

De nieuwe lithostratigrafische indeling van afzettingen in de ondergrond van Nederland

Velen van u zullen het in de praktijk al hebben gemerkt: sinds enige tijd zijn allerlei vertrouwde geologische namen zoals de Formatie van Kedichem en de Westland Formatie verdwenen. Ook verschijnen er geen nieuwe geologische kaarten in de serie 1:50.000 meer. Dat heeft allemaal te maken met het opgaan van de Rijks Geologische Dienst in TNO-NITG (later TNO Bouw en Ondergrond, nu deels gedetacheerd bij Deltares) in 1997. De nadruk in het geologisch onderzoek kwam vanaf dat moment veel sterker te liggen op toepassing van de geologische kennis. De oude -en vertrouwde- indeling van de afzettingen uit het Kwartair en Neogeen (met name het Tertiair) zoals in 1975 gepubliceerd door Doppert et al. was gebaseerd op verschillende criteria. Niet alleen de eigenschappen van het sediment (de lithologie) waren bepalend. Ook biologische kenmerken (o.a. polleninhoud) en, veelal veronderstelde, ouderdom speelden een belangrijke rol in de classificatie. Dit was niet alleen theoretisch onjuist, maar het maakte

ook dat de indeling niet optimaal was voor toepassing binnen b.v. de geohydrologie of de geotechniek, waar het immers gaat om de fysische en/of chemische eigenschappen van het sediment. Om die reden is een nieuwe lithostratigrafische indeling gemaakt. We geven hier een samenvatting van die indeling.

Een nieuwe lithostratigrafie

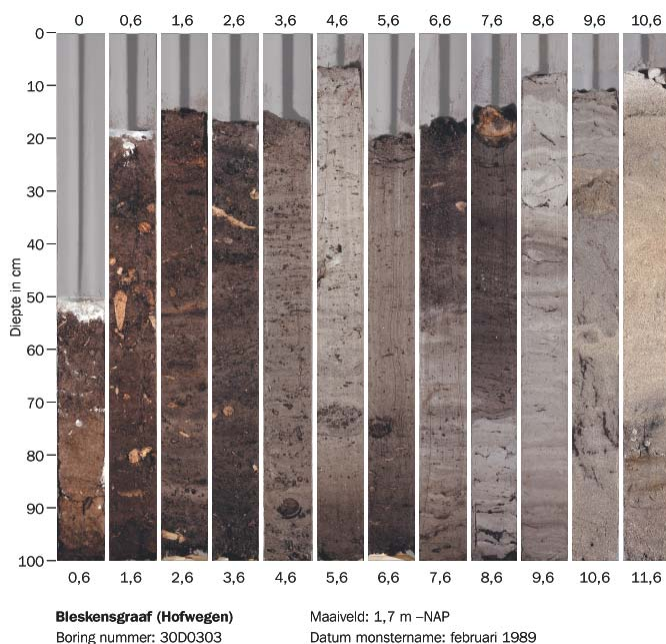
Lithostratigrafie beschrijft de lithologische eigenschappen van sedimenten en gesteenten, gekoppeld aan hun stratigrafische positie (waar zit ik in de stratigrafische kolom?). Een lithostratigrafische classificatie geeft inzicht in de eigenschappen van sedimentpakketten en hun verspreiding in de ondergrond. Ook kunnen met behulp van de lithostratigrafie lokaal gemeten gesteente-eigenschappen ruimtelijk worden gecorreleerd. Hierdoor kan het gedrag van de ondergrond tussen de plaatsen van de waarnemingen, meestal boringen of sonderingen, worden voorspeld. Een goede lithostratigrafie

Samenvatting

Een lithostratigrafische classificatie geeft inzicht in de eigenschappen van sedimentpakketten en hun verspreiding in de ondergrond. De tot voor kort gebruikte lithostratigrafische indeling uit 1975 voldeed niet aan de eis om eenduidig op lithologie en laageigenschappen gedefinieerde gesteentepakketten in een digitaal gegevensbestand als DINO te kunnen onderbrengen. Er is daarom een nieuwe indeling ontwikkeld. Het belangrijkste verschil met de oude indeling is dat de direct ('macroscopisch') waarneembare lithologische kenmerken nu het onderscheid tussen lithostratigrafische eenheden bepalen. Omdat de samenstelling van de afzettingen en de ruimtelijke samenhang nu voorop staan, is beter dan voorheen uit de geologische kaart een eerste voorstelling te maken van de te verwachten eigenschappen.

