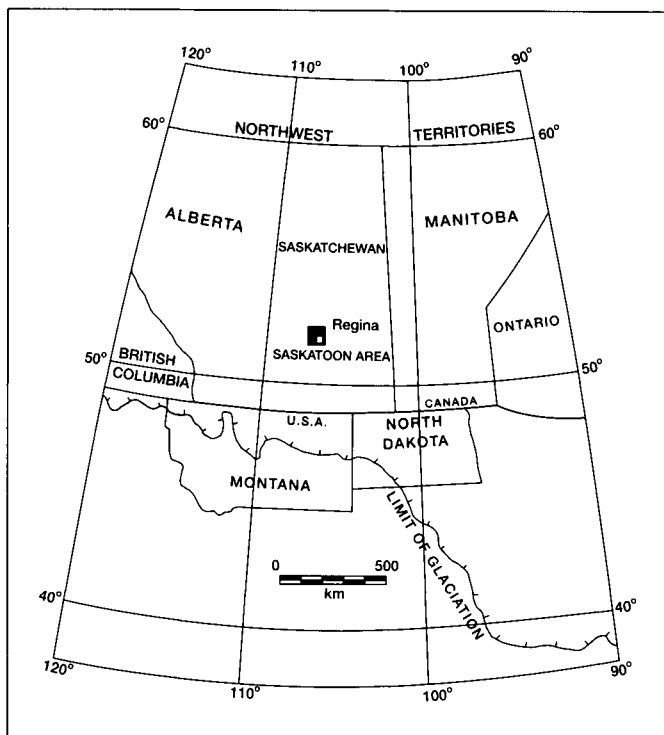


De vele onbekende kanten van KLEI

II. Bentoniet en baksteenklei uit de omgeving van Regina (Saskatchewan, Canada) *)

door Theo Klopogge

In augustus 1994 werd ik door mijn werkgever in de gelegenheid gesteld om het jaarlijkse congres van de Amerikaanse kleimineralogen-vereniging, Clay Minerals Society, bij te wonen. Deze vereniging publiceert onder andere 6 x per jaar het blad *Clays and Clay Minerals*. (Even terzijde, naast deze Amerikaanse vereniging bestaat er ook een Europese tegenhanger, namelijk de European Clay Group Association (ECGA). Tevens wordt er ook hier in Europa een blad op dit gebied uitgebracht, te weten *Clay Minerals*.)



Afb. 1. Overzichtskartaal van de beschreven locaties in Saskatchewan, Canada.

Maar nu terug naar mijn oorspronkelijke verhaal. In 1994 werd deze bijeenkomst gehouden aan de universiteit van Saskatoon, een niet zo'n heel grote plaats in het midden van Canada in de provincie Saskatchewan (afb. 1). Als u eens in de gelegenheid bent om in deze stad rond te kijken, kan ik u een bezoek aan de universiteit en de collectie van de geologische faculteit van harte aanbevelen. Deze permanente tentoonstelling is vrij toegankelijk en bevindt zich in de centrale hal bij de hoofdingang. Hier vindt u fossielen en replica's van fossielen (waaronder *Tyrannosaurus rex* en andere grote sauriërs), zoveel mogelijk geplaatst in een natuurlijke omgeving van planten en soms ook van nog levende soortgenoten. Tevens bevindt zich op de eerste verdieping nog een goede collectie van gesteentes en mineralen.

Aan deze conferentie was ook een korte excursie verbonden, waarbij een bezoek werd gebracht aan de grootste en enige nog in ontginning zijnde bentonietgroeve van Canada en een oude

groeve waar men klei won voor de baksteenindustrie, de zogenaamde *fire clay*.

Wat is bentoniet?

Bentoniet bestaat voornamelijk uit calcium (Ca^{2+})- en/of natrium (Na^+)-montmorilloniet, tezamen met nog enige geassocieerde mineralen, waaronder vaak een klein beetje kwarts, veldspaten en mica's. De meeste grootschalige bentonietafzettingen zijn gevormd door de omzetting van oudere vulkanische asafzettingen. Dit onder invloed van allerlei vooral chemische processen in mariene condities, waarbij vooral magnesium (Mg^{2+}) wordt afgevoerd en calcium (Ca^{2+}) aangevoerd via het aanwezige poriewater. Hierdoor zijn deze afzettingen vaak over grote afstanden te vervolgen. Grootschalige, economisch winbare afzettingen zijn vooral bekend uit de Verenigde Staten, bijvoorbeeld uit Wyoming. De naam bentoniet vond hier zijn oorsprong. Hij werd voor het eerst gebruikt voor een colloïdale (met zeer kleine deeltjes) en zeer plastische klei uit het Krijt vlakbij Fort Benton.

