

Tentamen Geo-Energie

1 Februari 2012

Vermeld (duidelijk!) naam, adres, geboortedatum, studienummer en studierichting op het 1e vel papier;
Op ieder volgend vel Uw naam.

Gebruik voor iedere opgave een nieuw, los vel papier!

Lever ook de sheets met de opgaven in – enkele antwoorden dienen hierop te worden aangegeven.

Opgave 1

Een gasbedrijf wil haar zomer productie van 20 BCM gas uit de offshore opslaan in een leeg gasveld op het land. Er is een veld beschikbaar op een diepte van 2500m, in de vorm van een horizontale zandsteenlaag van 150m dikte in een rechthoekige horst-structuur van 10 x 5 km. Deze horst is aan alle zijden begrensd door breuken waar een lateral seal wordt gevormd door zoutlagen. Het veld is hydrostatisch en ligt in een gebied met een geothermische gradient van 3°C/100m.

De standard condities aan het oppervlak zijn een temperatuur van 15°C en een luchtdruk van 1.01325 bar. Het reservoir in de zandsteenlaag heeft een Net-to-Gross ratio van 25% en een water saturatie van 10%.

Vraag 1: Wat is de minimum porositeit die het reservoir moet hebben om deze hoeveelheid gas op te kunnen slaan? Gebruik Bijlage 1 om de compressibility factor Z te bepalen.

Vraag 2: Met de uitkomst van 1), hoe zou je de kwaliteit van het reservoir kenschetsen? (goed-standaard-slecht)

Een concurrerend elektriciteitsbedrijf heeft het lege veld echter aangekocht voor opslag van CO₂.

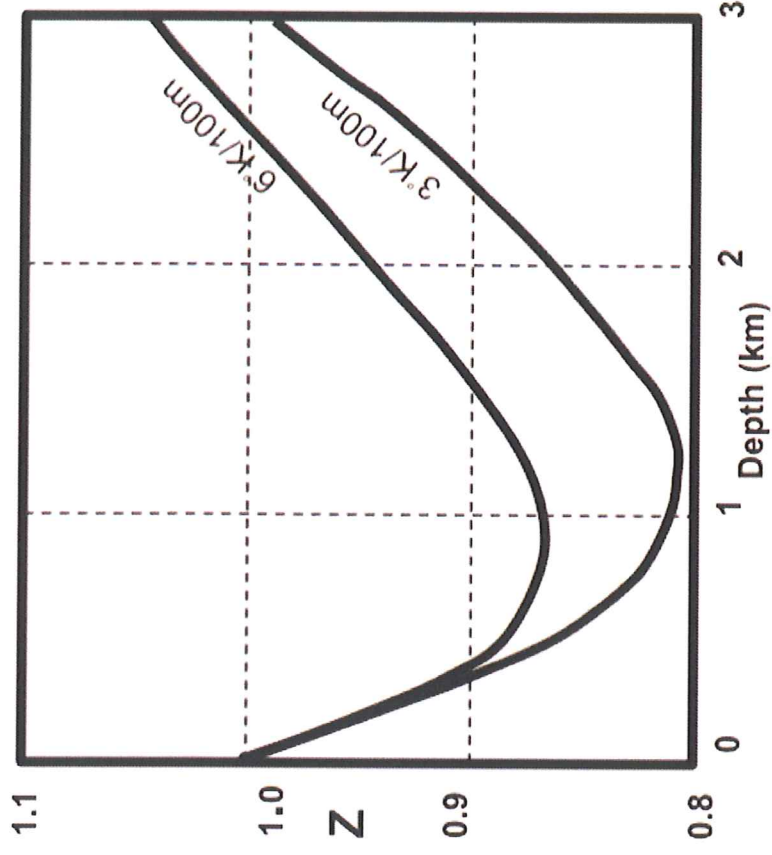
Vraag 3: Hoeveel miljoen ton CO₂ kan er in pure vorm in de poriën-ruimte van dit veld worden opgeslagen met in acht neming van een druk veiligheids marge van 10 bar onder de oorspronkelijke druk van het gasveld? (zie Bijlage 2)

Vraag 4: Stel nu dat de volledige poriën ruimte door zoet water wordt ingenomen en opslag vindt alleen plaats door oplossing van CO₂ in dit water, hoeveel ton CO₂ kan er dan in dit reservoir opgeslagen worden? (zie Bijlage 3)

Vraag 5: In werkelijkheid bevat een reservoir in deze setting geen zoet water maar brine. Hoe beïnvloedt dit het antwoord onder 4)?