maakt het mogelijk om op regionale schaal betrouwbare ondergrondmodellen te maken. Een solide en eenduidige lithostratigrafie kan de grondslag vormen van geowetenschappelijke gegevens en informatie in geautomatiseerde databanken. Het bij TNO Bouw en Ondergrond beheerde DINO is zo'n digitaal gegevensbestand. Het bestand bevat momenteel onder andere circa 380.000 boorbeschrijvingen. De bestaande lithostratigrafische indeling van Doppert et al. (1975) voldeed niet aan de eis om eenduidig op lithologie en laageigenschappen gedefinieerde gesteentepakketten in DINO te kunnen onderbrengen. Bovendien zijn er de afgelopen decennia veel nieuwe, veelal continu gestoken boringen verricht. Hierdoor is het inzicht in de geologische ontwikkeling van Nederland sterk verbeterd. Om deze redenen riep de directie van TNO-NITG in 1997 een Werkgroep Lithostratigrafie in het leven. In het boek 'De ondergrond van Nederland' (De Mulder et al., 2003) is de indeling die de werkgroep ontwikkelde uitgebreid beschreven.

Het grootste verschil met eerdere indelingen is dat de direct ('macroscopisch') waarneembare lithologische kenmerken nu het onderscheid tussen lithostratigrafische eenheden bepalen. De stratigrafische positie van de sedimentpakketten heeft eveneens een onderscheidende rol gekregen. Deze positie bepaalt de onderlinge ruimtelijke relatie tussen de eenheden en hun begrenzing. Aan elke lithostratigrafische eenheid is de eis gesteld dat de eenheid karterbaar is. Dit betekent dat de eenheid op regionale schaal een zekere aaneengesloten verbreiding heeft, die ook afgrensbaar is. De ouderdom,



Figuur 1 Voorbeeld van een continu gestoken boring in West-Nederland (Westerhoff et al., 2003)

voorheen vaak indirect afgeleid uit biostratigrafische gegevens, speelt bij de nieuwe indeling geen rol meer.

Hiërarchische structuur

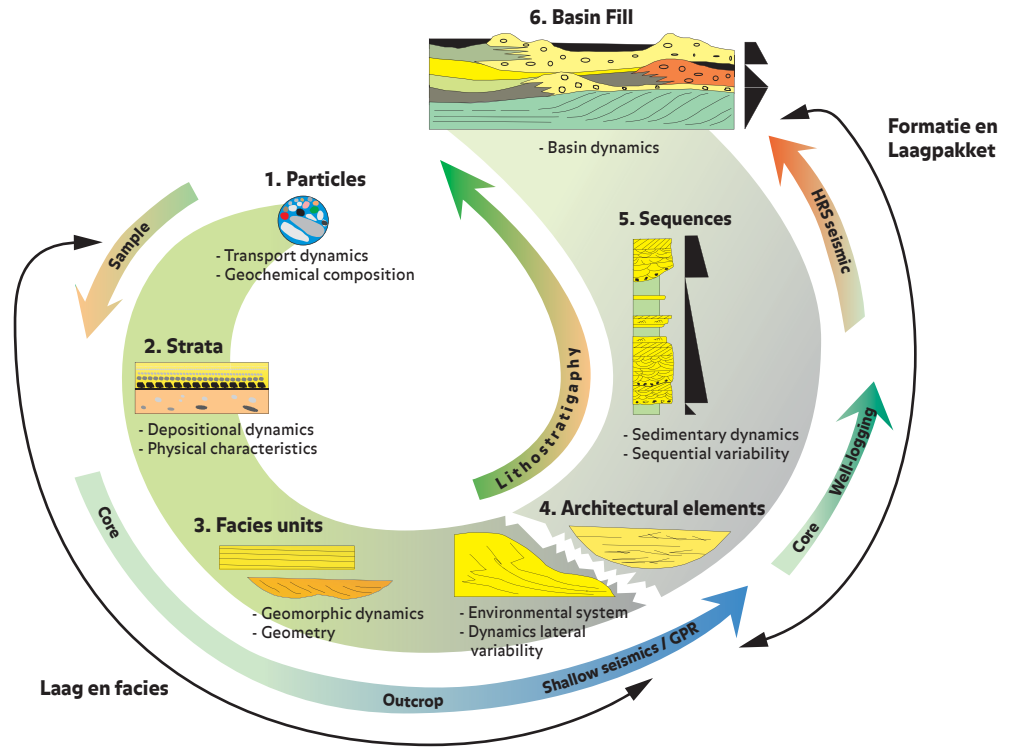
De nieuwe indeling kent een hiërarchische structuur, met de 'Formatie' als centrale eenheid. Dit betekent dat afzettingen in een boring of boorbeschrijving altijd op het niveau van de Formatie worden geïdentificeerd. Boven de Formatie staat de 'Groep'. In het geval van de afzettingen uit het Kwartair is dat altijd de 'Boven-Noordzee Groep', die door Van Adrichem-Boogaert en Kouwe (eds., 1993-1997) is gedefinieerd. In uw dagelijkse praktijk is dit niet van belang, maar het draagt er zorg voor dat de nieuwe indeling is ingebed in de totale stratigrafische indeling van Nederland, die van de afzettingen uit het Holoceen tot in het Devoon reikt.

