

01. 33 miljoen jaar Alden Biesen: een geschiedenis met verrassende wendingen

Roland DREESEN, Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek (VITO), Boeretang 200, B-2400 Mol

Michiel DUSAR, Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen (KBIN), Belgische Geologische Dienst, Jennerstraat 1, B-1000 Brussel

Foto's: Roland DREESEN



Sinds het najaar van 2007 staat de landscommanderij van Alden Biesen, in het Limburgse dorp Rijkhoven (Bilzen), stevig op de geologische kaart, en dit dankzij een grote, nabijgelegen bouwput. Die kreeg er meteen een dimensie bij en fungeerde als kijkvenster waarlangs de geologische ondergrond van Vochtig Haspengouw gretig bestudeerd werd.

Geologische kijkvensters

Door het uitgraven van een grote bouwput in Rijkhoven ontstond een tijdelijk kijkvenster in de geologische ondergrond van de site van Alden Biesen. De veelkleurige, laagvormige opbouw met een bijzondere, fossiele bodem en een spectaculaire grondverschuiving maakten van deze bouwput in het najaar van 2007 een belangrijk en uniek studieobject voor de LIKONA-Werkgroep Geologie. De uitzonderlijke geologische waarnemingen die we in deze bouwput hebben verricht en de bijkomende handboringen en uitgravingen die we er hebben uitgevoerd, bieden ons nu een beter inzicht in de geologische geschiedenis van Alden Biesen. Dit was alleen mogelijk dankzij de bereidwillige medewerking van de bouwdame, mevrouw Mo Ramakers, en de inzet van spier- en mankracht van de werkgroep. Deze gevalstudie illustreert duidelijk het grote belang van tijdelijke ontsluitingen voor de kennis van de Limburgse ondergrond en voor de opmaak van de Vlaamse geologische kaart. Opdat dit soort informatie niet zou verloren gaan, is het essentieel om geplande grote infrastructuurwerken en diepe uitgravingen zo snel mogelijk aan de LIKONA-Werkgroep Geologie te melden. In tegenstelling tot archeologische opgravingen houdt een geologische opname de bouwwerken nauwelijks op: het duurt amper enkele uren tot maximaal een dag. Een geologische terreinopname bestaat uit het opmeten en beschrijven van de putwanden (al dan niet na het opkuisen ervan), een representatieve bemonstering en digitale foto's. Indien eigenaar of aannemer het gedogen, kunnen nog extra handboringen of ondiepe uitgravingen (met spade) worden uitgevoerd. Die worden onmiddellijk na uitvoering terug opgevuld of gedicht.

Geosite

Door de dichte bebouwingsgraad en de vergroening van ons land krijgen tijdelijke kijkvensters in de ondergrond extra veel betekenis. Het is een unieke kans om ons beeld van de geologische opbouw van de Limburgse ondergrond bij te schaven. Bovendien zijn locaties zoals Alden Biesen bekend bij de geowetenschappers, ook over de grenzen heen: hier kwamen vroeger natuurlijke ontsluitingen voor die als referentie gelden voor specifieke geologische lagen of laagpakketten. Het oorspronkelijk onverharde pad tussen het Apostelhuis en het kasteel (Figuur 1) bijvoorbeeld, waar men vroeger talrijke fossiele schelpen (meer bepaald slakjes van het type *Potamides*) kon oprapen, is sinds 1954 het stratotype of de typelocaliteit voor de Zanden en Mergels van Alden Biesen (Glibert & de Heinzelin, 1954). In de opmaak van de nieuwe geologische kaart van Vlaanderen heet deze geologische eenheid het Lid van Alden Biesen, als onderdeel van de Formatie van Borgloon (Maréchal, 1993). Deze formatie groepeert een aantal karakteristieke geologische lagen die in de oudere litera-

tuur beter bekend zijn als het Continentale Tongeriaan. De originele ontsluiting in Alden Biesen is overigens opgenomen in de Rode Lijst van bedreigde geosites in Limburg (Dreesen *et al.*, 2000). Er zijn dringend beschermingsmaatregelen nodig. Immers, door de herinrichting van het park van Alden Biesen, de verharding van de laan en het dempen van een nabijgelegen zandput, zijn alle natuurlijke ontsluitingen van deze specifieke geologische eenheid in het typegebied verdwenen, waardoor ze niet meer toegankelijk zijn voor onderzoek. Handboringen die door Nederlandse geologen in de jaren zeventig van vorige eeuw tussen de toenmalige ontsluitingen te Kleine-Spouwen en Alden Biesen werden uitgevoerd, hadden al geleid tot een duidelijker beeld van de geologische opbouw en tot een beter inzicht in de geometrische relaties tussen de opeenvolgende geologische lagen (Van Hinsbergh *et al.*, 1973). De nieuwe waarnemingen in de bouwput van Rijkhoven kunnen dit inzicht nu verder verfijnen.

Geologische opname en beschrijving

De uitgraving in de Kogelstraat 6 te Rijkhoven ligt een 400 meter ten zuiden van het kasteel van Alden Biesen (Figuur 2). Deze tijdelijke ontsluiting kreeg van de Belgische Geologische Dienst het geologische archiefnummer 93Wo694 toegewezen (Lambert coördinaten: X: 230970, Y: 170450). De bouwput bezat een 6 meter hoge noord-zuid-



Figuur 1. Het huidige wandelpad tussen het Apostelhuis en het kasteel van Alden Biesen, waar vroeger de fossielrijke zanden en Mergels van Alden Biesen aan de oppervlakte kwamen.



Figuur 2. Ligging van de bouwput, 400 meter ten zuiden van het kasteel van Alden Biesen.



Figuur 5. Gebruik van de handboor voor de controle en identificatie van het onderliggende zandpakket. Let op de harde zandsteenlens in het witte zand en het voorkomen van witte kalkrijke bandjes in de groene klei.



Figuur 3. Overzichtsfoto van de bouwput in Rijkhoven, genomen vanuit het westen en neerkijkend op de 20 meter lange oostelijke wand.



Figuur 4. Oostelijke wand van de bouwput met verticale opeenvolging van bont gekleurde geologische lagen: chocoladebruin, en spierwitte zanden onderaan, groene kleien en oranjebruine gemengde sedimenten bovenaan. Witte maatstok is 2 meter lang.



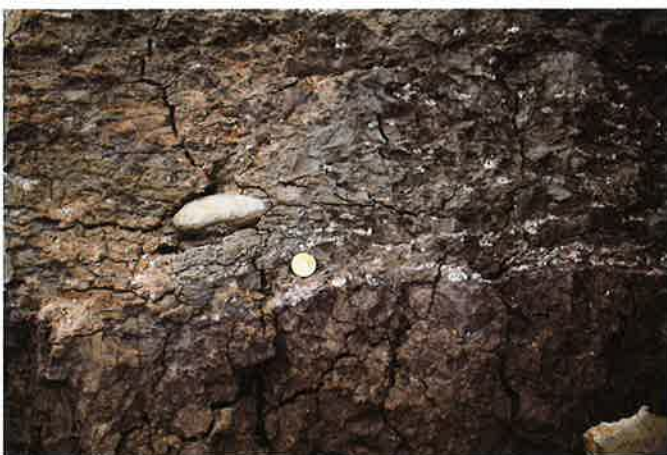
Figuur 6. Grondverschuivingslobben bestaande uit isocлинаal geplooid klei vermengd met sterk verspoeld zand, fossiele schelpen en silixkeien. Witte mergellaagjes zijn goede referentielagjes om de vervorming te volgen.



Figuur 7. Sterk verspoeld geel zand met talrijke fossiele schelpjes (slakjes van de *Potamides*-groep) uit het Lid van Alden Biesen.



Figuur 8. Karakteristieke zware witte schelpen van grote mollusken (*Glycimeris obovatum*) uit het Zand van Berg, teruggevonden in het heterogene complex bovenaan het profiel van de bouwput.



