

2. Het grind ontleed: samenstelling en herkomst van de stenen in het Maasgrind

Roland Dreesen, Jos Janssen, Daniel Van Uytven

De vele wandelaars en fietsers in het landschap van Kempen en Maasland zijn zich nauwelijks bewust van de ouderdom, van de herkomst en van het enorme traject dat de duizenden keien die ze er overal aantreffen, achter de rug hebben. Deze keien zijn het meest karakteristieke natuurlijke element van de Hoge Kempen. Niet toevallig heeft het Nationaal Park van de Hoge Kempen daarom een pootafdruk met keien tot haar logo gekozen.

Om het boeiende verhaal van de Limburgse keien geologisch te reconstrueren, hebben talrijke vrijwilligers van de Werkgroep Geologie (Figuur 1), ettelijke duizenden keien geraapt, geteld en geanalyseerd. Keien lezen en interpreteren is voor hen gedurende verschillende weken een boeiende terrein- en groepsactiviteit geweest, waarvan we de eerste resultaten in dit artikel rapporteren. De resultaten zijn zeer bemoedigend: ze zetten ons aan tot bijkomende acties op het terrein. Anderzijds kunnen het verzamelen, determineren en verwerken van keien ook een interessante didactische buitenactiviteit worden voor het onderwijs: zo worden op een speelse en aanschouwelijke manier landschapsevolutie en geologie toegelicht. Het is een mooie vorm van wetenschapspopularisering, waarbij gaandeweg respect voor de natuur en interesse voor geologie bij het geïnteresseerde publiek kunnen worden bijgebracht. Diverse aspecten van dit lopende onderzoek kunnen ook aan bod komen als activiteiten van het Limburgs Veldstudiecentrum (LIVEC).

Vorming van de Maasterrassen

Tijdens het Pliocene en het Vroeg-Pleistoceen (2,6 - 0,75 miljoen jaar geleden), stroomde de Maas ter hoogte van Luik naar het noordoosten om tussen Julich en Erkelenz, 50 km ten noorden van Aken, uit te monden in de Rijn. De Rijn stroomde toen in noordwestelijke richting, over Roermond en Eindhoven (Figuur 2), richting Noordzee.

Figuur 1: Kandidaat-keienrapers op het appel in de Wissel (foto: T. Di Pietrantonio)



Het Midden-Pleistoceen werd gekenmerkt door een verhoogde tektonische activiteit:

- Er deden zich een aantal verzakkingen voor langsheen breuken. Enerzijds bleef het gebied in het noordoosten van de provincie Limburg via het systeem van de Roerdalslenk, een noordwestelijke uitloper van de grote Nederrijnslenk, verder zakken. Anderzijds werd de Breuk van Rauw (lopende van Mol-Rauw naar Visé), die eveneens behoort tot de Roerdalslenk, plots erg actief waardoor het oostelijk gelegen Kempenblok heel wat lager kwam te liggen ten opzichte van het westelijk deel van de provincie.
- De opheffing van de Ardennen, een gevolg van de Alpiene plooiing, zorgde er bovendien voor dat het zuiden van de provincie sterker werd opgeheven dan het noorden, waardoor er een vrij sterke afhelling ontstond in het Kempens blok. Als gevolg

hiervan brak de Maas ter hoogte van Luik door haar noordelijk interfluvium, om zo verder naar het noorden te stromen.

Tijdens het eerste gedeelte van het Vroeg Midden-Pleistoceen (Cromeriaan – 0,9 tot 0,8 miljoen jaar geleden) zette de Maas in dit lager gelegen Kempenblok, de zanden van Winterslag af. Tijdens de zeer koude en lange winterperiodes was gans het landschap bevroren maar tijdens de korte zomerperiodes ontstonden er smeltwaters die de gemakkelijk erodeerbare sedimenten die aan het oppervlak lagen van de Ardennen en de Condroz, meenamen en hier afzetten als de zanden van Winterslag.

Tijdens het tweede gedeelte van het Cromeriaan (ergens tussen 0,8 en 0,6 miljoen jaar geleden), waren de Maas en haar bijrivieren doorheen de tertiaire lagen geërodeerd tot in de onderliggende hardere lagen van het Paleozoicum. Tijdens de nu nog strengere winters gingen deze harde gesteenten stuk vriezen waardoor er veel puin, van alle korrelgrootten, in de stroomopwaartse gebieden van de Ardennen en aanpalende gebieden werd gevormd. Tijdens de korte zomers, vervoerden de Maas en haar bijrivieren, door de enorme debieten smeltwater, ook gigantische hoeveelheden puin. Wanneer de Maas ten noorden van Visé in het lager gelegen Kempenblok belandde, ontstond er een verwilderde of vlechtende rivier die haar puin in een puinkegelachtige vorm afzette. Zo kwamen de grinden van Zutendaal, boven op de zanden van Winterslag te liggen: deze vormen nu nog steeds het oppervlak van het huidige Kempens plateau, ook het Hoogterras genoemd.

Vanaf het einde van het Cromeriaan-complex (ongeveer 0,6-0,5 miljoen jaar geleden) begon de Maas zich stilaan in te snijden in het oosten van haar puinafzetting, om zo de huidige Maasvallei te vormen, die via een oostelijke steilrand of talud, een zeer duidelijke en plotse overgang vormt met het Kempens plateau (Figuur 3). Tegen het einde van het Holstein interglacial bedroeg de insnijding al 40 m.

Ook tijdens de daarop volgende interglacialen zou de Maas zich verder gaan insnijden, waarbij ze zich geleidelijk oostwaarts ging verplaatsen. Dit staat echter in sterk contrast met de evolutie van de waterlopen in de rest van Laag- en Midden-België: hier gingen de rivieren immers door sedimentatie hun dalen gedeeltelijk op-

vullen, door het stijgen van het zeepeil waardoor verval en dus ook transportvermogen sterk verminderden. Hoe was dit te verklaren? De erosie in onze Maasvallei was alleen mogelijk wanneer er voldoende verval aanwezig bleef en dit was het gevolg van de sterke tectonische activiteit van de Roerdalslenk: alleen al tijdens het Holsteininterglaciaal, kwam er ten noorden van de Feldbissbundel een verzakking voor van bijna 20 m in het uiterste noordoosten van de provincie (zie Figuur 4).

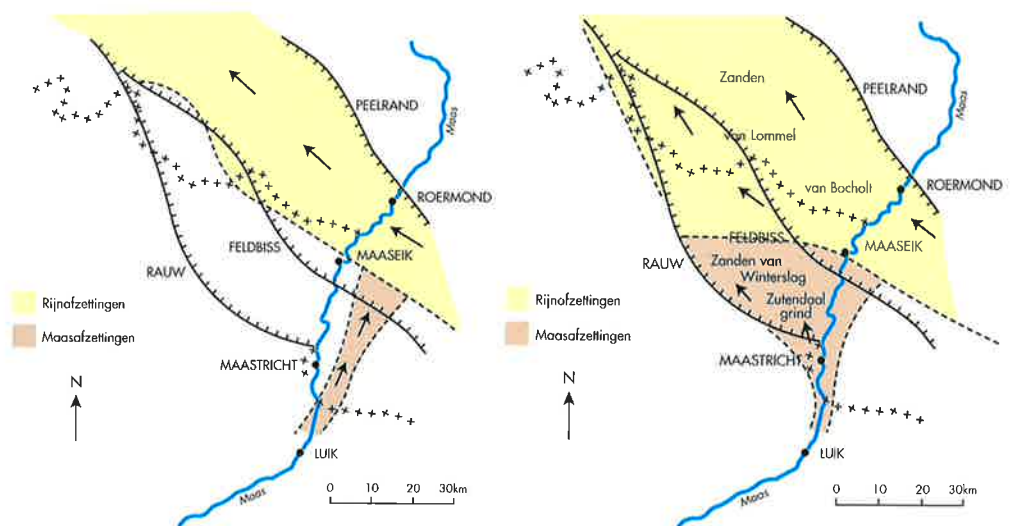
Tijdens het Saale-glaciaal daalde het zeeniveau met 130 m waarbij de kustnabije rivieren zich dieper konden insnijden. Deze versnelde insnijding is gerelateerd aan het uitschuren van het Kanaal en gebeurde voor het eerst tijdens het Elster. Hierdoor ontstond de Vlaamse Vallei, een brede depressie die zich 15 tot 20 m onder het huidige dalniveau bevond (as: Schelde - Rupel - Dijle - Demer - Nete....). Door rivier- en beekerosie, vanuit het Scheldebekken in de tertiaire zanden ten westen van de Breuk van Rauw, kenden West-Limburg en de Antwerpse Kempen een algemene verlaging van het reliëf, zodat de vroeger lagergelegen puinkegelvormige afzettingen van Maas en Rijn omgevormd werden tot een "uitstekend" laagplateau. Maar in onze Maasvallei zou er tijdens dit glaciaal opnieuw een grindpakket van enkele m dikte worden afgezet. Dit was enkel mogelijk doordat de nieuwe massale sedimentatie via een vlechtende Maas sterker was dan de erosie. Dit grindpakket vormt de grinden van Eisden-Lanklaar.

Daarop, tijdens het Eem-interglaciaal, kwam er weer een erosie voor van een tiental m. Dit was mogelijk door gebrek aan puinaanvoer van de Maas. Zo kwamen de grinden van het Saale-glaciaal hoger te liggen dan de vallei van het Eem en ontstond het terras van Eisden-Lanklaar.

Deze afwisseling van sedimentatie van grind tijdens de volgende glacialen en van erosie in de volgende interglacialen, zou nog een tweetal jongere terrassen doen ontstaan.

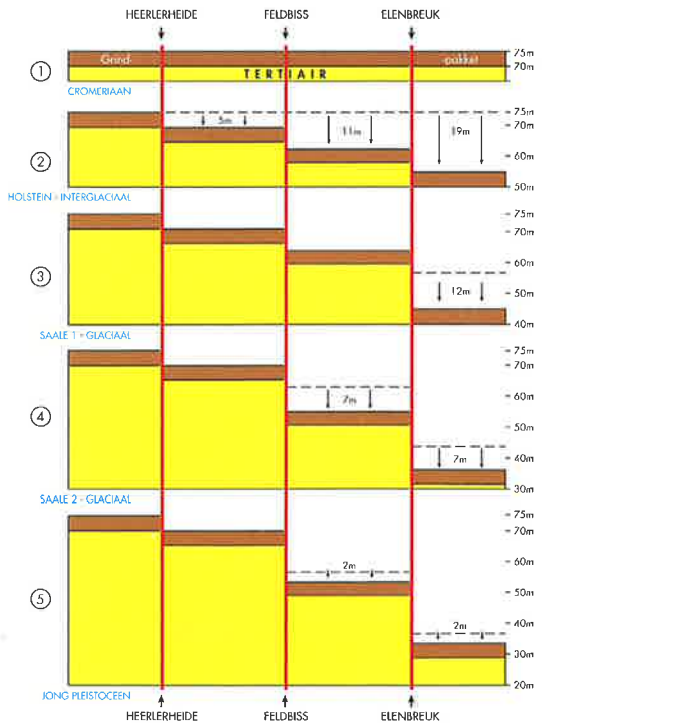
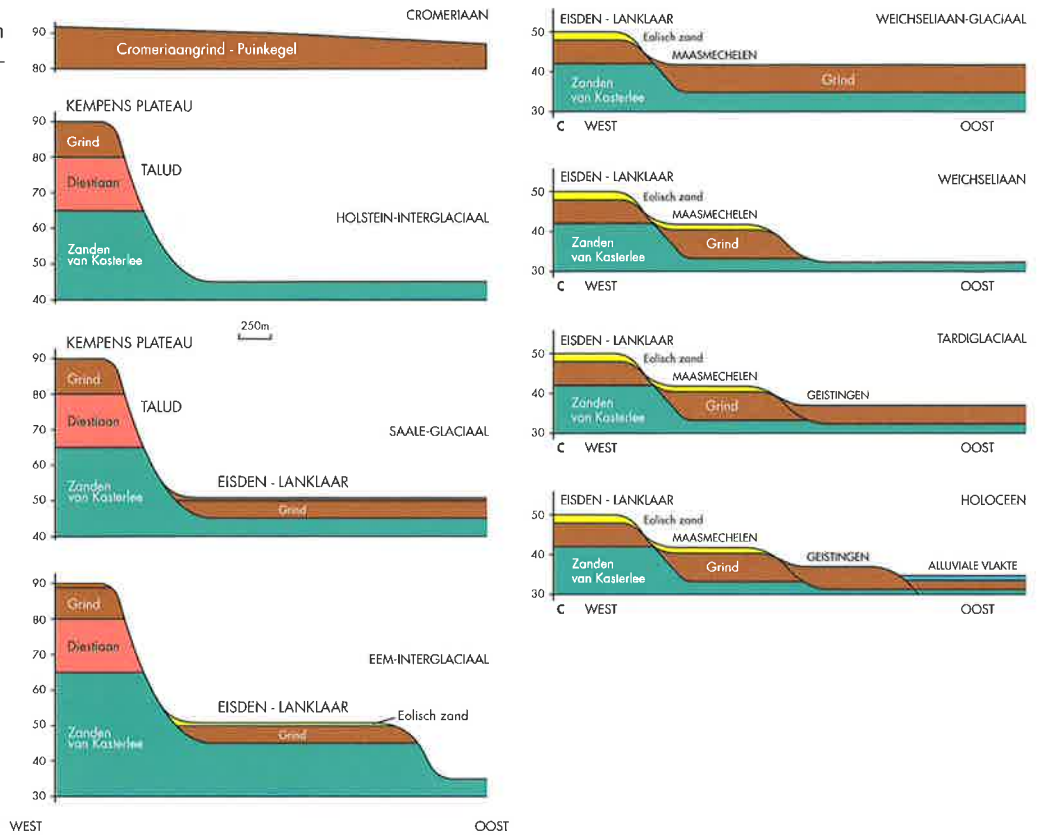
Tijdens het Weichselglaciaal werden de grinden van Maasmechelen afgezet die door latere erosie op de overgang naar het Laat Glaciaal het terras van Maasmechelen gingen vormen.

