



DATO: 21. SEPTEMBER 2001

EKSAMEN I: TE 195 Reservoarteknikk 1

VARIGHET: kl. 09.00–14.00

TILLATTE HJELPEMIDLER: Kalkulator

OPPGAVESETTET BESTÅR AV: 4 sider

MERKNADER: Alle delspørsmål gis lik vekt.

Oppgave 1

a) Nevn de viktigste drivmekanismene en generelt må ta hensyn til i utvinningen av et oljereservoar.

b) I resten av denne oppgaven skal vi betrakte et “umettet oljereservoar.” Forklar hva som menes med dette begrepet.

c) Bruk den generelle definisjonen på kompressibilitet c ,

$$c = -\frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial p} \right)_T, \quad \dots \dots \dots (1)$$

til å vise at

$$c = \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \rho}{\partial p} \right)_T, \quad \dots \dots \dots (2)$$

hvor ρ er tettheten.

d) Vis at tetthet av olje ved reservoarforhold, ρ_o , er gitt ved

$$\rho_o = \frac{1}{B_o} (\rho_{ost} + R_{so} \rho_{gstd}), \quad \dots \dots \dots (3)$$

hvor ρ_{ost} er tetthet av olje ved *stock tank* betingelser og ρ_{gstd} er tetthet av gass ved *standard* betingelser på overflaten. [Hint: Velg en masse m av olje i reservoaret og uttrykk denne som en sum av masse i gassfase og i oljefase på overflaten.]

e) For en umettet olje gjelder med meget god tilnærming at invers volumfaktor varierer lineært med trykket. Det vil si at

$$\frac{1}{B_o} = a\Delta p + \frac{1}{B_{oi}}, \quad \dots \dots \dots (4)$$

hvor a er en konstant og $\Delta p = p_i - p$. Bruk dette og ligningene (2) og (3) til å vise at oljekompressibiliteten c_o er gitt ved

$$c_o = \frac{B_o - B_{oi}}{B_{oi}\Delta p}. \quad \dots \dots \dots (5)$$

f) La den totale kompressibiliteten c_t være definert ved

$$c_t = \frac{1}{V_{pi}} \frac{\Delta V_p}{\Delta p}, \quad \dots \dots \dots (6)$$

hvor V_{pi} er porevolumet ved trykk p_i , V_p er porevolumet ved midlere reservoartrykk p , og $\Delta V_p = V_{pi} - V_p$. Vis, at dersom c_t er konstant, så er

$$\frac{dp}{dt} = -\frac{q}{c_t V_{pi}}, \quad \dots \dots \dots (7)$$

hvor q er samlet feltrate ved reservoarforhold.

g) Vis at materialbalanseligningen blir

$$N_p B_o = N(B_o - B_{oi} + E_{f,w}), \quad \dots \dots \dots (8)$$

hvor

$$E_{f,w} = B_{oi} \left(\frac{c_w S_{wc} + c_f}{1 - S_{wc}} \right) \Delta p. \quad \dots \dots \dots (9)$$

h) Vis at ligningene (6), (8) og (9) sammen gir at

$$c_t = c_o S_o + c_w S_{wc} + c_f. \quad \dots \dots \dots (10)$$

i) Den samlede oljerate Q for feltet, regnet i overflatevolum pr. tidsenhet, kan uttrykkes ved $Q = n I_p (p - p_w)$, hvor n er antall brønner, I_p midlere produktivitetsindeks for en brønn, p midlere reservoartrykk, p_w midlere brønntrykk.

Anta at produksjonen skjer ved at trykket i alle brønner dras ned til kokepunktstrykket og holdes fast der, mens raten gradvis faller av fra en høy initiell verdi. Finn et uttrykk for hvordan feltraten $Q(t)$ faller av med tiden.

Oppgave 2

a) Gitt Young-Laplace sin ligning

$$p_c = \sigma \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \dots \dots \dots (11)$$

Forklar hva hver enkelt størrelse uttrykker og hvordan en kan omgjøre kapillartrykk målt i laboratoriet til kapillartrykk i reservoaret.

b) Basert på kjerneprøver og borhullslogger fra en brønn i et nytt reservoar har en dannet seg en modell av den geologisk lagdelingen. Lagene kan deles i to grupper, en med gjennomsnittlig 500 md permeabilitet og en annen med gjennomsnittlig 100 md. Det frie vannivå og det frie oljenivå er registrert.

Fra det frie vannivå og oppover er det først et 3 meter tykt lag med 100 md bergart, deretter alternerende lag med 500 md og 100 md bergart, alle med 1 meter tykkelse.

Kapillartrykkskurven er målt med luft-vann på en 500 md prøve i laboratoriet. Videre er oppgitt overflatespenninger og tettheter til luft og vann i laboratoriet og til de tre fasene i reservoaret. Porøsitetene til de to typene geologiske lag er målt.

Anta at vann er 100% fuktende fase i laboratoriet og at vann er 100% fuktende i forhold til olje som igjen er 100% fuktende i forhold til gass.

Vis hvordan det ut fra dette kan konstrueres en graf som viser hvordan vannmetning, oljemetning og gassmetning varierer med høyden fra det frie vannivå, gjennom det frie oljenivå og opp i gassonen.

Oppgave 3

Gitt linjekildeløsningen av diffusivitetligningen,

$$p_D(t_D) = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{4t_D}{\gamma} \right), \quad \gamma = 1.781, \quad \dots \dots \dots (12)$$

hvor

$$p_D = \frac{2\pi kh}{q\mu} (p_i - p_{wf}) - S, \quad t_D = \frac{kt}{\phi\mu cr_w^2} \dots \dots \dots (13)$$

Uttrykkene er i SI-enheter. Omregningsfaktorer er vist i Tabell 1.

a) Vis i detalj at uttrykkene i praktiske enheter blir,

$$p_D = 7.08 \cdot 10^{-3} \frac{kh}{Q\mu B} (p_i - p_{wf}) - S, \quad t_D = 0.000264 \frac{kt}{\phi\mu cr_w^2} \dots \dots \dots (14)$$

Omgjør fra	til (SI)	ved å multiplisere med
md	m ²	9.869 E-16
ft	m	3.048 E-01
psi	Pa	6.895 E+03
bbl/d	m ³ /s	1.840 E-06
cp	Pa·s	1.000 E-03
hr	s	3.600 E+03

Tabell 1: Omregningstabell for enheter

Tid(timer)	P_{wf} (psia)
0	5050
1.5	4943
3.0	4937
6.0	4932
9.0	4928

Tabell 2: Trykktestdata

b) Finn permeabilitet og skinfaktor fra testdataene i Tabell 2.

Andre data:

Kompressibilitet: 10^{-5}psi^{-1}

Porøsitet: 0.15

Brønnradius: 0.30 ft

Viskositet: 1.0 cp

Formasjonshøyde: 60 ft

Volumfaktor: 1.5 rb/stb

Rate: 500 stb/d