



Hemmo Abels in het Big Horn Bekken.

Rijke riviersedimenten in het Bighorn Bekken, Wyoming

De eerste stap die ik in mijn nieuwe veldwerkgebied ga zetten, is in de sneeuw. Het is begin juni 2009. Ik had bedacht vroeg in 't jaar het veld in te gaan zodat ik deze eerste keer ruim de tijd zou hebben. Het propellervliegtuigje waar ik in zit daalt langzaam uit de wolken om zo meteen te landen op Yellowstone National Airport in Cody, Wyoming, in het noordwesten van de Verenigde Staten. Terwijl de laatste slierten wolk langs mijn raampje wegglijden, zie ik voor het eerst de ontsluitingen waar ik zo veel over gelezen heb. Er zouden zandige rivierafzettingen en rode bodems te zien moeten zijn. Die witte lithologie echter, daar heb ik niets over gelezen. Het blijkt sneeuw. Dat kan hier op 44 graden noorderbreedte, ter hoogte van Bordeaux, begin juni nog prima.

Het is het land van Buffalo Bill en de slag bij Little Big Horn, waar in 1876 een heel Amerikaans regiment door indianen wordt verslagen. Het Bighorn Bekken was tot dan een indianenreservaat. Na de slag zijn de indianen relatief vogelvrij. Al in 1880 rollen de eerste koetsen met paleontologen het bekken binnen op zoek naar botten. Ook voor het Cenozoïcum gold een 'Battle of the Bones', hoewel minder hevig dan voor het Mesozoïcum. Vijf dagen waren ze er dat jaar, om daarna verder te reizen naar andere vrijgekomen gebieden. Het bekken zou erna niet meer aan de aandacht van de paleontologen ontsnappen. Interessant feit is dat in die eerste jaren een piepklein kaakje werd gevonden, waarvan pas een eeuw later nog een aantal gevonden werd. Die eerste paleontologen hadden dan misschien haast, ze zochten wel goed.

Het Bighorn Bekken

Het Bighorn Bekken is een intermontaan bekken ontstaan ten tijde van de Laramide orogenese. De sedimenten zijn afgezet in met name het laat Paleoceen en vroeg Eoceen. Het huidige droge klimaat in Wyoming zorgt voor prachtige ontsluitingen van deze riviersedimenten, die rijk zijn aan fossielen. Fossielen worden voornamelijk aan het oppervlak verzameld, ze liggen als het ware voor het oprapen. Dat is gemakkelijker gezegd dan gedaan, want in het dicht beboste gebied van de rivierlakte ten tijde van het Eoceen had het grootste dier, de *Coryphodon*, de maat van een kleine koe. Voor een goede fossiel-collectie wordt er weken achtereen op de knieën over de grond gekropen met het hoofd zo dicht mogelijk bij het sediment. Sediment wassen en zeven levert niet veel op omdat de fossielen vaak niet in specifieke lagen zitten maar verspreid door de afzettingen heen. De late sneeuw begint juni zorgt ervoor dat de korte excursie die ik in mijn eerste dagen zou krijgen in de modder valt. Professor Philip Gingerich van de universiteit van Michigan, een vermaard paleontoloog die onder andere de afstamming van de walvissen heeft bewezen, zou mij het gebied laten zien. Gingerich komt sinds 1967 in het bekken. Hij heeft er een huisje gekocht en een aantal vierwiel-aangedreven auto's waar ik gebruik van mag maken. Het huis is een echte houten 'homestead' uit 1912 van waaruit de eerste Europese Amerikanen irrigatielandbouw probeerden. De auto's zijn een stuk minder oud, maar nog steeds prachtig om in te rijden. Met name de Chevrolet Suburban uit 1978 die Gingerich heeft laten verzwaren met een blok staal omdat 'studenten dan gedwongen worden langzamer te rijden', is een prachtbak, waar we denk ik geen energielabel voor hebben ontwikkeld. Ik wil naar het gebied met de grootste,

mooiste en daarmee steilste ontsluitingen, omdat ik denk dat ik daar mijn werk het beste kan doen. Ik wil de riviersedimenten zowel door de tijd als lateraal bestuderen en ook al zijn de ontsluitingen hier op veel plekken prachtig, één gebied springt er bovenuit, de McCullough Peaks. Met lichte tegenzin gaat Gingerich akkoord. Het is het gebied waar de minste fossielen worden gevonden, omdat deze de heuvel afrollen zodra ze aan het oppervlak komen. En eigenlijk werkt er verder niemand, want het is steil en onbereikbaar. Steil klinkt mij als muziek in de oren, want dat betekent dat er goede ontsluitingen zijn. Onbereikbaar moet ik dan maar voor lief nemen.