Figuur 2: Maas- en Rijnafzettingen in Belgisch Limburg tijdens het Pleistoceen. Links de toestand tijdens het Vroeg-Pleistoceen en rechts deze tijdens het Midden-Pleistoceen (naar Wouters & Vandeberghe, 1994)

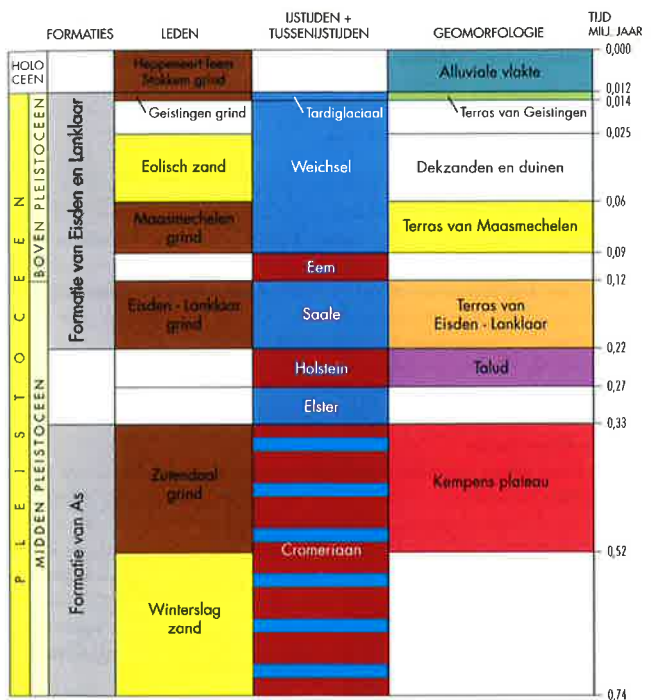


2. Het grind ontleed: samenstelling en herkomst van de stenen in het Maasgrind

Figuur 3: Schema van het ontstaan en van de evolutie van de Maasterassen in Limburg (overgenomen uit Janssen & Dreesen, 2010).



Figuur 4: Pleistocene verzakkingen langs de Feldbissbundelbreuken (overgenomen uit Janssen & Dreesen, 2010)



Figuur 5: Stratigrafische schaal van het Pleistoceen en geologische ouderdom van de Maasafzettingen in Belgisch Limburg (overgenomen uit Janssen & Dreesen, 2010). Het Cromeriaan omvat een afwisseling van kleinere ijstijden en tussenijstijden.

Tijdens het daarop volgende Tardiglaciaal werden de grinden van Geistingen afgezet die door erosie in het begin van het Holoceen, bleven uitsteken als het terras van Geistingen. (Figuur 3)

Methodologie

Vinden we het stroomgebied van de Maas weerspiegeld in de keien? Is er een verschil tussen de opeenvolgende terrassen, dat zou kunnen wijzen op verschillende erosieniveaus van oud naar jong? Dit is de vraagstelling waarop we met ons onderzoek proberen een antwoord te vinden. Het terreinwerk waarbij keien verzameld werden van de 5 sedimentatieterrassen van de Maas in Belgisch Limburg (Figuur 5: Hoogterras, Terras Eisden-Lanklaar, Terras van Maasmechelen, Terras van Geistingen, huidige alluviale vlakke) en de determinatie ervan, gebeurde tijdens de maandelijkse zaterdag-activiteit van GEOLIM (werkgroep Geologie van LIKONA) en vond plaats in de maanden april, mei en oktober van 2014 en maart en april van 2015).

Voor de bemonstering werden telkens 2 locaties gekozen per terras (Figuur 6). De werkwijze bij het verzamelen verliep overal identiek; per verzamelplaats werden er 3 tot 4 vierkanten afgebakend van 1 m² oppervlakte waarbinnen alle Maaskeien met een Ø van 2 tot 20 cm werden opgeraapt (Figuren 7-9)

Om statistisch correcte resultaten te bekomen waren er per vindplaats minstens 1000 keien nodig (dit aantal liep op sommige plaatsen zelfs iets hoger op). In de praktijk resulteerde dit in een 4-tal kisten gevuld met ± 40 kg keienmonsters. Na de verzamelklus werden de keien met borstel en water zuiver gemaakt (Figuur 10) zodat het determineren op een vlotte manier kon gebeuren. Indien er water nabij de vindplaats aanwezig was (Kikbeekgroeve, Maas) dan gebeurde dit ter plaatse; in het andere geval werden de keien onder

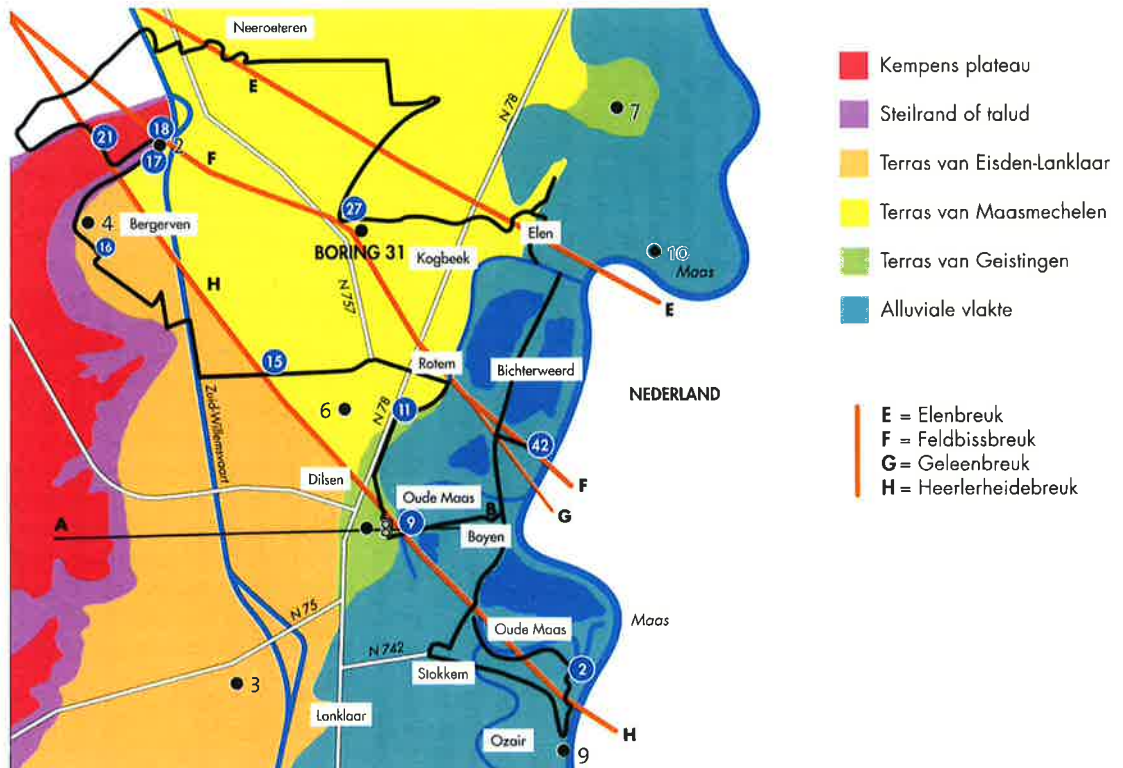
handen genomen in "De Wissen" in Stokkem of in het "PNC-Craevenenne". Nadien werden de keien gedetermineerd en gesorteerd (Figuur 11) waarbij er per soort nog onderscheid werd gemaakt tussen keien met een Ø > of < 6 cm. Tenslotte werden de keien per soort geteld en het aantal werd ingegeven in een Excel-bestand.

Samenstelling en herkomst van de stenen in het Maasgrind

Door de Maas werden tijdens de ijstijden enorme hoeveelheden puin aangevoerd uit stroomopwaarts gelegen regio's en de aldaar dagzomende geologische lagen. De oudste afzettingen van de Maas op het Kempisch Plateau (de Zanden van Winterslag en het Grind van Zutendaal) hebben geleid tot de vorming van een gigantische puinwaaivormige afzetting, die sterk opvalt op het digitaal hoogtemodel van Limburg (Figuur 12). Het totaal volume aan sedimenten (zand en grind) in deze puinwaaier - die de top uitmaakt van het Kempens Plateau en de ruggegraat van het Nationaal Park Hoge Kempen - wordt ruw geschat op ca. 7,5 km³ met een totale massa van ca. 10 miljard ton waarvan de helft als grind wordt ingeschat.

De verschillende soorten van gesteenten die we in deze puinwaaier en in de jongere rivierterrassen van de Maas aantreffen, komen allen uit het zuiden, meer bepaald uit de Vogezen, Lotharingen, de Ardennen, de Fagne-Famennestreek, de Condroz, de Hoge Venen, het Land van Herve en Haspengouw. Materiaal uit de Vogezen werd aangebracht door de Moezel waarvan de bovenloop aanvankelijk nog tot het stroomgebied van de Maas behoorde om later aangeapt (onthoofd) te worden door de Meurthe, die afwaterde naar de Rijn (zie verder).

Figuur 6: Quartair-geologisch kaartje van noordoostelijk Limburg met aanduiding van de verschillende Maasafzettingen en locatie van de bemonsteringsplaatsen (overgenomen uit Janssen & Dreesen, 2010) De zwarte kronkellijn komt overeen met het traject van de geologische riviersroute.





Figuur 7: Keien zoeken in het Grind van Zutendaal (Kikbeekgroeve, Opgrimbie) (Foto: R. Dreesen)



Figuur 8: Bemonstering van de huidige alluviale vlakte (Dilsen-Stokkem) (Foto: T. Di Pietrantonio)



Figuur 9: Inzameling van keien in het Grind van Eisden-Lanklaar (Foto: R. Dreesen)



Figuur 10: Wassen en schrobben van de keien (Foto: R. Dreesen)



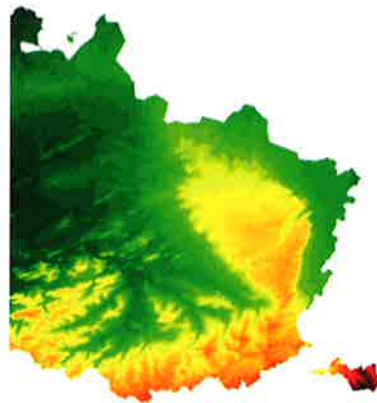
Figuur 11: Sorteren, determineren en tellen van de verzamelde keien (Foto: P. Di Pietrantonio)

De gesteenten die we aantreffen in de Maasafzettingen (Pleistocene terrassen en huidige alluviale vlakte) zijn quasi allemaal harde kwartsrijke gesteenten. Wanneer we het uitgestrekte stroomgebied van de Maas en de talrijke en gevarieerde geologische formaties die ze doorkruist bekijken, dan is het toch opvallend dat van veel voorkomende gesteentesoorten binnen haar stroomgebied zoals schiefers, mergels en kalkstenen, geen enkel spoor meer terug te vinden is in het door de Maas afgezette grind in Belgisch Limburg. Nochtans moeten de dagzomende of geërodeerde lagen uit het Mesozoïcum (bijvoorbeeld uit de verschillende Jurakalksteencuesta's in Lotharingen; Figuur 14-16) en uit het Paleozoïcum (schiefers, kalkschiefers en kalkstenen uit verschillende formaties van het Devon en het Carboon in het Anticlinorium¹ van de Ardennen, de Synclinoria van Dinant en Namen; Figuur 15) toch heel wat brokstukken hebben aangeleverd. Het ontbreken van dit soort van gesteenten is vermoedelijk te wijten aan hun relatieve zachtheid, broosheid of oplosbaarheid, en dit niet alleen vóór het transport (chemische en fysische verwerking), tijdens het transport (door vergruizing) maar eventueel ook na het transport, waarbij ze mogelijk in situ verder werden opgelost (door chemische verwerking) en

hierdoor volledig uit het rivierpuin zijn verdwenen. Deze oplossing gebeurde zeer waarschijnlijk tijdens warmere periodes tussen de ijstijden in (zgn. interglacialen en interstadialen) en is mogelijk het gevolg van pedologische processen, vooral in het herkomstgebied, niet alleen tijdens deze interstadialen maar ook vroeger al tijdens de lange warme continentale fasen van het Onder Krijt en het Mioceen. Voor de oudste terrassen van de Maas kan bodemvorming zeker ook hebben meegespeeld. Maar ook zeer micarrijke en relatief harde gesteenten, waaronder de karakteristieke Famenniaan-zandsteen en Carboonzandsteen en goed klievende gesteenten zoals leistenen en fyllieten uit het Cambrium en het Ordovicium, ontbreken quasi totaal in het Maaspuin. Zeer waarschijnlijk is dit ook het gevolg van mechanische verwerking tijdens het transport. Anderzijds is het meeste puin afkomstig van gebieden die het sterkst zijn opgeheven en die hierdoor ook het meest aan erosie waren blootgesteld (zoals de sterk opgerezen zones boven de opstijgende Eifel-Ardennen mantelpluim). Elders zijn het dan vooral de overdekkende Tertiaire lagen en de verweringszones (bijvoorbeeld boven de Famenniaan-zandstenen in de Condroz) die werden opgeruimd door de Maas en haar bijrivieren. Nochtans kunnen uitzonderlijk nog sporadisch kleine stukjes groene en paarse fylliet in Maas terrassen gevonden worden zoals blijkt uit onze recente grindtellingen (zie verder).