Figuur 9. Dunne witte kalkrijke zones (vergruisde schelpenlaagjes) in de donkergroene Klei van Henis. Lokaal komen broodjesvormige kalksteenconcreties en/of septaria voor. Let ook op de belangrijke droogtespleten in de oorspronkelijk vette maar nu harde klei.

georiënteerde wand (oostelijke wand) van ongeveer 20 meter lang en 2 oost-west-gerichte wanden (noord- en zuidwanden) van ongeveer 4 meter hoog en 8 meter breed, uitgegraven in de helling van de heuvel achter het Lustpaviljoen van het kasteel van Alden Biesen, in detail opgemeten en beschreven (Figuur 3).

Onder een dun leemdek kwam een zeer kleurrijke opeenvolging van min of meer horizontale geologische lagen tevoorschijn (Figuur 4). Door gebruik te maken van de handboor (Figuur 5) en het uitgraven van verkenningsputten op de bodem van de bouwput verkreeg men een verticaal geologisch profiel van in totaal 9 meter. Van boven naar onder werden de volgende geologische lagen onderscheiden:

- 50-80 centimeter: roodbruine leem met (recente) wortels en verspreide vuurstenen rolkeien.
- 130 centimeter: heterogeen complex, opgebouwd uit verschoven en vervormd tot geplooid, oranjebruin, leemrijk en grofkorrelig zand, met verspreid of geconcentreerd grote, ronde, zwarte tot grijsblauwe vuurstenen rolkeien (tot 8 centimeter groot), plastisch geplooid tongen of lobben van donkergroene klei (Figuur 6), bleek oranjegeel fossilengruis (schelpengruis met talrijke slakkenhuisjes die in de dagelijkse omgangstaal van geologen omschreven worden als *Potamides*-fauna) (Figuur 7) en verspreid voorkomende, grote, witte schelpen (*Glycimeris obovatum*) (Figuur 8). De basis van dit heterogene complex is zichtbaar vergleden over of deels samen met de onderliggende kleilaag.
- Ongeveer 400 centimeter: kleipakket, bestaande uit verschillend gekleurde kleibanden met olijfgroen als dominante kleur, waartegen zich opvallend bleek gekleurde gruislaagjes van witte schelpen en fijn schelpengruis aftekenen. Dit kleipakket kan verder onderverdeeld worden op basis van kleurverschillen en het voorkomen van kalk- en schelprijke zones:
 - 40 centimeter: kalkrijke, bleekgroene klei met dunne, witte mergellaagjes, dunne schelpengruislaagjes en zeldzame bleekgrijze tot witte kalkconcreties (5 centimeter diameter). Op de top bevinden zich enkele kleine zwarte silexkeitjes. Wellicht is deze laag reeds opgebroken en verspoeld onder invloed van de verglijding van het bovenliggende pakket.
 - 80 centimeter: donkere, olijfgroene klei met geband uitzicht door het voorkomen van donkere zones met veel organisch materiaal en ook grovere, maar niet determineerbare houtige resten.
 - 120 centimeter: bleekgroene klei met bleekbruine oxidatievlekken, weinig of geen schelpengruis en – zeer lokaal – wit tot beige gekleurde kalkconcreties en kleine bleekgrijze septaria.
 - 60 centimeter: concentraties van wit schelpengruis (met volledig bewaarde dunne schelpen) in groene klei (Figuur 9). De klei wordt bleker naar boven toe. Kleine septaria liggen aan de basis van de eerste schelpengruiszone.
 - 40 centimeter: groenbruine tot donkere, groengrijze, compacte klei, rijk aan organisch materiaal.
 - 75 centimeter: olijfgroene klei met verspreid voorkomende beige tot witte gipsconcreties (diameter tot 8 centimeter; Figuur 10). Scherp contact met de onderliggende zandlaag. Vlak boven de basis van het kleipakket komt een dunne, oranjebruine oxidatiezone voor.

- 60-90 centimeter (dikte neemt toe van zuid naar noord): spierwit tot lichtroze gekleurd, zeer fijnkorrelig zand. Het zand is zeer dicht gestapeld en voelt soms verhard aan, maar het is niet versteend. Het bevat een opvallend lensvormig, zeer hard kwartsitisch zandsteenniveau met gelobde onderkant (zoetwaterkwartsiet, of nog: 'grès mammelonné') van 25 centimeter dik, waarvan de onderkant ongeveer 20 centimeter boven de basis van het witte zand ligt. In het bovenoppervlak kunnen kleine circulaire depressies (putjes) voorkomen (Figuur 11). Het oppervlak van deze zandsteenlenzen kan verschillende vierkante meters bedragen (Figuur 12). Aan de top van de witte zandlaag is een vage, horizontale gelaagdheid herkenbaar.
- 60-85 centimeter: 'gemarmerd' overwegend chocoladebruin gekleurd zand met dunne, zwarte verticale en schuine wortelsporen en met opeenvolgende, subhorizontale, soms sterk onduidelijke en lateraal met elkaar versmelgende, donkerbruine tot bruinzwarte humusaanrijkingen (Figuur 13). Bovenaan vertoont zich een merkwaardig patroon van kruisende, mooi parallelle witte lijntjes die met wit zand zijn opgevuld (Figuur 14). Intern zijn er ook dunne, meer verharde, witte zandlaagjes aanwezig. Geleidelijke overgang naar onderliggend olijfgroen, fijn kleiig zand met in de overgangszone klei-aanrijkingen en bruingele vlekken (Figuur 15).
- 85 centimeter: olijfgroen fijn, soms wat kleiig aanvoelend zand, licht glauconiet- en micahoudend, aangeboord met de handboor (Figuur 16).

Stratigrafische interpretatie en geologische ouderdom

De opeenvolgende laagpakketten kunnen door vergelijking met typelocaties en met andere sites allemaal toegewezen worden aan een welbepaalde eenheid op de lithostratigrafische schaal, waardoor ook de tijdsspanne van hun ontstaan redelijk goed bekend is.

De regelmatig gebande, witte, groene tot zwarte lagen werden afgezet tijdens het vroeg-oligocene tijdperk (Tertiair) tussen 33,7 en 32,3 miljoen jaar geleden (Vandenbergh *et al.*, 1998, 2004). Deze lagen vormen een jongere, bovenliggende continentale en een oudere, onderliggende mariene cyclus die samen het 'Tongeriaan' vormden en nu gegroepeerd zijn in de lithostratigrafische Groep van Tongeren. Deze groep wordt onverdeeld in 2 formaties: de mariene Formatie van Sint-Huibrechts-Hern (met als leden de Zanden van Grimmertingen en Neerrepen), en de continentale Formatie van Borgloon (met als leden de Klei van Henis en de Zanden en Mergels van Alden Biesen). Voor deze laatste formatie werd door Janssen *et al.* in 1976 een andere naam geïntroduceerd, namelijk de Atuatuca Formatie (naar de Romeinse naam voor Tongeren, Atuatuca Tungrorum), maar deze is niet weerhouden.

De bodemontwikkeling op de scheiding tussen het witte zand en de groene klei komt overeen met een belangrijk tijdshiaat van meerdere honderdduizenden jaren in de afzettingsgeschiedenis, ten gevolge van een zeespiegeldaling die het dieptepunt bereikte omstreeks 32,8 miljoen jaar geleden. Deze gebeurtenis vormt de scheiding tussen de formaties van Sint-Huibrechts-Hern en Borgloon. De afzettingen zelf daarentegen gebeurden zonder noemenswaardige onderbreking.



Figuur 10. Bolvormige radiaalstralig opgebouwde witte concreties van gips in de Klei van Henis.



Figuur 11. Brokstukken van zoetwaterkwartsiet uit het spierwitte zand uit de top van het Zand van Neerrepen. Let op het voorkomen van ondiepe putjes die getuigen van vroegere wortelgangen. Lengte: ongeveer 120 centimeter.



Figuur 12. Rechtstaand exemplaar van een zoetwaterkwartsietlens uit de bouwput van Rijkhoven met karakteristiek gelobd oppervlak.



Figuur 13. Detail van de fossiele bodem van Neerrepn (spodosol) met spierwitte uitloophorizont boven donkerbruine laagvormige humusaanrijkingen (illuvatiehorizont).



Figuur 14. Contactzone tussen de witte eluviatie- en de chocoladebruine illuvatiehorizont, met eigenaardig ruitvormig patroon (gemarmerd aspect). In situ voorkomen van harde kwartsietlens (zoetwaterkwartsiet of silcrete) in de witte eluviatiehorizont.



