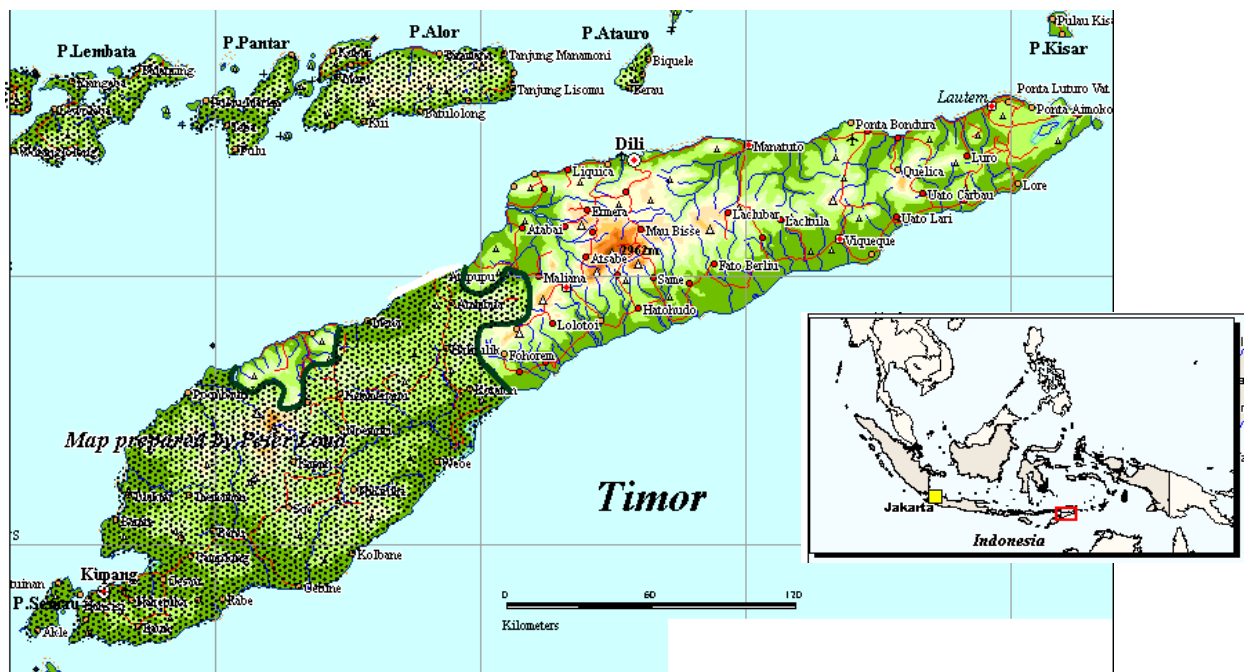


# Tentamen Geologische Constructies Ta 2921

## Donderdag 21 juni 2001, 14<sup>00</sup>-17<sup>00</sup>

### Achtergrond:

Timor is een eiland in de Indonesische Archipel, met een oppervlakte van ca 30000 km<sup>2</sup> (3/4 van Nederland). De westelijke helft maakte deel uit van het vroegere Nederlands Indië, en na 1948 van de Republiek Indonesia. De oostelijke helft was van de 16<sup>e</sup> eeuw tot 1975 een Portugese kolonie. In december van 1975, een maand na het uitroepen van de onafhankelijkheid van Oost Timor, werd het binnengevallen door buurland Indonesia en bezet. De bezetting kreeg internationaal weinig belangstelling, totdat het verzet in Oost Timor zodanige vormen begon aan te nemen dat het Indonesische leger veel geweld begon te gebruiken om het verzet te onderdrukken. Na een bloedbad met meer dan 250 doden in 1991, begon de internationale druk op Indonesia toe te nemen. Ook de toekenning van de Nobel vredesprijs aan Bisschop Belo en Jose Horta, de voormannen van het verzet, bracht de situatie internationaal onder de aandacht. De val van president Suharto leidde tot een stroomversnelling van de ontwikkelingen en inmiddels heeft het Indonesische leger zich min of meer terug getrokken uit Oost Timor en valt het onder bestuur van de Verenigde Naties. Bij in 1999 gehouden verkiezingen heeft ruim 78% van de bevolking zich uitgesproken voor onafhankelijkheid, en dit resultaat is erkend door Indonesia. Inmiddels wordt onder toezicht van de VN gewerkt aan de onafhankelijkheid van Timor Lorosae, zoals het land zou gaan heten, en aan de terugkeer van de honderduizenden vluchtelingen. Meer informatie: <http://www.gov.east-timor.org/english.html>.