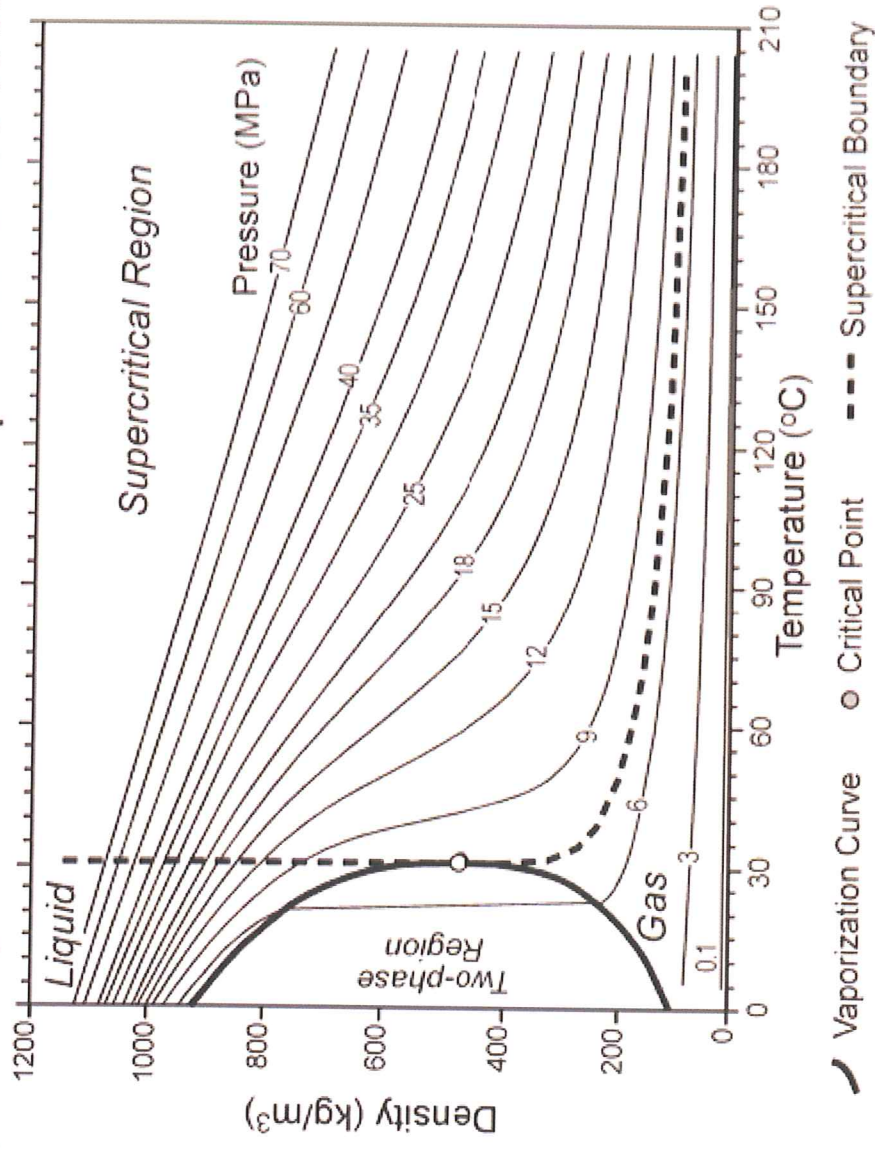
Opgave 1 – Bijlage 1

Compressibility Factor voor Methaan



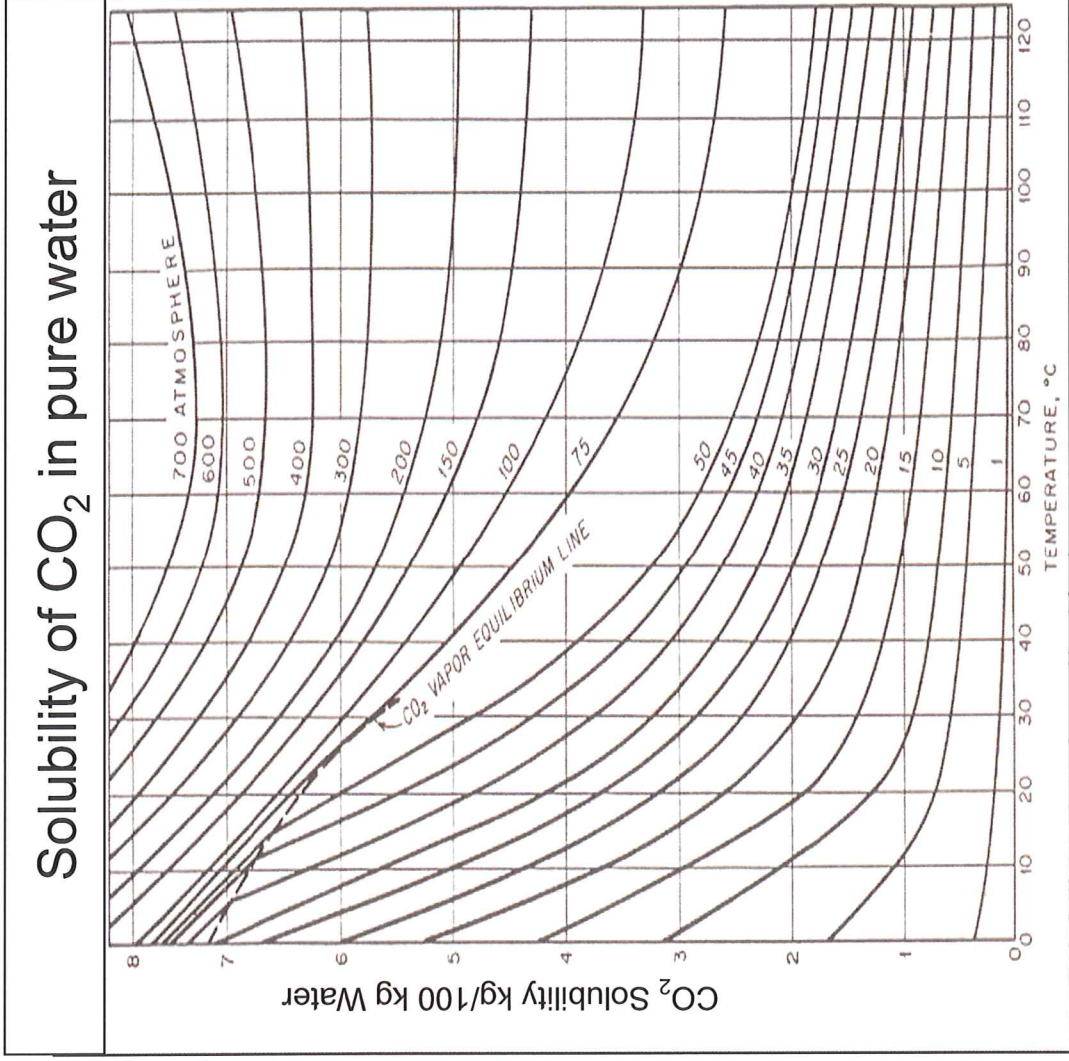
Opgave 1 - Bijlage 2

CO₂ Density as function of Temperature & Pressure



At standard conditions: $\rho = 1.87 \text{ kg/m}^3$

Opgave 1 – Bijlage 3



1 atm = 1.01325 bar

Opgave 2

In Bijlage 1 vindt U een geologische doorsnede door een zoutkoepel in Noord Nederland.

Vraag 1: Schets bovenaan Bijlage 1 het zwaartekrachtprofiel dat we aan het oppervlak langs deze sectie zouden meten. **Let wel:** U hoeft dit niet te berekenen, een kwalitatieve schets is voldoende.

Vraag 2: we nemen aan dat we de opwaartse beweging van de zoutkoepel kunnen beschrijven via een lineaire strain van toepassing op de dikte van het zout: $\varepsilon = \frac{d_d - d_u}{d_u} * 100\%$

hierbij is d_u de 'undeformed' dikte en d_d de 'deformed' dikte. Als we de huidige toestand als 'undeformed' beschouwen en de strain rate in deze zoutkoepel wordt geschat op 10^{-14} s^{-1} , hoelang duurt het dan nog voordat het zout het oppervlak heeft bereikt?