Figuur 15. Detail van de uitgegraven prospectieput in de bodem van de bouwput, met duidelijke (bruingeel) gevlekte overgang van bodem (wit-bruin bovenaan) naar groen marien zand (onderaan). Zuidelijke hoek van de bouwput.



Figuur 16. Handboormonster van fijn groen zand, getuigend van de aanwezigheid van het Zand van Neerrepn onder de fossiele bodem. Boring uitgevoerd in de zuidhoek van de bouwput.

De bruine leem ontstond tijdens de laatste ijstijd in het laat-Pleistoceen 70 000 tot 20 000 jaar geleden, maar is verspoeld en vergleden in geologisch zeer recente, mogelijk zelfs historische tijden, tijdens het holocene tijdperk van de quartaire periode. De 'quartaire' verglijding bevat heel wat 'tertiaire' insluitsels die deels uit de Tongerengroep, deels van jongere oligocene lagen afkomstig zijn, ondergebracht in de Rupelgroep, van 32,3 tot 32 miljoen jaar geleden.

Van boven naar onder worden zo de volgende stratigrafische formaties onderscheiden:

- 50 à 80 centimeter: quartaire leem. De oorspronkelijke afzettingdikte was wellicht groter, maar de leem is duidelijk verspoeld, een proces dat samenhangt met de hieronder beschreven eenheid.
- 130 centimeter: spectaculaire laat-quartaire grondverschuiving (paleoverglijding) met door elkaar gemengde heterogene grondlagen: leem, vuursteengrind (oorspronkelijk aan de basis van het quartaire leempakket), zeer fossielrijke zanden, kleien en mergels behorende tot het Lid van Alden Biesen (Formatie van Borgloon van de Tongerengroep), grote, witte schelpen afkomstig uit het Lid van Berg (behorende tot de Formatie van Bilzen van de jongere Rupelgroep) en sterk plastisch verwrongen stukken donkergroene klei, afkomstig uit de Klei van Kleine-Spouwen (een jonger lid van de Formatie van Bilzen).
- 400 centimeter: Lid van de Klei van Henis (Formatie van Borgloon), met duidelijk herkenbaar cyclisch sedimentatiepatroon (cycli van donkergroene kleien, rijk aan organisch materiaal, gevolgd door blekere groene kleien, rijk aan kalkrijke schelpenniveaus) en met 2 septarianiveaus (carbonaatrijke niveaus met kalksteenconcreties).
- 150 à 175 centimeter: fossiele bodem of paleosol (fossiele megapodzolbodem of spodosol) met bovenaan de karakteristieke spierwitte, uitgeloopte zone (= eluviatiezone) en onderaan de humusrijke inspoelingshorizont (= illuviatiehorizont). Deze verharde, bleke zandlagen noemt men in de bodemkunde 'fragipans'. In de eluviatiehorizont is nog een harde zandsteenpan of een zoetwaterkwartsiet ontstaan met gelobde onderkant (silcrete – bodemkundige term). Merkwaardig is het feit dat het chocoladebruine zand in de inspoelingshorizont is aangetast door (veel jongere) vorstschade (mogelijk vorstspelen, ontstaan tijdens een pleistocene ijstijd). Fragipans vertonen echter vaak een polygoonstructuur als gevolg van uitdroging zodat de hypothese van bevroering niet noodzakelijk is om dit eigenaardige patroon in het zand te verklaren (mededeling Peter Buurman). Deze fossiele bodem is in de literatuur gekend als de Bodem van Neerrepn (Buurman & Jongmans, 1975) en vertegenwoordigt de top van de Zanden van Neerrepn.
- 85 centimeter: fijnkorrelige, groenige zanden van het Lid van Neerrepn (Formatie van Sint-Huibrechts-Hern van de Tongerengroep).

Interpretatie van het afzettingmilieu en creatie van een geologisch scenario

De gedetailleerde geologische waarnemingen op de frisse wanden en de resultaten van laboratoriumonderzoek (zoals de identificatie van microfossielen en schelpen, het microscopisch onderzoek van harde

gesteenten) laten toe om een reconstructie te maken van de afzettingmilieus en een scenario voor te stellen voor de opeenvolgende geologische gebeurtenissen in het gebied van Alden Biesen. Naar geologisch gebruik bespreken we deze opeenvolging van oud naar jong.

1. De oudste (dus diepste) lagen uit de bouwput zijn de fijne, groene Zanden van Neerrepn. De Zanden van Neerrepn zijn fijne, goed gesorteerde geelgroen tot lichtgroen gekleurde glauconiet- en mica-houdende zanden die in een ondiepe zee werden afgezet, vlakbij de kust (Janssen *et al.*, 1976). Tijdsequivalente afzettingen van dit Neerrepn Zand in de buurt van Valkenburg (Zanden van Klimmen) vertonen sedimentaire structuren die typisch zouden zijn voor getijdenafzettingen. Samen met de onderliggende kleirijke zanden van Grimmeringen vormen ze de mariene Formatie van Sint-Huibrechts-Hern. Hun gezamenlijke dikte bedraagt ongeveer 20 meter. De zanden van Sint-Huibrechts-Hern werden afgezet tijdens een snelle en breed reikende zeetransgressie die tot in de Ardennen gereikt heeft, en die de aanvang van het Oligoceen kenmerkt. Deze zeezanden rusten op de veel oudere mergels van Gelinden, met een tijdshiaat van meer dan 20 miljoen jaar (Claes *et al.*, 2001). De vorming van een ontkleurde zone aan de top van de zanden en de overgang naar een bodem wijzen op een emersie (zeespiegeldaling), waarmee de afzetting van het zeezand beëindigd wordt.

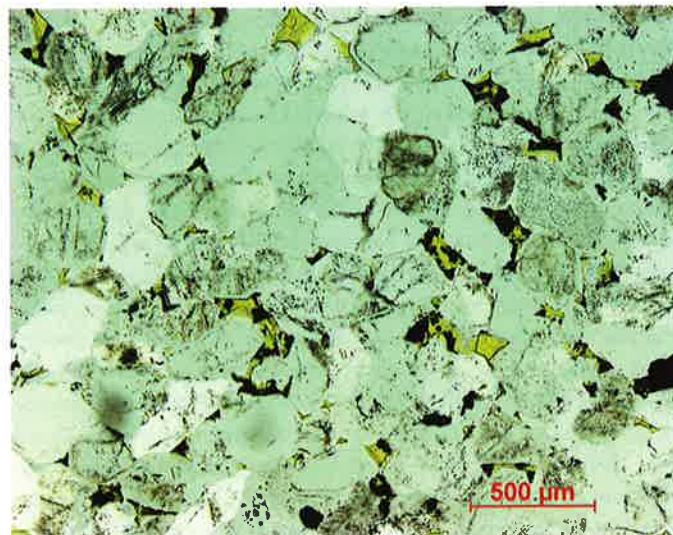
2. Het spierwitte zand met chocoladebruine humusaanrijkingen is een podzolbodem, die zich in een kustnabije omgeving in de Neerrepn Zanden heeft ontwikkeld in een tropisch-warm landschap (Buurman & Jongmans, 1975). Deze fossiele bodem, de Neerrepn paleosol, luidt het begin in van een continentale periode in onze regio. De bodem is complex van opbouw en heeft zich in verschillende fasen ontwikkeld over een periode die mogelijk enkele duizenden jaren in beslag heeft genomen (Grunwald, 2008). Het witte zand is lokaal verhard tot fragipans door de aanwezigheid van kleimineralen die coatings of bruggen vormen tussen de zandkorrels. Het witte zand voelt inderdaad compact en hard aan en verkrumelt nauwelijks of niet tussen de vingers. In de voormalige kleiuit Francart in Tongeren werden destijds aan de top van het Neerrepn Zand mooie fossiele krimpischeuren (droogtespleten) aangetroffen (Janssen *et al.*, 1976). De Neerrepn paleosol werd tevens gevonden in een wegontsluiting nabij Valkenburg (Buurman & Langeraar, 1975) en in enkele oude zandgroeven westelijk gelegen van Henis (juiste locaties niet duidelijk). Tropische spodosols zouden zich voornamelijk in kwartsrijke zanden vormen met sterke schommelingen van de grondwaterafval zoals het huidige Amazonegebied (Horbe *et al.*, 2004). Volgens P. Buurman zijn de tropische kustpodzolbodems, gevormd in oude strandvlakten van Zuid-Borneo en West-Brazilië, beter aangewezen als recente analogen voor de Neerrepn paleosol.