### **Grondstoffen:**

Om te zorgen voor een gezonde financiële basis van de nieuwe natie wordt ook gekeken naar de aanwezige bodemschatten, en daarvoor is o.a. Uw hulp ingeroepen. Timor Lorosae ligt aan de noordkant van de Timor Zee, die de Indonesische Archipel scheidt van Australia. Langs de zuidkust van het eiland ligt de Timor trog, een subductie zone. Verder naar het zuiden is de Timorzee een ondiepe zee die doorloopt naar Australia. Over de onderverdeling van de bodemschatten van de Timorzee bestaat nog een meningsverschil met Australia, dat ook wel bekend staat als de Timor Gap. In het nieuwe Timorese deel van de Timorzee bevindt zich één olieveld, waarvan de opbrengsten gedeeld zullen worden door Australia en Timor. Verder zitten alle olie en gasvelden tot nu toe in het Australische deel van de Timorzee. Op 19 oktober 2000 ontving de voorlopige regering zijn eerste olieinkomsten, US\$ 3 miljoen. Verdere onderhandelingen over de Timor Gap zouden er toe kunnen leiden dat Timor nog veel meer opbrengsten van olie en gas in de Timorzee tegemoet kan zien. Om daar niet op te wachten is een bescheiden exploratieprogramma opgezet door UNTAET (UN Transitional Administration for East Timor) om te zien of er niet meer olie gewonnen kan worden.

### **Geologische Setting:**

Het gebied heeft een complexe geologische geschiedenis achter de rug. Na afzetting van een dik pakket sediment, met schalies, zandstenen en kalkrijkere gesteenten tijdens de Trias en Jura, is het geheel licht geplooid. Plaatselijk is hierdoor een assenvlakfoliatie in de kleirijkere gesteenten ontwikkeld. Aan het eind van het Krijt heeft het gebied blootgestaan aan een fase van extensie, waarbij afschuivingen zijn ontstaan. Sinds het Pliocen zijn als gevolg van de botsing tussen de Australische plaat en de Eurazische plaat, sommige van de oudere afschuivingen gereactiveerd als opschuivingen. Dit heeft plaatselijk grote gevolgen voor reservoirs die aanwezig waren in de Jurassische sedimenten. Oorspronkelijk waren de afschuivingen sealing, maar in een aantal gevallen was de mate van inversie (reactivatie met omgekeerde bewegingsrichting) zo groot dat er ernstige lekkage kon optreden langs de breuken in de ondergrond, waarna de olie langs de nieuwe breuk in het Tertiair kon weglekken. Hierdoor blijken een aantal potentiële reservoirs inmiddels vrijwel geen olie meer te bevatten. De olievelden die nu worden geëxploiteerd zitten in een vergelijkbare setting, maar dan met een geringe mate van inversie. Recent onderzoek van de AGSO (Australian Geological Survey Organisation) heeft aangetoond dat bij een inversie van meer dan 30% van de oorspronkelijke afschuivingsbeweging, de breuk voor ernstige lekkage zorgt.

De meeste exploratieputten die tot op heden zijn geboord laten wel een olie residu zien, maar daadwerkelijke reservoirs blijken schaars. Inmiddels is een nieuwe prospect, Kakatua, gelocaliseerd, op de rand van het Sahul platform, 200 km ten zuiden van de kust van Timor, en men vraagt zich af of te bepalen is hoeveel inversie er heeft plaatsgevonden in dit gebied. Dat er inversie heeft opgetreden is vaag te zien op de seismiek, en af te leiden uit het feit dat de vlakke zeebodem hier een opwelling vertoont. Om dit uit te zoeken heeft men de hulp ingeroepen van Uw bedrijf. Inmiddels is een boorplatform geplaatst boven het Kakatua prospect en zijn een aantal proefboringen gedaan, en is de grootschalige structuur bekend uit seismiek. Aan U de taak om uit te zoeken hoeveel inversie er heeft plaatsgevonden langs de breuk in de ondergrond en daarmee of het Kakatua Prospect het Kakatua olieveld zal worden.