Een Formatie kan worden onderverdeeld in 'Laagpakketten' en 'Lagen', maar dat is niet verplicht. Laagpakketten worden onderscheiden voor delen van een Formatie met eenduidige lithologische eigenschappen en een duidelijke stratigrafische positie. Lagen worden alleen onderscheiden als ze een belangrijke (boven)regionale marker-functie vervullen. Een gedetailleerde onderverdeling van formaties in laagpakketten en lagen is niet nodig en ook onwenselijk. Het zou leiden tot een wildgroei aan eenheden. Uit de sedimentologie is het begrip (litho)faciës bekend. Hiermee wordt een sedimentpakket bedoeld dat door zijn specifieke vormingsomstandigheden (b.v. in een riviergeul of onder een ijskap) specifieke kenmerken bezit. In de nieuwe lithostratigrafische indeling worden formaties en laagpakketten verondersteld te bestaan uit een assemblage van faciëseenheden (figuur 2).

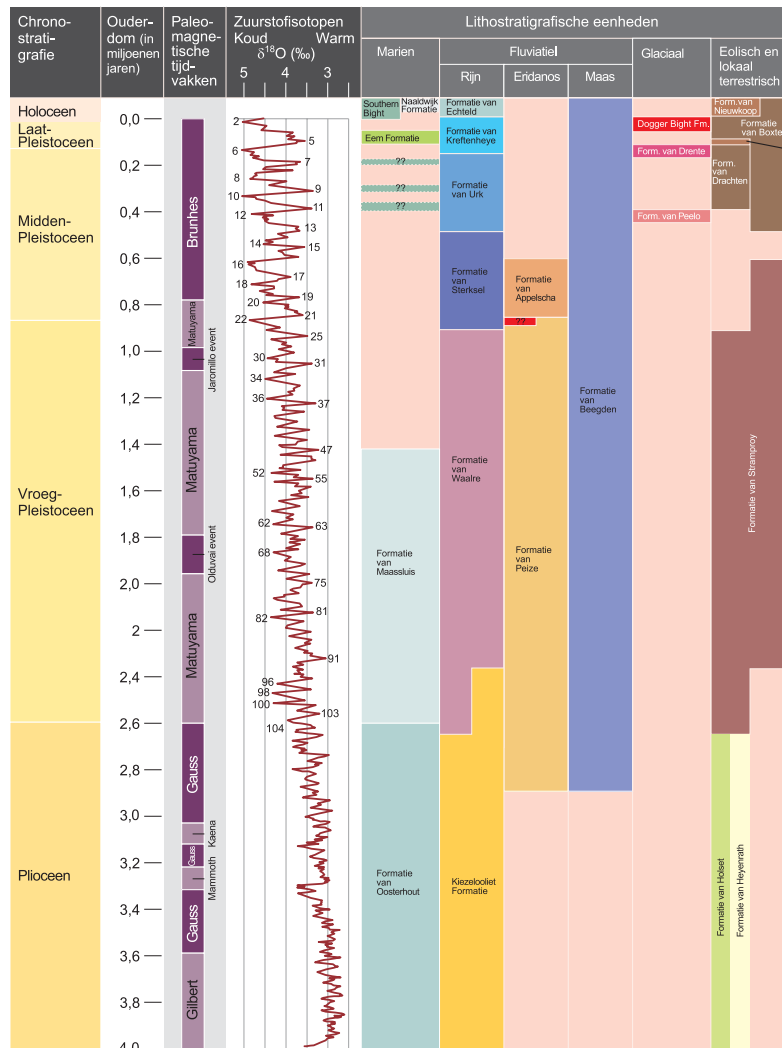
Lithostratigrafie en genese van de afzettingen

Op grond van hun ontstaanswijze onderscheiden we in de nieuwe indeling vier categorieën afzettingen:

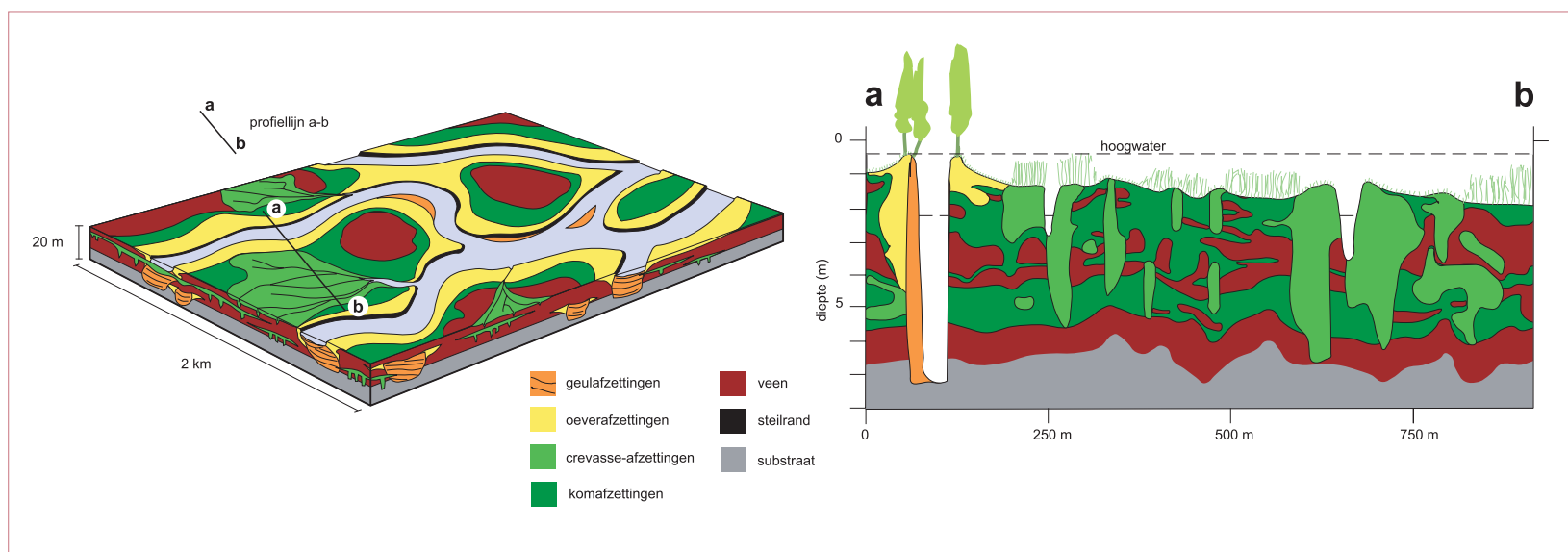
- Mariene afzettingen; in een ondiepe Noordzee gevormd bij een overwegend dalende bodem, inclusief strand-, duin- en kustvlakte-afzettingen.
- Fluviaïele afzettingen; aangevoerd door de grootschalige riviersystemen van de Rijn, de Maas, de Midden-Belgische rivieren, inclusief de Schelde, en de Eridanos (oostelijk riviersysteem dat niet meer bestaat).
- Glaciale afzettingen; ontstaan in samenhang met bedekking door landijs.



Figuur 2 Faciëseenheden en lithostratigrafische eenheden.



Figuur 3 Overzicht van lithostratigrafisch onderscheiden eenheden van de Boven-Noordzee Groep (Westerhoff et al., 2003)



Figuur 4 Faciës-eenheden in een laag-energetisch riviersysteem (naar: Weerts, 1996).

■ Lokaal-terrestrische afzettingen; door de wind aangevoerd (eolisch) sediment, veen en bruinkool, en afzettingen van kleine rivier-systemen en beken.

Figuur 3 geeft de nieuwe indeling weer. Behalve de nieuw gedefinieerde lithostratigrafische eenheden laat figuur 3 volledigheidshalve ook de op grond van seismische data gedefinieerde seismostratigrafische eenheden op het Nederlands Continentaal Plat zien.