¹ Wat uitleg bij de structurele eenheden: een anticlinorium is een plooi-bundel in een koepelvormige structuur, een synclinorium een plooi-bundel in een bekkenvormige structuur. Het Synclinorium van Namen is echter sinds kort het "Brabant Parautochtoon" geworden en het Synclinorium van Dinant vormt nu samen met het Anticlinorium van de Ardennen, het "Ardenne Allochtoon" (Belanger et al, 2012).

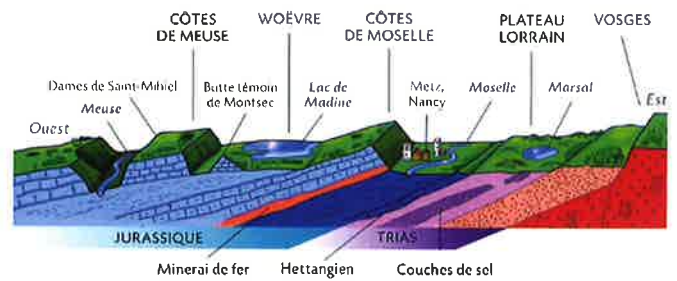
Figuur 12: Digitaal hoogtemodel van het oostelijk gedeelte van Vlaanderen met een opvallend ruitvormig patroon dat overeenkomt met de voormalige gigantische puinafzetting en het hoogterras van de Maas in Belgisch Limburg. Bron: AGIV



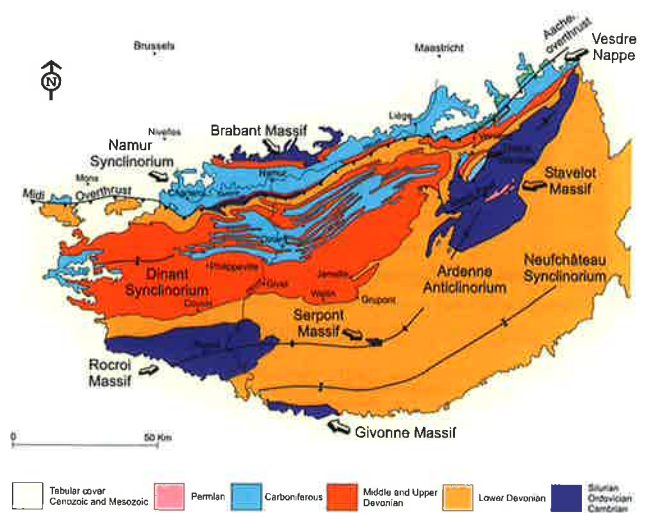
Figuur 13: Foto van een verwilderde smeltwaterriever als analoog voor de Maas tijdens de ijstijden. Nisqually rivier, Mount Rainier National Park, Washington, VS. Bron: http://en.wikipedia.org/wiki/Mount_Rainier#/media/File:Nisqually_River_near_Cougar_Rock_01.jpg

Verwilderde of vlechtende rivier

De Maasafzettingen zijn zeer heterogeen van samenstelling: ze zijn zeer slecht gesorteerd (d.w.z. ze bestaan uit verschillende korrelgrootteklassen) en ze bevatten zeer uiteenlopende gesteenten. Bijna alle korrelgrootten of fracties zijn in onze Maasafzettingen aanwezig: klei, silt, zand, grind, keien, stenen en blokken. Dit is een typisch kenmerk van ondiepe verwilderde of vlechtende rivieren, waarbij veel puinlading moet vervoerd worden door snelstromend water (Figuur 13). Dit staat in schril contrast met afzettingen van meanderende rivieren waar slechts weinig puin door traagstromende rivieren wordt vervoerd. Vlechtende rivieren komen voor op die plaatsen waar de hellingshoek van het terrein zo groot is dat het rivierwater snel kan stromen. Bij een klein verval kan er ook veel puin vervoerd worden als de debieten zeer hoog zijn. Vlechtende rivieren vindt men hoofdzakelijk terug in de lager gelegen delen van berggebieden en in de buurt van gletsjers. Ze worden daar gevormd omdat de hoeveelheid water zeer onregelmatig wordt aangevoerd en er veel puin en sediment geproduceerd wordt door het hoge erosietempo in die gebieden. De Maas was een vlechtende rivier tijdens de koude periodes van het Pleistoceen, als gevolg van de belangrijke smeltwaterdebieten en de grote puinlading die ze te vervoeren kreeg. Ze diepte haar dal uit in de Ardennen en stroomde in Luik aanvankelijk nog door Nederlands Limburg, richting Nederrijnslenk. Dit verklaart ook het voorkomen van de Hoogterrassen van de zgn. Oost-Maas in Nederlands Limburg (ouderdom eind Plio-



Figuur 14: West-oost doorsnede doorheen Lorraine (Frans Lotharingen) met weergave van de kalksteencuesta's (blauw) en andere geologische formaties (roze: Bontzandsteen uit het Trias; rood: graniet) die door de Maas en Moezel werden (en nog steeds) worden aangesneden. Bron: Univ. Metz-Nancy



Figuur 15: Geologische kaart van zuidelijk België (Ardennen) met aanduiding van de verschillende structurele eenheden (oude benamingen). Kaart overgenomen van Bultynck & Dejonghe 2001.

ceen - begin Pleistoceen) die we in Belgisch Limburg niet aantreffen. Kenmerkend hiervoor is het voorkomen van witte kwartskeien. Sporen hiervan vinden we ook nog stroomopwaarts terug in Wallonië (tussen Namen en Luik) op de linkeroever van de Maas, in de vorm van een dun terras van enkele km breed ("la trainée mosane" geheten of de zgn. "ONX-grinden" van de oude geologische kaart van België) waarin witte kwartskeitjes domineren en karakteristiek maar hoogst zelden keitjes van verkiezeld oölitische kalksteen uit de Jura voorkomen. Een tijdsequivalente afzetting hiervan in Noord-Limburg is de zgn. Kiezeloölietfomatie die bestaat uit grove zanden en kleine grinden, echter afgezet door de Rijn, waarvan de Maas toen een bijrivier was.

Stroomonthoofding

De Maas ontspringt in Noordoost-Frankrijk, aan de noordrand van het Plateau van Langres nabij het dorpje Pouilly-en-Bassigny. De Maas heeft een lengte van ca. 890 km en een stroomgebied van ca. 33.000 km². Geografisch wordt het huidige stroomgebied van de Maas onderverdeeld in: de Lotharingen-Maas (vanaf de bron tot Charleville), de Ardennen-Maas (Charleville tot Visé, juist onder Maastricht) en de Beneden-Maas (Visé tot de monding). Deze in-

deling toont een duidelijke overeenkomst met de geologische opbouw van het stroomgebied. In de loop van de geologische tijden gingen echter belangrijke gebieden van het stroomgebied verloren: zo mondde de Moezel oorspronkelijk bij Toul uit in de Maas, maar ging ze nadien naar de Rijn afwateren. Deze stroomonthoofding zou hebben plaatsgevonden in het Saalien I waarbij een zijriviertje van de Meurthe (de Terrouin) door terugschrijdende erosie de Moezel zou hebben aangetapt, waardoor deze niet langer in de Maas uitmondde maar een nieuwe weg zocht naar het oosten, richting Rijn (Figuur 17). Vanaf dat ogenblik kreeg de Maas geen puin meer aangeleverd vanuit de Vogezes. Maar ook ondergrondse karst en de opheffing van de Ardennen en de daarmee gepaard gaande langzame insnijding van de Maas, worden als bijkomende oorzaken genoemd. Een andere belangrijke stroomonthoofding vond plaats aan de westkant van het stroomgebied bij Stenay, waar de Aisne bij Semuy werd aangetapt door een zijriviertje van de Marne. De door stroomonthoofding verloren stroomgebieden staan met stippellijn aangeduid op Figuur 16.

Het gros van het Maaspuin dat in Belgisch Limburg werd afgezet bevat gesteenten die hoofdzakelijk uit het stroomgebied van de Ardennen-Maas afkomstig zijn. De Lotharingen-Maas, meer bepaald de Moezel, is slechts verantwoordelijk voor een zeer bescheiden bijdrage van hard materiaal dat hoofdzakelijk afkomstig is uit de Vogezes (zoals graniet, jaspis en Bontzandsteen). Tenslotte kunnen we ook aannemen dat de Visé-Maas (gezien de korte afstand tot het Kempens Plateau) slechts een beperkte bijdrage heeft geleverd aan het Maaspuin, in de vorm van vuursteen en "lydiët".

Korrelgrootten

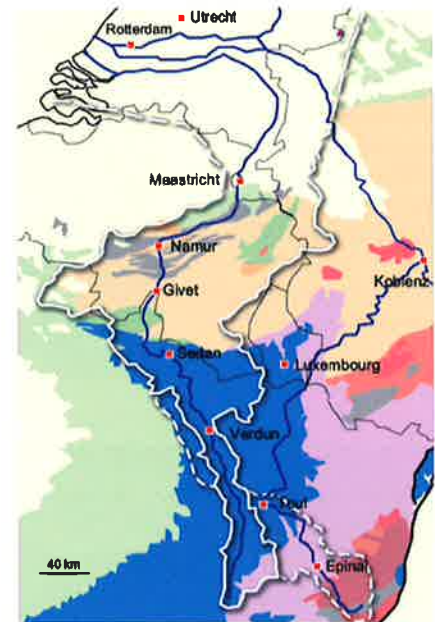
Het steenpuin in de verschillende Maasterrassen bestaat uit een mengsel van gerolde steenfragmenten met zeer diverse korrelgrootten (Figuur 18). Deze korrelgrootte is wel degelijk relevant en beïnvloedt mee de lithologische inhoud van een specifieke fractie (zie verder). Zo ligt het voor de hand dat conglomeraten zelden of nooit zullen teruggevonden worden in de grindfractie en in de nog kleinere korrelgroottefracties, omdat de grootte van de keien van deze conglomeraten gelijk is of zelfs groter dan deze van de grinden of van deze kleinere fracties. Anderzijds neemt het kwartsgehalte toe binnen de kleinere fracties, omdat dit mineraal mechanisch en chemisch gezien het meest weerstandbiedend is.

Ons onderzoek werd toegespitst op de fractie "zeer grof grind" en "stenen" waarvan de grootte ligt tussen 2 en 20 cm. Het historisch onderzoek van de Maasterrassen heeft zich eerder op de fijnere fracties toegelegd (microgrinden en zware mineralen in de zandfractie), omdat deze gemakkelijker te bemonsteren en mechanisch te analyseren zijn.

Ijsschotszwerfstenen

Bij de grindontginningen van de Maasterrassen werden - en worden nog steeds - sporadisch grote blokken tussen het grind aangetroffen met grootten van meer dan 1 m³. Ondanks recent onderzoek (De Brue et al, 2015) dat aantoont dat verplaatsing van dergelijke grote rotsblokken door zuiver hydraulisch transport kan worden verklaard, blijven wij bij de algemeen aanvaarde mening dat hiervoor toch eerder uitzonderlijke transportmechanismen nodig waren. De aanwezigheid van zulke grote blokken in het grind kan worden verklaard door het achtereenvolgens invriezen van de blokken in ijs,

