

Tentamen Geologische Constructies TA2921

11 april 2012, 14.00-17.00, CiTG, 3.98 en 3.99



Zuid Soedan, officieel de "Republic of South Sudan" is het jongste land op aarde, gezien vanuit een politiek oogpunt. Het werd een onafhankelijk land op 9 juli 2011. Het ligt in het noordoosten van Afrika en het grenst in het noorden aan Soedan, in het oosten aan Ethiopië, in het zuid oosten aan Kenia, het zuiden aan Oeganda, de Democratische Republiek Congo in het zuidwesten en de Centraal Afrikaanse Republiek in het westen. De hoofdstad, tevens de grootste stad van het land, is Juba, het totale aantal inwoners ligt rond de 8,2 miljoen, en de totale oppervlakte bedraagt bijna 620.000 km² (bijna 14x Nederland). De officiële taal is Engels, ofschoon er ook veel Afrikaanse talen worden gesproken. Het land ontstond na een langdurige burgeroorlog in Soedan tussen het islamitische noorden en het meer animistische en christelijke zuiden.



Souvenir uit de burgeroorlog: tankwrak in Kapoeta

Geschiedenis

De huidige inwoners van Zuid Soedan, bestaande uit Nilotische stammen als de Dinka, Nuer, Shiluk en anderen, kwamen rond de 10 eeuw naar Zuid Soedan en kwamen rond de 19^e eeuw terecht in de gebieden waar ze nu nog wonen. Daarnaast kwamen de Azande, die niet tot de Nilotische taalgroep behoorden, rond de 16^e eeuw naar Zuid Soedan, en vestigden zich in het westelijk deel van het land, in het regenwoud gebied van de Western Equatoria en Western Bahr el Ghazal provincies. De islam, die vanuit het noorden oprukte, kwam niet over de geografische barrières tussen Noord- en Zuid Soedan heen, zodat de inwoners van het zuiden hun eigen cultuur en geloof behielden.

In de 19^e eeuw vochten de Azande tegen de Fransen, Belgen en Noord Soedanese Mahdisten om hun onafhankelijkheid te bewaren. Uiteindelijk kwam het gebied onder het bewind van Egypte, en had het o.a. enkele gouverneurs van Engelse afkomst, als Samuel Baker en Charles Gordon. De grote Mahdistische opstand in Soedan zorgde voor onrust in de Egyptische provincie, en het gebied kwam bij het Mahdistische Soedan terecht. In de jaren 90 van de 19^e eeuw breidden de Engelsen hun invloed over Soedan verder uit, officieel namens Egypte, maar in werkelijkheid meer als kolonie. Na de slag bij Omdurman in 1898 kregen de Britten in feite de macht over Sudan, waarbij ze actief probeerden te vermijden dat beide landen werden samengevoegd. Naar de 2^e Wereldoorlog werd de roep om onafhankelijkheid steeds groter in zowel Egypte als Soedan. Engeland had nog geprobeerd om Oeganda en Zuid Soedan samen te voegen, maar op de Juba conferentie besloten de Soedanezen om noord en zuid samen te voegen. Na de Egyptische revolutie van 1952 liet Egypte al haar claims op Sudan varen, in de hoop dat dat uiteindelijk ook de Engelsen uit Sudan zou krijgen. Na een verdrag in 1954 werd Soedan uiteindelijk onafhankelijk in 1956.

Het was echter geen gelukkig huwelijk tussen noord en zuid, en al in 1955 brak de eerste burgeroorlog uit, die tot 1972 zou duren. De inzet was een vertegenwoordiging in de sterk door het islamitische noorden gedomineerde regering in Khartoum, en meer regionale autonomie. Een vredesakkoord en de vorming van de 'South Sudan Autonomous Region' bracht maar tijdelijk soelaas, want al in 1983 brak een tweede burgeroorlog uit. Deze eindigde pas in 2005, met de 'Comprehensive Peace Agreement' die weer leidde tot meer autonomie, een eigen regering en uiteindelijk onafhankelijkheid. Er wordt geschat dat meer dan 2.5 miljoen mensen zijn omgekomen en meer dan 5 miljoen mensen zijn gevlucht als gevolg van de burgeroorlogen. In januari 2011 is een referendum gehouden onder de bevolking, waarbij meer dan 98% van de bevolking voor



onafhankelijkheid was, waarna de onafhankelijkheid op 9 juli in ging. Zuid Soedan is nu een republiek, met Salva Kiir Mayardit als president.

