

# Pleistocene rivierafzettingen in de groeve Maalbeek

Rimbaud Lapperre

**Bij het opstellen van diverse beleidsplannen wordt steeds vaker uitgegaan van een duurzaam landgebruik waarbij landbouw, natuurbehoud én milieubeheer samengaan. Onontbeerlijk hierbij is het verkrijgen van inzicht in grondwaterstroming. Het ondergronds transport van water wordt in belangrijke mate bepaald door de geologische opbouw. Hierbij is de variatie in opbouw (heterogeniteit) in drie dimensies alsmede de variatie in doorlatendheid (anisotropie) van groot belang. Om antwoord te krijgen op de vraag hoe gedetailleerd fluviaatiele afzettingen in kaart gebracht moeten worden om een verantwoord begin met 2- en later 3-dimensionale grondwatermodellering te maken, is onlangs in samenwerking met de Rijks Geologische Dienst in Heerlen en de Landbouwniversiteit in Wageningen hydrogeologisch onderzoek gedaan in de groeve Maalbeek.**

Verscholen in de bossen op het hoogterras van de Rijn en ingeklemd tussen de huidige loop van de Maas en de landsgrens met Duitsland ligt de groeve Maalbeek in Belfeld (fig. 1). Op een hoogte van ongeveer vijftig meter boven NAP ontspringt hier de Maalbeek, die zich al slingerend langs de vervallen watermolen door het terrassenlandschap een weg naar de Maas zoekt. De steilrand op de overgang van het huidige Maasdal naar het hoogterras van de Rijn vormt een gemakkelijk herkenbare morfologische grens in het landschap. In een aantal groeves op dit hoogterras is eerst op kleine maar later ook op grote schaal zand, grind en klei gewonnen. Beginnend bij Tegelen in het noorden en gaande in zuidelijke richting zijn dat achtereenvolgens groeve Wambach (ingericht als vuilstortplaats), groeve de Bovenste Molen, groeve Laumans, groeve Maalbeek, groeve Janssen-Dings en groeve Van Eyck. De laatste twee groeves liggen net over de grens, in Duitsland. Deze groeves zijn een eldorado voor geologen en vormen een open boek over het verleden. Zonder zelf onnodig veel graafwerk te verrichten, kunnen tientallen meters dikke fluviaatiele afzettingen van Pleistocene ouderdom gevolgd en bestudeerd worden. Welke geheimen de Formatie van Tegelen, Kedichem en Sterksel in de groeve Maalbeek prijsgeven, blijkt uit de volgende bevindingen.

## Geologische achtergrond

Op de overgang van het Tertiair (Laat-Pliocene) naar het Kwartair (Vroeg-Pleistoceen) daalt de gemiddelde juli-temperatuur tamelijk abrupt van 20 naar 8 °C (Zagwijn, 1975). Vergeleken met de huidige situatie bevindt de kustlijn zich meer naar het zuidoosten. De oudste afzettingen uit het Kwartair bestaan daarom overwegend uit marine, schelphoudende zanden die nagenoeg heel Nederland bedekken. Alleen delen van Oost-Nederland en Limburg steken boven zee uit. Het gebied Tegelen-Belfeld-Reuver ligt op de Peelhorst en wordt in het noordoosten begrensd door de Venlo-Slenk en in het zuidwesten door de Centrale Slenk (fig. 1). Dit tectonisch hoog gelegen gebied wordt door een aantal breuken in blokken verdeeld die ten opzichte van elkaar verschuiven. Vanaf het Tiglien trekt de kustlijn zich steeds verder terug en krijgt fluviaatiele sedimentatie de overhand. Alle afzettingen in dit hooggelegen gebied zijn voor het overgrote deel aangevoerd door de zuidelijke grote rivieren: de Rijn en de Maas. Een klein deel van de afzettingen is afkomstig van lokale rivieren uit België of is onder periglaciale omstandigheden lokaal omgewerkt. Wanneer we het Kwartair als uitgangspunt kiezen, begint de geologische geschiedenis van de groeve Maalbeek met overwegend kleiige afzettingen uit het Vroeg-Pleistoceen die behoren tot de Formatie van Tegelen (fig. 2). Het klimaat in deze tijd is relatief warm (interglaciaal) en het bijbehorende riviersysteem is meanderend. Vanaf het Eburonien wordt de Formatie van Kedichem afgezet.