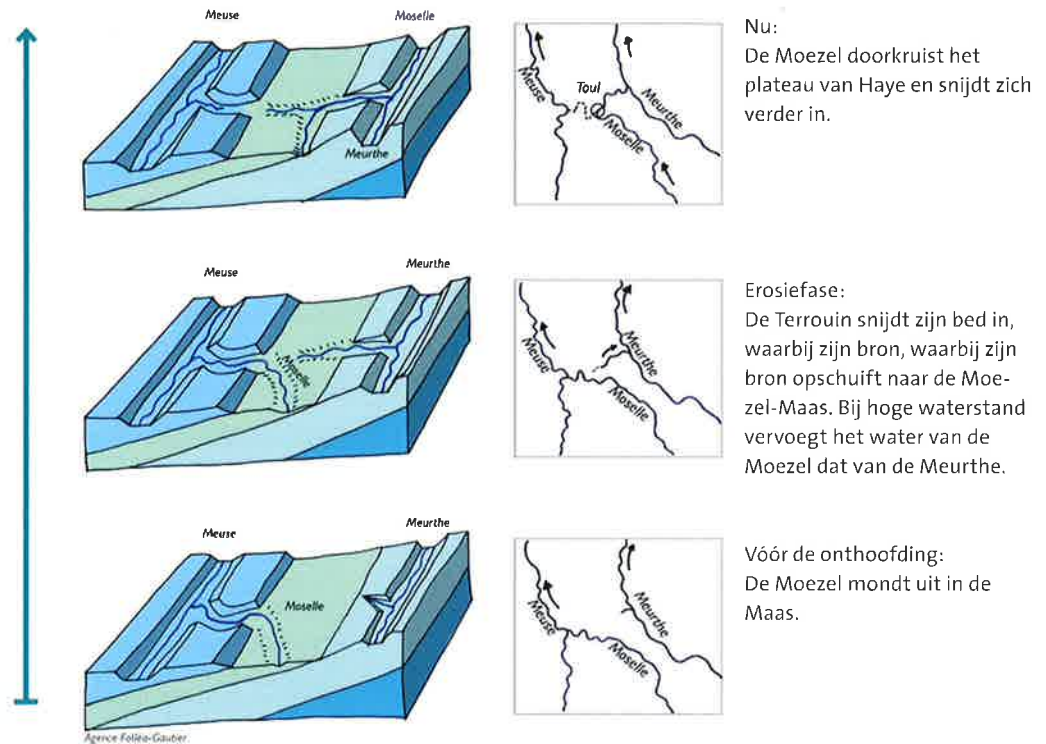
Figuur 16: Stroomgebied van de Maas en voormalige deelstroomgebieden die door stroomonthoofding verloren zijn gegaan (stippellijnen). Bron: Jagt et al (2010) getekend naar P. Bosch (1992). Legende van de kleuren van het geologisch kaartje: geel: Cenozoïcum (Tertiair); groen: Krijt; lichtbruin: Devoon; grijs: Carboon; donkergroen: Cambrium; paars: Trias; roze en rood: stollingsgesteenten (o.a. graniet)



het loskomen, opheffen ervan en het transport van de ingevroren blokken door drijvende ijsschotsen op smeltwater van de verwilderde Maas tijdens de zomers van de ijstijden. Voor deze blokken introduceren we een nieuwe term: "ijsschotszwerfstenen". Recente analogen hiervan werden beschreven uit het estuarium van de St-Lawrencerivier in Quebec, Canada (Dionne, 1972). Ze worden "blocs glaciels" (F), "ice-rafted boulders" (Eng.) of "Treibeis-Geschiebe" (D) genoemd, waarbij de term "glaciel" drijvend ijs betekent, ongeacht of dit in rivier-, meer of zeewater gebeurt. In het estuarium van de St-Lawrence rivier werden jaarlijkse verplaatsingen door ijsschotsen gemeten van 1 m tot maximaal 6 m, voor grote rotsblokken met een gewicht tussen de 4 en 6 ton (Dionne, 2003). De meeste van deze blokken zijn échte zwerfstenen die in recente perioden door ijsschotsen verder stroomafwaarts naar het estuarium zijn getransporteerd. In tegenstelling tot de conclusies van hoger genoemde Leuvense onderzoekers, kan het transport van grote blokken Reviniaankwartsiet (groter dan 50 cm) in het stroomgebied van de Amblève (Fond de Quarreux) in de huidige klimaatomstandigheden, volgens onderzoekers van de Universiteit Luik (Collard et al, 2012), onmogelijk door de loutere kracht van rivierwater verklaard worden. Voor deze auteurs gebeurde zulks eerder tijdens de twee koudste perioden van het Quartair in periglaciale condities (tijdens dooiperiodes) met behulp van ijsschotsen. Zo zou voor het transport van een kwartsietblok van 1 m³ een volume van 20 m³ ijs reeds voldoende zijn geweest. Voor een dikte van 10 cm ijs zou een ijsschots van 200 m² ruim voldoende zijn of een stuk ijs van 14,5 m x 14,5 m, hetgeen zeker kleiner is dan de gemiddelde breedte van de Amblève of de Maas.

De nieuwe term maakt het mogelijk om een onderscheid te maken met "échte" zwerfstenen, die een uitgesproken gletsjer origine hebben (zgn. "erratic boulders"; "blocs erratiques"; "Geschiebe"). Deze werden getransporteerd door landijs of gletsjertongen en werden na smelten en terugtrekken van het landijs, als keileem achtergelaten in morenes en stuwwallen, zoals bijvoorbeeld in Drenthe (Nederland). Onze ijsschotszwerfstenen bestaan uit verschillende gesteentesoorten, uit hetzelfde spectrum dat we hebben aange-

Figuur 17: Onthoofding van de Moezel door de Meurthe nabij Toul. Achtereenvolgende stadia, van onder naar boven. Bron: <http://vivresles-paysages.cg54.fr/les-paysages-et-l-eau,151.html>



Figuur 18: Wentworth-classificatie van de korrelgrootten van sedimenten. De ijsschotswervstenen zijn blokken terwijl de in onze studie onderzochte fracties behoren tot de zeer grove grinden en stenen.

CLASSIFICATIE	KORRELGROOTTE
Blok	Groter dan 256 mm
Steen	64-256 mm
Grind/Kei	4-64 mm
Microgrind of Granule	2-4 mm
Zeer grof zand	1-2 mm
Grof zand	0.5-1 mm
Middelmatig zand	0.25-0.5 mm
Fijn zand	0.125-0.25 mm
Zeer fijn zand	0.062-0.125 mm
Silt	0.004-0.062 mm
Klei	Kleiner dan 0.004mm

troffen in de steenfracties. Het verschil ligt hoofdzakelijk in het voorkomen van grote rotsblokken van erg verweringsgevoelige gesteenten, zoals fylloit ("kwartsofyllade" van de oude auteurs) en micrograniet ("porfiroïde"). Deze gesteenten zullen bij een klassiek fluviatiel transport uit het spectrum van de stenen en grinden verdwijnen, als gevolg van mechanische (en chemische) verwerking. Bovendien komen er binnen deze grote blokkenfractie ook nog zeldzame exemplaren van Tertiaire zoetwaterkwartsieten voor die we helemaal niet of zeer zeldzaam terugvinden binnen de stenen- of grove grindfracties. Dit materiaal is vermoedelijk nauwelijks of helemaal niet getransporteerd geworden. Een mooi voorbeeld hiervan kunnen we zien in Gelieren (Kattevennen, Genk) waar een 15-tal grote Bolderiaan zoetwaterkwartsieten (de grootste hiervan is 7 m³ groot!) in het Maasgrind zijn ingesloten (Dreesen & Duser, 2007; Van Uytven & Dreesen, 2014). Deze zoetwaterkwartsieten lagen allicht aan de oppervlakte in de Tertiaire schiervlakte: ze

Figuur 19: IJsschotswervstenen uit het Grind van Zutendaal in de Kikbeekgroeve, Oprimbie. Geologische rotstun met opstelling van de blokken volgens hun geologische ouderdom (zie legende). Steenblok n°4 werd inmiddels gestolen.



1. Cambrium (aderkwarts, kwartsiet, fylloit)
2. Siluur-Ordovicium? (micrograniet)
3. Devoon (zandsteen, conglomeraat)
4. Carboon (ftaniet)
5. Krijt (verkiezelde kalksteen, vuursteen)
6. Oligoceen-Mioceen (zoetwaterkwartsiet)
7. Pleistocen-Holoceen (ijzerzandsteen)

werden tijdens de ijstijden door de verwilderde Maas en haar puin overspoeld. Granieten en lydieten ontbreken ook volledig binnen deze grote blokken-fractie: de compartimentering door diaklazen, de aanzienlijke verweringsgevoeligheid van veldspaat en de lange transportafstand hebben allicht het bewaren van grote blokken in graniet belet. Een analoge redenering geldt voor lydiet waarbij de oorspronkelijke dikte van de lydietlagen blijkbaar te klein was om grote blokken te vormen.

Een mooie selectie van representatieve ijsschotswervfstenen is opgesteld in de Kikbeekgroeve in Opgrimbie (Figuur 19). Deze komen allen uit het Grind van Zutendaal en werden in 2004 door Sibelco ter beschikking gesteld voor de herinrichting van de voormalige grind- en zandgroeve. Ze staan ringvormig en in wijzerzin opgesteld in de Kikbeekgroeve, volgens afnemende geologische ouderdom (Dreesen et al, 2006).

Herkomst van het grove grind en van de stenenfractie

In de onderzochte fracties van de verschillende Maasterrassen en van de huidige alluviale vlakte van de Maas, werden verschillende gesteentesoorten met het blote oog en macroscopisch (met de loep) herkend. Ze worden hier achtereenvolgens kort beschreven.

Kwartsiet, aderkwarts en fyllet

Een belangrijk deel van het onderzochte puin bestaat uit fragmenten van zeer harde en zeer oude gesteenten die afkomstig zijn uit de oudste geologische eenheden (Caledonische massieven) van de Ardennen: het zijn metamorf geworden zandstenen of kwartsieten, waarbij de originele zandkorrels met de vinger niet langer worden gevoeld. Bovendien worden soms ook nog stukken van de veel zachtere - en hierdoor zeldzaam bewaarde - groene en paarse fylleten (metamorf geworden schalies en schiefers) met karakteristiek zijdeachtige glans, aangetroffen.

De kwartsieten variëren sterk van kleur en textuur: zo onderscheiden we donkergrijze, groene, blauwgrijze, bruingrijze en bleke kwartsieten, al dan niet met kwartsaders doorkruist (Figuur 20). Sommigen bevatten kleine kubusachtige putjes die getuigen van de vroegere aanwezigheid van blinkende goudgele pyrietkristallen, die inmiddels volledig zijn verweerd tot roest en uit de gesteenten zijn verdwenen. Deze karakteristieke kwartsiet wordt ook wel pyrietkwartsiet of Reviniaankwartsiet genoemd (Figuur 21).

De kwartsaders die de kwartsieten doorkruisen zijn soms zo dik dat ze aderkwartsrolkeien en grotere blokken aderkwarts kunnen vormen. Deze aderkwarts is opvallend door zijn uitgesproken melkwitte kleur en door de afwezigheid van een interne structuur (Figuur 22). Aderkwarts is een hydrothermale afzetting die bestaande rekspleten in tektonisch vervormde gesteenten met kwarts kristallen heeft opgevuld. Het is trouwens ook in deze kwartsaders dat er goud wordt aangetroffen, dat secundair wordt aangerijkt in rivierafzettingen. Ooit trokken de alluviale afzettingen van de Amblève en van haar zijriviertjes, heuse goudzoekers aan. Op het einde van de 19e eeuw is er zelfs sprake van een korte "goldrush", maar met 2,8 g goudschilfertjes per m³ riviersediment kan men nauwelijks spreken van rijke goudafzettingen. Daarom werd het vanaf 1920 verboden op industriële wijze nog naar goud te zoeken. Deze gesteenten behoren tot verschillende geologische formaties uit de Onder-Cambrium Deville Groep en de Midden- tot Boven-Cambrium Revin Groep, die zo'n slordige 500 miljoen jaar oud zijn. Deze gesteenten dagzomen in het Rocroi Massief en in het Stavelot Mas-

sief, die ofwel door de Maas zelf of door één van haar belangrijke bijrivieren (meer bepaald de Amblève) worden doorsneden.

Sporadisch worden in de grove grindfractie nog kleine stukjes van groene en paarse fyllet aangetroffen: deze zijn echter vrij zeldzaam (Figuur 23). Bovendien worden ook grote blokken (ijsschotswervfstenen) van donkergrijze kwartsofylladen (oude term voor een fyllet rijk aan hardere kwartsietlaagjes) tussen het grind aangetroffen. Fylleten kunnen tot dezelfde Cambrium formaties behoren maar het is ook mogelijk dat ze gedeeltelijk uit de jongere paarse en groene fylletformaties van het Ordovicium stammen (480-460 miljoen jaar oud), respectievelijk uit het Massief van Rocroi en uit de Zuidrand van het Massief van Stavelot.

Conglomeraat

Conglomeraten zijn in feite versteende grindafzettingen (Figuur 24). Ze komen in Zuid-België regelmatig voor aan de basis van transgressies zoals deze van het Onder-Devoon, vooral dan rond de hoger genoemde Caledonische massieven en deze van het Midden-Devoon, vaak aan de noord- en ooststrand van het Synclitorium van Dinant. Het zijn kustnabije of zelfs strandafzettingen. De rode kleur wordt veroorzaakt door hematiet, een verweringsmineraal (ijzeroxide) dat zich frequent vormt onder ariede omstandigheden (droog en warm zoals in een woestijnklimaat). Fijnkorrelige conglomeraten komen lokaal voor binnen het Namuriaan (Boven-Carboon). Door de korrelgrootte, de specifieke natuur van de keien en de dominante kleur van het bindmiddel kunnen karakteristieke soorten van conglomeraat onderscheiden worden. Zo is het conglomeraat van Fépin (basis van het Onder-Devoon in het Maasdal nabij Fépin) herkenbaar aan zijn grofkorrelig aspect met grote keien van kwartsiet, kwarts en fyllet. Het conglomeraat van Burnot (basis van het Eifeliaan = het vroegere Couviniaan) is goed herkenbaar aan zijn paarsrood bindmiddel en aan zijn bont aspect door verschillend gekleurde grove keien van kwarts, fyllet, kwartsiet en zwarte toermalijnkwartsiet. Dit gesteente is goed ontsloten in het Maasdal in de buurt van Burnot en Tailfer en in haar zijdalen zoals de Hoyoux. Het conglomeraat van Andenne (Midden-Namuriaan) tenslotte is een eerder fijnkorrelig conglomeraat bestaande uit millimetergrote stukjes witte kwarts of kwartsiet (dominant) en zwarte chert of ftaniet (ondergeschikt). Stukjes steenkool en sideriet komen hierin ook nog voor. Dit gesteente is ontsloten nabij Andenne in de buurt van Namen. Deze drie opvallende types van conglomeraat zijn allemaal aanwezig in de Maasgrinden, naast andere soorten.