De scherpe grens tussen de paleosol van Neerrepn en de hieropvolgende Klei van Henis, meer bepaald de afwezigheid van een veen- of lignietlaagje boven de witte eluviatiehorizont, duidt wellicht ook op het bestaan van een tijdsclacune of stratigrafisch hiaat. Dit hiaat is in de literatuur ook gekend als de Grande Coupure of de Grote Onderbreking, en situeert zich in de buurt van het vroegste Oligoceen. Deze 'coupure' verwijst naar een belangrijke crisisperiode in de evolutie van de zoogdieren in Europa en wordt in verband gebracht met een

belangrijke afkoeling van het klimaat (glaciatie) tijdens het vroegste Oligoceen (Hooker *et al.*, 2004).

3. In de uitgeloopte horizon van de podzol wordt een zeer harde zandsteenlens, meer bepaald een sedimentair kwartsiet (zoetwaterkwartsiet) aangetroffen. Dit is waarschijnlijk het resultaat van bodemvorming onder heel specifieke klimaatsomstandigheden, waarbij harde korsten worden gevormd, beter bekend als duricrusts. Silicarijke duricrusts worden ook nog silcretes genoemd. Het voorkomen van dergelijke harde kwartsieten in het Boven-Tongeriaan werd al door Gulinck in 1968 in een tijdelijke ontsluiting tegenover het gemeentehuis van Rijkhoven gesignaleerd en als enigzins beschouwd. Zijn beschrijving van het kwartsiet is quasi identiek aan deze uit de bouwput van Rijkhoven: een kwartsietbank van ongeveer 30 centimeter dik, met een oppervlakte van enkele tientallen vierkante meters, voorkomend in fijn, wit zand boven een sterk lignietrijk verkleurd zand aan de top van het Zand van Neerrepen. De auteur herkent in het door ligniet verkleurde zand een mogelijke podzolbodem. Interessant is het feit dat het kwartsiet verplaatst blijkt te zijn door lokale bodemverglidingen (soliflucties) en dat de ontsluiting niet veraf ligt van sterk vergleden sedimenten, losgerukt uit de Klei van Henis en de Zanden en Mergels van Alden Biesen, een fenomeen dat door de auteur wordt toegeschreven aan sterk uitgesproken vallevorming tijdens het Pleistoceen.

Men onderscheidt in de literatuur 2 soorten silcretes: pedogenetische silcretes en grondwatersilcretes (Ulliyott & Nash, 2006), al naar gelang hun ontstaansgeschiedenis. De eerste groep zou karakteristiek zijn voor tropische en subtropische milieus waarin droge en natte seizoenen elkaar afwisselden. Voorwaarde voor hun ontstaan evenwel is het voorkomen van een bovenliggende veen- of lignietlaag, van waaruit uitloging van het onderliggende zand door organische zuren zou hebben plaatsgevonden. De tweede groep is niet echt sterk klimaatspecifiek en houdt verband met geochemische processen, gelinkt aan grondwaterstroming. Recente silcretes komen onder andere voor in Australië waarbij hogere pH-waarden voor hun ontstaan bevorderlijk zouden zijn: de silcretes zijn er ontstaan door grondwaterstroming, gekoppeld aan gebieden met een betere drainage waar de silica werd vrijgemaakt. De silica zelf komt bij de verwerking vrij uit bijvoorbeeld kleimineralen. De verkiezeling zelf wordt toegeschreven aan uitlogingsprocessen als gevolg van toenemende verwerking en landschapsevolutie. Grondwatergebonden zoetwaterkwartsieten werden al beschreven in het Oligoceen van Zuid-Limburg (Demoulin, 1989, 1990). Alhoewel in het profiel van de bouwput van Rijkhoven geen echte veen- of lignietlaag werd aangetroffen, verwijzen de putjes in het bovenoppervlak van de kwartsietbank (Figuur 17) wellicht naar vroegere wortelgangen. Deze wortelsporen houden mogelijk verband met het bestaan van een vroegere veenlaag. Het is dus niet denkbeeldig dat de voormalige veen- of lignietlaag boven het witte zand door erosie is verdwenen, vooraleer de Klei van Henis werd afgezet. Duidelijke voorbeelden van pedogenetische silcretes zijn bijvoorbeeld de Bolderiaan-kwartsieten in de voormalige Sibelco-witzandgroeve van Opgrimbie, die gelinkt zijn aan het voorkomen van de bovenliggende Kikbeekligniet (Gulinck, 1961). De zoetwaterkwartsieten worden allemaal microscopisch gekenmerkt door het voorkomen van zogeheten kwartsovergroeiingen (Figuur



Figuur 17. Microscopische opname van een slijpplaatje gemaakt in het zoetwaterkwartsiet: uitsluitend doorzichtige kwartskorrels (oorspronkelijke vorm wordt door hun 'stofferige' omtrek weergegeven) omgeven door kwartsceement. Geel hars vult de nog niet opgevulde poriën tussen de zandkorrels. Schaal is 0,5 millimeter.



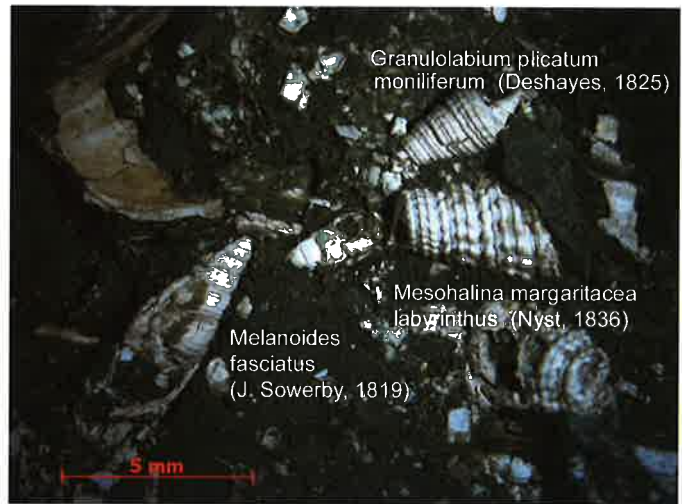
Figuur 18. Schijfje gezaagd uit de zoetwaterkwartsiet, met een poreuze onvolledig verkiezelde buitenzone (donker want nog vochtig) en een harde, volledig verkiezelde kern.

17). Opvallend bij de zoetwaterkwartsiet van Rijkhoven is het feit dat de verkiezeling toeneemt van buiten naar binnen, waardoor er een volledig verkiezelde harde kern en een onvolledig verkiezelde zachtere buitenzone bestaat (Figuur 18). Hun vorming is geologisch gezien van korte duur (hooguit 30 000 jaar).