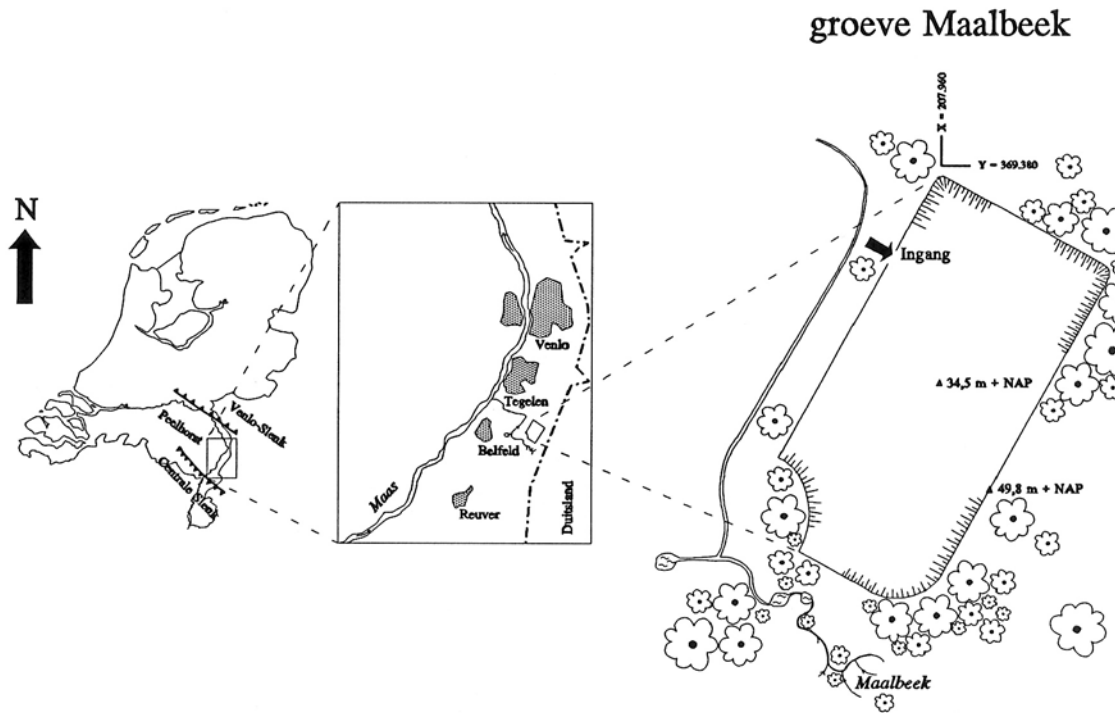


Fig. 1. Ligging van de groeve Maalbeek.

Het sediment bestaat uit fijn wit zand en voelt 'zacht' aan, omdat de zandkorrels sterk zijn afgerond. Het klimaat is relatief koud (glaciaal) en het bijbehorende riviersysteem is vlechtend. Tenslotte wordt vanaf het Cromerien-complex de Formatie van Sterksel afgezet; grove grindhoudende zanden met plaatselijk kleiresten. Dit complex kent afwisselend relatief koude perioden (glacialen A, B en C) en relatief warme perioden (interglacialen I, II, III en IV). Opnieuw is het bijbehorende riviersysteem vlechtend. De bodem is grote delen van het jaar bevroren (permafrost) en insnijding en vorming van meanders is daardoor niet mogelijk. Bewijzen voor deze permafrost kunnen in de groeve Maalbeek in de vorm van ontdooidde zandlichamen, ijswiggen en grote stenen gevonden worden.