## Gegevens:

- Twee seismische secties, een NZ, een EW (zie kaart). Deze zijn geconverteerd naar diepte, schaal 1:5.000.

- Vanuit het boorplatform op het snijpunt van de seismische secties (zie kaart) zijn een drietal putten geboord, in verschillende richtingen: (waterdiepte 25 m.)

1: verticale boring, Tertiair horizontaal, Mesozoicum schijnbare helling van  $26^\circ$ .

tot -175 m: Tertiair

-175 tot -190 m: Echuca shales

-190 tot -200 m: Tertiair

-200 tot -220 m: Jabiru sandstones (residuele olie)

-220 tot -330 m: Vulcan shales met een foliatie evenwijdig aan de boring

-330 tot -380 m: Nome sandstone (residuele olie)

-380 tot -530 m: Plover limestone

-530 en verder: Grebe marls

2: boringsrichting 360/64, Mesozoische gesteenten schijnbare helling van  $0^\circ$ .

0 tot -195 m.: Tertiair (breukzone op -95 m.)

-195 tot -265 m: Vulcan shales met een foliatie evenwijdig aan de boring

-265 tot -310 m: Nome sandstone (residuele olie)

-310 tot -445 m: Plover limestone

-445 en verder: Grebe marls

3: boringsrichting 180/64, schijnbare helling Mesozoicum  $52^\circ$ .

0 tot -170 m: Tertiair

-170 tot -280 m: Echuca shales

-280 tot -365 m: Jabiru sandstones (olie voerend (OWC op -365))

-365 tot -505 m: Vulcan shales met een foliatie evenwijdig aan de boring

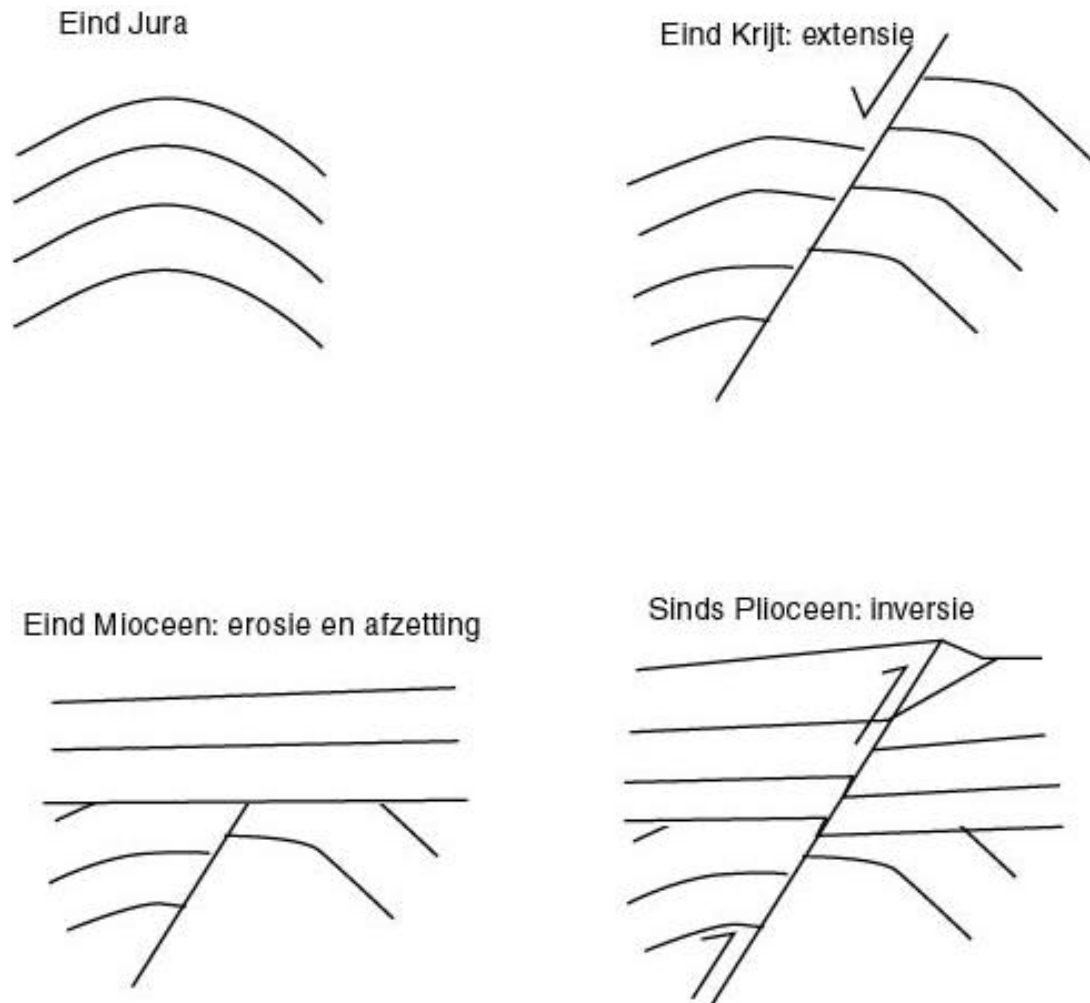
-505 tot -580 m: Nome sandstone (olie voerend)