President Kiir

Nog steeds is het land erg onrustig, als gevolg van conflicten tussen de verschillende stammen, waarbij het stelen van vee een soort nationale hobby is. Daarnaast zijn er nog diverse gewapende groepen actief die destijds een guerilla vochten voor de onafhankelijkheid. Het 'Lord's Resistance Army' van Joseph Kony heeft het onlangs gebracht tot

wereldwijde bekendheid, o.a. door zijn praktijken bij het ronselen van kindsoldaten. Bovendien zijn er ook nog steeds (gewapende) meningsverschillen met Soedan over de olievelden in het grensgebied. Dit, in combinatie met de jarenlange oorlog, zorgt er voor dat Zuid Soedan een van de armste landen ter wereld is.

Economie

De economie van Zuid Soedan is lang gebaseerd geweest op de agricultuur, voornamelijk veeteelt, maar vooral langs de Nijl vindt ook landbouw plaats, van o.a. katoen, pinda's, graan, cassave en fruit. Van de olievondsten uit de jaren '90 in het oorspronkelijke Soedan (geschat op meer dan 6.5 miljard vaten) ligt een groot gedeelte in Zuid Soedan. Oorspronkelijk ging 50% van de olieopbrengsten naar Zuid Soedan, maar de onafhankelijkheid heeft ervoor gezorgd dat dit opnieuw onderhandeld diende te worden. Deze onderhandelingen gaan zeer moeizaam, aangezien Zuid Soedan de haven in Soedan nodig heeft voor de export van haar olie. Bovendien zijn er meningsverschillen over de precieze locatie van de grenzen in het olierijke gebied en nog op 27 maart 2012 beschuldigden beide landen elkaar van bombardementen, na opnieuw opblaaien van geweld in het grensgebied. Als gevolg van deze problemen ligt de olie productie in Zuid Soedan al stil sinds januari 2012. Naast olie zijn er ook diverse minerale grondstoffen te vinden in het land, waaronder ijzererts, koper, chroom, wolfram, zilver en goud, het onderwerp van dit tentamen. De exploratie en productie werd, en wordt, echter sterk bemoeilijkt door de onrustige situatie in het land sinds de jaren '50. Het wordt daarom wel gezegd dat Zuid Soedan het minst geëxploreerde land ter wereld is.

Geologie

Geologisch gezien bestaat Zuid Sudan uit een Precambrisch craton, bestaande uit een graniet-gneiss gebied met op sommige plaatsen daarin langgerekte smalle greenstone belts, bestaande uit metamorfe basische en ultrabasische gesteenten die overeenkomen met gedeformeerde stukken oude oceanische korst of ofiolieten. Vrijwel alle ertsen komen voor in deze greenstone belts. Ze staan ook wel bekend als de Schist Group, en bestaan uit schisten, metasedimenten, kwartsieten en marmers. Ofschoon ze slechts 3% van het oppervlak van Zuid Soedan in beslag nemen lijkt deze groep wel economisch het meest interessant te zijn.

Deze Precambrische terreinen komen vooral in het zuiden en westen van het land voor, naar het oosten toe worden ze bedekt Tertiaire lavastromen, geassocieerd aan het ontstaan van de Oost Afrikaanse rift zone, die tevens heeft gezorgd voor een min of meer oost west gerichte extensie fase in het zuid oosten. In het noordoosten worden alle oudere gesteenten bedekt door ongeconsolideerde zanden en kleien van de Umm Ruwaba Formatie uit het Tertiair en Kwartair, en plaatselijk door rivierafzettingen van de Witte Nijl.

Qua exploratie is er, afgezien van de olievondsten, erg weinig exploratie verricht in het zuiden. Een eerste ronde in Sudan door Britse bedrijven tussen 1901 en 1904 resulteerde in twee kleine mijnen in het noorden en een tweede ronde tussen 1929 en 1939 leidde tot vondsten opnieuw in het noorden van Soedan, maar nu ook in de omgeving van Kapoeta in het zuiden van Soedan.