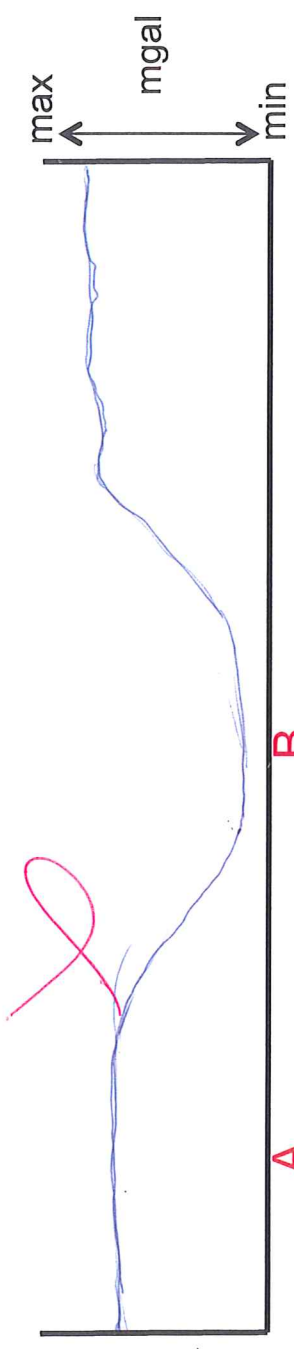
Bij constante heatflow q (Wm^{-2}) wordt de temperatuur op diepte z in de ondergrond bepaald door de vergelijking:

$$T(z) = T(0) + q \int_0^z \frac{dz}{k(z)}$$

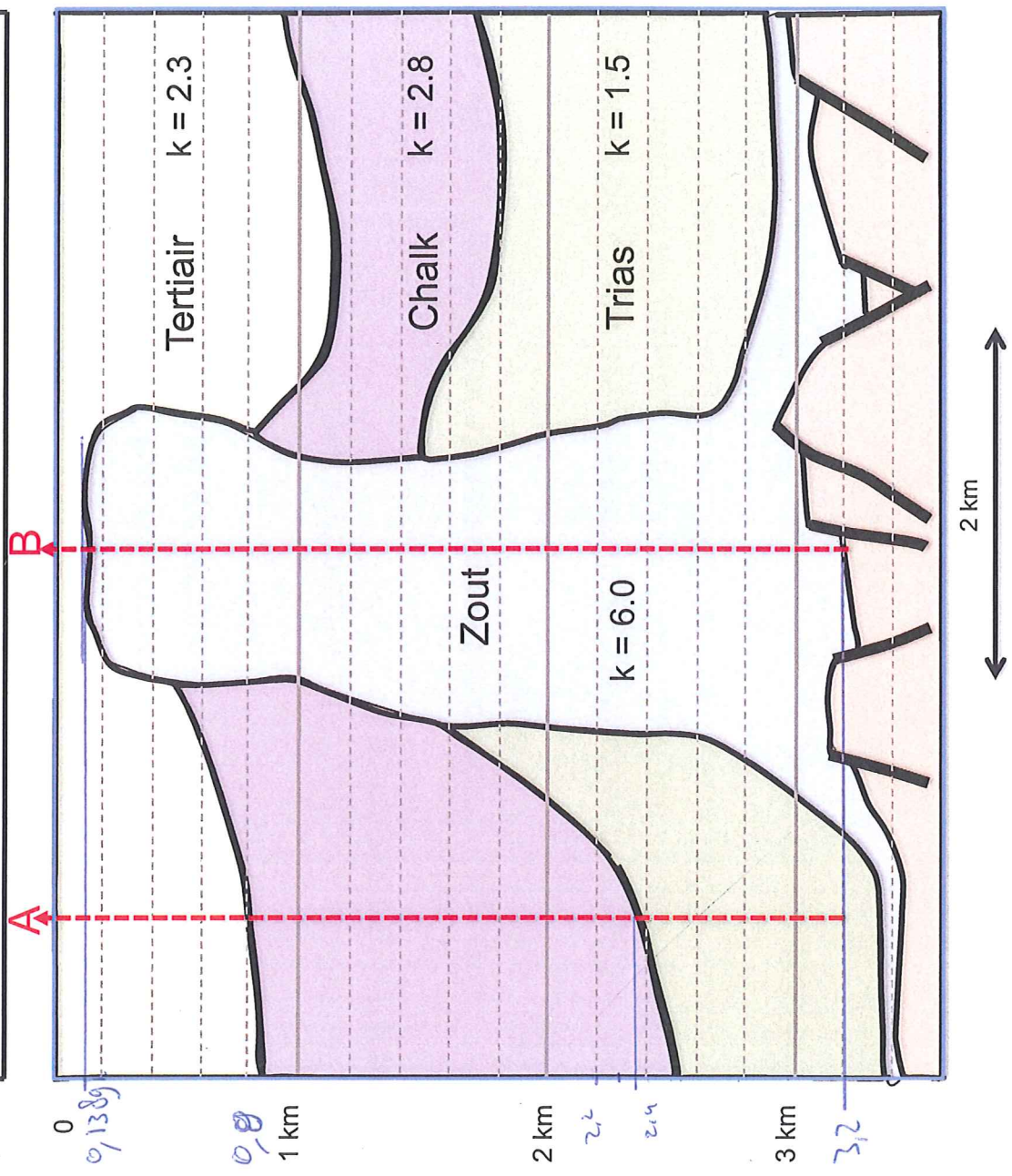
Hierbij is $k(z)$ de warmtegeleidings coëfficiënt in $\text{W}^\circ\text{C}^{-1}\text{m}^{-1}$ en $T(0)$ in $^\circ\text{C}$ de temperatuur aan het oppervlak.