4. Het Neerrepen Zand, met aan zijn top de fossiele podzolbodem, wordt opgevolgd door een pakket van vette, groene klei (Klei van Henis), waarin donkere, veenrijke en bleke, kalkrijke banden voorkomen. Deze kleien werden in een hoogwadamgeving afgezet. Een relatieve zeespiegelstijging heeft dus een einde gemaakt aan de continentale fase. Het afzettingsmilieu was zeer kalm. Waarschijnlijk was het wad afgezonderd van de open zee door een complex van

zandbanken. De dikte van het kleipakket suggereert dat de rustige afzettingsomstandigheden lange tijd constant zijn gebleven. In dit bijna droogvallende wadengebied moet de verdamping belangrijk zijn geweest, met als gevolg verhoogde zoutconcentraties. Dit wordt aangetoond door het sporadisch voorkomen van gipsconcreties én door de aanwezigheid van een soortenarme fauna van vooral euryhalie organen, waaronder mollusken (bivalven en gastropoden zoals *Polymesoda subarata convexa* (Brongniart, 1822), *Cordiopsis incrassata* (Nyst, 1836), *Corbula gibba subpisum* (d'Orbigny, 1852), *Granulolabium plicatum moniliferum* (Deshayes, 1834), *Mesohalina margaritaceus labyrinthus* (Nyst, 1836), *Melanoides fasciatus* (J. Sowerby, 1819); Figuur 19) en ostracoden (mosselkreeftjes, bijna exclusief bestaande uit de soort *Hemicyprideis montosa* (Jones & Sherborn, 1889); Figuur 20). Euryhalie soorten zijn soorten die ongevoelig zijn voor temperatuurschommelingen en zoutgehalten: ze kunnen dus zeer zout, brak tot zelfs zoet water verdragen. Deze fossielen kunnen zowel verspreid in de klei voorkomen als geconcentreerd in laagjes: door de vele schelpjes en het schelpengruis gelijken ze hierdoor op dunne, witte mergellaagjes in de groene klei. De concentraties van schelpen op een kleiplaat wijzen erop dat af en toe grotere hoeveelheden water doorheen het wad vloeiden, vermoedelijk te wijten aan een verhoogde aanvoer van regenwater (of van rivierwater?), eerder dan aan zeedoorbraken. Dit milieu was zeer voedselrijk door het organische detritus en de plantenresten die van het naburige land in de lagune spoelden en door de getijden werden verspreid. Het plantaardige materiaal is zeer slecht bewaard door sterke oxidatie in het ondiepe, droogvallende milieu. Het milieu was dus vergelijkbaar met dat van een kustlagune of kustmeer. Ook de mineralogische karakteristieken van de groene klei (kleimineralen) zouden typisch zijn voor lagunaire tot hypersaliene lacustriene afzettingen (Porrenga, 1968). Gullentops (1956) interpreteert de sedimentaire structuren en microfauna (foraminiferen) van de Klei van Henis als indicatief voor zoetwaterinvloed en brakwatercondities. In de klei komen ook enkele niveaus voor met bleke kalksteenlenzen en septaria. Deze fijnkorrelige kalklenzen of -knollen bevatten zeldzame mollusken (bivalven en gastropoden) met zeer dunne schaal, wat ook wijst op het zeer rustige afzettingmilieu. De kleine septaria zijn pas na de sedimentatie ontstaan ten gevolge van bacteriële omvormingsprocessen.

5. De overgang naar de bovenliggende geologische laag van de Zanden en Mergels van Alden Biesen is niet duidelijk en in deze tijdelijke ontsluiting tevens verstoord (verglede). Aan de top van de Henisklei komen oranjegele tot bruingele, zandige, witte, mergelige en donkere (bruingroene) kleiige sedimenten voor, die lokaal zeer rijk zijn aan euryhalie- en/of brakwatermollusken. De volgende soorten werden door Marquet en collega's (2008) geïdentificeerd: *Megaxinus striatula* (Nyst, 1836), *Polymesoda subarata convexa* (Brongniart, 1822), *Corbula gibba subpisum* (d'Orbigny, 1852), *Lentidium nitidum* (Sowerby, 1822), *Lentidium donaciforme* (Nyst, 1836), *Sandbergeria cancellata* (Nyst, 1836), *Granulolabium plicatum moniliferum* (Deshayes, 1834), *Mesohalina margaritaceus labyrinthus* (Nyst, 1836), *Melanoides fasciatus* (Sowerby, 1819), *Euspira achatensis* (De Koninck, 1837), *Turboella turbinata* (Lamarck, 1804), *Hydrobia draparnaldii* (Nyst, 1836), *Nystia duchasteli* (Nyst, 1835). Tegenover soortenarm staat echter zeer rijk aan individuen, getuige hiervan de werkelijk massale hoeveelheid



Figuur 19. Macro-opname van een schelpenrijk wit laagje uit de groene Klei van Henis, bestaande uit mollusken (tweekleppigen en slakjes) met zeer dunne kalkschaal. Schaal is 5 millimeter.



Figuur 20. Elektronenmicroscopische opname van ostracoden (schelpkreeftjes). *Hemicyprideis montosa* (Jones & Sherborn, 1889). Rijkhoven, Klei van Henis: a. Linkerklep, wijfje. b. Rechterklep, mannetje. Schaal: 0,2 millimeter.

schelpjes (Figuur 21) van de zogeheten *Potamides*-fauna (hoofdzakelijk bestaande uit de soort *Pirenella plicata monilifera*, nu *Granulolabium plicatum moniliferus* (Deshayes, 1825) genoemd) die overal in het zuidoosten van Belgisch-Limburg aangetroffen wordt. Deze schelpenlaag werd zelfs ooit uitgebaat als grind voor de aanleg van tuinpaden. Ze komt dikwijls herwerkt voor in de pleistocene rivierafzettingen zoals die van de Mombeekvallei (Deville *et al.*, 1997). Sporadisch worden hierin ook terrestrische mollusken aangetroffen, die wijzen op een occasionele toevoer van zoetwater vanaf het vasteland. Er zijn verschillende verklaringen voor deze verandering in afzettingsvoorwaarden. Vooreerst is er een verdere stijging van het zeepeil waardoor de zandbarrière die de lagune zeewaarts afschermde, af en toe werd doorbroken, wat de aanvoer van zand verklaart.



Figuur 21. Detail van de rijkdom aan slakkenhuisjes, hoofdzakelijk behorende tot de soort *Granulolabium plicatum moniliferus* (veldterm: Potamides-slakjes). Detailopname van het lakprofiel tentoongesteld in het Apostelhuis.

Anderzijds was zandaanvoer ook mogelijk door rivieren die in de lagune uitmondden, waardoor zoetwater en zoetwaterfauna-elementen zich mengden. Dit wordt bijvoorbeeld aangetoond door de aanwezigheid van charophyten (kranswieren) in volledig ontwikkelde profielen van deze geologische laag. Ten slotte zijn deze belangrijke concentraties aan schelpen misschien te verklaren als gevolg van kortstondige stormactiviteiten, zoals nu ook gebeurt in waddengebieden (Figuur 22). Het voorkomen van specifieke sedimentaire structuren (zichtbaar in de mooie lakprofielen in de voormalige zandput van het kasteelpark en te bezichtigen in het Apostelhuis en in het Natuurhistorisch Museum van Maastricht) wijzen in de richting van getijdengeultjes, die waarschijnlijk ook de onderliggende klei van Henis hebben geërodeerd.



Figuur 22. Waddenafzetting in Noord-Duitsland (nabij Wilhelmshafen): zandig hoogwad met slik, getijdengeultjes en belangrijke accumulaties van schelpen (een mogelijk recent analoog voor het afzettingmilieu van de zanden en mergels van Alden Biesen?).