-580 tot -600 m: Plover limestone

## De vragen:

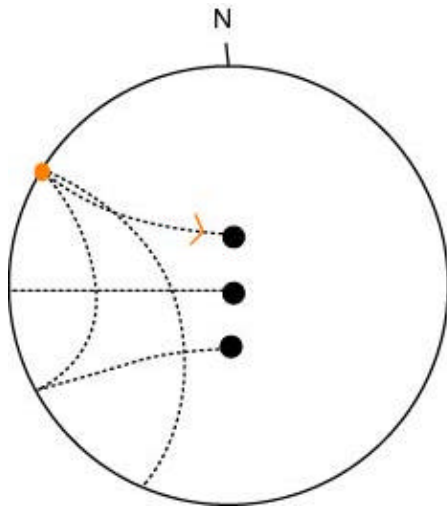
1. Illustreer de geologische geschiedenis m.b.v. een aantal situatie schetsjes die respectievelijk de situatie laten zien: aan het eind van de Jura, het eind van het Krijt, het eind van het Mioceen en in het heden.

Kijk, voor je gaat tekenen, eerst naar de seismiek, die geeft je de situatie in het heden. (overigens, het Plioceen komt *na* het Mioceen) (1 punt)



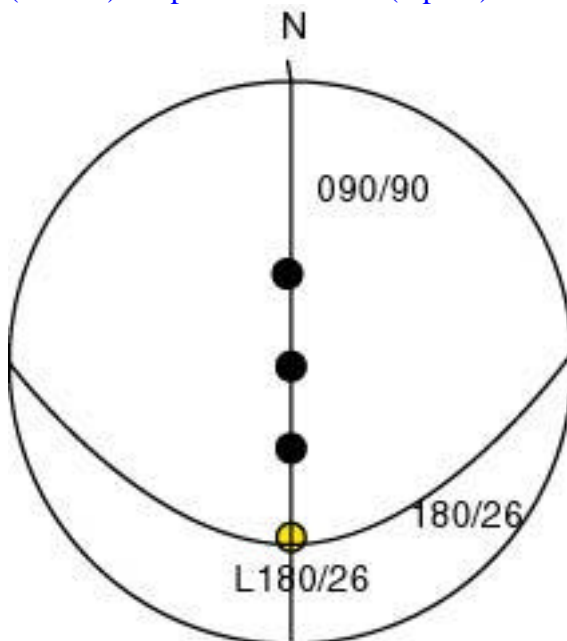
2. Bepaal met behulp van het Wulff net wat de orientatie van de Mesozoische gesteentelagen

Het kan met het Wulff net, maar het hoeft niet: de lagen staan loodrecht op boring 2 => boring 2 is de normaal van de lagen => orientatie is 180/26  
De wulffnet constructie zat overigens zo in elkaar dat er maar één snijpunt was van alle cirkels, en dat was....heel juist, boring 2! (0,5 punt)