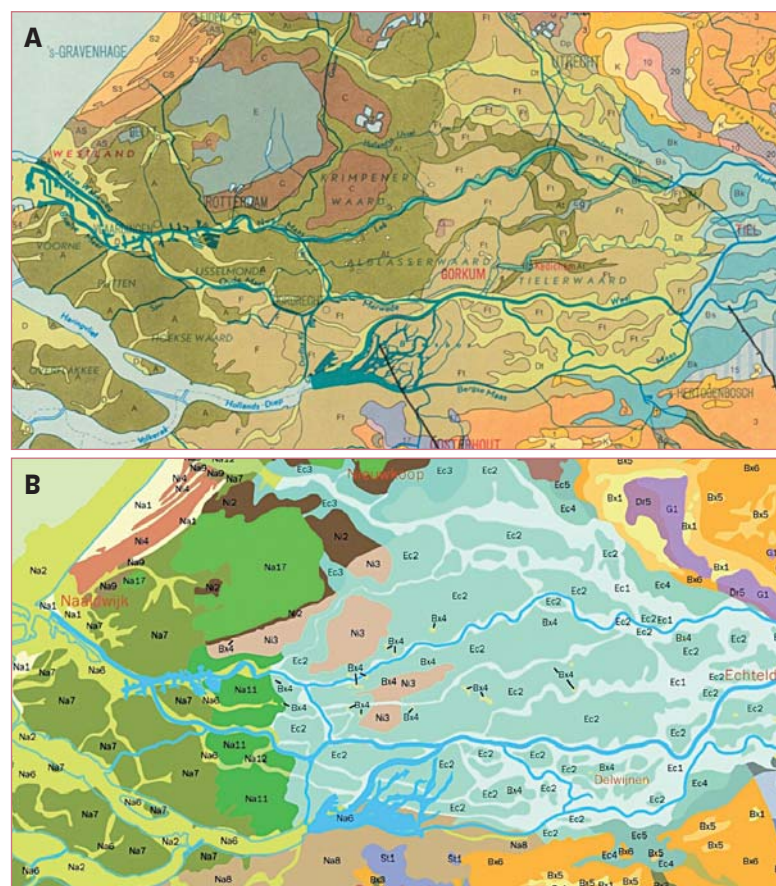
Elke formatie bestaat, zoals gezegd, uit een assemblage van faciëseenheden. Een fluviaatiele eenheid is opgebouwd uit fluviaatiele faciëseenheden, zoals zandige geulafzettingen en massieve komklei. Een mariene eenheid kan bijvoorbeeld bestaan uit strandzand, opgevulde wadgeulen en wadplaten. Omdat soortgelijke sedimentatiemilieus en de bijbehorende faciëseenheden in de loop van de geologische geschiedenis keer op keer voorkomen, is het middels dit systeem mogelijk om met een zeer beperkte groep faciëseenheden de Kwartaire en Neogene afzettingen te karakteriseren. Figuur 4 geeft een typische faciësassemblage weer voor de rivierafzettingen van de Formatie van Echteld in West-Nederland, afgewisseld met veen van de Formatie van Nieuwkoop.

Gewijzigd kaartbeeld

De invoering van de nieuwe lithostratigrafie maakte herziening van de geologische overzichtskaart van Nederland nodig. Deze is te downloaden via www.dinoloeket.nl, onder toebehoren en producten, kaarten, geologische overzichtskaart van Nederland. Een vereenvoudigde versie van de kaart is opgenomen in de

recent verschenen Bosatlas van Nederland (pagina 179). Figuur 5b laat een deel van de nieuwe kaart zien, met Holocene afzettingen van de Rijn, van de zee en veen. Het kaartbeeld wijkt sterk af van dat van de oude kaart. In de oude kaart werden twee categorieën rivierafzettingen onderscheiden: 'zuivere' rivierafzettingen (oostelijk deel van

figuur 5b), en rivierafzettingen die zijn gevormd onder invloed van de veronderstelde trans- en regressies van de zee ('perimariene afzettingen'). Vanaf begin jaren tachtig werd duidelijk dat de invloed van de zee op de vorming van rivierafzettingen eigenlijk helemaal niet zo groot was. Ook werd duidelijk dat trans- en regressies op supra-



Figuur 5 Fragment van de geologische overzichtskaart van Nederland. A Conform oude stratigrafische indeling. B Conform nieuwe lithostratigrafische indeling.

regionale schaal niet synchroon zijn (zie Weerts et al., 2005, voor een uitgebreide argumentatie hiervan). In de nieuwe indeling worden alle rivierafzettingen van de Rijn in het Holoceen daarom in één formatie samen genomen: de Formatie van Echteld.