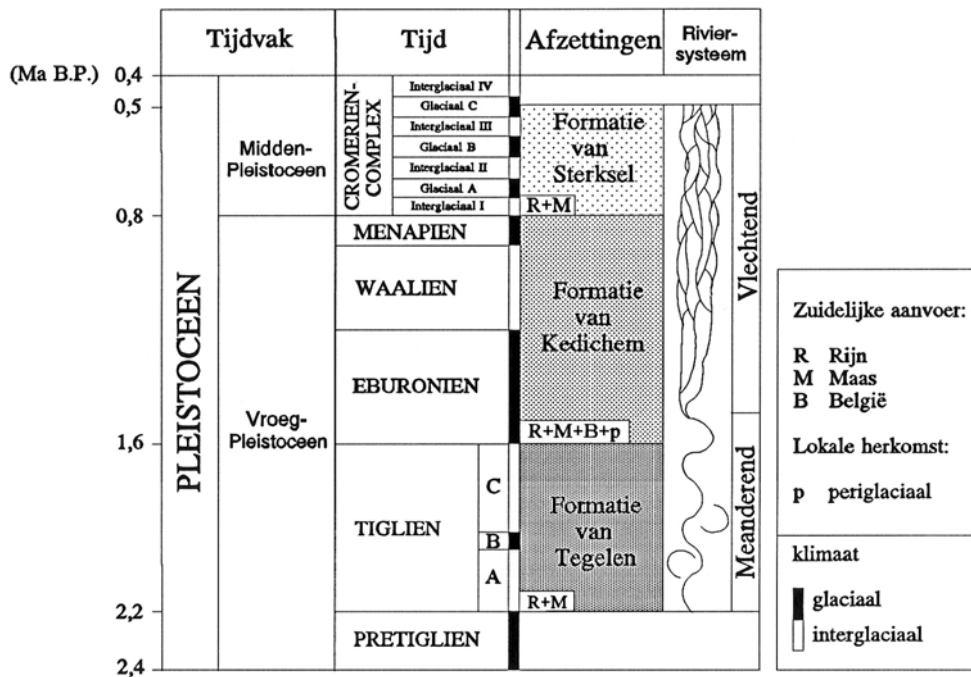


Fig. 2. Chronostratigrafie en klimaatgegevens van het Vroeg- en Midden-Pleistoceen (Zagwijn, 1963 en 1975 en Klosterman 1992).

## De Formatie van Tegelen, Kedichem en Sterksel ontsloten

### De Formatie van Tegelen

Naar de kleilagen en de daaruit vervaardigde produkten, zoals dakpannen, noemden de Romeinen de vindplaats Tegula (Tegelen). Tot op de dag van vandaag wordt deze klei van Tegelen gewonnen. Verdere bekendheid heeft de klei gekregen door paleobotanisch onderzoek. Eerst door het Engelse echtpaar Reid, later in de veertiger jaren door Florschütz en in de zestiger jaren door Zagwijn (Westerhoff, 1994). Aan de hand van macro-planteresten en pollen heeft men het Tiglien (2,2-1,6 Ma B.P.) onderverdeeld in drie pollenzones (Zagwijn, 1963). Alleen pollenzone B kenmerkt zich door het ontbreken van warmteminnende soorten. In deze koude fase vormen dennen het dominante vegetatietype. Pollenzone A (beuk) en C (wilg en hazelaar) vormen het overgrote deel van het Tiglien en duiden op een veel aangenamer klimaat. De eerste beschrijvingen van fossielen uit de klei van Tegelen zijn van Dubois en dateren uit het begin van deze eeuw. Het vermelden waard is ook het werk van Schreuder. Naast vissen, amfibieën en reptielen betreft een groot deel van zijn beschrijvingen zoogdieren. Zo zijn resten van watermuizen, hazen, woelmuizen, stekelvarkens, bevers (vergelijk Grondboor & Hamer, jrg. 49, uitgave 2), marterachtigen, beren, herten, zebra's en zelfs neushorens, olifanten en apen gevonden (Klostermann, 1992).

De naar het oost-noord-oost stromende grote laaglandrivieren Rijn en Maas en lokale rivieren uit België, met een gering verval en daarom meanderend karakter, transporteren grote hoeveelheden sediment naar de zich steeds verder in noordwestelijke richting verplaatsende kustlijn. In aan de rivieren grenzende kommen bezinken de fijnste deeltjes en vormen dikke kleipakketten. Wanneer rivierlopen zich verleggen, worden deze pakketten naast en op elkaar afgezet. Een bewijs hiervoor leveren recente klei-afgravingen. Direct op de ritmisch gebankte, horizontaal gelamineerde klei (voormalige kommen) is een klassiek voorbeeld van een zich verleggende meanderbocht aangetroffen waarbij laterale accretievlakken (voormalige rivierloop) gevormd zijn. De afzettingen tussen deze vlakken bestaan uit relatief fijn materiaal: leemhoudend zand. Naar de oorzaak van het opvallende kleurverloop (van licht naar donker grijs) binnen de afzonderlijke banken wordt momenteel door de Rijks Geologische Dienst onderzoek gedaan. Wellicht houdt dit verband met veranderingen in het organisch-stofgehalte.