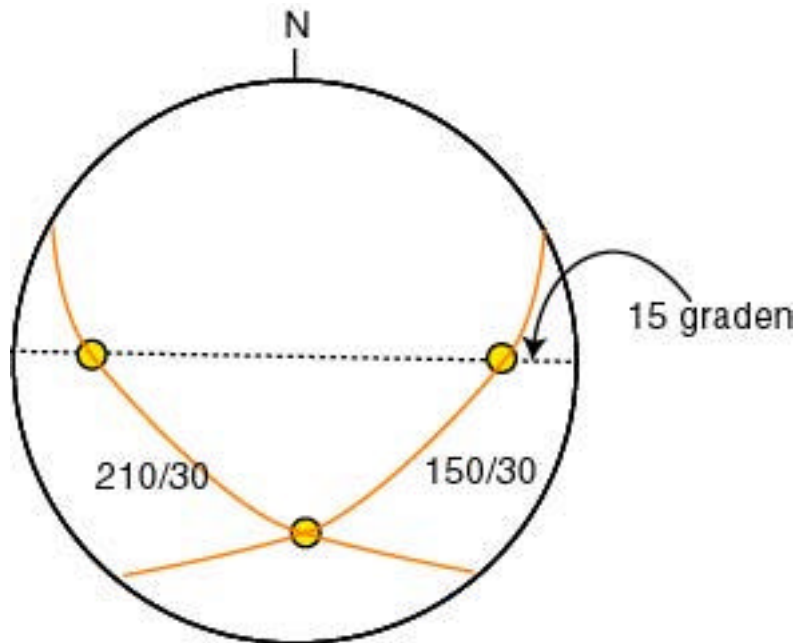
3. Wat denkt U dat de orientatie van de foliatie in de schalies is, en wat zou dan de orientatie van de plooias zijn? Beargumenteer Uw antwoord.

In de boringen is een (assenvlaks)foliatie aangetroffen die evenwijdig is aan de boringen => de boringen liggen alle drie in het foliatievlak => grootcirkel door boringen (rechte lijn) => 090/90 of 270/90  
 De plooias is de snijlijn van de foliatie (090/90) met de Mesozoïsche lagen (180/26) => plooias L180/26 (1 punt)



4. Uitgaande van een schijnbare helling van het Mesozoïcum van 15° aan de uiteinden van de EW seismische lijn, wat denkt U dan dat de orientaties van de Mesozoïsche lagen daar zijn?

Een schijnbare helling van 15 graden op het EW profiel, d.w.z. de twee punten met een helling van 15 graden op de EW lijn in het wulffnet. De vlakken moeten ook door de plooias uiteraard => orientaties ca.210/30 en 150/30 (1 punt)



5. Wat is de orientatie van de breuk, en waarom denkt U dit?

De breuk heeft een schijnbare helling van 64 graden in het NZ profiel en is horizontaal in het EW profiel => strekking breuk is EW => helling is naar Z => orientatie 180/64 (0,5 punt)