In de jaren '80 werden opnieuw nieuwe ontdekkingen gedaan in het noorden, maar door de burgeroorlog werd er in het zuiden geen onderzoek gedaan, op een beetje regionaal karteren in de jaren '70 na. Zuid Soedan is dus vrijwel volledig onbekend voor wat betreft mineral resources. Van de goud voorkomens bij Kapoeta, in het zuid oosten in de provincie East Equatoriana, is alleen bekend dat het hier waarschijnlijk in-situ mineralisaties betreft in kleine outcrops van Banded Iron Formation gesteenten, naast vrij uitgebreide alluviale afzettingen, voornamelijk van Precambrische ouderdom. De plaatselijke bevolking heeft reeds lang een traditie van goud zoeken, waarbij de opbrengst doorgaans werd verkocht in Kenia, en gebruikt om meer vee te kopen.

Een recente (2002) verkenning door de Universiteit van Missouri heeft aan het licht gebracht dat er drie vindplaatsen lijken te zijn voor goud, een bij Boma, in het Boma National Park, en twee ten oosten van Kapoeta, een bij Naita aan de grens met Ethiopie en een bij Napotpot, een nederzetting in de buurt van Lolimi, ca 50 km ten oosten van Kapoeta.

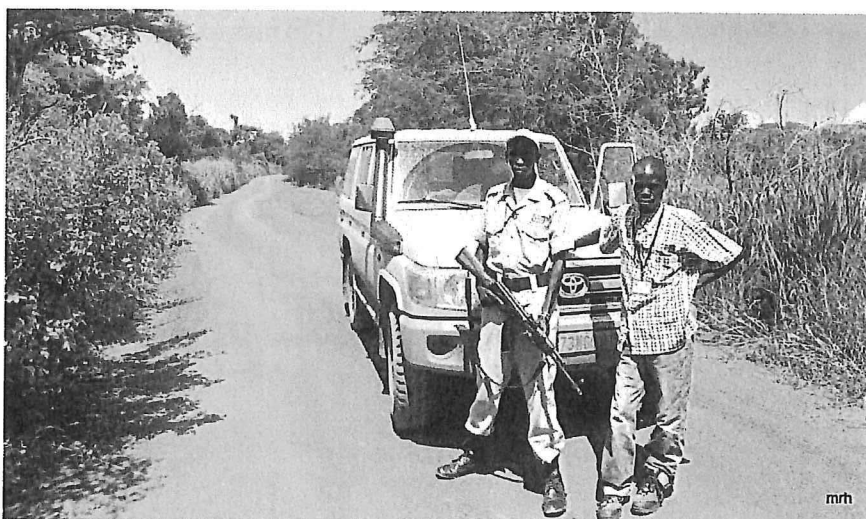


De buitenwijken van Kapoeta

Dit laatste voorkomen heeft de aandacht getrokken van Uw werkgever, New Kush Exploration & Mining Company. Dit Brits/Zuid Afrikaanse bedrijf is al sinds 2007 in onderhandeling met de gouverneur van de provincie van Equatoriana over de rechten van de mineraalexploratie en exploitatie, en de directie heeft na de onafhankelijkheid besloten een team naar dit

gebied te sturen voor een verdere verkenning. Het bezochte gebied bevatte voor zover bekend geen mijnenveld, dus de verkenning kon zonder al te veel problemen doorgaan. Wel werden voor de

veiligheid enkele bewapende soldaten meegestuurd.



Onze chauffeur / field hand en bewaker

De opdracht

Beschrijf de geologie, zowel de stratigrafie als de structurele geologie, in de omgeving van Lolimi, probeer te bepalen of er goud voorkomt en zo ja, in welk gesteente het goud voorkomt, en probeer te bepalen waar dit gesteente voorkomt in het aangegeven gebied.

Het gebied is relatief vlak, met enkele heuvels waar in sommige gevallen outcrops te zien zijn, maar



het merendeel van het terrein is begroeid met lage struiken en bomen, en zeker wanneer het regent, erg moeilijk begaanbaar. Er is slechts een onverharde weg door het gebied, maar wel enkele voetpaden.