Vraag 3: als de temperatuur aan het oppervlak 15°C is en de heatflow 65 mWm^{-2} bereken dan de temperatuur op 3200m in zowel de punten A als B op de geologische sectie.

Vraag 4: bovenstaande temperatuurberekeningen bevatten een aantal simplificaties. De resultaten van vraag 3 in ogenschouw nemend, welke aanname moet naar Uw mening genuanceerd worden?



Zwaartekracht Profiel



Geologische Doorsnede

Opgave 2
Bijlage 1

k in $W^{\circ}C^{-1}m^{-1}$

Opgave 3

Een sedimentair bekken is samengesteld uit zandsteen en shales met een gemiddelde dichtheid van 3.06 gr/cm^3 . Het stress regime in het bekken bestaat slechts uit een verticale (overburden) stress. Tussen 1 en 2 km diepte bevindt zich een reservoir met daar overheen een seal in een anticlinale structuur met een structurele closure van meer dan 1000m. Uit boorgat metingen blijkt dat het reservoir overpressured is met 20 MPa boven hydrostatisch. In dit boorgat wordt ook een gas-water-contact (GWC) gevonden op 2000m. De gas gradiënt is 0.9 MPa/km .

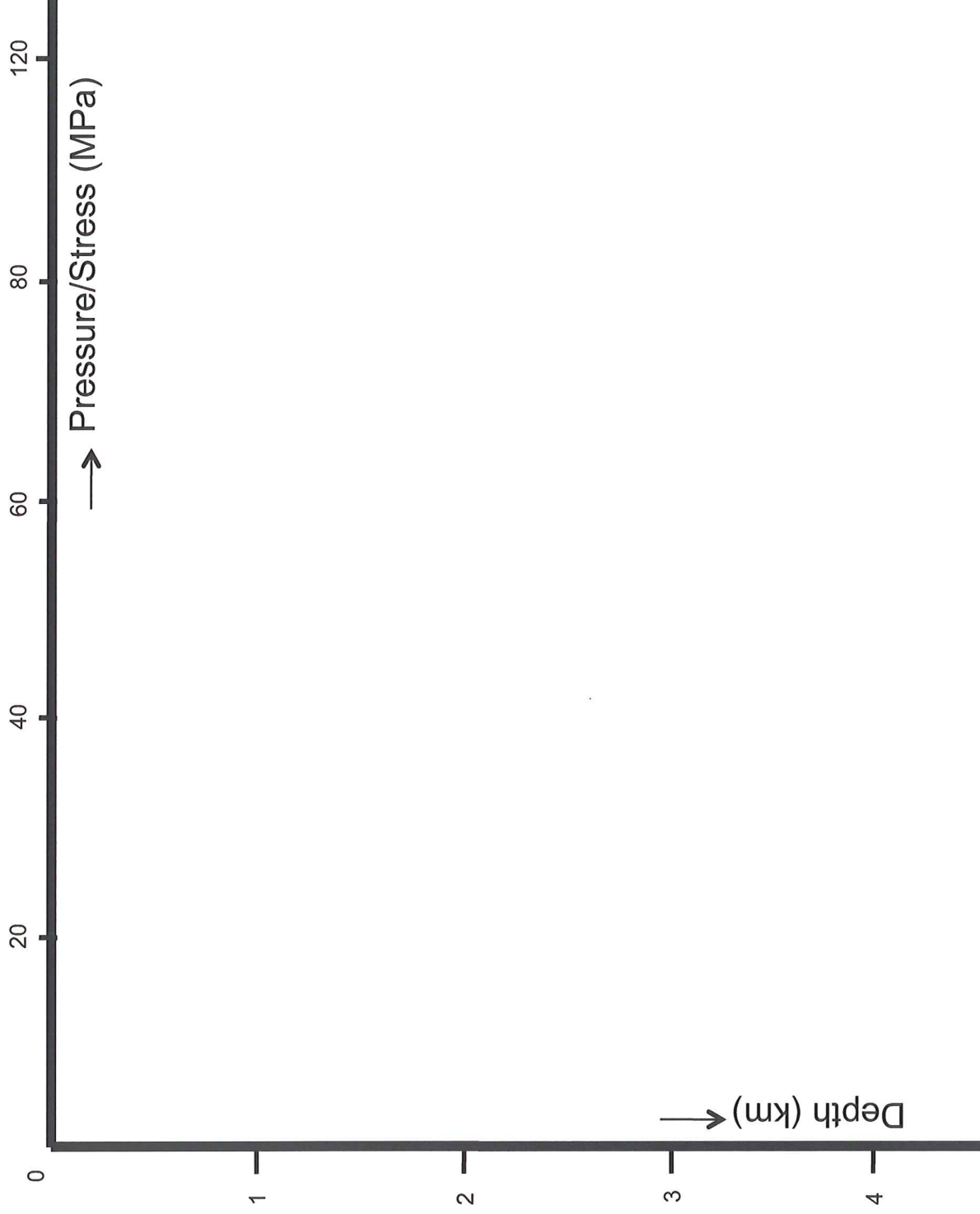
Vraag 1: geef met behulp van Bijlage 1 op grafische wijze een schatting van de maximale gas kolom (in meters) boven het GWC in deze structuur