Bentoniet in Canada

Ook in Canada komen echter bentonietafzettingen voor die economisch interessant zijn. De belangrijkste afzetting hiervan wordt gemijnd in de Wilcox mine, een grote open groeve in de nabijheid (zo'n 40 km ten zuid-zuidwesten) van Regina. Alhoewel sinds het begin van deze eeuw de bentonietafzettingen in Canada onderzocht zijn, is dit de enige nog economisch exploitabele groeve in Canada. De groeve is eigendom van de Avonlea Mineral Industries Limited. Het oppervlak van de concessie beslaat 2100 ha, waaruit elke zomer zo'n 60.000 ton bentoniet wordt gewonnen. Deze bentoniet wordt voornamelijk toegepast in de olie-industrie (bij het boren) en in mindere mate in de ijzerertsindustrie en andere industrieën. Bij de winning wordt allereerst de bovenlaag met grote schrapers verwijderd, daarna wordt de bentoniet verwijderd en neergelegd in grote bergen om in de zon te drogen (afb. 2). Hierdoor wordt een behoorlijke reductie in het vochtgehalte bereikt en daarmee ook in de kosten voor verder transport en drogen. De gedroogde klei wordt daarna met grote trucks naar de verwerkingseenheid, 22 km verderop, gebracht waar het verder gedroogd en gemalen wordt, al naar gelang de specificaties van de kopers.

Algemene geologie

In Canada komen bentonietafzettingen voor in een groot gedeelte van het zuidwesten van Saskatchewan en Alberta en minder wijd verspreid in Manitoba en Brits Columbia. Het oorsprongsmateriaal van deze bentonieten zijn vulkanische assen, die waarschijnlijk afkomstig zijn van Elkhorn Mountain Volcanic Field. De ouderdom van deze as is waarschijnlijk zo'n 70 miljoen jaar en zou zijn gevormd gedurende de Laramide orogenese. Na transport door de lucht zijn deze assen afgezet in de toen in Canada aanwezige Krijtzee (zout water), in het brakke kustwater en een deel op het land. Alleen de dikkere afzettingen in de Krijtzee bleven relatief ongestoord en konden daardoor met de tijd worden omgezet in goed zwelbare bentonietafzettingen. De afzettingen op en nabij de kust hebben echter veel te lijden gehad van erosie en voor zover ze nog aanwezig zijn, zijn ze omgezet in minder goed zwelbare bentoniet.

*) Deel I verscheen in *Gea*, juni 1997.

De geologie rond de bentoniet-groeve

De sedimentaire gesteentes rond de Wilcox mine behoren tot de zogenaamde Snakebite Member van de Bearpaw Formation uit het Boven-Krijt. Deze formatie vormt een naar het westen dunner wordende wig van mariene klei en zand, afgezet gedurende de laatste transgressie en regressie van de late Krijtze. De totale afzetting beslaat zo'n 76 m dikke laag donkere klei, die ook wel, zij het onterecht, als schalie wordt beschreven, met daartussen bentoniet, ijzerhoudende klei en kalksteenconcreties, calciet en septaria. In het algemeen zijn de bentonietlaagjes niet dikker dan gemiddeld 5 à 6 cm, gescheiden door enkele meters van de donkere klei. In de afzetting in de Wilcox mine komen echter ook twee of drie bentonietlagen voor die dik genoeg zijn om in een open mijn te winnen. Deze lagen zijn hier 61, 46 en 30 cm dik, gescheiden door 365 cm en 182 cm donkere klei. Het contact aan de onderzijde van de bentonietlagen is over het algemeen scherp en vaak aangegeven door het voorkomen van calciet. Dit geldt echter niet voor de contacten aan de bovenzijde. Deze zijn over het algemeen gradueel.

