Assen. Aan de rand van de ijskap vormden zich noord-zuid georiënteerde tunneldalen. De dalen, van enkele kilometers breed en tot honderden meters diep, zijn opgevuld met subglaciaal en proglaciaal sediment, waaronder zowel uiterst fijn tot uiterst grof zand als glaciolacustriene klei (potklei) die door compactie als gevolg van latere ijsbedekking (zie tekst 'Saalien – glaciaal complex') nu dikwijls zeer stug is. Aan weerszijden van de tunneldalen en tot enkele tientallen kilometers ten zuiden ervan is proglaciaal fluviatiel zand en klei afgezet. Aan de top van het pakket komt glaciomariene klei voor. Deze afzettingen worden allen gerekend tot de Formatie van Peelo (NUPE). Binnen deze formatie worden twee kleinivoeaus onderscheiden (PEK1 en PEK2 in REGIS II).

Na terugtrekking van het ijs keerde de Rijn vanuit het zuiden terug in het modelgebied. Vanuit het zuidoosten zijn op de Formatie van Peelo opnieuw Rijnsedimenten afgezet die behoren tot de Formatie van Urk (NUUR1³), bestaande uit voornamelijk matig fijn tot uiterst grof, grindrijk bont zand. Dit bovenste deel van de formatie vormt onderdeel van het Laagpakket van Tijnje (niet afzonderlijk gemodelleerd).

Saalien – glaciaal complex

De voorlaatste ijstijd, het Saalien, kende relatief warme en koude perioden. In de warmere perioden van het Saalien werden de periglaciaal sedimenten van de Formatie van Drachten (NUDN), die bestaat uit matig fijn tot matig grof zand en dunne leemlagen kan bevatten, afgezet. Deze formatie bevat eolisch, lokaal fluviatiel en lacustrien sediment.

Later in het Saalien raakte noordelijk Nederland opnieuw met ijs bedekt. Dit leidde tot grootschalige verandering van de morfologie. Ruwweg ten noorden van de lijn Haarlem-Utrecht-Nijmegen vormden zich diepe glaciale bekkens en stuwwallen. De stuwwallen bestaan uit glaciotektonisch gedeformeerde (gestuwde) oudere fluviatiele sedimenten (modeleenheid NUgs⁴) afkomstig uit de bekkens: kleiige lagen binnen de oorspronkelijke afzettingen vormden een glijvlak waarover de pakketten sediment door het ijs werden

² Zie tekst 'Saalien – glaciaal complex' voor een toelichting op de speciale situatie onder de stuwwal van Oldenzaal-Enschede, die een uitzondering vormt op de NUAP zoals die hier is beschreven.

³ De Formatie van Urk is ingedeeld in modeleenheden NUUR1 en NUUR2, stratigrafisch gezien resp. boven en onder de Formatie van Peelo gelegen.

⁴ Gestuwde Eenheden (NUgs) is uitsluitend een modeleenheid en komt in de Stratigrafische Nomenclator niet voor.

opgestuwd, leidend tot een min of meer dakpansgewijze stapeling van schollen zand en klei die meestal hellen in de richting van het landijs.

In Midden-Nederland ontstond het Bekken van Amersfoort, waar het westelijk deel van het modelgebied onderdeel van is. Centraal in het modelgebied vormde zich het zeer diepe en asymmetrisch uitgeschuorde IJsselbekken met daaromheen de hoge stuwwallen van Oost-Veluwe en Arnhem aan de westzijde en (onder meer) de lagere Sallandse Heuvelrug aan de oostzijde, beide bestaande uit vroeg- en midden-pleistoceen fluviaal zand en in mindere mate kleilagen. In het oosten van het modelgebied ontstonden ook glaciële bekkens, zoals het Bekken van Nordhorn, met daaromheen de stuwwallen van Ootmarsum en Oldenzaal-Enschede. Deze stuwwallen bestaan hoofdzakelijk uit mariene klei van paleogene en neogene ouderdom, maar bevatten ook enkele grove zandlagen van het vroeg- tot midden-pleistocene fluviaal complex. Daarnaast werden in het modelgebied verschillende kleinere, ondiepere bekkens gevormd en zijn aan het oppervlak (restanten van) andere stuwwallen zichtbaar. Deze waren voorheen deels verbonden en ondergronds soms nog vervolgbaar.

Zowel binnen als buiten de glaciële bekkens is onder het ijs op grote schaal subglaciaal sediment afgezet. De meest kenmerkende vorm hiervan is grindrijke leem (keileem), die lokaal ook zeer zandig kan zijn of uit lokaal herwerkte paleogene en neogene klei kan bestaan. Deze afzettingen behoren tot het Laagpakket van Gieten (NUDRGI). Ook buiten de glaciële bekkens werd het bestaande landoppervlak door het ijs geheel overreden en herwerkt. In het noorden van het modelgebied ligt een zone met voornamelijk uit keileem bestaande, lagere stuwwallen. Die valt samen met de zuidwestrand van de dan jongste Rijnaafzettingen. De keileemaccumulaties zijn sinds hun vorming deels begraven en deels geërodeerd, maar op enkele plaatsen nog herkenbaar als hogen in het landschap (o.a. Urk, Vollenhove, Steenwijk). In het noorden van het modelgebied vormde zich een groot keileemplateau (het Drents plateau). In Twente en de Achterhoek werden aan de rand van de ijsskap enkele tunneldalen van ongeveer één km breed en enkele tientallen meters diep gevormd. Een late zuidzuidoostelijk gerichte ijssroom veroorzaakte de vorming van de Hondsrug.