Geotechnische implicaties

De geomechanische eigenschappen van de afzettingen worden in eerste instantie bepaald door het afzettingsmilieu. Dit bepaalt niet alleen hun samenstelling en korrelverdeling, maar ook de initiële structuur en ruimtelijke verbreding (geulen, lenzen etc.). De geschiedenis die het sediment doormaakt na de afzetting zorgt voor een verdere verandering van eigenschappen. Belasting, chemische veranderingen en andere processen die voor het gemak geschaard worden onder de term veroudering (eng. ‘ageing’) zorgen voor een verdere ontwikkeling van de eigenschappen. Omdat de samenstelling van de afzettingen en de ruimtelijke samenhang nu voorop staan is uit de eerste aanblik van de nieuwe geologische kaart, gecombineerd met enige geotechnische ervaring meteen een eerste voorstelling te maken van de te verwachten eigenschappen van de verschillende aan te treffen grondsoorten: mariene zanden en kleien vs. rivierzanden en -kleien. De indeling van de formaties in faciëseenheden is een belangrijke verdere verfijning van de eigenschappen. De bekende slappe komkleien vormen bijvoorbeeld zo’n faciëseenheid binnen de Formatie van Echteld.

Door ervaring en gebruik makend van proeven-verzamelingen kunnen eigenschappen als samen-drukbaarheid redelijk goed ingeschat worden. Voor de geotechnicus, die deze kleien voorheen kende als een deel van de Afzettingen van Gorkum in de Westland Formatie is de verandering ogenschijnlijk beperkt tot een naamsverandering. Zoals hiervoor al is beschreven zal de grootste invloed merkbaar zijn door het verlaten van de oude indelingen in Afzettingen van Calais en van Duinkerken. Hier is de samenhang tussen geomechanisch gedrag en de uiteindelijk op supra-regionale schaal kunstmatig gebleken chronologische indeling verloren gegaan. Een ander voorbeeld van de nieuwe indeling wordt hier geïllustreerd aan de hand van een deel van het ingenieursgeologisch profiel van de 2e Heinenoordtunnel (figuur 6, volgende pagina). In het linker deel is het oorspronkelijke profiel te zien, tussen NAP-20 en NAP -35 m. Rechts is de indeling vertaald naar de nieuwe lithostratigrafische eenheden. In de tabel is de relatie tussen de oude en

Nomenclatuur volgens Doppert et al. (1975) in Zagwijn & Van Staalduinen (red., 1975)	Nieuwe Nomenclatuur
Formatie van Kedichem	Delen van de Formaties van Stramproy, Waalre en Beegden
<i>Mineralogisch arme deel van de Formatie van Kedichem (Fluviatiele afzettingen van rivieren uit Midden-België, inclusief afzettingen van lokale, kleine rivieren)</i>	<i>Formatie van Stramproy</i>
<i>Mineralogisch rijke deel van de Formatie van Kedichem (Rijn-afzettingen)</i>	<i>Formatie van Waalre</i>
<i>Rivierterrassen in Zuid-Limburg</i>	<i>Formatie van Beegden, Laagpakket van Valkenburg</i>
<i>Formatie van Tegelen</i>	<i>Delen van de Formaties van Waalre, Stramproy, Beegden en Peize</i>
<i>Mineralogisch rijke deel van de Formatie van Tegelen (Rijn-afzettingen)</i>	<i>Formatie van Waalre</i>
<i>‘Tegelen klei’ in het type-gebied in Noord-Limburg</i>	<i>Formatie van Waalre, Laagpakket van Tegelen</i>
<i>‘Tegelen klei’ aan de basis van de Formatie van Harderwijk</i>	<i>Formatie van Peize, Laagpakket van Balk</i>
<i>Rivierterrassen in Zuid-Limburg</i>	<i>Formatie van Beegden, Laagpakketten van Simpelveld en Noorbeek</i>

