

Oppgave 1

For spørsmålene a), b), se forelesningene og øvingsoppgaver.

c) Terskeltrykket for hver blokk omgjøres til høyde i reservoaret. Denne høyden trekkes fra høyeste nivå med 100% vannmetning. Da får en FWL for hver blokk. Dersom FWL er den samme for alle blokkene er det sannsynligvis kommunikasjon mellom dem.

Terskeltrykkene i laboratoriet kan en omgjøre til terskelhøyder i reservoaret ved å multiplisere med en faktor, på følgende måte: La p_{cL} betegne kapillartrykket målt i laboratoriet og p_{cR} det tilsvarende i reservoaret. Da er $p_{cR} = p_{cL} \cdot \sigma_R \cos \Theta_R / \sigma_L \cos \Theta_L = K_1 \cdot p_{cL}$, med $K_1 = \sigma_R \cos \Theta_R / \sigma_L \cos \Theta_L$. Vi velger to vannmetninger S_{w1} og S_{w2} . Da er $K_1 p_{cL1} = p_{cR1} = \Delta \rho g h_1$ og $K_1 p_{cL2} = p_{cR2} = \Delta \rho g h_2$. Vi kjenner ikke h_1 og h_2 i reservoaret siden vi ikke vet hvor det frie vannnivå FWL er. Vi trekker fra hverandre de to uttrykkene og får $K_1 (p_{cL1} - p_{cL2}) = \Delta \rho g (h_1 - h_2)$. Her kjenner vi verdiene p_{cL1} og p_{cL2} samt differansen $(h_1 - h_2)$ fra loggen. Dermed kan vi finne faktoren K som tar oss fra en differanse mellom kapillartrykkverdier i laboratoriet til en høydeforskjell i reservoaret, $K = K_1 / \Delta \rho g = (h_1 - h_2) / (p_{cL1} - p_{cL2})$. Dersom vi velger $p_{cL2} = 0$ og $p_{cL1} = p_{DL}$, terskeltrykket i laboratoriet, så er $h_2 = 0$ og $h_1 = h_D$, terskelhøyden i reservoaret, altså at $h_D = K p_{DL}$.

En annen måte å argumentere på er å omgjøre terskeltrykkene p_{DL} til J_{DL} , den tilsvarende J -funksjon ved å bruke målte verdier av porøsitet og permeabilitet og anta samme fuktpreferanse i forkastningsblokkene. Dersom alle J_{DL} -verdiene er nær like store, så indikerer det at FWL er den samme for alle forkastningsblokkene.

Oppgave 2

a) Se forelesningene.

b) Se forelesningene. Omregningsfaktoren blir 6.35.

c) Med absolutt permeabilitet menes absolutt permeabilitet målt med væske, uten turbulens. Tilfellet (i) vil gi for høy permeabilitet på grunn av Klinkenbergeffekt og ingen turbulens. Tilfellet (ii) vil gi for lav permeabilitet på grunn av turbulens uten Klinkenbergeffekt.

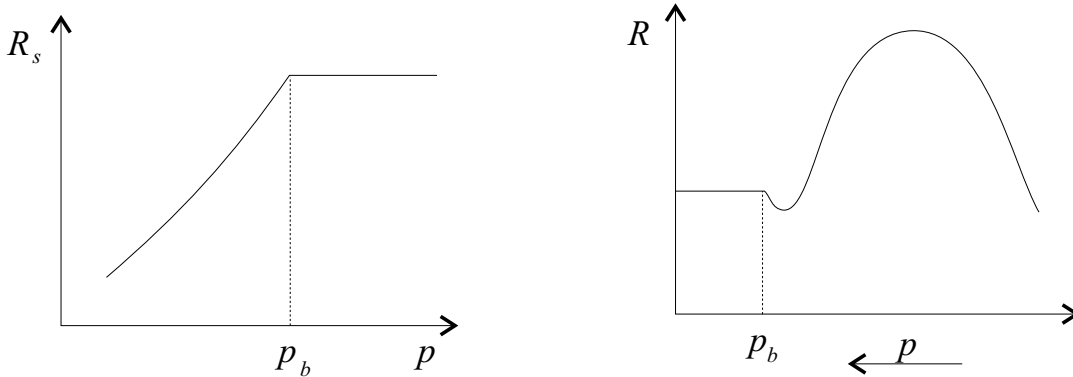
d) Dersom en måler permeabiliteten ved en serie ulike middeltrykk \bar{p} og plotter permeabiliteten mot $1/\bar{p}$, kan en ekstrapolere til $\bar{p} = \infty$ og eliminere Klinkenbergeffekten.

Oppgave 3

a) R_s [scf/stb] uttrykker volum gass i oljefasen. Dersom et lite reservoarvolum olje ΔV_o tas til overflaten (index s : surface) og blir til ΔV_{oos} olje og ΔV_{ogs} gass, så er $R_s = \Delta V_{ogs} / \Delta V_{oos}$.