Ten zuiden van het ijsfront zijn smeltwaterafzettingen gevormd. Deze bestaan uit grindrijk, fijn tot grof zand en vormen het Laagpakket van Schaarsbergen, dat in het model gerekend wordt tot de modeleenheid Formatie van Drente, ongedifferentieerd (NUDR)⁵. Het sediment heeft een diverse herkomst: het bevat kristallijn materiaal en vuursteen uit Scandinavië, grind en zand uit oudere fluviaal afzettingen en elementen uit het mariene complex (kleiballen, glauconiet). Het is afgezet in onder andere sandrs (proglaciaal, op grote schaal) en eskers (subglaciaal, lokaal). Het Laagpakket van Schaarsbergen kan bedekt worden door het Laagpakket van Gieten waar het ijs de smeltwaterafzettingen in een later stadium heeft overreden, maar niet geheel heeft herwerkt. Omgekeerd kan het Laagpakket van Schaarsbergen op dat van Gieten voorkomen waar smeltwaterafzettingen tijdens terugtrekking van de ijsskap zijn afgezet.

Onder de stuwwal van Oldenzaal-Enschede komt een pakket grof, soms grindhoudend zand voor dat lokaal bekend is onder de naam 'Zanden van Lonneker'. Dit zand bestaat grotendeels uit door smeltwaterprocessen herwerkt sediment van midden-Duitse rivieren en hoort daarom strikt genomen bij het Laagpakket van Schaarsbergen. Om modeltechnische redenen wordt dit sediment echter gerekend tot de modeleenheid NUAP⁶.

⁵ Op het Laagpakket van Gieten na worden in het model alle lagen en laagpakketten van de Formatie van Drente gerekend tot de modeleenheid NUADR.

⁶ Zie Hoofdstuk 4 voor een nadere toelichting.

Bij het afsmelten van de ijskap was naast sedimentatie ook sprake van erosie. Stuwwallen raakten ingesneden door smeltwaterstromen en raakten onderbroken: er vormde zich daarin zogenaamde smeltwaterpoorten. De afvoer van grote hoeveelheden smeltwater resulteerde regionaal in zeer diepe insnijding en de vorming van oerstroombekken, waaronder het landgrensoverschrijdende Oervechtdal en (het dieper uitslijten van) het Hunzedal.

Door het afsmelten van het ijs aan het einde van de ijstijd veranderden de ontstane glaciële bekkens in diepe meren, waarin vanaf de flanken materiaal werd afgezet. De invulling van bekkens waarin niet op grote schaal riviersediment is afgezet, bestaat voor een aanzienlijk deel uit deze veelal zandige afzettingen, die onderdeel zijn van het Laagpakket van Uitdam. Binnen het laagpakket is lokaal de Laag van Oosterdok aanwezig; een siltige klei die werd afgezet in een rustig milieu en die warven en dunne zandlaagjes kan bevatten. In het model worden zowel het laagpakket als de laag gerekend tot de Formatie van Drente, ongedifferentieerd (NUDR)⁶.

De Rijn, die door de ijsmassa naar het zuiden was verdrongen, keerde na afsmelten van het ijs terug in het modelgebied en monddde uit in het IJsselbekken. Rijnafzettingen uit deze tijd worden gerekend tot de Formatie van Kreftenheye. Aanvankelijk werd in het bekken een dik pakket fluviodeltaïsche klei met ingeschakelde zandlagen afgezet (KRTWk1 in REGIS II). Geleidelijk aan werd het zand dominant en werd een eveneens dik pakket matig fijn tot matig grof fluviodeltaïsch zand met ingeschakelde kleilagen afgezet. Zowel de kleiige als de zandige meerinvulling behoort tot het Laagpakket van Twello (niet apart gemodelleerd). Na opvulling van het meer stroomde de Rijn als vlechtende rivier via het bekken naar het noorden en vervolgens via het Oervechtdal naar het westen. In het stroomgebied werd een dik pakket bont, grindhoudend zand afgezet (Formatie van Kreftenheye, ongedifferentieerd). Zowel het Laagpakket van Twello als de vlechtende rivierafzettingen daar direct boven worden cf. DGM v2.2 op formatieniveau gemodelleerd (NUKR1, NUKR2)⁷.

Eemien – mariene, fluviatiele en lokale afzettingen (interglaciaal complex)

Door zeespiegelstijging in het Eemien drong de zee vanuit het noordwesten het land binnen en werden de kustnabije mariene sedimenten van de Eem Formatie (NUEE) afgezet. In het modelgebied treffen we die aan in het Oervechtdal en het Bekken van Amersfoort. Deze formatie bestaat overwegend uit matig fijn tot zeer grof, kalkhoudend en schelphoudend zand en, in de centrale delen van de bekkens waar dieper mariene condities heersten, kalkhoudende klei met schelpen (EEK1 en EEK2 in REGIS II).

Zeespiegelstijging leidde ook tot een verandering van het stroomregime van de Rijn: landinwaarts werden landinwaarts van de Eem Formatie kleiige, meanderend fluviatiele afzettingen (KRZUk1 in REGIS II) gevormd, welke onderdeel zijn van het Laagpakket van Zutphen binnen de Formatie van Kreftenheye. In de modellering wordt dit laagpakket niet afzonderlijk onderscheiden, maar is het onderdeel van modelleenheid NUKR1.

Toen aan het einde van het Eemien en in het Vroeg-Weichselien de zeespiegel daalde, vormden zich aan de randen van de volgelopen bekkens veen, dat wordt gerekend tot de Formatie van Woudenberg (NUWO).

Weichselien – lokaal fluviatiel en eolische afzettingen

Na het Eemien diende zich opnieuw een ijstijd aan, het Weichselien, waarin de ijskap het vasteland van Nederland niet bereikte. Na het Vroeg-Weichselien, waarin koelere (stadiale) en mildere (interstadiale) condities elkaar afwisselden, heersten gedurende langere tijd

⁷ Het deel van de Formatie van Kreftenheye dat onder de Eem Formatie (zie onder) ligt wordt gerekend tot modelleenheid NUKR2. Het deel boven of buiten de Eem Formatie wordt gerekend tot modelleenheid NUKR1.

periglaciale omstandigheden. De Rijn veranderde weer in een vlechtende rivier en stroomde aanvankelijk nog door het IJsselbekken, maar verlegde in het Midden-Weichselien haar bedding, om ter hoogte van het Oude IJsseldal af te buigen en via Arnhem westwaarts te stromen. De Rijnzanden uit deze periode behoren ook tot de Formatie van Kreftenheye en zijn onderdeel van modeleenheid NUKR1.