Dit betekent dat er bij de winning continu een zeer nauwkeurige controle van de kwaliteit van de bentoniet moet plaatsvinden. De oorspronkelijke door de lucht aangevoerde as was hier afgezet in een soort instortingsbekken, gevormd door oplossing van de onderliggende zoutafzettingen. Hierdoor, alsmede door erosie, ziet het landschap eruit als wat wel bekend staat als een *badland*, het gebied heet dan ook de Blackfoot Ridge badlands, zie afb. 2).



Afb. 2. De bentonietgroeve Wilcox mine ten zuid-zuidoosten van Regina, met de Blackfoot Ridge badlands.

De ongewone dikte van de bentonietafzettingen vergeleken met de rest van de afzetting buiten het bekken lijkt erop te duiden, dat deze structuur al voor het Krijt bestond. Op dit moment lijken er drie periodes te kunnen worden onderscheiden waarin het instorten van deze zoutlagen is voorgekomen, te weten in het Midden-Devoon, in het Mississippian (Onder-Carboon) en in het Krijt tot het Holoceen. Verticale verplaatsingen van bepaalde bentonietlagen van meer dan 6 m duiden erop dat dit proces ook doorging na de afzetting van deze lagen. De noordwestelijke trend van het bekken volgt in grote lijnen het onderliggende Precambriëse basement. De bentonietlagen vertonen een lichte welving in het gehele bekken. Er kan gesproken worden van zeer open anticlinale en synclinale structuren, waarbij de flanken onder een hoek van ongeveer 3° tot 5° wegduiken.

Deze relatief simpele structuren worden echter verstoord en daardoor gecompliceerder doordat gedurende de laatste ijstijd in drie verschillende richtingen opstuwing door landijs heeft plaatsgevonden.

Fire clays

In het tweede gedeelte van de excursie brachten we een bezoek aan de Claybank groeve. De klei die hier tot halverwege de jaren '80 gewonnen werd heeft goede eigenschappen voor het bakken

van baksteen. De afzettingen in deze groeve behoren tot de zogenaamde White mud Formation. De White mud Formation behoort tot het jongste gedeelte van het Boven-Krijt en is dus iets jonger dan de bentonieten uit de hierboven beschreven Bearpaw Formation. Het grootste gedeelte van deze formatie bestaat uit gekaoliniseerd zand ofwel een mengsel van kwartszand en kaoliniet met kleine gehalten aan mica.

Het komt voor in lagen tot wel 18 m dik. Het gesteente is gevormd onder niet-mariene omstandigheden.

Over de oorsprong van de kaoliniet zijn er twee theorieën.

De eerste gaat uit van vorming ter plaatse als gevolg van verwerking van oudere in het sediment aanwezige veldspaten.

De andere theorie gaat uit van de vorming van de kaoliniet als gevolg van in situ-verwerking van voornamelijk zure gesteentes, gevolgd door transport van het gevormde materiaal naar de huidige positie. Het kaoliniet-gehalte kan wel oplopen tot zo'n 50-55%, maar is meestal minder. Verder is er in de formatie een afnemende trend naar beneden te zien en op de grens met de onderliggende Eastend Formation is de kaoliniet meestal afwezig.

De kaoliniet is vaak ook van een zodanige kwaliteit dat deze gemakkelijk kan worden gebleekt en daarna worden toegepast in de papier- en verfindustrie (vulmiddel).

Naar het oosten en het noorden van het gebied waar de White mud Formation voorkomt treedt er een sterke verstoring en blokvorming op door het breken onder invloed van het landijs gedurende de ijstijd. De Claybank-groeve beslaat een aantal van deze blokken.

De winning en verwerking tot baksteen

Het materiaal waar we het hier over hebben wordt gewonnen in een open groeve, omdat het bovenliggende gesteente (zeer zachte schalies, silt en zandsteen) te zacht is om als een solide dak voor een mijn te kunnen dienen. Afb. 3 geeft een beeld van een deel van de groeve.



Afb. 3. Een gedeelte van de Claybank groeve. Let vooral op de zeer lichtgrijze kleur vergeleken met de donkere kleur van de bentoniet uit de Wilcox mine.



Afb. 4. Typische doorsnede van een blok zoals dat voorkomt in de Claybank groeve.