Laboratorium experimenten hebben aangetoond dat het gesteente in het reservoir een “angle of internal friction” heeft van 30° en een “cohesion” van 8 MPa.

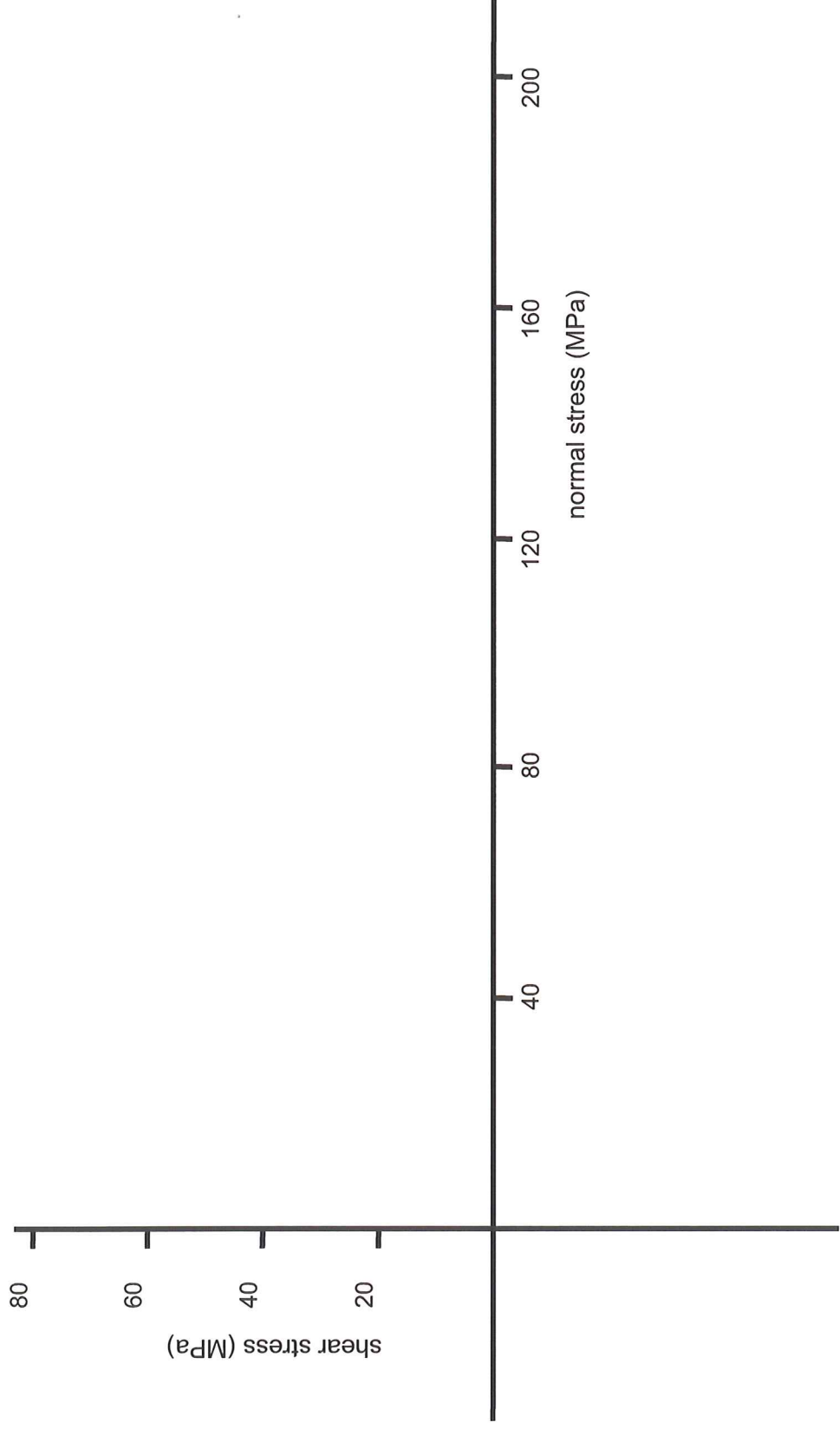
Vraag 2: als er in het bekken ook nog een tectonische horizontale stress van 30 MPa aanwezig zou zijn, bepaal dan mbv Mohr cirkels en het Mohr-Coulomb criterium wat dit betekent voor de maximaal tolerabele pore pressure op het niveau van het GWC en de gevolgen voor de maximale gas kolom.