Daar waar de Rijn niet stroomde, werden gedurende het Weichselien periglaciale kleinschalig-fluviatiele, eolische en lacustriene sedimenten afgezet die worden gerekend tot de Formatie van Bostel (NUBX). Deze eenheid komt in vrijwel het gehele modelgebied voor. Langs de randen van de stuwwallen werden door de periglaciale omstandigheden dikke pakketten hellingafzettingen gevormd. Het bovenste deel van de formatie wordt gevormd door de laat-glaciale eolische afzettingen van het Laagpakket van Wierden (NUBXWI), bestaande uit matig fijn en matig grof, goed gesorteerd zand (dekzand). In het uiterste zuiden van het modelgebied komen op beschutte plekken lokaal ook lössafzettingen van het Laagpakket van Schimmert (NUBXSC) voor. Beide laagpakketten reflecteren de droge condities aan het eind van het Weichselien.

De afwatering van het laat-pleistocene oppervlak verliep via beekdalen. In het Weichselien zijn in de beekdalen vooral lokaal herwerkte, (grof)zandige sedimenten afgezet, die doorgaans zeer moeilijk van onderliggende afzettingen zijn te onderscheiden. De pleistocene beekdalinvulling wordt daarom gerekend tot de modeleenheid NUBX. De sedimenten die in het Holoceen in beekdalen werden afgezet, bestaan in het algemeen uit fijner zand, klei en organisch materiaal en worden gerekend tot het Laagpakket van Singraven (NUBXSI). De modeleenheid bevat alleen laat-glaciale en holocene beekdalafzettingen waarvan de top aan maaiveld ligt. De afzettingen die onder marien of fluviatiel sediment zijn begraven, kunnen niet goed gekarteerd worden en vallen in de praktijk onder de modeleenheid NUBX, NUBXWI of de bovenliggende holocene eenheid.

Ten noordoosten van de laat-glaciale rivier- en beekdalen (o.a. de IJssel en de Oude IJssel) zijn lokaal rivierduinen gevormd van materiaal uit nabije drooggevalen beddingen. Deze afzettingen bestaan uit kalkloos fijn tot matig grof zand en worden gerekend tot het Laagpakket van Delwijnen (NUBXDE). Als gevolg van holocene lokale verstuingen is daarop vaak fijn tot matig grof zand van het Laagpakket van Kootwijk (NUBXKO; stuifzand) afgezet. In de modellering wordt het stuifzand samengevoegd met het onderliggende zand tot de modeleenheden NUBXWI-KO of NUBXDE-KO⁸. De laagpakketten van Delwijnen en Singraven werden afgezet vanaf het Laat Weichselien tot (ver) in het Holoceen, het Laagpakket van Kootwijk vooral in het Laat-Holoceen.

In het Laat-Weichselien ging de Rijn over van een vlechtend naar een meanderend regime en werd er aan de top van een deel van de Formatie van Kreftenheye een kalkloze, siltige tot zandige overstromingsklei afgezet (Laag van Wijchen, NUKRWY), die door een latere bodemvorming stug kan zijn. Deze zandige klei is in het modelgebied enkel aanwezig langs de Oude IJssel (voormalige Rijnloop). De afzetting van deze kleilaag vond plaats tot in het Vroeg-Holoceen.

Holoceen – mariene, lacustriene en organische afzettingen

Na het Weichselien breekt de huidige warme tijd aan: het Holoceen. Door het afsmelten van de ijskappen stegen de zee- en de grondwaterspiegel. Als gevolg hiervan vormde zich in het Vroeg Holoceen langs de kustzone in het westen van het modelgebied en steeds verder landinwaarts een veenmoeras op het pleistocene oppervlak. Dit veen vormt de Basisveen Laag van de Formatie van Nieuwkoop (NUNIBA)⁹. In de loop der tijd drong de zee steeds

⁸ Zie Hoofdstuk 5 voor een nadere toelichting.

⁹ Waar het veen op pleistoceen zich verder landwaarts uitstrekt dan het Laagpakket van Wormer, wordt het gerekend tot modeleenheid NIHO.

verder het land binnen. In het westen van het modelgebied is het basisveen bedekt door humeuze klei van de Laag van Velsen (NUNAWOVE), een vroeg-holocene verdrinkingsklei die in het modelgebied is afgezet als onderdeel van een kweldersysteem. Op het Basisveen en de Laag van Velsen liggen de getijdenafzettingen van het Laagpakket van Wormer van de Formatie van Naaldwijk (NUNAWO), bestaande uit grijs, schelphoudend, kalkrijk fijn zand met kleilaagjes en grijze, schelphoudende, kalkrijke klei.

In het Midden-Holoceen leidde de vorming van een vrijwel aaneengesloten strandwallen- en duinenrij in West-Nederland tot het verdwijnen van sedimenttoevoer naar het achterland en verzoeting van het milieu. Daardoor vormde er zich een uitgestrekt veenmoeras. De getijdenafzettingen raakten daarom grotendeels bedekt door veen: het Hollandveen Laagpakket van de Formatie van Nieuwkoop (NUNIHO)¹⁰. In het Zuiderzeegebied bleven echter een aantal zoetwatermeren bestaan, die later als gevolg van veenafslag aaneengroeiden tot grote zoetwatermeren, waarin het neerslaan van fijn organisch materiaal zorgde voor de afzetting van organoklastische detritus en de vorming van gyttja. Deze afzettingen behoren tot de Flevomeer Laag (NUNIFL). Ook verder in het achterland vond veenvorming plaats: op de hoger gelegen delen van het pleistocene oppervlak ontwikkelde zich als gevolg van de stijgende grondwaterspiegel lokaal hoogveen, behorende tot het Laagpakket van Griendtsveen van de Formatie van Nieuwkoop (NUNIGR).