6. Bepaal de Verticale Afstand, de Gaping en de Verticale Stap voor de onderkant van het Tertiair.

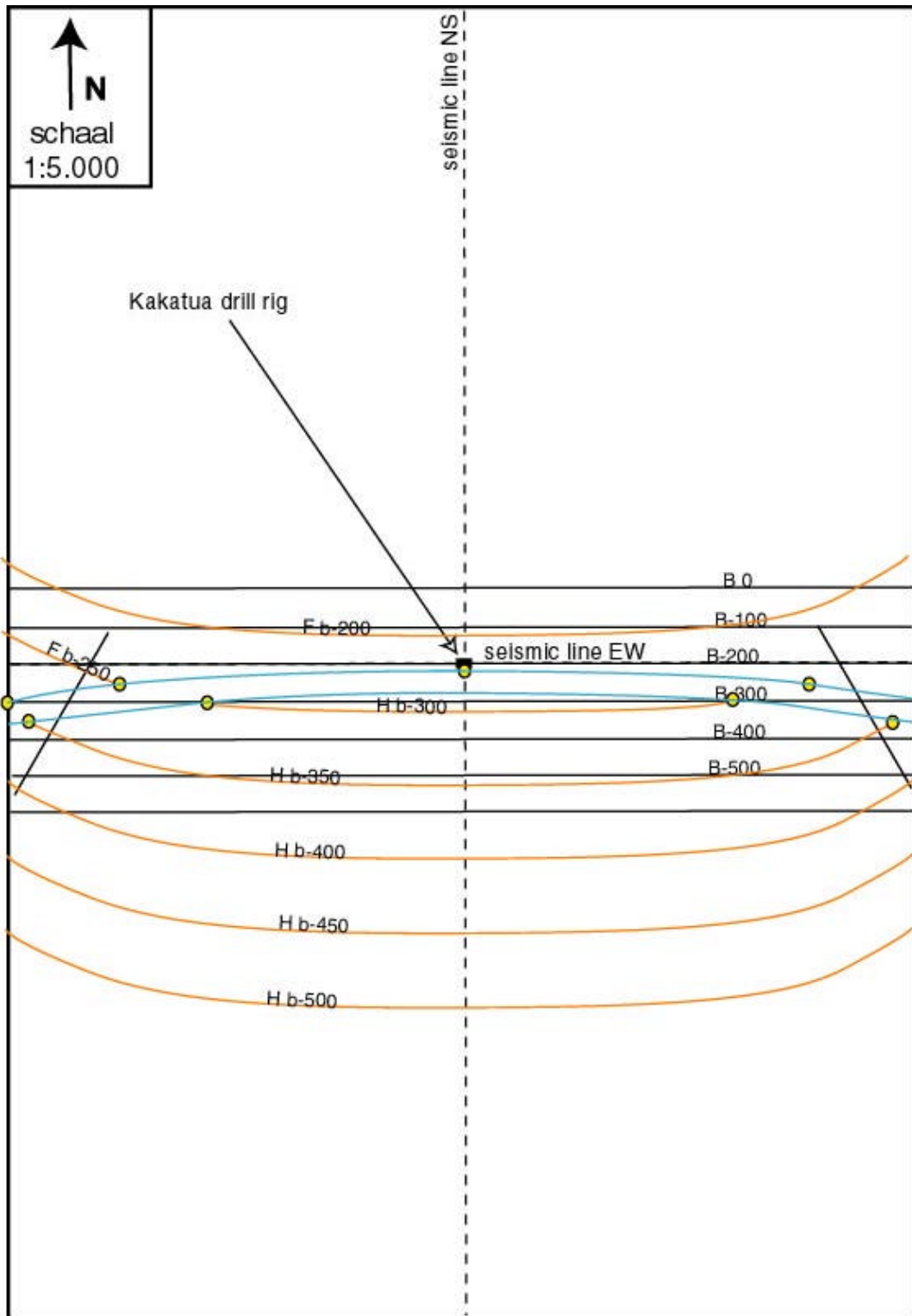
Verticale afstand en verticale stap: beiden 25 meter, aangezien de lagen (vrijwel) horizontaal liggen, gemeten in boring 1  
Gaping: ca 10 meter, gemeten in NZ profiel (0.5 punt)

7. Op welke diepte zit de onderkant van de Jabiru sandstone in boring 3?

Te meten in een kleine tekening, boorlengte onder hoek van 64 graden is 365 m => verticale diepte is ca. 325 m. Rekenen met platgeslagen japper lever 328 meter op. (0.5 punt) (tussenstand: 5 punten + practipunt = geslaagd!!!)

8. Teken de structuurkaart (dus inclusief snijlijnen met de breuk) van de onderkant van de Jabiru sandstone. Geef hem ook aan in de seismische lijnen.