Als gevolg van klimaatsveranderingen en zich verleggende stroomgeulen kent de Formatie van Tegelen binnen de groeve Maalbeek verschillen in dikte (15-20 m) en samenstelling (kalkloos versus kalkhoudend). Alleen de bovenste 5-9 m komt in aanmerking voor afgraving. Het is onjuist om aan te nemen dat deze voor grondwater nagenoeg ondoordringbare afzettingen overal even dik en constant van samenstelling zijn (tabel 1). Een geologisch gezien interessant verschijnsel vormen de harde banken in de kalkloze klei van Tegelen. Deze banken (fig. 3) komen op verschillende diepte voor en vormen een belemmering bij het afgraven. Het gaat hier om het mineraal sideriet,  $\text{FeCO}_3$ . Sideros is Grieks voor ijzer, als synoniem wordt daarom ook de naam ijzerspaat gebruikt. Uitsluitel is verkregen door brokstukken in sterk verhit zoutzuur te dompelen. Al bruisend lost sideriet dan op. Sedimentair sideriet is een veel voorkomend mineraal dat langs chemische weg gevormd wordt in een omgeving met continentaal (zoet) water, een laag zuurstofgehalte, geassocieerd met klei en koolstofhoudend materiaal (Schumann, 1987). Dit zegt veel over het afzettingsmilieu. Zo wordt bijvoorbeeld het voorkomen van brak of zout grondwater uitgesloten omdat in dat geval, bij overigens vergelijkbare omstandigheden, pyriet zou zijn ontstaan.

Er bestaat een legende die zegt dat uit de klei van Tegelen zonder toevoeging van kleurstoffen vier verschillende kleuren aardewerk kunnen ontstaan. Fictie of werkelijkheid? "Het unieke van Tegelen is, dat al die vier kleisoorten plaatselijk aanwezig zijn. De rode klei ligt in de steilrand en de oude Maasoever bij Tegelen. De zwarte ligt in een oude bruinkoolgroeve aan de streekweg. De gele in de Maasbedding en de witte, die het meest schaars is, onder de bebouwde kom" (Mientjes, 1994). De 'vierkleuren-techniek' bestaat dus werkelijk.

## Formatie van Tegelen in de groeve Maalbeek

| Kalkloze klei                                                                                      | Kalkhoudende klei                                                                                                                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ouderdom:<br>Tiglien A en C (warme fase)                                                           | Ouderdom:<br>Tiglien B (koude fase)                                                                                                                                 |
| Samenstelling:<br>zeer zware klei ( $\pm 95\% < 2 \mu\text{m}$ )<br>voorkomen van sideriet(banken) | Samenstelling:<br>zware klei ( $\pm 80\% < 2 \mu\text{m}$ ) met silt en zand ( $\pm 20\%$ )<br>voorkomen van zoetwater gastropoden o.a. <i>Viviparus tigliensis</i> |
| dominante pollen: beuk (A)<br>wilg en hazelaar (C)                                                 | dominante pollen: den                                                                                                                                               |
| zware mineralen: instabiele associaties                                                            | zware mineralen: instabiele associaties, vaak met veel granaat                                                                                                      |
| Kleur:<br>grijs                                                                                    | Kleur:<br>grijs                                                                                                                                                     |
| Eigenschappen:<br>geconsolideerd<br>nagenoeg ondoorlatend<br>geschikt voor keramische industrie    | Eigenschappen:<br>geconsolideerd<br>minder slecht doorlatend<br>afdichtmateriaal onder vuilstortplaatsen                                                            |

Tabel 1. Verschillen en overeenkomsten tussen de kalkloze en kalkhoudende klei behorend tot de Formatie van Tegelen in de groeve Maalbeek (Lapperre en Smit, 1995 en Nota, 1956).



Fig. 3. Siderietbank ( $\text{FeCO}_3$ ) in de kalkloze klei van de Formatie van Tegelen waarbij de pijl wijst naar koolstofhoudend materiaal. Foto: R.E. Lapperre, oktober 1994.