Toen in het Laat-Holoceen via het Vlie een verbinding ontstond tussen de grote meren en de Waddenzee, werd het milieu geleidelijk aan brakker en kwam het gebied weer onder getijdeninvloed te staan. De brakke lagune die ontstond wordt het Almere genoemd. Hierin werd opnieuw klastisch materiaal aangevoerd. In het laag-energetische milieu werden siltrijke humeuze klei en een afwisseling van zand- en kleilaagjes afgezet. Als gevolg van de toenemende getijdenwerking, neemt de klei-zandgelaagdheid van de laag toe richting de top. De afzettingen behoren tot de Almere Laag (NUNAWAAL). In het poldergebied is de Almere Laag vaak sterk gedefformeerd door ontwatering.

In de loop der tijd werd de verbinding tussen het Almere en de Waddenzee groter, waardoor het Almere veranderde in een zoute binnenzee: de Zuiderzee. In dit hoger-energetisch milieu werd klei en fijn, kalk- of schelphoudend zand afgezet. Deze afzettingen worden gerekend tot de Zuiderzee Laag (NUNAWAZU). Vooral langs de kustlijn, waar lokale zandige afzettingen van pleistocene ouderdom en van de IJsseldelta (zie tekst 'Holoceen – fluviatiele afzettingen') werden herwerkt, zijn de afzettingen zandig. Urk en Schokland veranderden in de Zuiderzeefase in eilanden.

Bij overstromingen werd langs de zuid- en oostkust van de binnenzee een dunne laag klei afgezet. Deze wordt gerekend tot de IJe Laag, maar is in het modelgebied slechts beperkt en zeer dun aanwezig en wordt daarom niet als aparte laag onderscheiden, maar als onderdeel van de Zuiderzee Laag gemodelleerd.

Met de bouw van de Afsluitdijk in 1932 verloor het getijdengebied de verbinding met de zee en veranderde de Zuiderzee in het IJsselmeer. Het milieu verzoette en de influx van getijdsediment stopte. De slappe siltige, humeuze klei die sindsdien in het IJsselmeer en de randmeren is afgezet wordt de IJsselmeer Laag (NUNAWAYS) genoemd. Deze laag is zeer dun en in de sindsdien drooggelegde polders door ploegen verdwenen in de bouwvoor. In de modellering wordt deze eenheid gezamenlijk gemodelleerd met de Zuiderzee Laag¹¹.

¹⁰ Zie 9.

¹¹ De stratigrafiecode van de modelleenheid (NUNAWAZU of NUNAWAZU-YS) wordt nog besproken. Er is nog niet vastgesteld of de samenvoeging van de lagen tot uitdrukking moet komen in de code.

Holocene – fluviatiele afzettingen

In het Vroeg Holocene kende de rivier de Rijn een meanderend regime. De Gelderse IJssel, de Rijntak door het IJsseldal, ontstond pas in de Vroege Middeleeuwen. Het holocene Rijnsediment vormt de Formatie van Echteld (modeleenheden NUEC1 en NUEC2)¹². Deze bestaat uit matig grof tot uiterst grof zand (geulafzettingen; modeleenheden NUECga en NUECgb, waarbij de afzettingen van NUECgb ouder zijn en dieper liggen dan NUECga), fijner zand en zandige klei (crevasse-afzettingen), humeuze klei met discontinue veenlagen (komafzettingen) en zandlobben (delta-afzettingen). Ook de kwelvenen aan de rand van de stuwwal worden in het model gerekend tot de Formatie van Echteld.

Waar de IJssel uitmondde in het Almere en later de Zuiderzee, ontstond in twee fasen een delta. Ten tijde van het Almere bestond er nog een aaneengesloten veenpakket tussen Schokland en Kampen en mondde de IJssel uit in een noordelijk gelegen lagune die al in verbinding stond met het Vlie. Nadat tijdens het uitgroeien van het Almere naar de Zuiderzee het veen door het water weggeslagen was, veranderde het gebied ten noordwesten van Kampen in open water en bouwde de delta in die richting uit.

Afzettingen van de Almere Laag worden in de praktijk zowel onder als boven de delta aangetroffen. In de modellering wordt deze afwisseling van marien en fluviatiel sediment in de IJsseldelta vereenvoudigd, door de afzettingen van de Almere Laag boven de IJsseldelta te rekenen tot NUNAWAZU. Landinwaarts op de delta zijn overstromingsafzettingen van de Zuiderzee Laag moeilijk te onderscheiden van die van de rivier de IJssel. Als landinwaartse begrenzing van de Zuiderzee Laag zijn historische dijken aangehouden.

Holocene - antropogene afzettingen

Op de stuwwal en in het dekzandgebied zijn lokaal esdekken aanwezig (NUAAES). Ter bevordering van de vruchtbaarheid van landbouwgebieden op zandgrond is hier door de mens een gefermenteerd mengsel van heideplaggen, mest, strooisel en zand opgebracht (potstal). Ook is verspreid over het gehele modelgebied door de mens sinds de middeleeuwen grond opgebracht ten behoeve van landaanwinning, bedijking, bebouwing en infrastructuur (NUAOP).

¹² Het deel van de Formatie van Echteld dat boven de modeleenheid NIHO ligt wordt gerekend tot modeleenheid NUEC1. In het modelgebied beslaat NUEC1 alleen de IJsseldelta. Het deel van de formatie dat onder of buiten modeleenheid NIHO ligt wordt gerekend tot modeleenheid NUEC2.