R [scf/stb] er det produserende gass-olje forholdet, også kalt GOR. $R = Q_g / Q_o = (k_g \mu_o B_o) / (k_o \mu_g B_g) + R_s$. Eller, dersom reservoarvolum fri gass ΔV_g følger med når oljevolumet ΔV_o blir produsert, og blir til ΔV_{ggs} på overflaten (uten kondensat ΔV_{gos}) så er $R = (\Delta V_{ogs} + \Delta V_{ggs}) / \Delta V_{oos}$.

R_s er konstant over p_b og synker mot null når p minker under p_b . Når trykket minker vil $R = R_s$ fram til $p = p_b$. Da vil R minke litt inntil gassen blir mobil ($S_g > S_{gc}$). Deretter vil R øke sterkt opp mot et maksimum for så å minke igjen, se figur 1.



Figur 1: Oppløst gass-olje forhold R_s og produserende gass-olje forhold R som funksjon av reservoartrykket.

b) Se forelesningene.

c) Ved direkte innsetting i materialbalanseligningen finner en at $N = 400 \cdot 10^6$ stb. Må bruke at $R_p = G_p / N_p$. Har ikke bruk for S_{org} i dette delspørsmålet.

d) Bruker symbolene g : res.vol. gass, rb; o : res.vol. olje, rb; w : res.vol. vann, rb; v : porevolum, rb.

Gassone Denne endres ikke fra initiell verdi.

$$g = NmB_{oi} = 150 \cdot 10^6$$

$$v = \frac{150 \cdot 10^6}{1 - 0.25} = 220 \cdot 10^6$$

$$w = (200 - 150) \cdot 10^6 = 50 \cdot 10^6$$

$$o = 0$$

Invadert sone

$$g = 150 \cdot 10^6 \cdot \frac{0.003}{0.001} - 150 \cdot 10^6 = 300 \cdot 10^6$$

$$v = \frac{300 \cdot 10^6}{1 - 0.25 - 0.25} = 600 \cdot 10^6$$

$$w = 0.25 \cdot 600 \cdot 10^6 = 150 \cdot 10^6$$

$$o = 600 \cdot 10^6 \cdot 0.25 = 150 \cdot 10^6$$

Oljesone

$$g = (400 \cdot 10^6 \cdot 1000 - (400 - 200) \cdot 10^6 \cdot 600 - 260 \cdot 10^9) \cdot 0.003 = 60 \cdot 10^6$$

$$v = \frac{400 \cdot 10^6 \cdot 1.5}{1 - 0.25} - 600 \cdot 10^6 = 200 \cdot 10^6$$

$$w = 0.25 \cdot 200 \cdot 10^6 = 50 \cdot 10^6$$

$$o = (200 - 60 - 50) \cdot 10^6 = 90 \cdot 10^6$$

Oppgave 4

a) Velger $t = 1$, $\log 1 = 0$. Da blir $p_{wf} = p_{1HR}$, fra analytisk rett linje, i plott av p_{wf} mot $\log t$, idealkurven gitt av ligning 1 i oppgaveteksten. Uttrykket for S følger direkte.

b) Per definisjon er

$$c = -\frac{1}{V_p} \frac{\Delta V_p}{\Delta p} = \frac{1}{V_p} \frac{\Delta V_p}{\Delta p},$$

når $\Delta p = -(p - p_i) = p_i - p$. Dessuten er $\Delta V_p = q \cdot \Delta t$. Da blir

$$\frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{q}{cV_p} = \frac{QB}{cV_p}, \quad \frac{dp}{dt} = \frac{QB}{cV_p}.$$

Dette gjelder for midlere reservoartrykk. Men i halvstasjonær periode synker trykket overalt med samme rate, dermed vil også

$$\frac{dp_{wf}}{dt} = \frac{QB}{cV_p}.$$

c) Plotter p_{wf} mot $\log t$ (lin-log) og får en rett linje med $m = 220$ psi/dekade og leser av fra den ekstrapolerte rette linjen at $p_{1HR} = 2060$ psia. Dette gir $k = 92$ mD og $S = -7.11$ etter innsetting.

Fra plott av p_{wf} mot t (lin-lin) av de sene datapunktene, finner en at $dp/dt = 6.72$ psi/døgn. Fra spm. b) har vi at

$$V_p = \frac{QB}{c \frac{dp}{dt}},$$

og dersom vi her bruker enhetene V_p : bbl; Q : stb/døgn; B : rb/stb; c : psi^{-1} ; dp/dt : p-si/døgn, så trenger vi ingen omregningsfaktor. Innsatt gir dette

$$V_p = \frac{800 \cdot 1.25}{17.7 \cdot 10^{-6} \cdot 6.72} = 8.4 \cdot 10^6 \text{ bbl.}$$

d) Dersom brønnen ligger i (0,0) i et kvadrat med sidekant 1, så må det legges speilbrønner i (1,0), (1,1), (0,1), (-1,1), (-1,0), (-1,-1), (0,-1) og så videre. Ved superposisjon blir trykkføringen lik trykkfallet fra brønnen pluss trykkfallene induisert fra hver speilbrønn. Disse bidragene er uttrykt ved ei-funksjoner. Bare de nærmeste speilbrønnene bidrar i praksis.