## De Formatie van Kedichem

Direct op de kleiige Formatie van Tegelen kunnen in de groeve Maalbeek sporadisch resten van bijna witgekleurde fijnzandige afzettingen (50-300  $\mu\text{m}$ ) aangetroffen worden. Deze behoren tot de Formatie van Kedichem en zijn achtereenvolgens afgezet in het Eburonien, Waalien en Menapien (1,6-0,8 Ma B.P.). De afzettingen zijn niet meer dan enkele meters dik; ze zijn opgebouwd door de grote laaglandrivieren van zuidelijke herkomst (Rijn en Maas) en lokale rivieren uit België. De afzettingen zijn derhalve fluviatiel. Het sediment is polycyclisch en deels van marine oorsprong. In het Mioceen is het materiaal op de Belgische stranden eerst afgerond en gesorteerd om later door vlechtende rivieren getransporteerd en opnieuw afgezet te worden. De door Nota (1956) beschreven opgevulde stroomgeulen vormen hiervoor mogelijk een indicatie. In de Formatie van Kedichem kunnen verder ijswiggen (Nota, 1956) en vervloeiingsstructuren bestudeerd worden. Het voorkomen van ijswiggen duidt op deels glaciële omstandigheden tijdens afzetting. Op plaatsen waar de Formatie van Kedichem direct op de klei van Tegelen ligt, hebben deze zanden als gevolg van waterstagnatie het karakter van drijfzand en zijn die vervloeiingsstructuren ontstaan. De Formatie van Kedichem komt in de groeve Maalbeek slechts sporadisch voor omdat ze nagenoeg overal is geërodeerd door energierijke vlechtende riviersystemen die de Formatie van Sterksel hebben afgezet (fig. 4). Hierdoor is een hiaat in de tijd ontstaan van ongeveer 0,6 Ma.

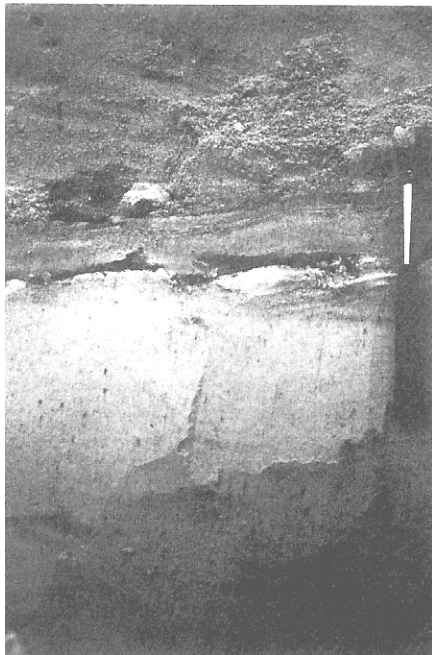


Fig. 4. De fijnzandige Formatie van Kedichem (onder) en de grofzandige en grindhoudende Formatie van Sterksel (boven) gescheiden door een 10 cm dikke kleilaag. Foto: R.E. Lapperre, septemberr 1994.

## De Formatie van Sterksel

Vanaf het begin van het Midden-Pleistoceen wordt gedurende een periode van een half miljoen jaar in het Cromerien-complex (0,8-0,3 Ma) de Formatie van Sterksel afgezet. Voornamelijk door de dan vlechtende Rijn en maar deels door de vlechtende Maas worden in de groeve Maalbeek dikke pakketten zand en grind afgezet. De afzettingen zijn slecht gesorteerd (50-2000  $\mu\text{m}$ ). Nagenoeg door de gehele afzetting is sprake van oxydatie van ijzer en mangaan<sup>1</sup>. Bij de vorming van de Formatie van Sterksel is in de groeve Maalbeek nagenoeg overal de Formatie van Kedichem geërodeerd en plaatselijk zelfs de kleiige Formatie van Tegelen. Aan de bovenkant van deze laatste formatie zijn duidelijk erosiegeulen waar te nemen. De Rijn en de Maas stromen nu niet meer in oostnoordoostelijke maar in (noord)noordwestelijke richting.