4 Modeleenheden

4.1 Overzicht modeleenheden

Tabel 4.1 geeft een overzicht van de modeleenheden die voorkomen in DGM+-modelgebied Oost-Nederland. Binnen een deel van deze eenheden zijn kleiige lagen aanwezig, die al dan niet als aparte geologische eenheid in de Stratigrafische Nomenclator zijn opgenomen.

Tabel 4.2 geeft een overzicht van de kleiige lagen uit REGIS II v2.2 die in het lithoklassemiddel tot uiting moeten komen en op basis van welke bestaande (model)gegevens dat gedaan zal worden.

Tabel 4.1: Modeleenheden in DGM+-modelgebied Oost-Nederland.

Eenheid	Omschrijving
NUAAOP	Antropogene afzettingen, Opgebrachte grond
NUAAES	Antropogene afzettingen, Esdekken
NUNIGR	Formatie van Nieuwkoop, Laagpakket van Griendtsveen
NUECga*	Formatie van Echteld, geulafzettingen generatie A
NUECgb*	Formatie van Echteld, geulafzettingen generatie B
NUNAWAZU*/**	Formatie van Naaldwijk, Laagpakket van Walcheren, Zuiderzee Laag en IJsselmeer Laag
NUEC1*	Formatie van Echteld (gedeelte boven Hollandveen Laagpakket)
NUNAWAAL	Formatie van Naaldwijk, Laagpakket van Walcheren, Almere Laag
NUNIFL	Formatie van Nieuwkoop, Flevomeer Laag
NUNIHO*	Formatie van Nieuwkoop, Hollandveen Laagpakket
NUNAWO	Formatie van Naaldwijk, Laagpakket van Wormer
NUEC2*	Formatie van Echteld (gedeelte onder Hollandveen Laagpakket)
NUNAWOVE	Formatie van Naaldwijk, Laagpakket van Wormer, Laag van Velsen
NUNIBA*	Formatie van Nieuwkoop, Basisveen Laag
NUBXSI*	Formatie van Boxtel, Laagpakket van Singraven
NUBXDE-KO*	Formatie van Boxtel, Laagpakket van Delwijnen, lokaal bedekt door Lp van Kootwijk
NUBXWI-KO*	Formatie van Boxtel, laagpakketten van Wierden en/of Kootwijk
NUBXSC	Formatie van Boxtel, Laagpakket van Schimmert
NUBX	Formatie van Boxtel
NUKRWY	Formatie van Kreftenheye, Laag van Wijchen
NUKR1*	Formatie van Kreftenheye (gedeelte boven Eem Formatie)
NUWB	Formatie van Woudenberg
NUEE	Eem Formatie
NUKR2*	Formatie van Kreftenheye (gedeelte onder Eem Formatie)
NUDRGI	Formatie van Drente, Laagpakket van Gieten

Eenheid	Omschrijving
NUDR	Formatie van Drente
NUgs	Gestuwde eenheden
NUDN	Formatie van Drachten
NUUR1*	Formatie van Urk (gedeelte boven Formatie van Peelo)
NUPE	Formatie van Peelo
NUUR2*	Formatie van Urk (gedeelte onder Formatie van Peelo)
NUST	Formatie van Sterksel
NUAP*	Formatie van Appelscha
NUPZ-WA*	Formaties van Peize en Waalre
NUMS	Formatie van Maassluis
NUOO	Formatie van Oosterhout
NUBR-VI*	Formaties van Breda en Ville
NMVE	Formatie van Veldhoven
NMRU	Formatie van Rupel
NLDO	Formatie van Dongen

* Deze modeleenheid wijkt af van de definitie van de eenheid (of eenheden) in de Stratigrafische Nomenclator. Voor meer informatie, zie paragraaf 4.3.

** De stratigrafiecode van de modeleenheid (NUNAWAZU of NUNAWAZU-YS) wordt nog besproken. Er is nog niet vastgesteld of de samenvoeging van de lagen tot uitdrukking moet komen in de code.

Tabel 4.2: Kleiige eenheden die zijn gebruikt om de lithoklassemodellering van DGM+-Oost-Nederland te sturen, inclusief herkomst.

Eenheid	Omschrijving	Herkomst
KRZUK1*	Formatie van Kreftenheye, Laagpakket van Zutphen, eerste kleiige eenheid	REGIS II v2.2.2
EEK1	Eem Formatie, eerste kleiige eenheid	DGM+
EEK2	Eem Formatie, tweede kleiige eenheid	DGM+
KRTWK1*	Formatie van Kreftenheye, Laagpakket van Twello, eerste kleiige eenheid	REGIS II v2.2.2
PEK1	Formatie van Peelo, eerste kleiige eenheid	REGIS II v2.2.2
PEK2	Formatie van Peelo, tweede kleiige eenheid	REGIS II v2.2.2
WAK1	Formatie van Waalre, eerste kleiige eenheid	DGM+
WAK2	Formatie van Waalre, tweede kleiige eenheid	DGM+
MSK1	Formatie van Maassluis, eerste kleiige eenheid	DGM+
OOK1	Formatie van Oosterhout, eerste kleiige eenheid	DGM+

* De kleiige delen van de laagpakketten van Zutphen en Twello van de Formatie van Kreftenheye vormen in het IJsseldal belangrijke slecht-doorlatende niveaus. We bepalen tijdens het modelleren of extra sturing door de kleilagen uit REGIS II nodig is om deze eenheden goed tot uiting te laten komen in het lithoklassemodel.

4.2 Verbreiding en interpretatie eenheden

In dit hoofdstuk staat voor elk van de te modelleren eenheden of (1) de verbreiding potentieel of actueel wordt gekarteerd, (2) de boringen handmatig of automatisch stratigrafisch worden geïnterpreteerd (gelabeld), en (3) afwezigheidsinformatie wordt meegenomen of genegeerd bij de lagenmodellering (Tabel 4.3).