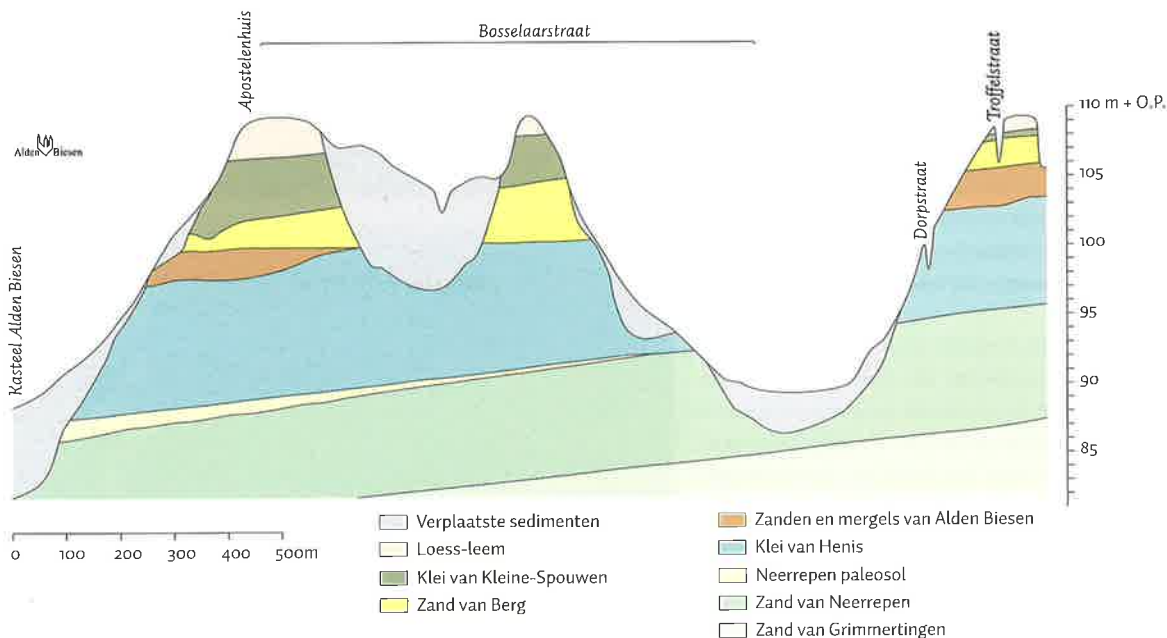
6. Na de afzetting van deze randmariene continentale lagen van de Borgloon Formatie vond er een echte zee-invasie (transgressie) plaats in de regio, die resulteerde in de afzetting van witte tot gele, in natte toestand bleekgroen-grijze, matig fijne zanden van het Lid van Berg. Deze laag werd in het profiel van de bouwput van Rijkhoven echter niet bewaard, maar relictten ervan komen samen voor met relictten van het Lid van Alden Biesen. De vorm is sterk vergleden en verspoeld. Hiervan getuigen de karakteristieke gidsfossielen uit het Zand van Berg zoals grote witte schelpen van de bivalve *Glycymeris obovata* (Figuur 8). Deze schelpen blijken uit de top van het Zand van Berg te komen, waar ze een compacte schelpenbank vormen, overwegend bestaande uit sterk gerolde kleppen. De basislagen van het Zand van Berg, waar dit bewaard is gebleven, bevatten meestal zeer veel schelpensoorten die ook zeer algemeen voorkomen in de Zanden van Alden Biesen (brakwaterfauna met veel *Pirenella* of *Potamides*) en die door erosie van de onderliggende laag in de bovenliggende laag herwerkt zijn. Op basis van de waarnemingen van Nederlandse boorcampagnes in de regio (Van Hinsbergh *et al.*, 1973; Janssen *et al.*, 1976) is het merkwaardig dat de dikte van de Zanden van Berg (maximaal 5 meter dik in de regio) beduidend geringer is daar waar de Zanden en Mergels van Alden Biesen eronder nog aanwezig zijn (Figuur 23). Het zand van Berg wordt gewoonlijk opgevolgd door de Klei van Kleine-Spouwen, beter gekend als Nuculaklei. Deze donkergroene, fijn zand houdende klei getuigt van een voortschrijdende zeetransgressie en stijging van het zeepeil, zodat de kustnabije zanden verder zuidwaarts migreerden en de lokale zeebodem minder door stromingen werd beroerd. In kalmer water kon het fijnere slib bezinken en een kleilaag opbouwen. Ter hoogte van de bouwput is deze kleilaag niet meer intact gebleven. Worstvormige sporen ervan zijn echter in de bodemverglinding terug te vinden.

7. De vorstspleten in de chocoladebruine, humusrijke horizont van de megapodzol aan de top van het Zand van Neerrepn (Figuur 24) getuigen van het barre klimaat tijdens de laatste ijstijd (met permafrost, 20 000 jaar geleden). Water dat in deze poreuze witte zandlaag tussen de ondoorlatende Klei van Henis en de relatief ondoorlatende zanden van Neerrepn kon insijpelen (dit gebeurde waarschijnlijk in de intrekzone gelegen ten zuiden van Rijkhoven, waar deze laag vroeger dagzoomde), bevroor tijdens de strenge vorstperiodes. Door de uitzetting van het ijs onder een afsluitende laag verhoogde de druk in het coherente zand van de fragipan en ging het zand, zoals een vaste steen, barsten. De barsten volgden een ruitvormig patroon dat sterk gelijk op het netwerk van diaklazen of breuken dat in oude vervormde gesteenten wordt aangetroffen. Bij ontdooiing werden de spleten opgevuld met insijpelend wit zand.

Een andere verklaring voor het voorkomen van deze barstjes en alternatief voor de vorstwerkinghypothese is het feit dat fragipans vaak een polygonale structuur vertonen als gevolg van gewone uitdroging (P. Buurman, persoonlijke mededeling).

8. Het landschap in Zuid-Limburg is tijdens vochtige episodes van de ijstijden sterk beïnvloed door diepe erosie (vallei-insnijdingen), afgewisseld met afzetting van loess tijdens koude, droge, winderige episodes. Het is voornamelijk de loess afgezet tijdens de laatste koude fase, zo'n 20 000 jaar geleden, intussen gedeeltelijk ontkalkt tot leem, die nu het landschap overdekt door een alles verhullende quartaire leemmantel. De talrijke vuurstenen rolkeien die nu worden aangetroffen in de vergleden eenheid bovenaan de bouwput zijn waarschijnlijk afkomstig uit de basis van de quartaire leemlaag (regressiegrind) en herwerkt uit jongere tertiaire zandlagen die nu door erosie volledig zijn opgeruimd, op de resistente keien na.

9. Sinds de holocene klimaatsverbetering zijn de hoofdzakelijk zandi-



Figuur 23. Geologische west-oost-doorsnede tussen Kleine-Spouwen en het kasteel van Alden Biesen, met aanduiding van de verschillende geologische lagen en hun onderlinge relaties. Let op de dikte van de verplaatste sedimenten. Hertekend en aangepast op basis van onze nieuwe observaties uit de bouwput, naar Van Hinsbergh *et al.*, 1973.

ge afzettingen van de leden van Berg en van Alden Biesen sterk met water verzadigd. Het water kon immers niet wegzijgen door de ondoorlatende Henisklei. Indien het poriënwater niet zijdelings kan wegzijgen uit de zandlaag, bijvoorbeeld omdat de bronnen verstopt zijn door afgespoelde leem of door een vroegere aardverschuiving, dan kan de poriënwaterdruk in de zandlaag zodanig toenemen dat de cohesie tussen de zandkorrels verloren gaat en liquefactie (vervloeiing) optreedt. Door de afhelling van de lagen in dezelfde richting als de steilere helling van het landschap traden er bodemverschuivingen op en zijn alle lagen bovenop de Henisklei in lobben naar beneden verschoven en over elkaar gegleden. Er ontstaat een nieuwe, compenserende massaverdeling; bovenaan de verglijdingszone zakt de aarde weg en ontstaan gapende spleten. Naar onder toe puilt de aarde uit en vormen er zich stuwwallen. Waar het water uit de verglijdingslob geperst wordt, vormt zich een verglijdingstong. Het zand gaat hier samen met het water uitvloeien en als een sterk verstoorde massa achterblijven, waarin de oorspronkelijke structuur geheel verloren is gegaan.

Het schuifvlak wordt gevormd door de zandige, mergelige laagjes aan de top van de Henisklei. Hierbij ontstonden sterk geplooide overschuivingslobben en een door elkaar haspelen van verspoelde sedimenten van verschillende geologische ouderdom (zand, klei, mergel, silexkeien, fossiele schelpen, ...). Naar Rijkhoven toe zou de globale, zuidwestelijk gerichte verplaatsing tussen heuvelkam en bosrand 100 tot 200 meter bedragen.