Zandsteen

Zandsteenbanken zijn karakteristiek voor heel wat geologische formaties uit het Paleozoïcum van de Ardennen. De rode zandstenen zijn vooral typisch voor het Onder-Devoon (o.a. Formaties van Marteau en Oignies van Lochkovinaan ouderdom = het vroegere Gedinniaan) en voor sommige formaties van het Midden-Devoon (Formatie van Burnot, Eifeliaan ouderdom = het vroegere Couviniaan). Je hebt ze in alle korrelgrootten en alle tonaliteiten van rood (Figuur 25). Sommige van deze rode zandstenen kunnen grofkorrelig zijn en zijn hierdoor overgangsgesteenten met échte conglomeraten: we noemen ze daarom micro-conglomeratische zandsteen. Al deze rode zandstenen hebben een zelfde geografische verbreiding als de rode conglomeraten. Ze komen hoofdzakelijk voor aan de noordrand van het voormalige sedimentatiebekken, vlak aan of tegen de toenmalige kust aan de rand van het Oude Rode Conti-



Figuur 20: Kwartsiet met kwartsaders



Figuur 23: Groene fylloit



Figuur 26: Rode zandsteen uit de Vogezen (Grès à Voltzia)



Figuur 21: Reviniaankwartsiet of pyrietkwartsiet (met kubische holten ontstaan na verwerking van de pyrietkristallen)



Figuur 24: Diverse soorten van conglomeraat



Figuur 27: Arkosische zandsteen (pokdalig aspect door verweerde en inmiddels verdwenen veldspaatkorrels) (Foto's: R. Croes)



Figuur 22: Aderkwarts



Figuur 25: Rode zandsteen

nent, hetgeen dan ook hun karakteristieke rode kleur verklaart. Verderop in zee, richting zuiden, verdwijnt de rode kleur en worden de sedimenten vaak fijnkorreliger. Bepaalde rode zandstenen vertonen een karakteristiek bont aspect door de aanwezigheid van blekere banden of vlekken (Figuur 26). Dit zijn waarschijnlijk zandstenen die behoren tot de groep van de Bontzandsteen. Deze zijn geologisch echter veel jonger dan de rode Devoonzandstenen uit de Ardennen en hebben een totaal ander herkomstgebied. Ze zijn van Onder-Trias ouderdom en ze zijn afkomstig uit het stroomgebied van de Boven-Moezel, in de randzone van de Vogezen. Dit soort zandsteen is ook gekend als "Grès à Voltzia", zo genoemd naar de karakteristieke fossiele conifeer Voltzia. Behalve deze rode zandstenen komen er ook diverse soorten van fijnkorrelige en middelmatig gekorrelde blekere zandstenen voor. Deze zijn variërend van kleur - grijs, groen, bruin met alle overgangen en intensiteiten - en kunnen soms veldspaat bevatten (dit is dan arkosische zandsteen). Arkosische zandsteen is herkenbaar aan zijn "pokdalig" aspect, nl. door de aanwezigheid van minuscule "putjes" tussen de kwartskorrels ontstaan door de verwerking van veldspaatkorrels (Figuur 27). Dergelijke bleke (niet-rode) zandstenen komen frequent voor binnen geologische formaties (van verschillende ouderdom) binnen het Devoon van

de Ardennen. In tegenstelling tot de rode conglomeraten en rode zandstenen, hebben deze zandstenen een eerder distaal karakter, d.w.z. dat ze niet zo kort aan het strand maar verder in zee werden afgezet. Ze zijn dus karakteristiek voor de meer zuidelijke voorkomens van de verschillende Devoonformaties in onze Ardennen.

Vuursteen

Een ander frequent voorkomend kiezelrijk gesteente binnen de Maasafzettingen is vuursteen of silex. Deze vuursteen komt voor in verschillende gedaanten en in verschillende kleuren: als onregelmatige (hoekige) steen of als mooi afgeronde kei, zwart, donkergrijs, bleekgrijs of caramellekleurig. Soms vinden we hierin ook fossielen zoals steenkernen van zeeëgels terug (Figuur 28). Vuursteen is geologisch en sedimentologisch innig geassocieerd met wit krijt (Formatie van Gulpen) en met geel korrelkrijt (Formatie van Maas-tricht), die beide van Boven-Krijt ouderdom zijn. Deze gesteenten komen voor in Haspengouw, het Mergelland en het Land van Herve én als vuursteeneluvium op de Hoge Venen. Uit deze krijtgesteenten verwerken de onregelmatige vuursteenknollen of stukken vuursteenbanken, tot hoekige vuursteen. Een belangrijke natuurlijke

concentratie van dergelijke vuursteen is het zgn. vuursteeneluvium, dat over een groot stuk van Zuid-Limburg (Haspengouw en de Voerstreek) onder het leemdek ligt. Vuursteen uit eluvium is vaak caramelpbruin gekleurd door het jarenlange contact met de residuele bruine leem of klei (Figuur 29). Dit vuursteeneluvium is het resultaat van het chemisch oplossen van het omhullende krijt zodat het vrijliggend beschikbaar was voor transport door de Maas. Opmerkelijk binnen het Maasgrind is tevens het voorkomen van stukken van een wit tot lichtgeel, zeer licht en poreus gesteente, dat een overgangsstadium vertegenwoordigt tussen krijt en vuursteen: dit is het zgn. verkiezelde krijt. Blauwgrijze ronde vuursteenkeien ("eitjes") van meerdere cm (Figuur 30), komen regelmatig voor aan de basis van de opeenvolgende Tertiaire zand- of kleilagen in de Haspengouwse ondergrond. Het zijn in feite oude strandafzettingen bestaande uit vuursteenrolkeien die werden gevormd tijdens het Tertiair aan de voet van krijtkliffen waarin vuursteenbanken voorkwamen (zoals aan de huidige kusten van Normandië). Dergelijke laagjes met vuursteen rolkeien zijn indicaties voor zeespiegelchommelingen tijdens de verschillende etages van het Tertiair (transgressies of regressies). Bovendien vinden we belangrijke concentraties van vuursteen rolkeien terug aan de basis van het Quartair, in de vorm van een zgn. residueel basisgrind. Dit is een fysisch bewijs (stille getuige) van de verschillende opeenvolgende Tertiaire zandlagen die vóór de afzetting van de Quartairleem, werden geërodeerd en weggespoeld, zodat de rolkeien nogmaals door de Maas konden worden vervoerd.

Ftaniet ("lydiet")

Een gemakkelijk herkenbaar gesteente is ftaniet. Dit gesteente komt voor als kleine tabletvormige of balkvormige stenen van een donkergrijs tot meestal zwart kiezelzuurrijk hard gesteente. In de populaire literatuur worden ze soms ook toetsstenen genoemd, verwijzend naar het gebruik ervan bij de controle van de echtheid van goud. Vaak is dit zwarte gesteente fijn geband of fijn gelamineerd. Sommige stukken bevatten zelfs afdrucken van fossielen, zoals crinoiden (stengels van zeelelies). Regelmatig wordt in de literatuur, de term "lydiet" voor dit gesteente gebruikt. Karakteristiek is het voorkomen van zeer fijne kwartsadertjes loodrecht op de gelaagdheid. Het zijn in feite verkiezelde kalkstenen die afkomstig zijn uit de toplagen van het Onder-Carboon (Boven-Viseaan) en de basislagen van het Boven-Carboon (Namuriaan): formaties van Souvré (buurt van Visé) en van Chokier (buurt van Andenne). Ftaniet is een fijnkorrelig zwart koolstofrijk biosilica-rijk gesteente (rijk aan sponsnaalden) dat inderdaad sterk op chert of vuursteen lijkt. Door verwerking van het koolstof verkleuren de ftanieten naar lichtgrijs of zelfs wit (Figuur 31). Chert is echter zelden tablettachtig van vorm en breekt ook niet volgens een gelaagdheid maar eerder volgens een schelpachtige breuk. Door hun geringe dikte en het voorkomen van diaklazen loodrecht op de gelaagdheid zullen de ftanieten meestal relatief kleine keien of stenen leveren. De ftanieten die we in ons Maasgrind aantreffen zijn afkomstig uit de buurt van Andenne of uit de verkiezelde toplagen van de Viseaan-kalkstenen ten zuiden van Visé. Ze vormen de eerste afzettingen van het Namuriaan die langzaam het karstlandschap bedekten dat ontstond bovenop de Viseaan-kalkstenen bij de zeespiegeldaling op het einde van het Viseaan (Dusar, 2006). Lydiet s.s. is een soort van radiolriet of een gesteente dat volledig is opgebouwd uit de kiezelskeletdeeltjes van radiolariën en vaak als een diepmariene afzetting wordt beschouwd en macroscopisch moeilijk van ftaniet kan worden onderscheiden.

Stollingsgesteenten

Stollingsgesteenten zijn zeldzaam in de Maasafzettingen: we vinden ze sporadisch terug in de grove grindfractie, meestal als grote plaatvormige rotsblokken (ijsschotszwerfstenen).

Een karakteristieke soort die we vrij zelden onder de vorm van keien of stenen aantreffen maar wel als grote rotsblokken, is granietporfier (ook nog "porfiroide van Mairupt" genoemd, Denaeyer & Mortelmans, 1954). Het gesteente is in verse toestand blauwig grijs tot licht groenig grijs en aan de buitenkant geel tot grijsgeel van kleur (= verweringskleur). Een groot exemplaar staat opgesteld in de inkomhal van het hoofdkwartier van het Regionaal Landschap Kempen en Maasland in Genk. Kleine rolkeien van granietporfier zijn volledig bleek verweerd (Figuur 32), terwijl bij grotere exemplaren de kernen van de steen nog blauwig grijs zijn (Figuur 33). Het is een gesteente met een porfierachtige textuur, d.w.z. het bevat een fijnkorrelige donkere dichte grondmassa met hierin verpreid grote witgele veldspaatkristallen en glazige blauwe kwartskristallen (dit zijn zgn. fenokristen of eerstelingen, verwijzend naar de eerste kristallen die in het afkoelend magma uitkristalliseerden). Sommige van deze veldspaatkristallen kunnen vrij groot worden (tot verschillende cm groot). Dit gesteente is een ganggesteente dat in de vorm van smalle intrusies of gangen (ook dykes genoemd; breedte 0,5 m tot 10 m) voorkomt in Cambrium gesteenten (kwartsieten en fylleten) van het Massief van Rocroi, tussen Revin en Monthermé. De geologische ouderdom van deze intrusies is nog onduidelijk. In ontsluiting komen deze porfiergangen vaak samen voor met donkergroene diabaasgangen. Diabaas (doleriet) is een hard ganggesteente (met de samenstelling van gabbro) bestaande uit zeer kleine kristallen ("latjes") van plagioklaas samen met hoornblende, chloriet en epidoot. Een 7 m dikke diabaasgang is bekend uit de groeve van Grande Commune (Monthermé) in het Massief van Rocroi. Diabaas werd sporadisch teruggevonden in de vorm van een grote ijsschotszwerfsteen én als zeldzame rolkei in het Maasgrind van Belgisch Limburg (telkens in de afzettingen van de alluviale vlakte). Een groot blok donkergroene diabaas bevindt zich in het monument van de Maaswerken te Herbricht. In de jongere Hoog- en Midden-terrassen van Zuid-Limburg (Nederland) blijken deze porfiroïden en diabazen vrij frequent voor te komen, meestal als platte blokken met een lengte tot 1,80 m (voor porfiroïde) en 1,50 m (voor diabaas) (Bosch, 1974). In ons huidige grindonderzoek werd diabaas tot nog toe nog niet aangetroffen.

Een interessant stollingsgesteente dat in het Maasgrind wordt aangetroffen, is graniet. Hierbij kunnen verschillende types van graniet voorkomen maar extra petrografisch onderzoek is hier nog aangewezen willen we de juiste geografische en geologische herkomst nauwkeuriger identificeren. Het graniet komt voor in de vorm van grove grindjes: goed afgeronde keien van een grijs tot lichtroze, fijnkorrelig tot middelmatig gekorrelde graniet (Figuur 34), dat allicht afkomstig is uit de granietmassieven van de Vogezen. Verschillende types van granieten werden door P. Bosch (1992) uit de Maasafzettingen van Nederlands-Limburg beschreven, op basis van vergelijkend onderzoek met monsters uit de Vogezen: ze komen alle uit het kristallijne massief van de Vogezen en zijn overwegend van Carboon ouderdom.

Een zeldzaam, maar door verzamelaars zeer gezochte en geliefde rolsteen in het Maasgrind is jaspis of rode ijzerkiezel (Figuur 35). Dit is een bloedrood tot bruinrood gekleurd kiezelzuur (chaledoon) en halfedelsteen, die vaak voorkomt in breukzones bijvoorbeeld in gra-



Figuur 28: Vuursteen - verkiezelde zee-egel



Figuur 29: Onregelmatige vuursteen (uit het vuursteeneluvium)



Figuur 30: Vuursteenrolkeien (afkomstig uit basisgrindjes van het Tertiair)



Figuur 31: Zwarte ftaniet (kleurverschillen door vertering)



Figuur 32: Verweerde granietporfier



Figuur 33: Detailfoto van het ruwe oppervlak van een niet-verweerde granietporfier (crèmekleurige prismatische veldspaatkristallen en blauwachtige glazige kwarts kristallen)



Figuur 34: Rolkeien van graniet (diverse soorten)



Figuur 35: jaspis (Foto's: R. Croes; NPHK (enkel 28))

nietmassieven en allicht ook uit de Vogezen afkomstig is. Met de loupe kan je soms nog de breccie-achtige textuur en/of de typische chalcidoonbanding herkennen. De jaspis-rolkeitjes in Zuid-Nederland blijken hoofdzakelijk uit het vulkanische Lahn-Dill gebied te komen en door de Rijn getransporteerd te zijn.