Tabel 4.3: Modelleerwijze van de modeleenheden in DGM+-modelgebied Oost-Nederland.

Eenheid	Verbreiding	Labelen	Afwezigheidsinformatie
NUAAOP	Actueel	Automatisch	Meenemen
NUAAES	Actueel	Automatisch	Meenemen
NUNIGR	Actueel	Automatisch	Meenemen
NUECga	Actueel	Automatisch	Negeren
NUECgb	Actueel	Automatisch	Negeren
NUNAWAZU	Actueel	Automatisch	Negeren
NUEC1	Actueel	Automatisch	Meenemen
NUNAWAAL	Actueel	Automatisch	Negeren
NUNIFL	Actueel	Automatisch	Negeren
NUNIHO	Actueel & potentieel	Automatisch	Meenemen
NUNAWO	Potentieel	Automatisch	Negeren
NUEC2	Potentieel	Automatisch	Meenemen
NUNAWOVE	Potentieel	Automatisch	Meenemen
NUNIBA	Actueel	Automatisch	Meenemen
NUBXSI	Actueel	Automatisch	Meenemen
NUBXDE-KO	Actueel	Automatisch	Meenemen
NUBXWI-KO	Potentieel	Automatisch	Meenemen
NUBXSC	Actueel	Automatisch	Meenemen
NUBX	Potentieel	Handmatig & automatisch	Meenemen
NUKRWY	Potentieel	Automatisch	Meenemen
NUKR1	Potentieel	Handmatig	Meenemen
NUWB	Potentieel	Handmatig	Meenemen
NUEE	Potentieel	Handmatig	Meenemen
NUKR2	Potentieel	Handmatig	Meenemen
NUDRGI	Potentieel	Automatisch	Meenemen
NUDR	Potentieel	Handmatig	Meenemen
NUgs	Potentieel	Handmatig	Meenemen
NUDN	Potentieel	Handmatig	Meenemen
NUUR1	Potentieel	Handmatig	Meenemen
NUPE	Potentieel	Handmatig	Meenemen
NUUR2	Potentieel	Handmatig	Meenemen

Eenheid	Verbreiding	Labelen	Afwezigheidsinformatie
NUST	Potentieel	Handmatig	Meenemen
NUAP	Potentieel	Handmatig	Meenemen
NUPZ-WA	Potentieel	Handmatig	Meenemen
NUMS	Potentieel	Handmatig	Meenemen
NUOO	Potentieel	Handmatig	Meenemen
NUBR-VI	Potentieel	Handmatig	Meenemen
NMVE	Potentieel	Handmatig	Meenemen
NMRU	Potentieel	Handmatig	Meenemen
NLDO	Potentieel	Handmatig	Meenemen

Verbreiding: potentieel of actueel

Voor de start van de modellering wordt voor elke eenheid gekarteerd in welk gebied deze voorkomt. Dit gebied wordt de verbreiding van de eenheid genoemd. Er zijn verschillende manieren om de verbreiding te karteren, namelijk actueel en potentieel. Bij een actuele verbreiding worden de grenzen waarbinnen een modeleenheid voorkomt zo nauwkeurig mogelijk vastgesteld. De verwachting is dat de eenheid vrijwel overal binnen de verbreiding aanwezig is. Lokaal kan de eenheid wel afwezig zijn. Eenheden die dicht aan het oppervlak liggen worden meestal actueel gekarteerd: hier zijn veel boorgegevens beschikbaar en kan gebruik worden gemaakt van aanvullend kaartmateriaal. Bij een potentiële verbreiding wordt vastgesteld binnen welke grenzen een modeleenheid kan voorkomen. Er kunnen dus (grotere) gebieden binnen de verbreiding zijn waar een eenheid niet aanwezig is. Deze wijze van karteren wordt meestal toegepast bij dieper gelegen eenheden. In de praktijk zijn verbreidingsgrenzen soms ook deels actueel (waar de eenheid nabij maaiveld ligt) en deels potentieel (waar de eenheid dieper voorkomt), zoals bij modeleenheid NUNIHO.

Afwezigheidsinformatie: meenemen of negeren

Tijdens de lagenmodellering kan afwezigheidsinformatie worden meegenomen of worden genegeerd. Het meenemen van afwezigheidsinformatie houdt in dat er tijdens de modellering van een eenheid rekening gehouden wordt met de boringen waarin deze eenheid niet is aangetroffen, terwijl een stratigrafisch dieper gelegen eenheid wél is aangetroffen (zgn. afwezigheidsboringen). De laag zal ter plaatse van die afwezigheidsboringen afwezig (of slechts dun) zijn. Het doel hiervan is om de continuïteit van de gemodelleerde lagen niet te overschatten en die zo goed mogelijk aan te laten sluiten bij de boorinformatie. Het kan ook zijn dat de afwezigheidsinformatie juist wordt genegeerd, omdat het niet kunnen onderscheiden van een eenheid niet per se hoeft te betekenen dat deze eenheid daar niet voorkomt. Hierbij speelt met name boorkwaliteit een belangrijke rol. Bij modeleenheid NUBX wordt afwezigheidsinformatie wel meegenomen waar de eenheid dicht aan maaiveld voorkomt, zoals op het Drents Plateau, maar niet waar de eenheid bedekt wordt door jongere eenheden.