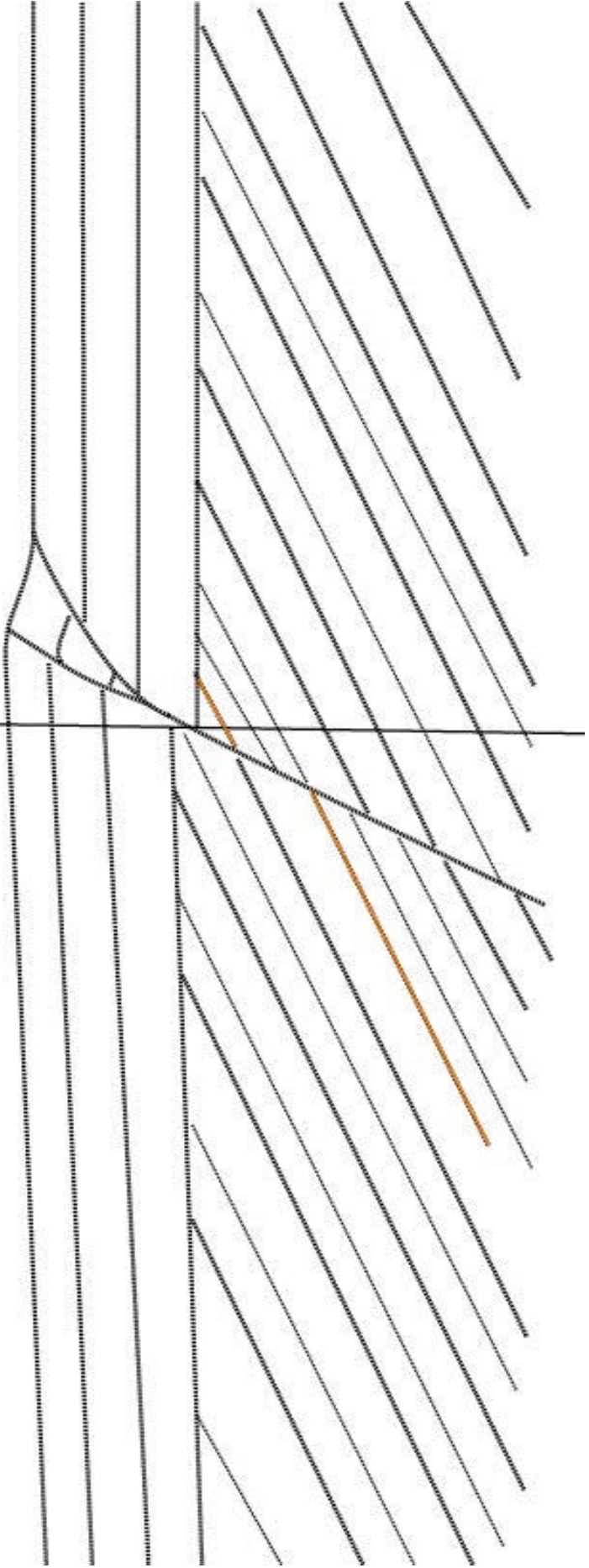
Nu begint het interessant te worden. Teken als eerste de structuurlijnen van de breuk, en vervolgens de structuurlijnen van de onderkant in het zuidblok. Je weet waar en op welke diepte je moet beginnen aan de hand van boring 3 (diepte van 325 m, en ook de horizontale afstand tot het boorplatform is met het zelfde 3hoekje te bepalen. Precies op de NZ lijnen zullen de lagen een EW strekking hebben (zie EW profiel, maar naar het E en W zullen ze resp. richting 150/30 en 210/30 draaien. Waar ze dat precies doen is eigen interpretatie.... (1punt)



N

seismic line EW

Z





9. Bepaal de Verticale Afstand, de Gaping en de Verticale Stap voor de onderkant van de Jabiru Sandstone.

Deze kunnen nu uit de structuurkaart gehaald worden, de VS is ca. 60 m, de stap ca. 75 m en de gaping ongeveer 25 m. (0.5 punt)

10. Hoeveel bedroeg de oorspronkelijke stap en gaping van de afschuiving tijdens het Krijt (dus vòòr de inversie)?

De oorspronkelijke stap was dus de antwoorden van vragen 6 en 10 bij elkaar opgeteld, aangezien het Mesozoïcum eerst naar beneden is geschoven en daarna (over de afstand van vraag 6) weer omhoog =>