Als gevolg van de blokvorming tijdens de ijstijden is het strippen ofwel het verwijderen van het bovenliggende materiaal vaak een ingewikkelde operatie. Deze blokken van vaak enkele duizenden tonnen materiaal zijn vaak over allerlei hoeken tot wel 45° geroteerd, zodat de dikte van de huidige toplaag zeer sterk kan variëren van minder dan een meter tot meer dan 10 meter.

Het gevolg was dat de winning het beste plaats vond door het gebruik van kleine tractoren en schrapers in plaats van grote dragline uitgraafmachines. Daar komt nog bij dat er nogal wat verschillen bestaan als we kijken naar een typische doorsnede van zo'n blok (afb. 4). Door deze verschillen in mineralogische samenstelling zijn er natuurlijk ook verschillen in de fysische eigenschappen.

Het was daarom vaak noodzakelijk om de klei van verschillende niveaus op de juiste manier te mengen. Ook dit maakte grootschalige winning heel moeilijk. In de toptijd werd er dagelijks zo'n 200 tot 300 ton gewonnen. Hierbij was het gebruik van 2 of 3 horizontale gaten van ongeveer 2 m diep, gevuld met 60% dynamiet, voldoende om deze hoeveelheid materiaal vrij te maken.

Het gewonnen materiaal werd in diverse kwaliteiten gescheiden en werd daarna naar de fabriek gebracht op een kleine 600 m van de groeve. In de fabriek vonden dan de noodzakelijke voorbehandelingen plaats, zoals het malen, drogen, mengen en temperen. Dit is het toevoegen van water om de benodigde plasticiteit te bereiken, een zeer belangrijke behandeling, omdat anders problemen zoals breukvorming en ongelijke krimp kunnen optreden.

Eén van de dingen die deze fabriek bijzonder maakten is het feit, dat er gedurende vele tientallen jaren tot aan de sluiting toe gebruik werd gemaakt van het zogenaamd droog persen van de stenen. Dit vindt plaats in een verwarmd apparaat (anders blijven de stenen aan het koude metaal plakken) onder hoge druk (met een kracht van wel 15 pk). Hier worden vier stenen per keer geperst met een dusdanige snelheid, dat er wel 2.000 stenen per uur konden worden verwerkt. De sterkte van deze geperste stenen was genoeg om ze direct in een van de tien ronde ovens te stoken (vakterm voor verhitten) (afb. 5). Elke oven kon ongeveer 90.000 stenen bevatten. Gemiddeld werden de stenen gedurende 5 dagen gestookt bij een temperatuur van ongeveer 1000-1100°C, waarna de oven werd afgesloten en afkoelde door middel van radiatie. Na 24 uur werd de dan nog resterende warmte gebruikt voor het drogen van de ruwe materialen. Hier werd dus al zeer vroeg gebruik gemaakt van hergebruik van de restwarmte.

Afb. 5. De ronde, ietwat tonvormige ovens waarin de stenen gestookt werden.



Literatuur

- Hudson, J.H. (1984) Ceramic clays and bentonites of the Prairie Provinces. In: Guillet, G.R. and Martin, W. (eds): The Geology of Industrial Minerals in Canada, CIMM Special Volume 29, 183.
- Hudson, J.H. (1986) Recent studies on Saskatchewan clays. SRC Publication No. R-830-4-D-86.
- Klopogge, J.T. en Klopogge, J.J. (1997) De vele onbekende kanten van klei: I. Een algemene inleiding. Gea vol. 30, nr. 2.
- Monea, M.J. (1984) High swelling bentonite deposits in south-western Saskatchewan. In: Guillet, G.R. and Martin, W. (eds) The Geology of Industrial Minerals in Canada, CIMM Special Volume 29, 183.
- Plas, L. van der (1994) Kleimineralogie, een "basis"wetenschap. Gea 27 (3), 77-83.
- Rademakers, P.C.M. (eindred.) (1989) Delfstoffen in Limburg. Grondboor en Hamer 43 (5-6).
- Schreiner, B.T. (1994) Field trip guide: Geology and its application to clay mineral resources and geotechnical engineering. Clay Minerals Society 31st Annual Meeting.
- Worcester, W.G. (1942) The industrial processing of western Canadian fire clays. Presentation at the Annual General Meeting of Industrial Minerals Section of CIMM, Edmonton, Alberta.
- Wijck, J.H. van (1993) Klei voor de Nederlandse grofkeramische industrie. Grondboor en Hamer 47 (1/2), 63-67.