De McCullough Peaks

Het gebied, de McCullough Peaks, blijkt inderdaad bijzonder goed ontsloten, maar niet met wegen of paden. Het is één van de gebieden die door de regering Clinton zijn aangewezen als Wildernis Study Area en sindsdien mag er niemand meer met gemotoriseerd vervoer naar binnen. Er lopen verwilderde paarden die hun oorsprong hebben in de crisis van de jaren dertig toen de boeren hun paarden niet meer konden onderhouden. De oude karresporen zijn weggespoeld en dus wordt het lopen. Het geheel omvat een kleine 120 vierkante kilometer land, bestaand uit praktisch enkel gesteente-ontsluitingen. Nadat Gingerich en de sneeuw zijn vertrokken, beginnen we, mijn vrijwillig helpende rechterhand, Peter van den Berg en ik, aan de verkenning. Al gauw vinden we onze weg in het gebied. De eerste weken rijden we dagelijks zo ver mogelijk het gebied in om de rest te lopen. Op een dag komen we op de terugweg met de auto vast te zitten omdat de Deer Creek zich in tien minuten gevuld heeft met twee meter water. Dan weten we waarom onze Amerikaanse collega's het hebben over 'fieldcamp' in plaats van 'fieldwork'. In de jaren erna zetten we eerst een kampement op, zo dicht mogelijk bij het beoogde veldgebied.

Gleuven hakken

Ik onderzoek allereerst reeds lang bekende sedimentaire afwisselingen die gevonden worden in de afzettingen van de Eocene rivierlaktes. Wat stellen deze voor in termen van sedimentaire variatie? Al langer was bedacht dat deze afwisselingen wel eens bepaald zouden kunnen worden door externe factoren. Zowel de periodiciteit als de consistentie wijst op een mogelijke sturing door cyclische klimaatsvariaties. Diepgaand onderzoek hiernaar was echter nooit gedaan. Tijdens de verschillende veldwerken beschrijven we lange series afzettingen sedimentologisch in detail. Verder meten we de sediment-matrix kleur en nemen

gesteentemonsters. Om dit te kunnen doen moet er eerst een behoorlijke laag verweerd materiaal verwijderd worden. Dit doen we door gleuven te hakken voornamelijk met een houweel, daar de sedimenten redelijk hard zijn geworden en de ontsluitingen vrij steil. Kunst is zó te hakken dat het losgekomen materiaal vanzelf naar beneden rolt zodat het niet nogmaals ter hand genomen moet worden. Dit deel van het proces kost veel tijd en ik heb dus ook telkens vrijwilligers mee die zo aardig zijn dit zware werk mede op zich te nemen. Een Amerikaanse sedimentoloog en bodemkundige, Mary Kraus van de universiteit van Colorado, brengt mij sedimentologische kneepjes van het vak bij.

Sedimentaire afwisselingen

De rivierlakte-afzettingen in het bekken zijn gedomineerd door komgrondafzettingen. Stroomgordels komen op één moment in de tijd ongeveer elke 20 km voor. De sedimentaire afwisselingen in de komgrondafzettingen bestaan uit fijne sedimenten waarop voornamelijk podsolbodems zijn ontwikkeld, en heterolitische, zandige sedimenten waarop nauwelijks bodemvorming heeft plaatsgevonden. De fijne sedimenten worden gezien als typische komgrondafzettingen gevoed met fijne silt en klei tijdens overstromingen. Erop groeiden dichte bossen waartussen de kleine zoogdieren hun weg vonden. De zandige sedimenten zouden samenhangen met avulsies, dat wil zeggen verleggingen van de rivierloop. De sedimentaire afwisselingen brengen we gedetailleerd in kaart op verschillende plekken in de McCullough Peaks. Ook volgen we individuele bodems over vele kilometers, zo goed zijn de ontsluitingen en zo duidelijk zijn de bodemprofielen. De bodems worden beschouwd als geologische tijdslijnen. We kunnen hiermee de verschillende opnames van de stratigrafie aan elkaar verbinden. De individuele bodems blijken in de opgenomen secties op enkele kilometers afstand tot twee keer in stratigrafische dikte van elkaar te kunnen verschillen. Ook blijkt dat op een plaats waar veel sedimentatie heeft plaatsgevonden, er daarna relatief weinig sedimentatie plaatsvond. Dit duidt op het opvullen van paleotopografie.