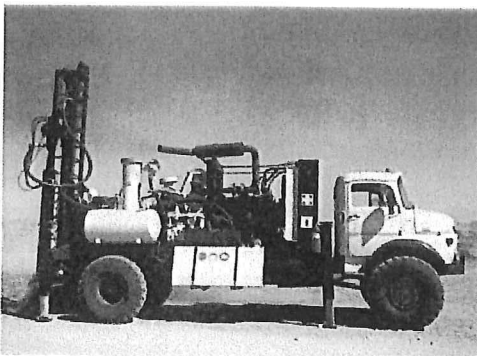
De weg naar Kapoeta

De directie heeft, naast een Land Cruiser en een field assistent, ook de

tijdelijke beschikking gegeven over een mobiele drill rig uit Kenia, en budget voor vijf boorgaten van maximaal 1500m. Hiervan zijn reeds 4 boringen uitgevoerd te zuiden van Lolimi. Helaas is de teamleider reeds na twee weken getroffen door een zeldzame variant van 'Tick bite fever', en moest geëvacueerd worden naar Kenia. In zijn plaats bent U naar Zuid Soedan gestuurd om het project over te nemen, maar direct na aankomst braken gewapende schermutselingen uit tussen rivaliserende gewapende 'vrijheids'strijders, en bent ook U met Uw team uitgeweken naar het noorden van Kenia.

In Uw kamp in Nadapal, net over de grens, besluit U om de data vergaard door Uw voorganger te bestuderen om te zien of U zo tot een interpretatie van het onderzochte gebied kunt komen.

Het gaat om een gebied van ruwweg 22 bij 14 km in de directe omgeving van Lolimi, zo'n 50 km ten



OZO van Kapoeta en zo'n 35 km van de grens met Kenia. In zijn aantekeningen treft U een geochemisch rapport met de resultaten van een sampling onderzoek aan riviersediment dat er op lijkt te wijzen dat de voornaamste bron van het goud ligt in sommige delen van de Banded Iron Formation, die op een aantal plaatsen aan het oppervlak komt .

De drill rig

Veldgegevens. Algemeen: slechte, sterk verweerde ontsluitingen.

Locatie 1: Grote ontsluiting in de heuvels, met van oost naar west: Massieve orthogneiss met daarop een dik pakket gedeformeerde pillowbasalten (liggen niet overkipt, jonger naar het westen) met als algemene dip 30 graden ruwweg naar het westen. Helemaal in het westen is nog een klein stukje sterk gefolieerde schisten ontsloten. Strekking van de foliatie vrijwel N-Z, dip ca 80-85° W.

Locatie 2: Van west naar oost: gneiss met daarop dezelfde pillow basalten als bij 1, maar nu met een dip naar het oosten.

Locatie 3: uitstekende rotskam bestaande uit harde pillow basalt, met oostelijke dip en een strekking 175.

Locatie 4: rotspunten ten noorden van de weg naar Kapoeta bestaan uit Banded Iron Formation, dip 30 richting 275, met tegen de west wand kleine outcrop van felsische vulkanieten en aan de oostkant gefolieerde schisten.

Locatie 5: uitstekende punt van Banded Iron Formation (BIF), 262/30, met aan de westkant een breukzone met dipslip wrijfkassen, breuk helt steil naar het oosten. Aan de westkant van de breuk gefolieerde schisten, foliatie heel steil W hellend, de schisten zelf ca 30° naar het westen hellend. Aan de oostkant van de BIF opnieuw gefolieerde schisten, met dezelfde oriëntatie als de BIF.

Locatie 6: Heuvel met grote ontsluiting van BIF, dippend naar het oosten. Ten oosten van de BIF felsische vulkanieten, ten westen sterk gefolieerde schisten

Locatie 7: Dezelfde gesteenten als in 6, maar in omgekeerde volgorde, dus van O naar W: schisten, BIF en felsische vulkanieten. Helling varieert van W in het noorden van de outcrop naar NW in het zuiden.