Grindtellingen en hun mogelijke interpretatie

Uiteindelijk werden er door de leden van de Werkgroep Geologie meer dan 11.000 "keien" (grove grinden en stenen) geteld die op statistisch verantwoorde systematische wijze, uit de Maasterrassen en de recente alluviale vlakte van de Maas werden verzameld. De tellingen per gesteentesoort lieten toe de grindsamenstelling van de verschillende Maasafzettingen statistisch te verwerken: hiervoor verwijzen we naar de bijgevoegde tabellen. De exacte loca-

tie van de bemonsteringen (coördinaten en hoogte) zijn hieronder weergegeven

Hoogterras

1. Kikbeekgroeve (Opgrimbie)
50°57'19.06" N. 5°37'50.41" E. 69 m.
2. Feldbissbreuk te Berg (Neeroeteren)
51°04'41.01" N. 5°41'30.90" E. 63 m

Terras Eisden-Lanklaar

3. Teutelberg (Lanklaar)
51°00'37.00" N. 5°41'28.75" E. 43 m
4. Bergerven (Maaseik)
51°04'01.02" N 5°41'49.35" E. 36 m

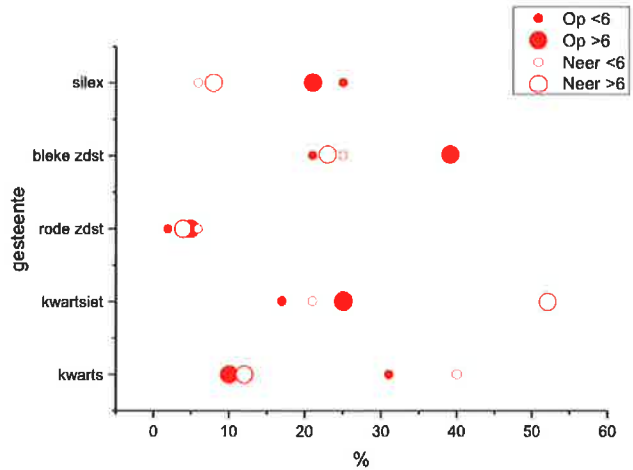
Terras Maasmechelen

5. Grafheuvelstraat (Mechelen aan de Maas)
50°57'31.17" N. 5°40'51.84" E. 41 m

6. Allemansweg (Rotem)
51°02'57.54" N 5°43'28.96" E 34 m
- Terras Geistingen
7. Heppeneert (Maaseik)
51°04'41.94" N. 5°47'02.61" E. 29 m
8. Oud-Dilsen (Dilsen)
51°02'02.00" N. 5°46'56.47" E 34 m
- Alluviale vlakte
9. Groeskens (Stokkem)
51°00'53.82" N. 5°46'05.53" E. 32 m
10. Elerwert (Elen)
51° 03'44.14" N 5° 46' 20.62" E 29 m

Opmerkelijk is dat binnen de verzamelde fractie van 2-20 cm in vrijwel alle bemonsteringlocaties, ongeveer 80% uit grove grinden bestaat (fractie 2-6 cm) en slechts 20% uit stenen (fractie 6-20 cm). Op basis van de tellingen kunnen een aantal interessante tendensen of trends afgeleid worden, zeker wanneer we de verschillende afzettingen met elkaar vergelijken, en dit van oud naar jong (van hoog naar laag):

- Er zijn duidelijke verschillen in aantallen gesteentesoorten tussen de verschillende bemonsterde terrassen en de alluviale vlakte. Deze verschillen worden hieronder verder kort toegelicht. Anderzijds zijn er ook (weliswaar kleinere) verschillen voor de diverse steensoorten waarneembaar tussen verschillende locaties van éénzelfde terras of afzetting (zie Figuur 36). Verder onderzoek is hier zeker aanbevolen om uit te maken welke de invloed is van de exacte bemonsteringsplaats, bijvoorbeeld aan de top, in het midden of aan de basis van de bewuste grindafzetting.
- Het gehalte kwartsiet (alle kwartsietsoorten samen genomen) schommelt tussen 20% en 34%, waarbij het gehalte aan pyrietkwartsiet nauwelijks varieert (3% tot 5%).
- Geleidelijke afname van het aderkwartsgehalte (van meer dan 30% in het Hoogterras tot nog slechts 16% in het terras van Geistingen en de alluviale vlakte).
- Afname tot het bijna volledig verdwijnen de vuursteenrolkeien (nog 1,6% in het Hoogterras en amper 0,1 in de jongere afzettingen).
- Het totaal percentage aan vuursteen daalt plots in de recente alluviale vlakte: van 15-21% in de terrassen tot slechts 9%.
- Het percentage rode zandsteen neemt duidelijk af ten voordele van dit van de bleke zandsteen (en arkosiche zandsteen): rode zandsteen vermindert van 5-10% in de oudere Maasterrassen tot nauwelijks 1% in het terras van Geistingen en de alluviale vlakte. Gelijktijdig neemt het percentage aan bleke zandsteen toe van 15-25% in de oudste terrassen tot 35% in de alluviale vlakte.
- Het percentage conglomeraat blijft laag in alle terrassen: 0,5-1%.
- De zeldzame grindjes van graniet en jaspis uit de oudere terrassen verdwijnen quasi volledig met het terras van Geistingen en jongere afzettingen.
- Het gehalte aan lydiet is het hoogst in het terras van Eisdan-Lanklaar (3%), in alle andere afzettingen bedraagt dit amper 1%.
- De alluviale vlakte is heterogeen in samenstelling omdat er geen verse aanvoer door glaciatie plaatsvond maar slechts herwerking van het beddingsediment.
- Fragmenten van groene en paarse fylliet zijn in deze korrelgrootteklasse heel uitzonderlijk, evenals fragmenten van granietporfier en diabaas.



Figuur 36: Vergelijking tussen de tellingen van éénzelfde terras op verschillende locaties: Opgrimbe (Op) versus Neeroeteren (Neer): kwarts- en rode zandsteengehalten zijn quasi identiek, verschillende gehalten zijn herkenbaar voor vuursteen, bleke zandsteen en kwartsiet. De grootste verschillen zijn merkbaar binnen de populaties van de grote keien (> 6 cm).

De waargenomen verschillen tussen de terrassen en de alluviale vlakte onderling hebben uiteraard te maken met veranderingen in het stroomgebied van de Maas en van de insnijdingssnelheid. De verschillen tussen de locaties binnen éénzelfde afzetting hebben te maken met de natuur van de afzetting, nl. deze van een verwilderd riviersysteem.

In de warme continentale periodes van het Krijt en het Tertiair gebeurde er een intense chemische verwerking van het substraat waardoor er aan de oppervlakte (de schiervlakte) alleen nog de meest weerstandbiedende gesteenten overbleven, waaronder vooral kwarts. Dit kwarts was dus een residueel grind dat bij insnijding door de Maas het eerst als transportlading aan de beurt kwam en hierdoor in grotere hoeveelheden in de oudste terrassen wordt aangetroffen. Tijdens de vorming van de jongere Maasterrassen worden andere gesteenten aangesneden en aangevoerd, zodat het relatieve gehalte kwarts in de rivierafzettingen systematisch gaat dalen.

Het verdwijnen van de vuursteenrolkeien heeft te maken met de geleidelijke insnijding van de Maas: na het doorsnijden van de Tertiaire afzettingen (waarin regelmatig dunne laagjes rolkeien voorkomen) kwam de Maas terecht in diepere en oudere geologische lagen van het Mesozoïcum (Haspengouw) en vooral van het Paleozoïcum (Ardennen).

De daling van het percentage rode zandsteen en de gelijktijdige toename van het percentage blekere zandsteensoorten, heeft allicht te maken met terugschrijdende erosie van de Maas en van haar bijrivieren. Rode zandsteen komt vooral voor aan de noordelijke en oostelijke rand van de Ardennen terwijl de meer zuidelijk en "centraal" gelegen en tijdsequivalente (= van dezelfde ouderdom) blekere zandsteenlagen pas later zullen worden aangesneden door terugschrijdende erosie van de diverse bijrivieren van de Maas.

Het verdwijnen van graniet en jaspis is gebonden aan de hoger vermelde stroom-onthoofding waarbij de Moezel als bijrivier van de Maas is verdwenen en hiermee gepaard ook de toelevering van gesteenten uit de Vogezen. Dat er toch sporadisch nog keitjes graniet en jaspis in de jongere terrassen opduiken, is te wijten aan het herwerken van oudere Maasafzettingen door de Maas.

Fysisch verweringsgevoelige metamorfe gesteenten, zoals fyllicomen nauwelijks voor in de fijnere grindklassen. Deze gesteenten komen wel voor onder de vorm van blokken, waarbij uitzonderlijke transportmechanismen zoals ijsschotsen worden verondersteld. Stollingsgesteenten zoals granietporfier en diabaas, stellen volumetrisch in feite relatief weinig voor in hun herkomstgebied (het zijn zeer dunne laagvormige intrusies). Ze komen ook nauwelijks voor binnen de fijnere fracties van het grind. Hun relatief dichte en fijnkorrelige textuur echter en de afwezigheid van een druksplijting (in tegenstelling tot bijvoorbeeld schiefers en fyllicomen) zorgen er wel voor dat de blokken niet verkleinen en dat ze sporadisch, door uitzonderlijk transport op ijsschotsen, tot in Limburg zijn geraakt.

Vroegere grindstudies

In het verleden zijn de afzettingen op het Kempisch Plateau voornamelijk onderzocht geworden op grindsamenstelling. Maar ook analyses van de lichte en de zware mineralen uitgevoerd op de zandfracties, werden op materiaal van het Kempisch Plateau en van andere Maasafzettingen uitgevoerd. Deze laatste zandanalyses worden hier niet besproken.

G. Dewalque (1868) vond in de buurt van Maastricht een tweetal granieten in het Maasgrind, die hij met zekerheid afkomstig achtte uit de Vogezen. Een uitgebreide gesteentenlijst uit de Maasgrinden werd voor het eerst gepubliceerd door A. Erens (1889) waarin hij niet alleen aandacht besteedde aan de kristallijne gesteenten, maar ook uitgebreid inging op de sedimentaire en metamorfe gesteenten afkomstig uit de Ardennen, die door onze Nederlandse collega's zuidelijke zwerfstenen worden genoemd.

Baanbrekend werk met betrekking tot de Maasafzettingen in Zuid-Limburg en de herkomstgebieden van de Maasgesteenten werd uitgevoerd door Van Straaten (1946). Hij publiceerde ook de eerste gedetailleerde kaart van de Maasafzettingen van Zuid-Limburg. Deze was gebaseerd op een onderzoek van het grind (hoofdzakelijk grof zand en fijn grind: 1,5 - 3 cm) waarbij hij een nieuw kwantitatief criterium introduceerde, nl. de kwartswaarde of de verhouding "kwartsgroep" tot de som van de "kwartsgroep" en de "zandsteengroep". Tot de kwartsgroep behoren aderkwarts en metamorfe kwarts, tot de zandsteengroep zandsteen, arkose en kwartsiet. De hoogste kwartswaarden vond hij in de oudste terrassen (gemiddeld 75) terwijl de laagste waarden voorkwamen binnen

de alluviale vlakte (gemiddeld 20). Een uitgebreide gesteentenlijst, gebaseerd op petrologisch onderzoek, vervulde deze publicatie (totaal 105 gesteentensoorten). Hiermee kon hij vrij goed de diverse hoog-, midden- en laagterrassen lithologisch en kwalitatief van elkaar onderscheiden en het bestaan van 12 terrassen in Zuid-Limburg, zoals voorgesteld door Brueren, bevestigen.

Wirix (1960) onderzocht in het kader van zijn licentiaatsthesis grinden op het Kempisch Plateau. Hij onderzocht telkens slechts 300 grinden per monster. De variatie binnen de groeves is variabel. Globaal onderscheidt hij twee trends. Vooreerst daalt de korrelgrootte in noordelijke richting, anderzijds stijgt het gehalte aan kwarts in dezelfde richting. De grofheid van de afzettingen in het zuiden (grove grinden) zou te wijten zijn aan de puinkegelnatuur van de sedimenten aldaar terwijl de verfijning naar het noorden toe te maken zou hebben met Rijninvloed. Tenslotte blijkt de Rijn-Maas-grens niet samen te vallen voor grind en zand. Het is duidelijk dat veel parameters intens met elkaar gelinkt zijn.

In een geomorfologische studie van de NO-wand van het Kempisch Plateau komt Paredis (1968) bij het grindonderzoek tot een aantal andere conclusies. Vooreerst telt Paredis 700 in plaats van 300 grinden per monster. Zo krijgt hij een standaarddeviatie die kleiner is dan 1%, terwijl die rond de 15% schommelt indien men slechts 300 grinden telt. Het kwartsgehalte stijgt bij dalende korrelgroottes binnen één enkele groeve, maar over het gehele Kempisch Plateau bekeken zou het kwartspercentage overal rond de 40% schommelen (grindfractie tussen 4 en 8 mm).