Tabel 1a Oud – Nieuw

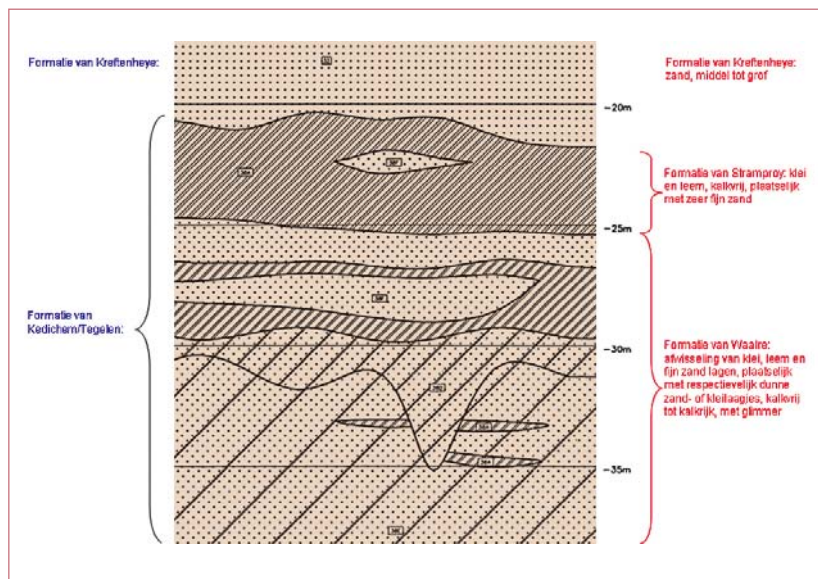
Nieuwe nomenclatuur	Nomenclatuur volgens Doppert et al. (1975), in Zagwijn & Van Staalduinen (red., 1975)
<i>Formatie van Stramproy</i>	<i>Fluviatiele afzettingen van rivieren uit Midden-België, inclusief afzettingen van lokale, kleine rivieren. Mineralogisch arme afzettingen die tot de Formatie van Kedichem en in mindere mate tot de Formatie van Tegelen werden gerekend. De terrassen van de Maas in Zuid-Limburg die voorheen tot de Formatie van Kedichem werden gerekend maken nu deel uit van de Formatie van Beegden</i>
<i>Laagpakket van Hoogcruts</i>	<i>Grove, grindhoudende (vooral vuursteen) afzettingen van kleine rivieren in Zuid-Limburg buiten de huidige beekdalen</i>
<i>Formatie van Waalre</i>	<i>Afzettingen van de Rijn uit het Onder-Pleistoceen. Formatie van Tegelen. De terrassen van de Maas in Zuid-Limburg die voorheen tot de Formatie van Tegelen werden gerekend maken nu deel uit van de Formatie van Beegden. De Formatie van Waalre omvat verder het mineralogisch rijke deel van de voormalige Formatie van Kedichem</i>
<i>Laagpakket van Tegelen</i>	<i>‘Tegelen klei’ in het type-gebied in Noord-Limburg</i>

Tabel 1b Nieuw – Oud

de nieuwe nomenclatuur in twee richtingen opgesomd.

Door in de huidige kartering het zwaartepunt te verleggen naar de faciësendeling wordt nu de weg geopend om de ruimtelijke verdeling van de kenmerken met geostatistische methoden

digitaal te modelleren. Een voorbeeld van een dergelijk ruimtelijk model is weergegeven in figuur 7. Momenteel wordt met deze methodiek een 3D geologisch blokmodel gemaakt van heel Nederland met een blokresolutie van 100*100*0,5 m tot een diepte van 30m, feitelijk de opvolger van de gedrukte 1:50.000 kaarten.



Figuur 6 Fragment van het ingenieurs-geologisch profiel van de 2e Heinenoordtunnel (noordoever Oude Maas). Links conform de oude stratigrafische indeling, rechts conform de nieuwe lithostratigrafische indeling

grondonderzoek te toetsen. Deze aanpak zou niet mogelijk zijn geweest zijn met de oude chronostratigrafische indeling. Uiteraard werkt het ook de andere kant op. Door nieuw grondonderzoek aan de dataset toe te voegen wordt het met de nu gebruikte technieken mogelijk om veel sneller dan voorheen een update te maken van het ondergrondmodel. ■

Literatuur

- De Gans, W., 2007, Quaternary. In: Wong, Th.E., D.A.J. Batjes & J. de Jager (eds.), *Geology of the Netherlands*. Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences (KNAW): 173-195.
- Weerts, H., P. Cleveringa, W. Westerhoff & P. Vos, 2006, *Nooit meer: Afzettingen van Duinkerke en Calais*. Archeobrief 10-2: 28-34.
- Weerts, H.J.T., W.E. Westerhoff, P. Cleveringa, M.F.P. Bierkens, J.G. Veldkamp & K.F. Rijdsdijk, 2005, *Quaternary geological mapping of the lowlands of The Netherlands, a 21st century perspective*. Quaternary International 133-134: 159-178.
- Westerhoff, W.E., Th.E. Wong & E.F.J. de Mulder, 2003, *Opbouw van de ondergrond*. In: De Mulder, E.F.J., M.C. Geluk, I. Ritsema, W.E. Westerhoff & Th.E. Wong (red.), *De ondergrond van Nederland*. Geologie van Nederland, deel 7: 247-352.
- www.delfstoffenonline.nl
- <http://dinolks01.nitg.tno.nl/dinolks/download/maps/resources/geologicalMap.pdf>