De bouwput van Rijkhoven ligt net op de rand van de verglijdingsgevoelige zone en heeft de onderste stuwwal en uitvloeiingstong van een verglijding doorsneden. Het glijvlak wordt aangegeven door een dubbele mergellaag die de leemkleurige verglijdingstong scheidt van de onderliggende groene Klei van Henis, al is ook de topzone van de klei deels plastisch vervormd en deels afgesneden door het schuine glijvlak (Figuur 25). De vervorming van de verglijdingstong is nog het best te vergelijken met een overslaande golf. Vanaf de noordoostelijke hoek van de bouwput waar het glijvlak het hoogst ligt, vertrekt een golfbeweging door de dubbele mergellaag. De plooistructuur krijgt een steeds grotere omvang in zuidwestelijke richting met golflengte op meterschaal en amplitudo op halvemeterschaal. De plooi-as gaat steeds meer overhellen in de richting van de beweging, goed te herkennen aan de spitse tongen van groene klei met oranjeleuige schelpaccumulaties of loesspoppetjes in de vervloeiide bruine leem en het zand (Figuur 26). Uiteindelijk gaan deze spitse plooiën over in isoclinale plooiën (met evenwijdige vleugels) die losgerukt worden van hun substraat en als een opeenstapeling van overhellende worst- of plaatvormige kleifragmenten in de vervloeiide bruine massa zweven. Het is uniek dat deze vervloeiingsstructuur zo goed waarneembaar is. De schelpen, loesspoppetjes (kalkconcreties) en cohesieve kleiplaten worden geconcentreerd in de modderstroom en geven door textuur- en kleurverschillen heel goed de interne structuur weer. De kalktoeslag stabiliseert de leem, zonder dewelke deze bouwput nooit stabiele en zuivere wanden zou bezitten en het detail van de verglijding niet waarneembaar zou zijn.

Gulinck signaleerde in 1968 al het bestaan van bodemverglidingen (soliflucties) en sterk vergleden sedimenten, losgerukt uit de Klei van Henis en het Zand van Alden Biesen, in een ontsluiting vlakbij het



Figuur 24. Detailopname van met wit zand opgevulde dooi- en vorstspleten in de fossiele bodem van Neerrepn. Zwarte punten en streepjes zijn ingekoolde restanten van wortels.



Figuur 25. Contact tussen het vergleden complex en de top van de klei van Henis met plastisch vervormde witte mergellaagjes (oostelijke wand van de bouwput).



Figuur 26. Overzichtsfoto van de interne opbouw van de verglijdingstong met geplooide kleilaagjes overhellend in de richting van de verplaatsing, extra geaccentueerd door interne zwarte veenlaagjes en witte mergellaagjes. Zuidelijke wand van de bouwput.

kasteel van Alden Biesen. Voor deze auteur hielden deze bodemverglidingen verband met sterk uitgesproken valleivorming tijdens het Pleistoceen. In de boorcampagnes uitgevoerd in hetzelfde gebied door Van Hinsbergh *et al.* (1973) en Janssen *et al.* (1976) werden regelmatig 'verplaatste sedimenten' aangetroffen. Ze werden door deze auteurs, die zich geen visuele voorstelling van het gebeurde konden maken, geïnterpreteerd als het gevolg van eenvoudige hellingserosieprocessen en opvullingen van erosiedalen (Figuur 23).

De meest bekende en grootschalige verglijdingen of grondverschuivingen in Vlaanderen komen voor in de Vlaamse Ardennen in het zuiden van Oost-Vlaanderen en aangrenzend Henegouwen (Van Den Eeckhaut *et al.*, 2005, 2007). Daar komt een klei-zand-klei-opeenvolging in de Ieperiaanse lagen voor, met fijn, kleihoudend zand dat bij waterverzadiging zijn cohesie verliest en gaat vervloeien en afglijden. In Haspengouw is vooral de Klei van Henis gevoelig voor verglijdingen, zoals slumps en opstuwingen of verplaatsingen van kalkrijke bronzones duidelijk maken in het Wijngaardbos te Sint-Huibrechts-Hern of in de soortenrijke graslanden tussen Opleeuw en Kerniel te Gors-Opleeuw. Dergelijke bodemverschuivingen kunnen ook nu nog plaatsvinden zodat het ganse heuvelachtige gebied rond Alden Biesen, waar zandige lagen op kleilagen liggen, als verglijdingsgevoelige zone kan bestempeld worden.

Wat leert de bouwput ons?

1. Paleosol

Het spierwitte zand en de geassocieerde bodemvorming zijn vroeger reeds beschreven in de voormalige kleigroeve Francart te Tongeren, in Valkenburg en in enkele oude zandputten ten westen van Henis. Alhoewel deze fossiele bodem over een groter gebied moet voorkomen, zijn er sindsdien nauwelijks meldingen van gemaakt. Er is geen goede beschrijving voorhanden. Een mogelijke verklaring is de aanwezigheid van de harde fragipan die met handboringen niet te doorboren is. Zonder goede verticale doorsneden was het dan ook niet te

verwachten dat vorige onderzoekers goede beschrijvingen konden achterlaten.

De bouwput maakte het voor het eerst ook mogelijk om een eenduidige relatie te leggen tussen de fossiele bodem van Neerrepn en het zoetwaterkwartsiet.

2. Relatie Klei van Henis en Zanden en Mergels van Alden Biesen

Er bestaat geen echte stratigrafische grens tussen het Lid van Alden Biesen en dat van Henis, vermits dezelfde euryhaliene fauna en geassocieerde mergelwitte bandjes, die karakteristiek zijn voor het Lid van Alden Biesen, ook al in het onderliggende Lid van Henis voorkomen. Beide leden behoren dus tot eenzelfde sedimentaire cyclus. Bij boringen is het onderscheid bijgevolg erg moeilijk te maken. Wordt het wél gemaakt, dan is de grens meestal nogal arbitrair. Massale herwerking van de schelpen aan de basis van het bovenliggende Zand van Berg of zelfs in de pleistocene alluviale zanden van de moderne beekvalleien heeft ertoe geleid dat deze afzettingen verkeerdelijk als Lid van Alden Biesen werden bestempeld. Op basis van nieuwe inzichten in de lagenopbouw die de nieuwe bouwput heeft opgeleverd, is er een pleidooi om de stratigrafische afscheiding tussen de Leden van Henis en Alden Biesen met terughoudendheid te bekijken: voortaan zouden beide als één karteerbare eenheid moeten beschouwd worden, die in essentie bestaat uit de Klei van Henis (met een zeer kalkrijke, zandige toplaag).

3. Grondverschuiving

Een bodemvergliding of grondverschuiving is een lobvormige massaverplaatsing van bodem of niet verharde gesteenten, die zonder veel interne vervorming onder invloed van de zwaartekracht hellingafwaarts schuiven langs een glijvlak. De zand-mergel-klei-opeenvolging in het heuvelende landschap van Haspengouw vormt een ideaal substraat voor verglijdingen, zeker met de Henisklei als solide basis. Het hele bos tussen Alden Biesen en Rijkhoven behoort tot een verglijdingsgevoelige zone en lijkt sterk aangetast door overschuivingslobben. Alhoewel een grondverschuiving beschouwd wordt als een snel erosieproces, is de tijdsduur sterk variabel, met verplaatsingen in de orde van grootte van meters per uur of per jaar. Een verglijding kan steeds gereactiveerd worden, of dieper liggende delen van de heuvel kunnen op hun beurt beginnen te schuiven zodat uiteindelijk gehele dalflanken uit oudere of jongere verglijdingen bestaan. Alleen ontwatering van de zandlaag boven het verschuivingsvlak zal de verschuiving stokken en daardoor verdere vervorming van het landschap en zijdelingse druk op onderstaande constructies – tijdelijk – verminderen. Een grondverschuivinggevoelige zone is eigenlijk niet geschikt voor permanente bezetting door de mens. Het is een domein waar de natuurkrachten primeren.

Besluit

De bouwput van Rijkhoven was een bijzonder instructief kijkvenster op de geologische opbouw van Vochtig Haspengouw. Het grote aantal bont gekleurde aardlagen en de grote verscheidenheid aan geologische processen die er werden waargenomen, is frappant: 33 miljoen jaar aardgeschiedenis winnen er aan duidelijkheid. Deze tijdelijke ontsluiting levert een unieke bijdrage tot de geologische kennis,

die nog verder wordt uitgediept, dankzij 3 tot nog toe weinig bekende geologische fenomenen: 1) de opbouw van een fossiele bodem – de podzolbodem van Neerreen – en de relatie met de zoetwaterkwartsieten, 2) de verwevenheid tussen de Klei van Henis en de Zanden en Mergels van Alden Biesen die nu nog moeilijk als afzonderlijk karteerbare geologische eenheden kunnen worden beschouwd, en 3) de doorsnede door een verglijdingstong die dankzij het hoge kalkgehalte van het verglijdingsvlak tot in het kleinste structurele detail bewaard is gebleven. Hierdoor heeft deze de waarde gekregen van een universeel didactisch voorbeeld voor geologische handboeken.