Dit is afgeleid uit de interne gelaagdheid van de verschillende sedimentaire structuren (Lapperre en Smit, 1995). Behalve van een hiaat in de tijd is er dus ook sprake van een (hoek)discordantie tussen beide formaties. Wat de netto benodigde 'sedimentatietijd' voor dit gemiddeld 15 meter dikke zand- en grindpakket is geweest, kan niet zonder meer vastgesteld worden. Als gevolg van het vlechtende karakter verleggen de talrijke stroomgeulen zich regelmatig en ruimen zodoende hun eigen afzettingen weer op. Het vlechtende karakter van de rivieren is vooral toe te schrijven aan de nagenoeg permanent bevroren ondergrond. Insnijding die leidt tot meanderen wordt onder deze omstandigheden verhinderd. Het verspreid voorkomen van grote (zand)stenen (10-100 kg) is toe te schrijven aan het transportvermogen van met water verzadigd sediment of het gevolg van meedrijven op ijsschotsen en ontwortelde boomresten. Bij het in kaart brengen van de herkomst van de verschillende stenen (tabel 2) is grote oplettendheid geboden. Na het afgraven wordt namelijk ter opvulling ook materiaal van elders aangevoerd. Het donkere, grovere grind is afkomstig van de Maas terwijl het grind van de Rijn meer afgerond en overwegend helder van kleur is.

---

### Gesteenten en mineraalassociaties

---

|                                         |                           |                                     |
|-----------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|
| 1 Epidoot (R)                           | 9 Kalkloze klei (R/M)     | 17 Schalies (R/M)                   |
| 2 Bontzandsteen met leemboontjes (R)    | 10 Kaolinit brokjes (R/M) | 18 Sideriet (L)                     |
| 3 Bontzandsteen zonder leemboontjes (R) | 11 Kwartsiet (R/M)        | 19 Taunus-kwartsiet (R, soms M)     |
| 4 Graniet (R/M)                         | 12 Lydiet (R)             | 20 Versteend hout (R/M)             |
| 5 Hoornblend (R)                        | 13 Oöliet (R/M)           | 21 Vuursteen (gerold) (M)           |
| 6 IJzerkiesel (R)                       | 14 Porfier (R, zelden M)  | 22 Vuursteen (ongerold) (M)         |
| 7 Jaspis(breccie) (R)                   | 15 Revinien kwartsiet (M) | 23 Zandsteen (R/M)                  |
| 8 Kalkhoudende klei (R/M)               | 16 Saussuriet (R)         | 24 Zandsteen met kwartsbanden (R/M) |

---

Tabel 2. De 'Belfeld-collectie'; een stenenverzameling aangelegd ten behoeve van dit onderzoek (R= Rijn, M= Maas, R/M= Rijn en Maas en L= Lokaal).

Wanneer we de Formatie van Sterksel onder de loep nemen, zijn daarin verschillende structuren naast en boven elkaar te herkennen. Opvallend zijn niet alleen de met grind opgevulde erosiegeulen, horizontale laminatie en convolute structuren<sup>2</sup> maar ook leembanden en foresetstructuren behorend bij megaribbel-laminatie<sup>3</sup>. De verspreiding van deze structuren blijkt niet volledig willekeurig te zijn, maar een zekere regelmaat te hebben. Van beneden naar boven zijn vier eenheden te onderscheiden. Deze geven ondermeer aanwijzingen over de gemiddelde stroomsnelheid (energieniveau), de stroomrichting en de korrelgrootteverdeling. De eerste eenheid kenmerkt zich door overwegend zandig sediment met convolute sedimentaire structuren. De tweede eenheid is veel fijner van samenstelling (lemig zand), grijs/groen van kleur en overwegend horizontaal gelamineerd. De derde eenheid met lichter gekleurd en veel grover sediment bestaat voornamelijk uit met grind opgevulde erosiegeulen. De vierde eenheid tenslotte bestaat overwegend uit oranje/geel, verkit grof zand en grind met als kenmerkende structuur de megaribbel-laminatie. In de groeve Maalbeek vormen deze vier eenheden tezamen de Formatie van Sterksel (fig. 5). Binnen deze eenheden kunnen soms één maar meestal meerdere cycli van opwaartse verfijningen onderscheiden worden. De zware mineralenfractie bestaat voornamelijk uit de instabiele mineralen saussuriet (30%) en epidoot (30%) (Nota, 1956).

