

Skisse til løsning  
Eksamen i Reservoarteknikk 1  
21. september, 2001

## Oppgave 1

- a) I tillegg til naturlig vanninnfluks, vanninjeksjon, gassinjeksjon har en ekspansjon av gasskappe, frigjort gass, vann, olje, bergart.
- b) Et oljereservoar er umettet dersom trykket (midlere reservoartrykk) er over kokepunktstrykket.
- c) Med konstant temperatur og  $\rho = M/V$ , så har vi at

$$\frac{\partial \rho}{\partial p} = -M \frac{\partial V}{V^2} = c\rho.$$

- d) Vi har at

$$\begin{aligned} m &= \rho_o V_o \\ &= \rho_{ost} V_{ost} + \rho_{gstd} V_{gstd} \\ &= V_{ost} \left( \rho_{ost} + \frac{V_{gstd}}{V_{ost}} \rho_{gstd} \right) \\ \rho_o V_o &= V_{ost} (\rho_{ost} + R_{so} \rho_{gstd}) \\ \rho_o &= \frac{1}{B_o} (\rho_{ost} + R_{so} \rho_{gstd}). \end{aligned}$$

- e) Ved å sette inn for  $\rho$  fra d) i ligning (2) i oppgaven, så får vi

$$c_o = -\frac{1}{B_o} \frac{dB_o}{dp}.$$

Vi bruker som oppgitt at

$$\frac{1}{B_o} = a\Delta p + \frac{1}{B_{oi}}, \quad \Delta p = p_i - p.$$

Deriverer denne ligningen med hensyn på  $p$  og får at  $a = \frac{dB_o}{dp} / B_o^2$  som innsatt gir

$$\frac{1}{B_o} = \frac{1}{B_o^2} \frac{dB_o}{dp} \Delta p + \frac{1}{B_{oi}}$$

$$1 = -c_o \Delta p + \frac{B_o}{B_{oi}}$$

som gir oppgitt formel.

f) Ligning (6) multipliseres med  $V_{pi} \Delta p$  og deriveres med hensyn på tiden. Ved å bruke at  $\frac{dV_p}{dt} = -q$  får en oppgitt uttrykk.

g) Se forelesningene.

h) Fra ligning (6) i oppgaven, dersom det ikke produseres vann, så er  $\Delta V_p = N_p B_o$  og  $V_{pi} = NB_{oi}/(1 - S_{wc})$ . Dette gir

$$\begin{aligned} N_p B_o &= \Delta p c_t V_{pi} \\ &= \Delta p c_t \frac{NB_{oi}}{1 - S_{wc}} \\ &= N(B_o - B_{oi} + E_{f,w}) \\ c_t &= \frac{(1 - S_{wc})}{\Delta p B_{oi}} (B_o - B_{oi} + B_{oi} \frac{c_w S_{wc} + c_f}{1 - S_{wc}} \Delta p) \\ c_t &= S_o c_o + S_{wc} c_w + c_f \end{aligned}$$

når  $S_o = 1 - S_{wc}$ .

i)

$$\begin{aligned} Q &= nI_p(p - p_w), \quad p_w = p_b, \text{ const.} \\ \frac{dQ}{dt} &= nI_p \frac{dp}{dt} \\ &= nI_p \left( -\frac{QB_o}{c_t V_{pi}} \right), \quad B_o \text{ midlere volumfaktor} \end{aligned}$$

Denne differensialligningen har løsningen  $Q = Q_i \exp(-At)$  med  $A = (nI_p B_o)/c_t V_{pi}$ .

## Oppgave 2

a) Se forelesningene.

b) Av den ene målte kapillartrykkskurven lages det en dimensjonsløs  $J$ -funksjon som funksjon av metningen til den fuktende fasen, det vil si vann. Denne samme funksjonen brukes så både for vann-olje, olje-gass og for både 100 md og 500 md bergart. Kontaktvinklene er 0 grader i alle tilfellene. Det velges en rekke høyder vertikalt og kapillartrykket regnes ut på denne høyden mellom vann-olje og gass-olje. Metningen til den fuktende fasen finnes av den ene og felles  $J$ -funksjon. For olje-vann kapillartrykk så regnes eventuell gass som del av oljen. For gass-olje kapillartrykk regnes vannet som del av oljen. Høyden regnes fra det frie vannivå for vann-olje kapillartrykk og fra det frie oljenivå for gass-olje kapillartrykk.

### Oppgave 3

a) Tabellen i oppgaven er laget slik at en kan bruke faktorene rett fram,

$$p_D : \frac{2\pi \cdot 9.869 \cdot 10^{-16} \cdot 0.3048 \cdot 6.895 \cdot 10^3}{1.84 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-3}} = 7.08 \cdot 10^{-3},$$

$$t_D : \frac{9.869 \cdot 10^{-16} \cdot 6.895 \cdot 10^3 \cdot 3.6 \cdot 10^3}{10^{-3} \cdot 3.048^2 \cdot 10^{-2}} = 0.000264.$$

b) Bruker at  $\ln a = \ln(10^{\log a}) = \ln 10 \log a$  i uttrykket

$$p_D(t_D) = \frac{1}{2} \ln \left( \frac{4t_D}{\gamma} \right),$$

og får

$$7.08 \cdot 10^{-3} \frac{kh}{Q\mu B} (p_i - p_{wf}) - S = \frac{\ln 10}{2} \left[ \log \frac{4 \cdot 0.000264k}{\gamma\phi\mu cr_w^2} + \log t \right].$$

Dette uttrykket brukes for to tilfeller, i) og ii), for å finne permeabiliteten og skinfaktor.

i)

$$p_{wf} \propto \frac{Q\mu B}{kh} \frac{\ln 10}{2 \cdot 7.08 \cdot 10^{-3}} \log t = - \frac{162.6Q\mu B}{kh} \log t.$$

Plottet av  $p_{wf}$  mot  $\log t$  gir en rett linje med stigningsforhold  $m = 18.9$  psi/dekade, eller at

$$\begin{aligned} \frac{162.6Q\mu B}{kh} &= 18.9, \\ k &= \frac{162.6 \cdot 500 \cdot 1 \cdot 1.5}{60 \cdot 18.9} \\ &= 107 \text{ md.} \end{aligned}$$

**ii)** Når  $t = 1$ , så er  $\log t = 0$  og en får fra plottet at  $p_{wf}(t = 1) = 4946$  psia, og fra ligningen overfor,

$$S = 7.08 \cdot 10^{-3} \frac{kh}{Q\mu B} (p_i - 4946) - \frac{\ln 10}{2} \log \left[ \frac{4 \cdot 0.000264k}{\gamma \phi \mu c r_w^2} \right],$$

som gir  $S = -0.23$  etter innsetting.