Door Zonneveld (1974) en latere Nederlandse auteurs (Felder et al, 1998) worden in Zuid-Limburg de Maasafzettingen in 15 verschillende eenheden (terrassen) onderverdeeld, al wordt dit momenteel in vraag gesteld. Aan de hand van de terrasbasis en de grindsamenstelling (voornamelijk dan het kwartsgehalte) blijken deze eenheden van elkaar te kunnen worden onderscheiden. Zo liggen de oudste afzettingen van de Maas (Oostmaasafzettingen van Kosberg) in de omgeving van Epen op een hoogte van ca. 190 m +NAP terwijl de grindafzettingen in het huidige Maasdal bij Maastricht op ca. 36 m +NAP zijn gelegen.

Onderzoek van de grindfractie 5-20 mm (300 exemplaren) van de afzettingen van de St.Pietersberg (vermoedelijk equivalent van ons Hoogterras of het Grind van Zutendaal) leverde bijvoorbeeld de volgende gegevens op m.b.t. de grindsamenstelling (gemiddelde waarden voor 11 stalen; Bosch, 1989): kwartsgehalte 26%, pyrietkwartsiet 1,6%, lydiet 0,3%, gerolde vuursteen 0,65%, hoekige vuursteen 9,7%, stollingsgesteenten (porfier 1%; graniet 0,1%). Conglomeraat ontbreekt volledig. Stollingsgesteenten en conglomeraten komen wel frequenter voor in de grovere fracties. Vooral het kwartsgehalte geeft interessante verschillen tussen de onderscheiden terrassen,

Tabel 1. Enkele vergelijkende cijfers voor wat betreft het aantal stenen, de relatieve verhouding van de korrelgroottefracties, kwarts-, vuursteen- en kwartsietgehaltes in de verschillende Maasterrassen en de alluviale vlakte.

	2-6 cm in %	6-20 cm in %	Kwarts %	Vuursteen %	Kwartsiet %
Hoogterras	79	21	30,8	15,4	21,5
Eisden-Lanklaar	82	18	18	20,7	31,7
Maasmechelen	80	20	20,7	18,3	19,7
Geistingen	87	13	15,7	20,8	26,4
Alluviale vlakte	82	18	16,3	9,2	33,4

Tabel 2: Overzicht van de tellingen van grove grinden en stenen van het Hoogterras, het terras van Eisdien-Lanklaar en het terras van Maasmechelen. Telkens worden twee locaties per terras naast elkaar weergegeven. De percentages zijn voor de gegroepeerde tellingen van de twee locaties samen.

HOOGTERRAS of KEMPENS PLATEAU										
	OPGRIMBIE			NEEROETEREN			OPGRIMBIE EN NEEROETEREN			
	< 6 cm	> 6 cm	Samen	< 6 cm	> 6 cm	Samen	< 6 cm	> 6 cm	totaal	%
Aderkwarts	224	31	255	316	11	327	540	42	582	30,4
Kwartsiet met aders	77	47	124	81	20	101	158	67	226	11,8
Kwartsiet zonder aders	19	11	30	71	19	90	90	30	120	6,3
Pyrietkwartsiet	28	15	43	13	10	23	41	25	65	3,4
Rode zandsteen	18	14	32	46	4	50	64	18	82	4,3
Bleke zandsteen + arkose	155	116	271	195	22	217	350	138	488	25,1
Vuursteenrolkeien	27	0	27	4	0	4	31	0	31	1,6
Andere vuursteen	150	63	213	43	8	51	193	71	264	13,8
Conglomeraten	20	0	20	0	0	0	20	0	20	1
Lydiet	5	0	5	13	0	13	18	0	18	0,9
Graniet	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0,1
Fylliet	1	0	1	4	1	5	5	1	6	0,3
Jaspis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAAL	725	297		786	95		1511	392		99
ALGEMEEN TOTAAL			1022			881			1903	

TERRAS EISDIEN-LANKLAAR										
	LANKLAAR			BERGERVEN			LANKLAAR EN BERGERVEN			
	< 6 cm	> 6 cm	Samen	< 6 cm	> 6 cm	Samen	< 6 cm	> 6 cm	totaal	%
Aderkwarts	172	14	186	166	18	184	338	32	370	18
Kwartsiet met aders	206	72	278	129	18	147	335	90	425	20,7
Kwartsiet zonder aders	23	4	27	84	4	88	107	8	125	6,1
Pyrietkwartsiet	47	23	70	27	3	30	74	26	100	4,9
Rode zandsteen	101	24	125	66	18	84	166	42	208	10,1
Bleke zandsteen + arkose	57	46	103	168	34	202	225	80	308	15,5
Vuursteenrolkeien	0	0	0	1	2	3	1	2	3	0,1
Andere vuursteen	226	53	279	123	30	153	399	83	422	20,6
Conglomeraten	25	4	29	7	2	9	32	6	38	1,8
Lydiet	49	3	52	18	1	19	67	4	71	3,4
Graniet	8	0	8	5	0	5	13	0	13	0,6
Fylliet	2	0	2	0	0	0	2	0	2	0,1
Jaspis	2	0	2	1	0	1	3	1	4	0,2
TOTAAL	894	271		786	95		1680	362		
ALGEMEEN TOTAAL			1165			925			2042	102,1

TERRAS MAASMECHELEN										
	MAASMECHELEN			ROTEM			MAASMECHELEN EN ROTEM			
	< 6 cm	> 6 cm	Samen	< 6 cm	> 6 cm	Samen	< 6 cm	> 6 cm	totaal	%
Aderkwarts	202	37	239	238	44	282	440	81	521	20,7
Kwartsiet met aders	150	38	188	69	28	97	218	66	285	11,3
Kwartsiet zonder aders	30	12	42	69	18	87	94	30	129	5,1
Pyrietkwartsiet	31	11	42	35	6	41	66	17	83	3,3
Rode zandsteen	71	27	98	47	0	47	117	27	145	5,7
Bleke zandsteen + arkose	302	91	393	289	69	358	591	160	751	30
Vuursteenrolkeien	0	0	0	2	0	2	0	0	2	0,1
Andere vuurstenen	245	70	315	134	19	153	379	89	468	18,2
Conglomeraten	11	10	21	15	2	17	26	12	38	1,1
Lydiet	20	1	21	21	0	21	41	1	42	1,6
Graniet	2	0	2	5	0	5	7	0	7	0,7
Fylliet	0	5	5	0	0	0	0	5	5	0,1
Jaspis	2	0	2	4	0	4	6	0	6	0,2
TOTAAL	1066	302		928	186		1985	488		
ALGEMEEN TOTAAL			1368			1114			2482	97,6

Tabel 3: Overzicht van de tellingen van grove grinden en stenen van het terras van Geistingen en de alluviale vlakte. Telkens worden twee locaties per terras naast elkaar weergegeven. De percentages zijn voor de gegroepeerde tellingen van de twee locaties samen.

TERRAS van GEISTINGEN										
	HEPPENEERT			DILSEN			HEPPENEERT EN DILSEN			%
	<6 cm	>6 cm	SAMEN	<6 cm	>6 cm	SAMEN	<6 cm	>6 cm	TOTAAL	
Aderkwarts	183	12	195	168	9	177	351	21	372	15,7
Kwartsiet met aders	96	27	123	131	31	162	219	58	277	11,7
Kwartsiet zonder aders	115	36	151	127	28	155	242	64	306	12,9
Pyrietkwartsiet	18	0	18	14	12	26	32	12	44	1,8
Rode zandsteen	9	3	12	6	5	11	15	8	23	0,9
Blede zandsteen en arkose	328	46	374	371	65	436	699	111	810	34,6
Vuursteenrolkeien	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Andere vuursteen	326	8	334	145	15	160	471	23	494	20,8
Conglomeraten	8	0	8	1	3	4	9	3	12	0,5
Lydiet	20	0	20	4	1	5	24	1	25	1
Graniet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fylliet	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0
Jaspis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAAL	1103	132					2063		301	
ALGEMEEN TOTAAL			1235			1137			2372	99,9

ALLUVIALE VLAKTE										
	STOKKEM			ELEN			STOKKEM EN ELEN			%
	<6 cm	>6 cm	SAMEN	<6 cm	>6 cm	SAMEN	<6 cm	>6 cm	TOTAAL	
Aderkwarts	144	9	153	202	37	239	346	46	392	16,3
Kwartsiet met aders	170	50	220	252	34	286	422	84	506	21,1
Kwartsiet zonder aders	145	57	202	71	34	105	216	91	207	8,6
Pyrietkwartsiet	19	7	26	56	8	64	75	15	90	3,7
Rode zandsteen	7	0	7	31	12	43	38	12	50	2,1
Blede zandsteen en arkose	322	57	379	298	135	433	620	192	812	33,9
Vuursteenrolkeien	0	0	0	4	0	4	4	0	4	0,1
Andere vuursteen	72	10	82	115	19	134	187	29	216	9,1
Conglomeraten	6	1	7	17	4	21	23	5	28	1,1
Lydiet	5	0	5	16	0	16	21	0	21	0,9
Graniet	0	0	0	1??	0	1??	1??	0	1??	0,1
Fylliet	0	1	1	3	1	4	3	2	5	0,2
Jaspis	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0,1
TOTAAL	891	193		1066	245		1957	430		97,3
ALGEMEEN TOTAAL			1084			1311			2395	

een kenmerk dat ook eerder al als een belangrijk instrument werd beschouwd bij het onderscheid van de Limburgse Maasterrassen (Van Straaten, 1946). De hoogste kwartsgehalten werden in de oudste terrassen waargenomen (60-70% in de Oost-Maas terrassen) terwijl dit nog slechts 15% bedraagt in het recente Maasdal. Tussen de verschillende terrasniveaus kunnen de kwartspercentages elkaar echter vaak overlappen, mede door remaniëring (opname uit oudere afzettingen) of opname van lokaal materiaal. Hierdoor is het volgens P. Bosch vrijwel onmogelijk om de Maasafzettingen uitsluitend op basis van hun grindsamenstelling van elkaar te onderscheiden. Toch kunnen we vaststellen dat vrijwel ieder terrasniveau een aantal karakteristieke eigen kenmerken heeft. Opvallend is dat ondanks een aanzienlijke oplossing van de kalksteencomponenten in het grindpakket toch nog stukjes kalksteen in het terras van St. Pietersberg werden aangetroffen, waarschijnlijk afkomstig uit de directe omgeving (daterend uit het Laat-Krijt) en uit relatief

nabij gelegen Paleozoïsche kalkstenen (Onder-Carboon) zoals uit de buurt van Visé.

Paulissen (1973) onderzocht de fractie 8-16 mm (matig grof grind) van de verschillende Maasterrassen in Belgisch Limburg. Telkens werden er ca. 700 grindjes per terras geteld. Per terras werden ook verschillende groeven of ontsluitingen bemonsterd zodat hij per terras over ettelijke duizenden grindjes beschikte. Hij onderscheidde lithologisch ("petrografisch") de volgende klassen: kwarts, kwartsiet, zandsteen, hoekige silex en een restgroep (waaronder de "onbekenden"). Op basis van zijn onderzoek, zijn het terras van Lanaken en het terras van Caberg-Pietersen petrografisch quasi identiek. Idem voor het terras van Maasmechelen en dat van Geistingen. Uit een eerste vergelijking van zijn gegevens met onze telresultaten, blijkt dat de korrelgrootte een belangrijke invloed heeft op de gevonden samenstelling.

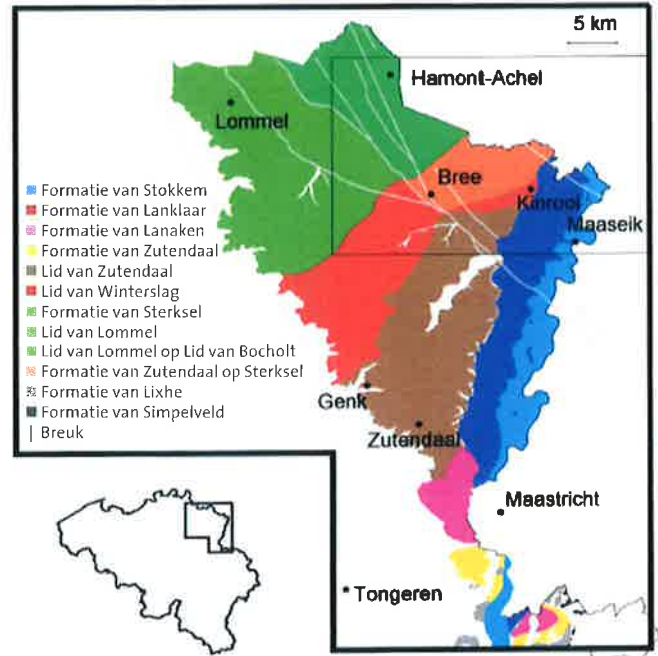
- Het kwartsgehalte en vooral dat van kwartsiet is systematisch hoger in de grove grindfracties in vergelijking met die van onze

- steenfracties (bijv. 37% tegenover 30,4 % kwarts en 45% tegenover 21,5 % kwartsiet voor het Hoogterras)
- de zandsteenfractie is dan weer beduidend lager in de grove grindfracties in vergelijking met deze van onze steenfracties (bijv. 15% tegenover 29,4% voor het Hoogterras)
- de restfractie in de grove grindfractie is telkens beduidend kleiner dan het overeenkomstige percentage aan andere gesteenten in onze steenfractie (bijv. 3% tegenover 22,3% voor het Hoogterras)
- interessant zijn de relatief lage kwartswaarden van het terras van Eisden-Lanklaar in de grove grindfracties, in vergelijking met de andere terrasniveaus, hetgeen wij ook in onze tellingen van de steenfracties hebben vastgesteld. Dit wordt door Paulissen verklaard als zijnde veroorzaakt door een belangrijke aanvoer van fris puin uit de Ardennen, alhoewel remaniëringen van de hogere terrassen hier niet kunnen uitgesloten worden.