Gebruik Bijlage 2 voor de constructie.

Opgave 3 – Bijlage 1



Opgave 3 – Bijlage 2



Opgave 4

In Bijlage 1 vindt U een seismische cross sectie door een diep-water bekken offshore Australië. Het bekken is gevuld met zand- en kleisteen. Het pakket tussen zeebodem en horizon "B" heeft een gemiddelde seismische snelheid van 2500 m/s. Het zeewater heeft een snelheid van 1500 m/s.

Het interval tussen horizons "A" en "B" bestaat volledig uit klei en vormt een goed seal interval.

Het interval tussen horizons "B" en "C" is een reservoir unit bestaande uit zand en klei met een seismische snelheid van 3000 m/s en een net-to-gross ratio van 20%. De porositeit van de zandsteen is 25%. Het reservoir strekt zich loodrecht op deze 2D sectie met constant relief uit over 10 km.

We nemen aan dat het reservoir is gevuld met olie, met een saturatie van 75%. De "oil shrinkage factor"
 $B_0 = 1.3$

Vraag 1: een seismoloog heeft het olie-water-contact (OWC) geïnterpreteerd op 2330 msec. Geef aan op basis van welke kenmerken op de sectie dit is gebeurd.

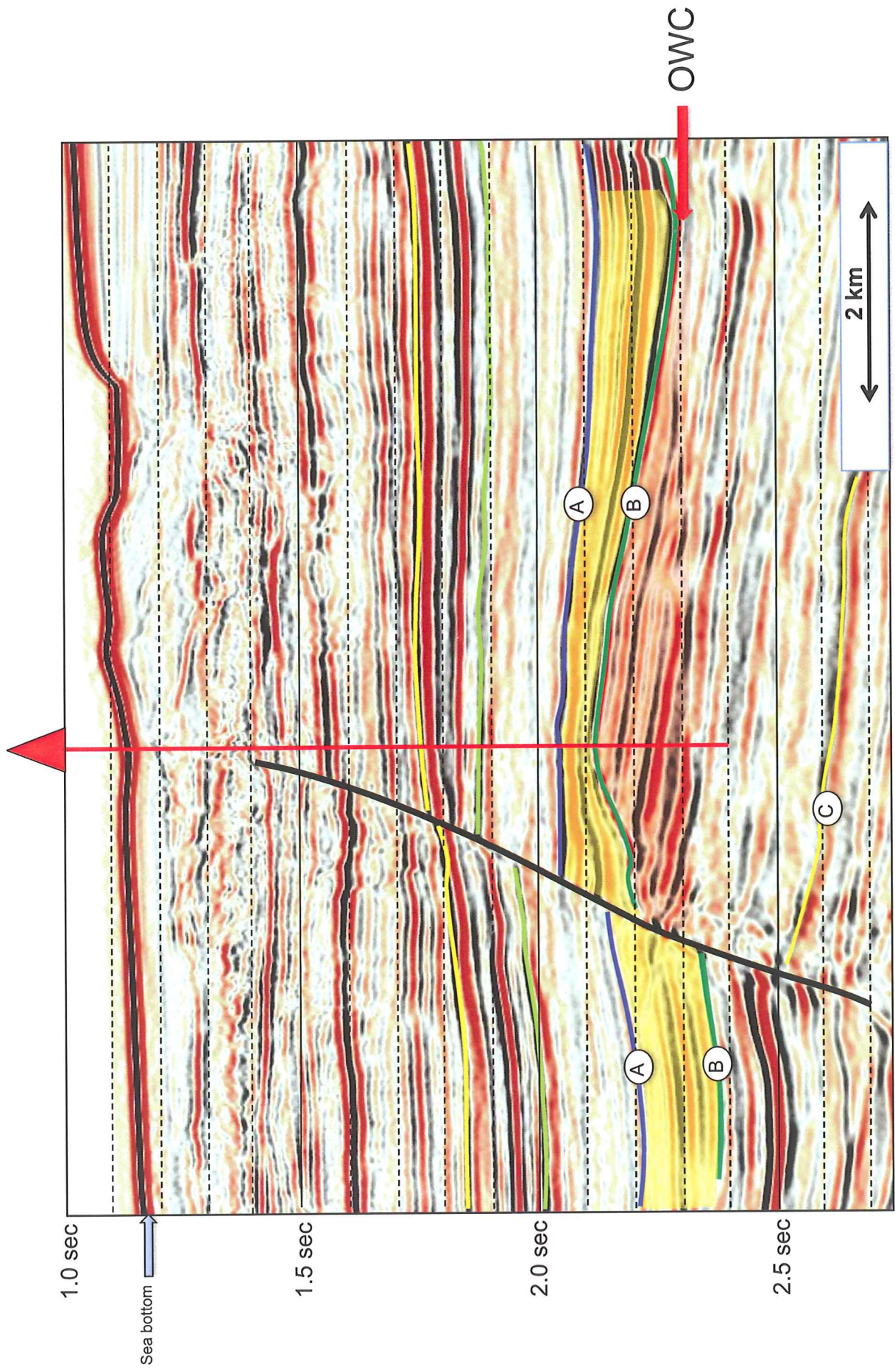
Vraag 2: bereken het olie volume van dit veld onder standaard condities. U mag op deze seismische sectie de doorsnede van het reservoir interval boven het OWC benaderen dmv 2 driehoeken.

De olie in dit bekken wordt gegenereerd door een source rock onder horizon "C". Deze source rock is aangetoond in een put op 25 km afstand in een interval van 9150 – 9650 ft (Zie Bijlage 2).