Stratigrafische interpretatie: handmatig of automatisch

In het algemeen geldt dat diepere eenheden op basis van handmatig gelabelde diepere boringen worden gekarteerd. Het aantal boringen dat een grotere diepte bereikt is beperkt en de kwaliteit van de boorbeschrijving hiervan is sterk wisselend. In detail beschreven boringen van goede kwaliteit worden daarom zorgvuldig handmatig geïnterpreteerd door experts. In het ondiepe bereik (in het algemeen betreft dat de eenheden van holocene of laat glaciële ouderdom) zijn veel meer boringen beschikbaar en is vaak sprake van sterk

contrasterende lithologie tussen verschillende stratigrafische eenheden. Om van de gehele dataset gebruik te kunnen maken, worden de grenzen tussen eenheden op basis van deze contrasten automatisch in de boringen opgespoord. Dit zorgt ervoor dat ook boringen zonder handmatige stratigrafische interpretatie gebruikt kunnen worden in het model en dat de interpretaties consistent zijn met die van de holocene eenheden elders in Nederland.

4.2.1 Bodemdalingscorrectie

In de jaren '40 tot en met '60 van de vorige eeuw werden in het IJsselmeergebied de Noordoostpolder, Oostelijk Flevoland en Zuidelijk Flevoland drooggelegd. Sindsdien vindt in deze polders bodemdaling plaats. Ontwatering van klei en veen van het holocene pakket leidt tot respectievelijk klink en compactie. (Oxidatie van veen, zoals in West-Nederland, vindt hier minder plaats, omdat het veen doorgaans is afgedekt door een pakket sediment.) De daling van het oorspronkelijke landoppervlak is het sterkst in bebouwd gebied, waar de ondergrond extra belast wordt door ophoogzand.

Als gevolg van bodemdaling sinds het zetten en beschrijven van historische boringen, is de informatie over de diepteligging van holocene eenheden in die boringen niet altijd meer representatief voor de huidige opbouw van de ondergrond. Binnen de genoemde polders wordt daarom bodemdalingscorrectie toegepast. De methode die hiervoor gebruikt zal worden, is al eerder toegepast in modelgebied GeoTOP Almere en is beschreven in het 'Totstandkomingsrapport GeoTOP – aanvullingen bij versie v1.6'.

4.3 Verschillen met de Stratigrafische Nomenclator

In Tabel 4.4 staan de modeleenheden vermeld die niet (exact) overeenkomen met een lithostratigrafische eenheid in de Stratigrafische Nomenclator. Voor elke modeleenheid wordt vermeld hoe die correleert met een eenheid (of eenheden) in de nomenclator en wat de afwijkingen zijn ten opzichte van de officiële definitie.

Tabel 4.4: Afwijkingen tussen de lithostratigrafische eenheden in de Stratigrafische Nomenclator en de modeleenheden in DGM+ Oost-Nederland.

Modeleenheid	Stratigrafische Nomenclator	Benadering DGM+
NUECga, NUECgb	Deze modeleenheden zijn onderdeel van de Formatie van Echteld (NUEC).	De Formatie van Echteld is opgesplitst in meerdere modeleenheden. De (zandige) geulafzettingen worden apart genomen van de overige afzettingen om extra sturing te geven aan de lithoklassemmodellering. Hierbij is een indeling gemaakt in vijf geulgeneraties (van jong naar oud: A t/m E) waarvan de afzettingen op een verschillende diepte voorkomen. In het modelgebied komen geulafzettingen van generaties A en B voor.

Modelleenheid	Stratigrafische Nomenclator	Benadering DGM+
NUNAWAZU	De Zuiderzee Laag en de IJsselmeer Laag zijn afzonderlijke lagen binnen het Laagpakket van Walcheren van de Formatie van Naaldwijk.	De IJsselmeer Laag is maximaal slechts enkele tientallen centimeters dik en vormt in de IJsselmeerpolders onderdeel van de bouwvoor. Deze Laag is daarom samengevoegd met de Zuiderzee Laag tot modelleenheid NUNAWAZU.
NUEC1	Deze modelleenheid is onderdeel van de Formatie van Echteld (NUEC).	De Formatie van Echteld is opgesplitst in meerdere modelleenheden. De afzettingen die boven modelleenheid NUNIH0 liggen en niet behoren tot de geulafzettingen, worden gerekend tot modelleenheid NUEC1.
NUNIH0	Het Hollandveen Laagpakket van de Formatie van Nieuwkoop bestaat uit veen dat is gevormd op getijdeafzettingen van het Laagpakket van Wormer van de Formatie van Naaldwijk of op rivierklei van de Formatie van Echteld.	Daar waar veen op het pleistocene oppervlak buiten de kartering van modelleenheid NUNAWO valt, wordt dit ook gerekend tot modelleenheid NUNIH0.
NUEC2	Deze modelleenheid is onderdeel van de Formatie van Echteld (NUEC).	De Formatie van Echteld is opgesplitst in meerdere modelleenheden. De afzettingen die onder modelleenheid NUNIH0 óf buiten de verbreiding van modelleenheid NUNIH0 liggen en niet behoren tot de geulafzettingen, worden gerekend tot modelleenheid NUEC2.
NUNIBA	De Basisveen Laag bestaat uit veen dat is gevormd op het pleistocene oppervlak.	Daar waar veen op het pleistocene oppervlak buiten de kartering van modelleenheid NUNAWO valt, wordt het gerekend tot modelleenheid NUNIH0.
NUBXSI	Het Laagpakket van Singraven van de Formatie van Bortel omvat alle beekdalafzettingen uit het Laat-Pleistoceen en Holoceen.	Modelleenheid BXS1 omvat enkel de veelal fijnkorrelige beekdalafzettingen uit het Laat-Pleistoceen en Holoceen. De dikwijls begraven en grovere oudere beekdalafzettingen vallen onder modelleenheid NUBX.
NUBXDE-KO, NUBXWI-KO	De laagpakketten van Wierden, Delwijnen en Kootwijk van de Formatie van Bortel zijn in de Stratigrafische Nomenclator afzonderlijk beschreven.	Het Laagpakket van Kootwijk (NUBXKO) ligt meestal op het Laagpakket van Wierden (NUBXWI) of het Laagpakket van Delwijnen (NUBXDE). Het onderscheid met afzettingen van de onderliggende eenheid is in boorbeschrijvingen echter lastig. In de modellering wordt NUBXKO daarom gecombineerd met de eenheid eronder tot NUBXWI-KO of NUBXDE-KO. Waar afzettingen van het Laagpakket van Kootwijk voorkomen buiten de verbreiding van NUBXDE en NUBXWI worden deze afzettingen gerekend tot modelleenheid NUBXWI-KO.