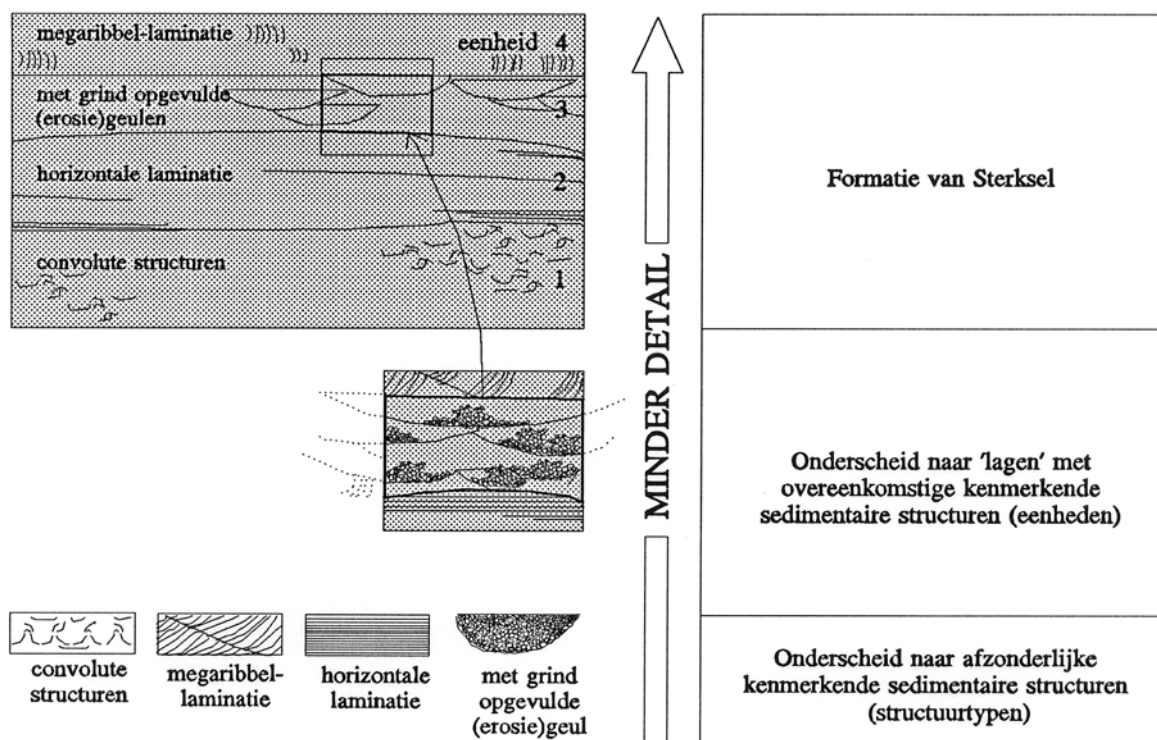


Fig. 5. De Formatie van Sterksel, opgedeeld in vier eenheden met overeenkomstige kenmerkende structuren.

## Tot besluit

Deze gedetailleerde beschrijving van de sedimentologische opbouw van de Formaties van Tegelen, Kedichem en Sterksel is de basis geweest voor een hydrogeologisch onderzoek. In dit onderzoek is door Lapperre en Smit (1995) een eerste aanzet gegeven om 2-dimensionale grondwaterstroming in Pleistocene rivierafzettingen te modelleren. Met name de complexe opbouw van de Formatie van Sterksel vormt bij dit modelleren een moeilijk handelbare factor. De vier onderscheiden eenheden kennen elk hun eigen doorlatendheid. Hierbij moet opgemerkt worden dat de spreiding in uitkomsten per eenheid, maar ook per bemonsteringsrichting binnen die eenheid, groot is. Het is daarom niet logisch om voor de doorlatendheid van de verschillende formaties, en die van Sterksel in het bijzonder, een gemiddelde te nemen. Het is namelijk juist de variatie in doorlatendheid die bepaalt langs welke weg en hoe snel het ondergrondse water, met daarin eventueel opgeloste stoffen, zich verplaatst.

## Dankwoord

Voor inhoudelijk opmerkingen bij het schrijven van dit artikel ben ik dank verschuldigd aan Henk Pagnier, Werner Felder, Peter Bosch en Erik Simmelink allen werkzaam bij de Rijks Geologische Dienst in Heerlen. Eveneens voor inhoudelijke opmerkingen maar ook voor redactioneel commentaar dank ik Wim Westerhoff werkzaam bij de Rijks Geologische Dienst in Nuenen. Niet in de laatste plaats ben ik mijn studiegenote Heidi Smit erkentelijk voor het mede voltooien van het hydrogeologisch onderzoek dat de basis vormt voor dit artikel. Tenslotte wil ik Joep Peijnenburg van de Sanders en Geraedts Groep uit Swalmen bedanken voor de informatie over de geschiedenis en de opbouw van de groeve Maalbeek.