Locatie 8: Grote outcrop door riviertje in min of meer horizontaal liggende lavastroom. Geen boven- of onderkant zichtbaar, zeker 10 m dik, naar het westen toe steeds dunner wordend om uiteindelijk op te houden. Nog een kleine ontsluiting van de schisten die onder de lava liggen.

Locatie 9: uitstekende rotspunt, waarbij de lagere gedeeltes gevormd worden door de lavastroom van 8, maar waar de hogere punt bestaat uit het materiaal dat door de lavastroom heen steekt. Helemaal in het westen nog een klein restje gefolieerde schisten en in het midden pillow basalten. In de oostpunt van de outcrop sterk gedeformeerde gesteente, met mogelijk steile wrijfkassen. Mogelijk nog wat felsische vulkanieten, helemaal in het oosten, maar het gesteente is te gedeformeerd om zeker te zijn.

Locatie 10: Uitstekende punt net ten noorden van Lolimi, waarbij een rotspunt van BIF door de lavastroom heen steekt. Dip niet heel duidelijk, mogelijk westelijk.

Locatie 11: Ook hier berg waar onderliggende materiaal door de lavastroom heen steekt, met schisten in het W en dikke pillowbasalten in het oosten van de berg.

Locatie 12: Twee bergen waar dezelfde gesteenten als bij 11 door de lavastroom heen steken.

In het gebied rond Lolimi, tussen outcrops 8 t/m 12, zijn op meerder plaatsen kleine outcrops te vinden van de lavastroom die in die punten goed ontsloten. Vanaf het punt dat de weg naar Kapoeta naar beneden gaat, tussen 4 en 8, komen deze outcrops naar het westen niet meer voor.

Boorgat gegevens: (alle putten geboord in dezelfde locatie, maar in verschillende richtingen)

Boring 1 (richting 225/45): eerste 10 meter afzettingen van de lavastroom, daarna felsische vulkanieten. Na 1100m boren een breukzone, ca 5 m breed, dip van de breukzone ca 30° in verticaal gehouden kern. Na de breuk harde gneiss, boring gestopt bij 1250m.

Boring 2 (richting 315/45): eerste 10m lava, daarna opnieuw felsische vulkanieten. Na 1215m boren vergelijkbare breukzone als boring 1, daarna ook hier gneiss. De hoek tussen het breukvlak en de as van de boring bedraagt 45°.

Boring 3 (richting 045/45): na 10 m lava opnieuw felsische vulkanieten, met na 615 m de Banded iron Ore, in totaal 200 dik in deze put. Onder de BIF sterk gefolieerde schisten. De BIF heeft een helling van 30° in verticale kern.

Boring 4 (richting 135/90): ca 7 m lava, gevolgd door felsische vulkanieten, met hier de BIF na ca 590 m boren. De BIF heeft ook hier een helling van 30° in verticale kern.

De vragen:

1. Bepaal met behulp van de beschikbare gegevens de stratigrafische opeenvolging van de verschillende gesteenten.
2. Bepaal met behulp van een kegelconstructie de mogelijke oriëntaties van de breuk in boringen 1 en 2
3. Wat is de juiste oriëntatie, en waarom denk je dit?
4. Teken deze, en de breuk van locatie 5, in op de kaart.
5. Er van uitgaande dat de aangetroffen foliatie een assenvlaksfoliatie is, en de oriëntaties gemeten bij locaties 1, 4 en 5 overeenkomen met een plooiplank, bepaal dan de oriëntatie van de plooiplank en van de andere plooiplank (locaties 2 en 3).
6. Welke oriëntatie verwacht U dat de BIF in de boringen heeft, en waarom?
7. Geef op de kaart aan tot waar U verwacht dat de lavastroom de onderliggende gesteente ongeveer bedekt.
8. Breng alle metingen over naar een EW profiellijn door de boorlocatie. Let hierbij op eventuele schijnbare hellingen en hoogtecorrecties.
9. Teken het EW profiel zo goed mogelijk.
10. Completeer de kaart zo nauwkeurig mogelijk.
11. Teken ook de subcrop onder de lavastroom zo goed mogelijk.

12. Geef duidelijk aan waar het potentiële gouderts, de Band Iron Formation, zich nog in de ondergrond bevindt volgens U.