Modeleenheid	Stratigrafische Nomenclator	Benadering DGM+
NUKR1	Deze modelleenheid is onderdeel van de Formatie van Kreftenheye (NUKR).	De Formatie van Kreftenheye is opgesplitst in twee modelleenheden. De afzettingen die boven modelleenheid NUÉE of buiten de verbreiding van modelleenheid NUÉE liggen, worden gerekend tot modelleenheid NUKR1.
NUKR2	Deze modelleenheid is onderdeel van de Formatie van Kreftenheye (NUKR).	De Formatie van Kreftenheye is opgesplitst in twee modelleenheden. De afzettingen die onder modelleenheid NUÉE liggen, worden gerekend tot modelleenheid NUKR2.
NUgs	In de Stratigrafische Nomenclator wordt deze modelleenheid niet onderscheiden. In de DINO-database wordt van gestuwde afzettingen de oorspronkelijk eenheid gegeven als stratigrafische interpretatie, voorzien van de toevoeging 'mogelijk gestuwd' of 'waarschijnlijk gestuwd'.	Gestuwde afzettingen uit verschillende formaties worden gezamenlijk gemodelleerd als modelleenheid NUgs.
NUUR1	Deze modelleenheid is onderdeel van de Formatie van Urk (NUUR). Dit bovenste pakket is equivalent aan het Laagpakket van Tynje (NUURTY).	De Formatie van Urk is opgesplitst in twee modelleenheden: het deel dat stratigrafisch boven de Formatie van Peelo ligt, valt onder modelleenheid NUUR1.
NUUR2	Deze modelleenheid is onderdeel van de Formatie van Urk (NUUR).	De Formatie van Urk is opgesplitst in twee modelleenheden: het deel dat stratigrafisch onder de Formatie van Peelo ligt, valt onder modelleenheid NUUR2.
NUAP	De Formatie van Appelscha bestaat uit fijn tot uiterst grof zand dat is afgezet door oostelijke rivieren.	Lokale uitzondering: onder de stuwwal van Oldenzaal-Enschede ligt een pakket grof zand dat bekend is onder de naam 'Zanden van Lonneker'. Het bestaat deels uit sediment van de Formatie van Appelscha en deels uit sediment van het Laagpakket van Schaarsbergen van de Formatie van Drente (modelleenheid NUDR). De laagvolgorde van het model laat echter niet toe dat modelleenheid NUDR onder modelleenheid NUgs wordt gemodelleerd. Het gehele pakket grof zand wordt daarom gerekend tot modelleenheid NUAP.
NUPZ-WA	De Formatie van Peize en de Formatie van Waalre zijn in de Stratigrafische Nomenclator afzonderlijk beschreven.	De formaties van Peize en Waalre intercaleren in een groot deel van Nederland. Dit is lastig te modelleren. In de landelijke modellering worden de formaties daarom samengevoegd tot NUPZ-WA. Beide formaties komen in het modelgebied voor.
NUBR-VI	De Formatie van Breda en de Formatie van Ville zijn in de Stratigrafische Nomenclator afzonderlijk beschreven.	De Formatie van Ville komt alleen voor in Limburg en intercaleert daar met de Formatie van Breda. Dit is lastig te modelleren. In de landelijke modellering worden de twee formaties daarom samengevoegd tot NUBR-VI.

5 Literatuur

Bakker, M.A.J., Busschers, F., van den Berg, M.W., Zaadnoordijk, W.J. 2022. TNO 2022 R10828 De geologie en hydrogeologie van Twente.

Van den Berg, M.W., den Otter, C. 1993. Toelichtingen bij de Geologische Kaart van Nederland 1 : 50.000. Blad Almelo Oost / Denekamp (29O/29).

Cohen, K.M., Stouthamer, E., Hoek, W.Z., Berendsen, H.J.A., Kempen, H.F.J. 2009. Zand in Banen – Zanddieptekaarten van het Rivierengebied en het IJsseldal in de provincies Gelderland en Overijssel. Arnhem: Provincie Gelderland.

Kars, R.H., de Bruijn, R., Buma, J.T., Busschers, F., Hummelman, H.J., Schokker, J., Stafleu, J. TNO 2021 R10884. Een ondergrondmodel voor de gemeente Enschede.

Koster, K., Busschers, F., de Bruijn, R. 2022. TNO 2023 R12081 Conceptueel model DGM+/GeoTOP Noord-Holland en Zuidelijk Flevoland.

De Mulder, F.J., Geluk, M.C., Ritsema, I.L., Westerhof, W.E., Wong, T.E. 2003. De ondergrond van Nederland.

Stafleu, J., Reindersma, R., de Bruijn, R., Kars, R.H., Schokker, S., Menkovic, A., van de Ven, T.J.M., Heerema, C., Koster, K. 2023. TNO 2023 R11636 Totstandkomingsrapport GeoTOP – aanvullingen bij versie v1.6.

TNO-GDN (2024). Stratigrafische Nomenclator van Nederland, TNO – Geologische Dienst Nederland. Geraadpleegd op 20-03-2024 op <https://www.dinoloket.nl/stratigrafische-nomenclator>.

Ondertekening

TNO › Energy & Materials Transition › Utrecht, 19 december 2024

Naam en paraaf tweede lezer

Dr. F.S. Busschers

Ondertekening Autorisatie vrijgave

Drs. D. Maljers
Research Manager

Dr. J. Schokker
Auteur