Dankwoord

Bijzondere dank gaat uit naar Mo Ramakers voor de interesse en medewerking, Paul Elst voor het signaleren van de bouwput, de 'harde kern' van de LIKONA-Werkgroep Geologie (Alida, Bernard, Luc, Ward) voor het uitvoeren van handboringen en uitgraven van prospectieputten, Karel Wouters en Robert Marquet (KBIN) voor de paleontologische determinaties, en naar Johan Matthijs, David Lagrou en Katleen Van Baelen (VITO) voor de assistentie op het terrein en bij de verwerking van de data. Prof. Jean Poesen (k.u. Leuven) leverde achtergrondinformatie over bodemverschuivingen en dr. Peter Buurman (Wageningen) kritische opmerkingen en aanvullingen bij de fossiele bodems.

Referenties

- BUURMAN, P. & A.G. JONGMANS, 1973. The Neerreen soil, an early Oligocene podzol with a fragipan and gypsum concretions from Belgian and Dutch Limburg. *Pedologie*, XXV, 2, pp. 105-117.
- BUURMAN, P. & W. LANGERAAR, 1975. Depositional features in Oligocene sediments of Valkenburg, province of Limburg. The Netherlands, with description of a new lithostratigraphical unit: Valkenburg Deposit. *Mededelingen Werkgroep Tertiaire en Kwartaire Geologie*, 12, pp. 57-57 en 101-111.
- CADEE, M.C., V.W.M. VAN HINSBERGH & A.W. JANSSEN, 1976. Een profiel door Tertiaire en Kwartaire afzettingen tussen Tongeren en Waltwilder (België, provincie Limburg). *Mededelingen Werkgroep Tertiaire en Kwartaire Geologie*, 13-2: 35-58.
- CLAES, S., E. FREDERICKX, F. GULLENTOPS & W. FELDER, 2001. Kaartblad 34 Tongeren 1:50.000. Toelichtingen bij de geologische kaart van België – Vlaams gewest. *Belgische Geologische Dienst en Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie*, 55 p.
- DEMOULIN, A., 1989. Indurations siliceuses et ferrugineuses des sédiments de couverture en Haute Belgique (Silcretes and ferricretes in the Oligocene sands of Belgium (Haute-Belgique)). *Zeitschrift für Geomorphologie*, 33, pp. 103-118.
- DEMOULIN, A. (1990). Les silicifications tertiaires de la bordure nord de l'Ardenne et du Limbourg méridional (Europe NO). *Zeitschrift für Geomorphologie*, 34, pp. 179-197.
- DEVILLE, J., R. DREESEN, M. DUSAR & K.L. WOUTERS, 1997. Fossilhoudende rivierafzettingen en moeraskleien uit de Mombekvallei nabij Wimmertingen. *LIKONA Jaarboek 1996*, pp. 11-17.
- DREESEN, R., M. DUSAR & K. BEERTEN, 2001. De onderkant van Limburg: verwaarloosd erfgoed. *LIKONA Jaarboek 2000*, pp. 19-31.
- DREESEN, R., M. DUSAR & F. DOPERE, 2001. Atlas natuursteen in Limburgse monumenten. Provincie Limburg. 294 p.
- GLIBERT, M. & J. DE HEINZELIN, 1954. L'Oligocène inférieur belge. Volume jubilaire Victor Van Straelen. *Inst. roy. Sc. Nat. Belgique*, 1: 281-438, pl. 1-7.
- GULINCK, M., 1961. Note sur le Boldérien d'Opgrimbie (Campine) et remarques sur les grès « erratiques » du Limbourg. *Bulletin de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie*, tome LXX, pp. 297-302.
- GRUNWALD, S., 2008 : Spodosols, <http://grunwald.ifas.ufl.edu/Nat.resources/soilOrders/spodosols.htm>
- GULINCK, M., 1968. Découverte d'un quartzite dans le Tongrien supérieur près de Oude-Biezen (Vieux-Joncs). *Bulletin van de Belgische Vereniging voor Geologie*, 77, pp. 15-17.
- GULLENTOPS, F., 1956. Les foraminifères des sables de Vieux-Joncs (Tongrien supérieur). *Mémoires de l'Institut Géologique de l'Université, Louvain*, 20, pp. 5-24.
- HOOKER, J.J., M.E. COLLINSON & N.P. SILLE, 2004. Eocene-Oligocene mammalian faunal turnover in the Hampshire Basin, UK : calibration to the global timescale and the major cooling event. *Journal of the Geological Society, London*, 161, pp. 161-172.
- HORBE, A.M.C., M.A. HORBE & K. SUGUIO, 2004. Tropical spodosols in northeastern Amazonas State, Brazil. *Geoderma*, 119, 1-2, pp. 55-68.
- JANSSEN, A.W., V.W.M. VAN HINSBERGH & M.C. CADEE, 1976. Oligocene deposits in the region North of Tongeren (Belgium), with the description of a new lithostratigraphical unit: the Atuatua Formation. *Mededelingen Werkgroep voor Tertiaire en Kwartaire Geologie*, 13 (3), pp. 75-115.
- MARECHAL, R., 1993. A new lithostratigraphic scale for the Palaeogene of Belgium. *Bulletin van de Belgische Vereniging voor Geologie*, 102, pp. 215-229.
- MARQUET, R., J. LENAERTS, C. KARNEKAMP & R. SMITH, 2007. The molluscan fauna of the Borgloon Formation in Belgium (Rupelian, early Oligocene). *Palaeontos*, 12: 1-100.
- PORRENGA, D.H., 1968. Non-marine glauconitic illite in the Lower Oligocene of Aardeburg, Belgium. *Clay Minerals*, 7, pp. 421-430.
- ULLYOTT, J.S. & D.J. NASH, 2006. Micromorphology and geochemistry of groundwater silcretes in the eastern South Downs, UK. *Sedimentology*, 53, pp. 387-412.
- VANDENBERGHE, N. & P. LAGA, 1996. De aarde als fundament. Een inleiding tot de geologie voor ingenieurs. ACCO, Leuven, 323 p.
- VANDENBERGHE, N., P. LAGA, E. STEURBAUT, J. HARDENBOL & P.R. VAIL, 1998. Tertiary sequence stratigraphy at the southern border of the North Sea Basin in Belgium. *SEPM Special Publication No 60*, pp. 119-154.
- VANDENBERGHE, N., S. VAN SIMAEYS, E. STEURBAUT, J.W.M. JAGT & P.J. FELDER, 2004. Stratigraphic architecture of the Upper Cretaceous and Cenozoic along the southern border of the North Sea Basin in Belgium. *Netherlands Journal of Geosciences / Geologie en Mijnbouw* 83, pp. 155-171.
- VAN DEN BROECK, E. & A. RUTOT, 1883. Explication de la Feuille de Bilsen. *Musée royal d'Histoire naturelle de Belgique. Service de la carte géologique du Royaume*: 212 p.
- VAN DEN EECKHAUT, M., J. POESEN, G. VERSTRAETEN & G. GOVERS, 2005. Verkennde studie met betrekking tot massabewegingen in de Vlaamse Ardennen. Deel I : Studiegebied, literatuurstudie, inventarisatie en classificatie (+ steekkaarten), statistische en ruimtelijke analyse en methodologie voor het ontwerp van een risicokaart. Rapport in opdracht van de Vlaamse Gemeenschap, AMINAL, afdeling Land, 154 p.
- VAN DEN EECKHAUT, M., J. POESEN, G. GOVERS, G. VERSTRAETEN & A. DEMOULIN, 2007. Characteristics of the size distribution of recent and historical landslides in a populated hilly region. *Earth and Planetary Science Letters* 256: 588-603.
- VAN HINSBERGH, V.W.M., A.W. JANSSEN & L.M.B. VAESSEN, 1973. Een profiel door Oligocene en Kwartaire afzettingen ten westen van het dorp Kleine-Spouwen (België, provincie Limburg). *Mededelingen Werkgroep voor Tertiaire en Kwartaire Geologie*, 10,1, pp. 9-28.