## Summary

To obtain a better understanding of groundwater flow in Early Pleistocene fluvial sediments a detailed study into sedimentary stratification has been carried out at Maalbeek-quarry near Belfeld. These sediments are mainly deposited by the Rhine-Meuse river system. In this quarry three different lithostratigraphic formations have been studied: Tegelen formation, Kedichem formation and Sterksel formation. A formation is usually, but not invariably, bounded by a distinct change in lithological properties of the bodies and its upper and lower boundaries. Tegelen formation (2,2-1,6 Ma B.P.) almost completely consists of heavy clay deposited in backswamps adjacent to natural levees from meandering river systems (nett degradation). This clay is a valuable base material for the (inter)national ceramics industry. As a result of climatic cycles the composition of this formation sometimes varies. To vertical groundwater flow the Tegelen formation is almost impermeable. Kedichem formation (1,6-0,8 Ma B.P.) is composed of strongly weathered, fine, almost white coloured sands deposited by braided river systems (nett aggradation). Kedichem formation is often eroded by braided rivers depositing thick layers of sandy and gravelly sediments. These sediments make up Sterksel formation (0,8-0,5 Ma B.P.). This formation is highly permeable to groundwater flow, though it is tricky to predict accurate flowpatterns as a result of a complex, heterogenous stratification.

## Literatuur

Klostermann, J., 1992.

Das Quartär der Niederrheinischen Bucht; Ablagerungen der letzten Eiszeit am Niederrhein. Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, 200 pp + 2 Karten.

Lapperre, R.E. en H.M.C. Smit, 1995.

Hydrogeologisch onderzoek naar de Formaties van Sterksel en Tegelen in de groeve Maalbeek te Belfeld; Een studie naar de variabiliteit in opbouw, verzadigde doorlatendheid, verblijftijd(en), stromingsrichting(en) en debiet(en) op verschillende schaalniveaus. Verslag van een 5-maands afstudeervak bij de Vakgroep Waterhuishouding sectie hydrogeologie, 123 pp.

Mientjes, T., 1994.

De unieke kleicombinaties van Tegelen; Jac Bongaerts, de laatste pottenbakker die de vier-kleuren-techniek nog in zijn vingers heeft. De Limburger (3 december 1994) in bijlage 'Inkijk'.

Nota, D.J.G., 1956.

Sedimentologische Untersuchungen Altpleistozäner Ablagerungen im Gebiet von Tegelen, Niederlande. Geologie en Mijnbouw (nw. ser.), jrg. 18 (1956), pp. 402-410.

Schumann, W., 1987.

Stenen en mineralen: meer dan 600 afbeeldingen op ware grootte in kleur. Uitgeverij Thieme, Baarn, 381 pp.

Westerhoff, W., 1994.

Excursiegids groeve Maalbeek, GEOBON bijeenkomst te Nuenen, donderdag 14 april 1994. Rijks Geologische Dienst Nuenen, 5 pp. met bijlagen.

Zagwijn, W.H., 1963.

Pollen-analytical investigations in the Tiglian of The Netherlands. Mededelingen Geologische Stichting, nr. 16, pp. 49-72.

Zagwijn, W.H., 1975.

De paleografische ontwikkeling van Nederland in de laatste 3 miljoen jaar. K.N.A.G. Geografisch Tijdschrift, IX-3, pp. 181-201.

- <sup>1</sup> Plaatselijk worden in de Formatie van Sterksel, naar men beweert, aslagen van enorme bosbranden aangetroffen. Nadere bestudering leert al snel dat het hier in werkelijkheid gaat om een opeenhoping van mangaan dat in geoxideerd toestand de wanden plaatselijk gitzwart doet kleuren.
- <sup>2</sup> Convolute structuren zijn het resultaat van samenpersen van met waterverzadigd sediment door bovenliggende lagen, en wel in die mate dat drukontlasting optreedt. De oorspronkelijke gelaagdheid gaat hierbij deels verloren en het weggeperste materiaal is in de bovenliggende laag terug te vinden.
- <sup>3</sup> Foreset-laminae in stroomribbels zijn het resultaat van een proces waarbij aan de erosiegevoelige zijde (loefzijde) zand wordt opgenomen om vervolgens even verder aan de veel rustigere lijzijde van dezelfde ribbel weer te worden gedeponerd. De stroomribbels 'wandelen' zo over hun eerder afgezette laminae heen.