Vraag 3: met dichtheden van 2.3 gr/cc voor de sourcerock en 0.8 gr/cc voor de olie en aannemende dat het gehele potentieel van dit interval wordt omgezet in olie, over welk oppervlak (in km²) moet dit sourcerock interval zich minimaal uitstrekken om de structuur met olie te kunnen vullen tot aan het volume als berekend onder vraag 2? Let op: 1 ft = 0.3048m.

Vraag 4: wat is de minimum diepte waarop de source rock mature voor olie is? Wordt deze diepte bereikt door horizon "C" op de seismische sectie?

Opgave 4 – Bijlage 1



Opgave 5

Hieronder staan een aantal statements; sommige zijn juist, andere onjuist. Geef bij elk statement aan of het juist of onjuist is.

1. Als een basalt afkoelt tot onder de Curie temperatuur, behouden de ijzer/titanium oxide mineralen de dan aanwezige richting van het aardmagneetveld juist/onjuist?
2. Subsidence en zeespiegelstijging hebben een tegengesteld effect op mariene sedimentatie juist/onjuist?
3. De 'free-air' correctie bij een zwaartekrachtmeting in de Ardennen verhoogt de gemeten waarde juist/onjuist?
4. De voortplantingsnelheid van compressional (longitudinale) elastische golven is hoger dan van shear (transversale) elastische golven juist/onjuist?
5. De kans op het vormen van anoxic bodemwater in zeeën is groter tijdens ijstijden juist/onjuist?
6. Bij pyrolyse van source rocks geeft de Hydrogen Index een indicatie of de source rock olie danwel gas zal genereren juist/onjuist?
7. Reservoirs bestaande uit diepwater turbidieten kenmerken zich door geringe laterale continuïteit juist/onjuist?
8. Coal Bed Methane kan maar tot diepten van 1200-1500m economisch gewonnen worden juist/onjuist?
9. De heatflow van geothermische warmte wordt voornamelijk veroorzaakt door afkoeling van de aarde juist/onjuist?