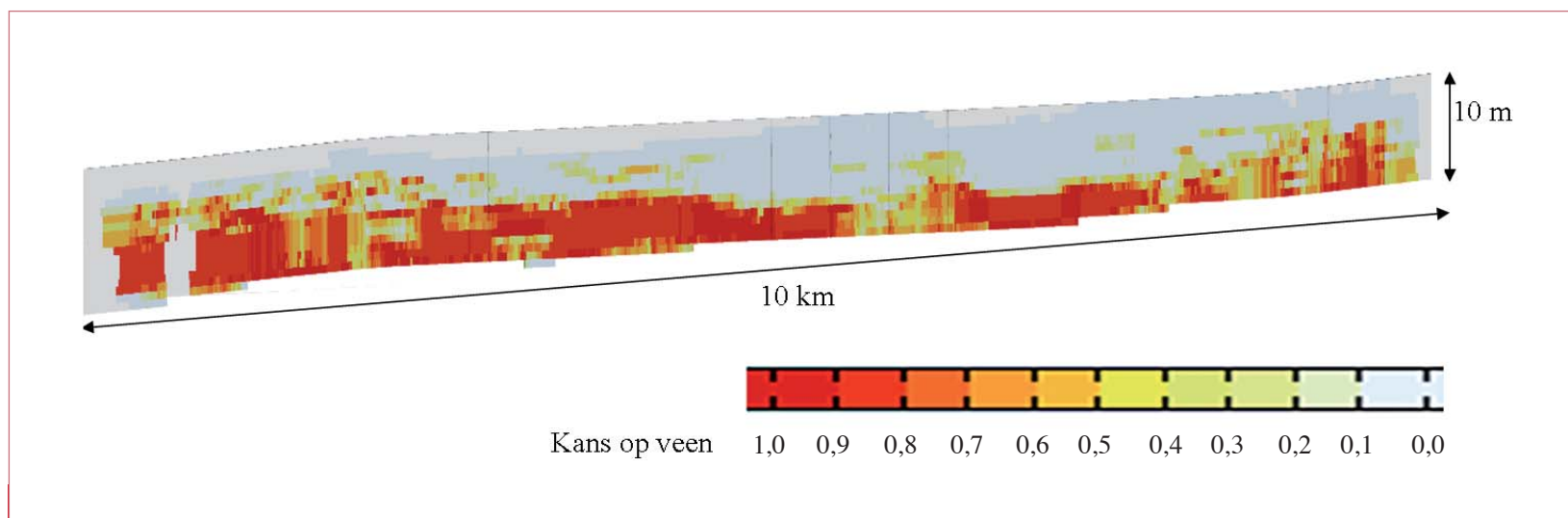
Het model geeft van ieder blok (voxel) de meest waarschijnlijke lithostratigrafie en lithofaciëseenheid weer. Dit model vormt het startpunt voor het in 3D weergeven van de eigenschappen van de diverse lithofaciës. Door nu voor de onderscheiden lithofaciës de statistische verdeling van bijvoorbeeld geomechanische parameters te bepalen kan op dezelfde schaal een verwachtingsmodel van deze eigenschappen worden weergegeven, inclusief de onzekerheid.

Wegens de relatief grote regionale datadichtheid zal begonnen worden met een weergave van sondeerwaarden (conusweerstand, wrijvingsgetal) van de verschillende lithofaciës, door de lithostratigrafie te koppelen met de 'sondeerstratigrafie'. Voor de matching van deze twee gegevenstypen worden momenteel enkele

technieken op bruikbaarheid getoetst, onder meer een neurale netwerk en Bayesiaanse statistiek. Een voorbeeld van een dergelijke sondeerstratigrafie is weergegeven in *figuur 7*. Hierin wordt de meest waarschijnlijke lithologie op basis van sonderingen langs een stuk van de A2 in Utrecht weergegeven.

Hoewel op deze manier uiteindelijk in DINO op elk willekeurig punt een synthetisch sondeerwaardenprofiel zou kunnen worden gegenereerd zal in de meeste gevallen de onzekerheid door de relatief lage lokale datadichtheid te groot zijn om een geotechnisch ontwerp op te baseren. Daarvoor zal altijd grondonderzoek ter plaatse, met een op het probleem toegesneden datadichtheid nodig zijn. Wel biedt het model de mogelijkheid om de representativiteit van het

Reacties op dit artikel kunnen tot 29 augustus 2008 naar de uitgever worden gestuurd.



Figuur 7 Sondeerstratigrafie en meest waarschijnlijke lithologie door analyse van een sondeer- en boorprofiel met een neurale netwerk. In dit voorbeeld is de kans dat een voxel uit veen bestaat weergegeven met een waarde tussen 0 en 1. Door combinatie met de overige lithologieën (zand, grind, klei, leem) wordt de verwachtingswaarde voor de samenstelling verkregen. Voor een toepassing op delfstoffenbeschikbaarheid zie: www.delfstoffenonline.nl.