Concluderend kunnen we stellen dat een échte vergelijking tussen de lithologische samenstellingen van de grindfracties (studie van Paulissen) en van onze steenfracties van dezelfde Maasterrassen niet mogelijk is. Een meer gedetailleerde of nauwkeurige lithologische analyse (identificatie van alle steensoorten) van de grinden in de Maasterrassen zou allicht meer relevant zijn geweest. Anderzijds is het mogelijk dat zandsteen en kwartsiet niet zo goed van elkaar te onderscheiden zijn binnen de grindfracties en dat er hierdoor foutieve metingen kunnen zijn.

Beerten (2003) onderzocht de granule- of microgrindfracties (2-4 mm) van een aantal boringen uitgevoerd binnen het kaartblad Maaseik (zie Figuur 37). Immers, gedurende een lange periode op de overgang van het Vroeg- naar het Midden-Pleistoceen bevond het samenvloeiingsgebied van Maas en Rijn zich in deze regio. De keuze om deze specifieke fractie te onderzoeken was bepaald door het feit dat de Maas eerder een grindrivier en de Rijn eerder een zandige rivier was, waardoor het aandeel van de Maas steeds zou overschat worden in tellingen van grovere grinden. Verder is vergelijkend onderzoek tussen boringen en ontsluitingen enkel mogelijk voor een fractie die voldoende aanwezig is in boorkernen, hetgeen het geval is voor fijn grind (granulegrind) en niet voor het grovere grind. De onderzochte korrels (met behulp van een binoculair microscoop) werden onderverdeeld in 3 klassen: kwarts, hoekige silix en restkorrels. Op basis van de tellingen is het mogelijk om Maas- en Rijnafzettingen goed van elkaar te onderscheiden. Zo bevatten typische Rijnafzettingen zeer veel kwarts (65-70%) en nagenoeg geen silix, terwijl Maasafzettingen herkend kunnen worden aan hun relatief lager kwartsgehalte (40-60%) en hun relatief hoog silixgehalte (3-10%).

Een eenvoudige en éénduidige correlatie tussen de Maasterrassen van Zuid-Limburg en België blijkt ook zeer moeilijk in de praktijk, omdat men aan weerszijden van de Maas een andere stratigrafische onderverdeling heeft gehanteerd en er duidelijk weinig overleg is gepleegd: men heeft zowel in Belgisch als in Nederlands Limburg een verschillend aantal terrasniveaus onderscheiden, die bovendien in een ongelijk aantal formaties werden gegroepeerd met telkens andere benamingen (zie Figuur 38). Verder is het ook zeer waarschijnlijk dat bepaalde terrassen enkel aan één zijde van de huidige Maas zijn afgezet en/of bewaard gebleven, hetgeen de correlatie nog verder bemoeilijkt.



Figuur 37. Afzettingen van Maas en Rijn in Belgisch Limburg (Beerten, 2003). Het kader bakent het Quartairgeologisch kaartblad Maaseik af.

Milj.j.	PERIODE	TJJDVAK	AZFZETTINGEN in NL	AZFZETTINGEN in B		
0,1	HOLOCEEN			Stokkem		
				Geistingen		
				Maasmechelen		
				Eisden-Lanklaar		
0,5	PLEISTOCEN	Weichsel	Oost-Maartland	Geistingen		
		Eem	Gronsveld	Eisden-Lanklaar		
		Saale	caberg	caberg - Pietersheim		
		Holstein	caberg	caberg - Pietersheim		
		Elster	Rothem			
		1	Cromerien	s Gravenvoeren		Lanaken
				St. Pietersberg		Zutendaal/ Winterslag
				St. Geertruid		
		1,5	Bavellen	Valkenburg		Lommel / Bocholt
				Menapien	Sibbe	
Eburonien	Margraten					
Tiglien	Simpelveld					
Pre-Tiglien	Noorbeek					
2,3	PLIOCEEN			Stamproy		

Figuur 38: Poging tot een chrono- en lithostratigrafische correlatie van de afzettingen in Nederlands (NL) en Belgisch (B) Limburg. Ouderdom links in miljoenen jaren. Gebaseerd op data van W. Felder, 1989; P. Bosch, 1978 en K. Beerten, 2005. De afzettingen die bemonsterd werden in Belgisch Limburg staan in het grijs aangeduid.

Conclusies

Meer dan 11.000 stenen werden op 10 locaties uit het grind van verschillende Pleistocene Maasterrassen en de huidige alluviale vlakte, door de leden van de Werkgroep Geologie verzameld, per steensoort getrieerd, geteld en statistisch verwerkt. Nooit eerder werden op systematische en statistisch verantwoorde wijze zo veel stenen uit de Maasterrassen ontleed. Dit kan niet door professionele geo-wetenschappers, daarvoor is het enthousiasme van vrijwilligers nodig. Kunnen terrassen van elkaar onderscheiden worden op basis van herkomst van stenen en het transportmechanisme? Het

antwoord hierop is ja, ondanks het feit dat er voortdurend een zekere recyclage van de stenen heeft plaatsgevonden en de verschillen hierdoor subtiel zijn. Een vergelijking met historische grindanalyses toont duidelijk de invloed van de korrelgrootte op de samenstelling. In tegenstelling tot vroegere grindstudies, die zich eerder toespitsen op kleinere korrelgrootten zoals zand, granule en fijn grind, heeft de werkgroep Geologie vooral de grovere stenenfractie onderzocht. Behalve het feit dat de diverse steensoorten in deze fractie met een geoefend oog vrij gemakkelijk kunnen herkend worden, laat deze methodologie ook toe om de variaties in de lithologische samenstelling van de grindafzettingen beter te analyseren. Deze variaties zijn een directe weerspiegeling van de evolutie van de Maasinsnijing en van de veranderingen die hebben plaats gevonden in haar stroomgebied. De sporadische aanwezigheid van reusachtige blokken in het grind verwijst naar uitzonderlijk transport in en op ijsschotsen, waarvoor we hier de term "ijsschotzwerfstenen" introduceren. De bekomen resultaten zijn een stimulans tot verder onderzoek van de verschillende Maasafzettingen en een oproep om de geologische studie van de Maasafzettingen in Limburg terug nieuw leven in te blazen.

Dankwoord

De auteurs danken al de vrijwilligers en vrienden van de werkgroep Geologie van LIKONA voor de hulp bij het verzamelen en tellen. Zonder hun entoesiaste medewerking tijdens en na het veldwerk, zou dit rapport niet mogelijk zijn geweest: Alida, Alain, Bernard, Clem, Elza, Flor, Francis, Johan, Joris, Kubra, Luc, Lydia, Marleen, Marlène, Michiel, Paul, Paulette, Peter, Robert, Roger, Staf, Tony en Yvette. We danken ook Michiel Duser (Belgische Geologische Dienst, Brussel) en Koen Beerten (SCK, Mol) voor het kritisch nalezen van het manuscript en voor hun suggesties tot verbetering van de tekst. Robert Croes en Tony Di Pietrantonio maakten geslaagde actiefoto's en de tailfoto's van onze mooie vondsten.

Referenties

- Beerten, K., 2003. Vroeg- en Midden-Pleistocene sedimentatie-geschiedenis van Maas en Rijn in de Belgische Roergraben. Onderzoekresultaten van gekerde boringen. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap. Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie, 100 p. (incl. bijlagen) <http://www.vlaanderen.be/nl/publicaties/detail/vroeg-en-midden-pleistocene-sedimentatiegeschiedenis-van-maas-en-rijn-in-de-belgische-roergraben>
- Beerten, K., 2005. Toelichting bij de Quartairgeologische kaart. Kaartblad 26 Rekem. Vlaamse Overheid. Dienst Natuurlijke Rijkdommen, 40 p.
- Belanger, I., Delaby, S., Delcambre, B., Ghysel, Hennebert, M., Laloux, M., Marion, J.-M., Mottequin, B. & Pingot, J.-L., 2012. Redéfinition des unités structurales du front varisque utilisées dans le cadre de la nouvelle Carte géologique de Wallonie (Belgique). *Geologica Belgica*, 15/3, pp. 169-175.
- Bosch, P., 1974. Diabaas en porfiroïde als zwerfsteen in de Zuid-Limburgse Maasterrassen. *Grondboor en Hamer*, 1974, 6, 28, pp. 110-118.
- Bosch, P., 1992. De herkomstgebieden van de Maasgesteenten. *Grondboor en Hamer*, 1992.
- Bosch, P., 1998. De grindafzettingen van de Maas op de St. Pietersberg. *Grondboor en Hamer*, 1998, 3, pp. 87-90.
- Collard, S., Juvigné, E., Marion, J.-M., Mottequin, B. & Petit, F., 2012. L'origine des mégalithes du Fond de Quarreux (Ardenne, Belgique). *Bulletin de la Société Géologique de Liège*, 58, pp. 33-51.
- De Brue, H., Poesen, J. & Notebaert, B., 2015. What was the transport mode of large boulders in the Campine Plateau and the lower Meuse valley during the mid-Pleistocene? *Geomorphology*, 228, pp. 568-578.
- Denaeyer, M.-E. & Mortelmans, G., 1954. Partie 3. Les roches éruptives. *Annales de la Société Géologique de Belgique. Publication spéciale*.
- Prodrome d'une description géologique de la Belgique, pp. 747-792.
- Dewalque, G., 1868. *Prodrome d'une description géologique de la Belgique*. Bruxelles.
- Dionne, J.-C., 1972. Caractéristiques des blocs erratiques des rives de l'estuaire du Saint-Laurent. *Revue de Géographie de Montréal*, vol. XXVI, 2, pp. 125-152.
- Dionne, J.-C., 2003. Observations géomorphologiques sur les méga-blocs du secteur sud-est de la bature argileuse de la baie à l'Original, au parc du Bic, dans le Bas-Saint-Laurent (Québec). *Géographie physique et Quaternaire*, 57, 1, pp. 95-101.
- Dreesen, R., 2007. Zoekkaart Keien voor het Nationaal Park Hoge Kempen. Regioaal Landschap Kempen en Maasland & LIKONA. D/2007/8362/2
- Dreesen, R. & Duser, M., 2007. Duivelsstenen: megalieten of getuigenstenen? *LIKONA-jaarboek* 21, pp. 14-29.
- Dreesen, R., Mareels, J. & Fries, S., 2006. De zandgroeve van Opgrimb: een uitzonderlijk kijkvenster op de geologische geschiedenis van de Hoge Kempen. *LIKONA-jaarboek* 2005, pp. 14-25.
- Duser, M., 2006. Chokierian. *Geologica Belgica*, 9/1, pp. 177-187.
- Ehrens, A., 1891. Recherches sur les formations diluviennes du Sud des Pays-Bas. *Archives du Musée Teyler, Serie II*, vol. III.
- Felder, W.M., Bosch, P. & Bisschops, J.H., 1977. Geologische Kaart van Zuid-Limburg en omgeving. Afzettingen van de Maas. Rijks Geologische Dienst. Heerlen.
- Felder, W.M., 1989. Grind, zand en klei in de Provincie Limburg. *Grondboor en Hamer*, 43, 5/6, pp. 231-247
- Janssen, J. & Dreesen, R., 2010. Geologische fietsroute Tussen Kempen en Maas. *LIKONA*, Genk, 75 p.
- Maarleveld, G.C., 1956. Grindhouden-de Midden-Pleistocene sedimenten. *Med. Geol. Stichting. Serie C-VI no. 6*.
- Paredis A., 1968. Geomorfologische studie van de NE-wand van het Kempisch Plateau. Licentiaatsthesis K.U.Leuven. 157 p.
- Paulissen, E., 1973. De morfologie en de Kwartairstratigrafie van de Maasvallei in Belgisch Limburg. Koninklijke Academie voor Wetenschappen, Letteren en Schone Kunsten van België. Klasse der Wetenschappen, jaargang XXXV, 127, 266 p.
- Van Straaten, L.M.J.U., 1946. Grindonderzoek in Zuid-Limburg. Mededelingen van de Geologische Stichting, Serie C, VI, 2, 146 p.
- Van Uytven, D. & Dreesen, R., 2014. Geologische fietsroute Hoge Kempen. *LIKONA*, Genk, 144 p.
- Wirix G., 1960. Grindonderzoek op het Kempisch Plateau. Licentiaatsthesis K.U.Leuven.
- Wouters, L. & Vandenberghe, N., 1994. Geologie van de Kempen. Een synthese. NIRAS, Dienst Aardwetenschappen, Brusse. 208 p.
- Zonneveld J.I.S., 1955. De Quartaire rivierterrassen van Zuid-Limburg. Tijdschrift van het Koninklijk Nederlands Aardrijkskundig Genootschap, 329-343.
- Zonneveld, J.I.S., 1974. The terraces of the Meuse (and the Rhine) downstream of Maastricht. Centenaire de la Société Géologique de Belgique. L'évolution Quaternaire des Bassins fluviaux de la Mer du Nord Méridionale, Liège, 1974, pp. 133-157.