Stap = 75 + 25 m = 100 m

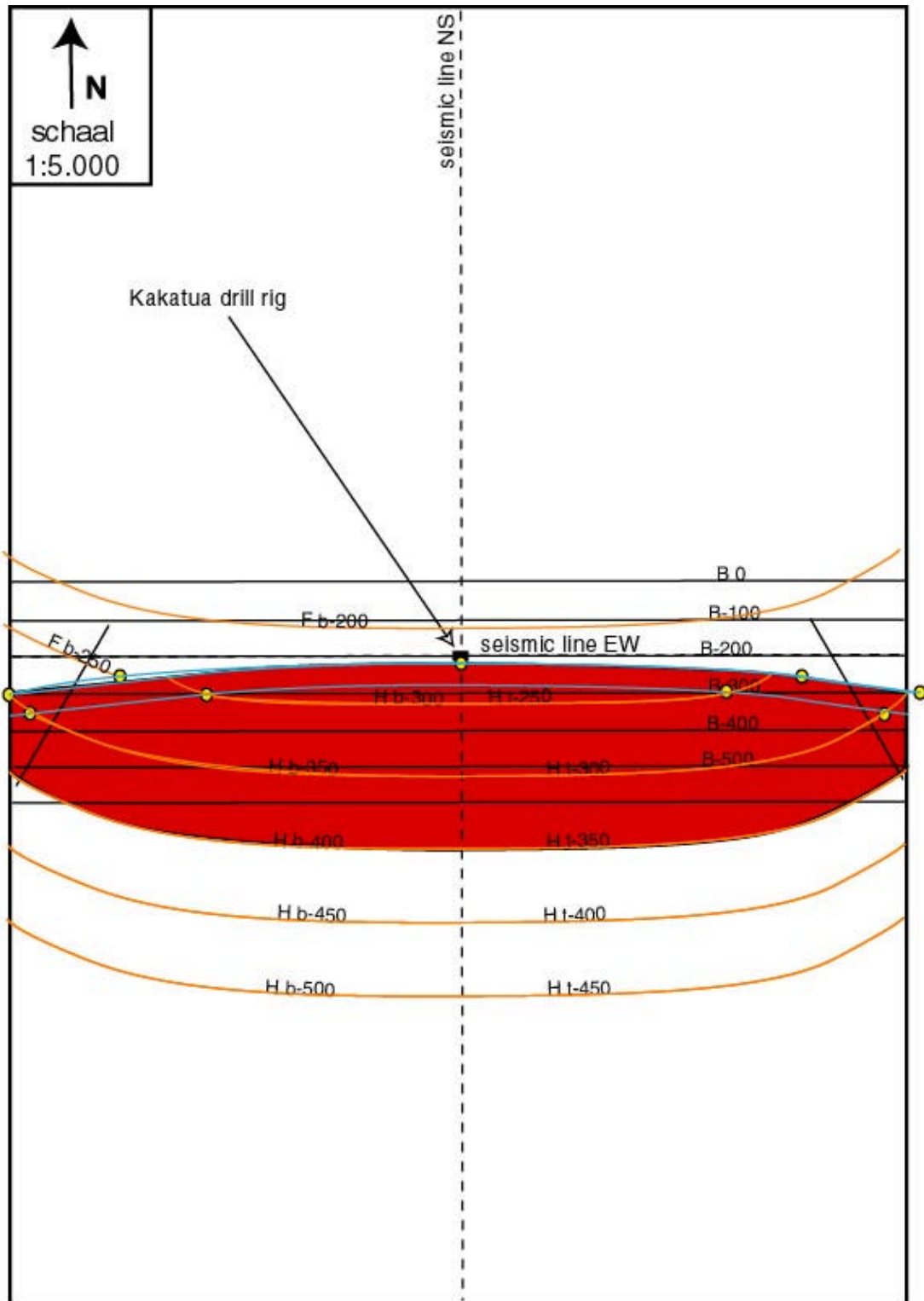
Gaping = 10 + 30 = 40 m (1 punt)

11. Hoeveel procent inversie is er dus opgetreden tijdens het Pliocen?

Zo'n 25% inversie dus (0.5 punt)

12. Teken in de kaart het OWC voor het olievoorkomen in de Jabiru sandstone, (ga hierbij uit van een dikte van 50 m voor het gesteentepakket) en geef aan waar deze olie voorkomt in de ondergrond.

Het OWC zit op -325 m (zie ook vraag 7) en op basis hiervan kan het olievoorkomen ingetekend (1 punt)



13. Teken ook de isochorenkaart van dit olievoorkomen.

De rand van het olievoorkomen is natuurlijk de 0 meter isochoor, de 50 m isochoor geeft aan waar het zandpakket helemaal volzit met olie (1 punt)