Precessie

De afwisselingen van komgrond- en avulsie-sedimenten blijken gemiddeld overal even dik, ongeveer 7 meter. De tijdsduur reken ik uit via drie verschillende methodes; stabiele koolstofisotopen stratigrafie gecorreleerd aan gedateerde sequenties in mariene opeenvolgingen, magnetostratigrafie en biostratigrafie. De duur van de sedimentaire cycli ligt nabij 20 duizend jaar en een sturing door klimaatsveranderingen



Rivierafzettingen ten tijden van Elmo. Onder aan de berg zoekt Hemmo Abels naar fossielen.

| Foto P. van den Berg

veroorzaakt door de precessie van de aardas met een duur van 21 duizend jaar ligt dus voor de hand. Zeker gezien de constantheid van de cycli in de verschillende secties. In een samengestelde sequentie van ongeveer 400 meter dik vind ik daarnaast de invloed van de 100 en 400 duizend jaar cycli in de eccentriciteit van de aardbaan. Dit lijkt een extra reden om aan te nemen dat de komgrond-avulsie sedimentaire afwisselingen inderdaad door klimaatcycli werden gestuurd. We hypothetiseren dat de precessie-tijdschaal ongeveer in evenwicht was met de tijd die het riviersysteem nodig had om een kritische gradiënt op te bouwen tussen de stroomgordel en de komgronden. Bij overschrijding van deze grens is er weinig nodig voor avulsie van de loop van de

rivier. Als er op die tijdschaal steeds sterke klimaatsveranderingen plaatsvinden, zijn deze een makkelijke aanleiding voor avulsie van het riviersysteem. Modelresultaten in een numeriek model van Derek Karssenbergh van het departement Fysische Geografie aan de Universiteit Utrecht zijn in lijn met deze gedachte.

Elmo

Naast het begrijpen van de cyclische afzettingen, zoeken we nog iets in de McCullough Peaks, namelijk Elmo. Elmo is een gebeurtenis uit het vroeg Eoceen, vernoemd naar het personage uit Sesamstraat. Als acroniem staat het voor de 'Eocene Layer of Mysterious Origin' en het verwijst naar een rode kleilaag in de diepzee. Elmo is strikt genomen

dus niet te vinden in de rivierafzettingen in het Bighorn Bekken. Wel kunnen we de gebeurtenis die Elmo veroorzaakte mogelijk terugvinden. Elmo is namelijk het kleine broertje van het Paleoceen-Eoceen Thermisch Maximum. Dat is een extreem en geologisch gezien kortstondige broeikas-klimaat dat veel bestudeerd wordt wegens zijn gedeeltelijke gelijkenis met de huidige toename in atmosferisch CO₂. Tijdens deze gebeurtenissen is er in relatief korte tijd, waarschijnlijk ongeveer 5 tot 10 duizend jaar, een grote hoeveelheid CO₂ in de atmosfeer gelekt, waardoor het mondiaal klimaat drastisch veranderde. Het Paleoceen-Eoceen Thermisch Maximum, de PETM, is op land bijvoorbeeld aanleiding voor grootschalig uitsterven van en radiatie onder zoogdieren. De moderne primaten en de even- en onevenhoevigen zien onder andere het licht. Daarnaast 'verdwenen' sommige zoogdieren tijdens dit broeikas-klimaat. De vroegste paardjes bijvoorbeeld met 30 tot 40%.

Paardentandjes

Het continentale equivalent van Elmo blijkt paars eerder dan rood door de paarse bodems die het interval domineren. Een concurrerend Amerikaans onderzoeksteam zijn we te vlug af, vooral omdat wij hadden gezocht naar de beste ontsluiting, terwijl zij werkten op plaatsen rijk aan fossielen. Besloten wordt bij publicatie samen te werken, omdat de twee gebieden te correleren zijn, en daarmee hun fossielen aan onze Elmo. Wat blijkt? Een relatief grote zoogdieromslag die plaatsvindt om en nabij de Elmo treedt nadrukkelijk vóór de Elmo op en is dus niet gekoppeld aan deze opwarming. Dat zou verklaard kunnen worden doordat de vroeg Eocene zoogdierpopulatie juist zijn oorsprong vond tijdens de grootste van de broeikas-klimaten, de PETM (die aan Elmo vooraf gaat), en zich dus kon aanpassen aan de temperatuur en neerslagvariëaties van Elmo. Recente metingen aan de paardentandjes uit de Elmo laten wederom een verdwering zien dit maal van ongeveer 20%. Kortom, ondanks meer dan een eeuw onderzoek in het Bighorn Bekken ligt er nog steeds een schat aan informatie in de rivierafzettingen. Gelukkig maar.

Hemmo Abels

Veni-laureaat NWO-ALW, post-doc Universiteit Utrecht, departement Aardwetenschappen

Verder lezen (doi = digital object identifier)

- Abels, H.A., et al. (2012). Nature Geoscience; doi: 10.1038/NGEO1427
- Abels, H.A., et al. (2013). Sedimentology; doi: 10.1111/sed.12039.
- Foreman, B.Z. (2013). Basin Research; doi: 10.1111/bre.12027
- Kraus, M.J., 1996, J. Sed. Res. 66, 354-363.
- Secord, R., et al., 2012, Science; doi: 10.1126/science.1213859.