



DATO: 5. JUNI 2000

EKSAMEN I: TE 195 Reservoarteknikk 1

VARIGHET: kl. 09.00–14.00

TILLATTE HJELPEMIDLER: Kalkulator

OPPGAVESETTET BESTÅR AV: 4 sider

MERKNADER: Ingen

---

## Oppgave 1

- a) Skisser en typisk kapillartrykkskurve for en primær dreneringsprosess. Merk av terskeltrykket og irreduksibel vannmetning, og forklar kort hvorfor kurven ser slik ut.
- b) Utled uttrykket som gir sammenhengen mellom kapillartrykk  $p_c$  og vertikal høyde  $h$  i reservoaret. Forklar spesielt hvor du velger 0-punktet på  $h$ -aksen.
- c) Et reservoar består av flere forkastningsblokker ved siden av hverandre. Det tas kjerneprøver og måles porøsitet, permeabilitet og kapillartrykkskurve for hver blokk. Vannmetningen som funksjon av høyden bestemmes ved borhullslogging. Det viser seg at høyeste nivå med 100% vannmetning varierer fra blokk til blokk. Hvordan kan en fra disse opplysningene anslå om det er kommunikasjon mellom blokkene?

## Oppgave 2

- a) Start med Darcy's generelle lov for et horisontalt system, altså sammenhengen mellom volumhastighet og trykkgradient, og utled følgende uttrykk for volumraten av luft gjennom en kjerneprøve,

$$\bar{q} = \frac{kA}{\mu\Delta L}(p_1 - p_2),$$

hvor  $\bar{q}$  er volumraten ved middeltrykk  $\bar{p} = (p_1 + p_2)/2$ ,  $k$  er permeabiliteten,  $\mu$  er viskositeten,  $\Delta L$  er lengden av kjerneprøven,  $A$  tverrsnittet og  $(p_1 - p_2)$  trykkfallet over kjerneprøven.

- b) Omgjør uttrykket under a) til følgende sett av enheter:

Tabell 1: Nytt sett av enheter

Volumrate	—	ft <sup>3</sup> /døgn
Trykk	—	psia
Permeabilitet	—	Darcy
Viskositet	—	centipoise
Lengde	—	fot
Oppgitt:		
1 atm	:	14.65 psia
1 fot	:	30.48 cm

c) Uttrykket under a) skal brukes til å bestemme absolutt permeabilitet til en kjerneprøve ved å måle luftraten ved ulike trykkfall. Dersom en måler raten kun ved et eneste trykkfall, vil permeabiliteten da ha en tendens til å bli for høy eller lav i følgende to tilfeller: (i) ved lave trykk og lave rater, og (ii) ved høye trykk og høye rater? Begrunn svarene.

d) Forklar kort hvordan det fra en måleserie ved lave rater og lave trykk entydig kan bestemmes absolutt (væske) permeabilitet ved hjelp av luft.

### Oppgave 3

Denne oppgaven omhandler oljereservoarer med forholdsvis tung olje slik at det oppløste olje-gass forholdet  $r_s$  kan neglisjeres.

a) Definer oppløst gass-olje forhold  $R_s$  og produserende gass-olje forhold  $R$ , og skisser hvordan disse størrelsene endres med trykket for et umettet oljereservoar, både over og under kokepunktstrykket.

b) Gitt et oljereservoar med gasskappe  $m$ , opprinnelig vannmetning  $S_{wc}$ , og ingen vanninnfluks. Reservoaret produseres fra oljesonen. Utled materialbalanseligningen

$$N_p(B_o + (R_p - R_s)B_g) = NB_{oi} \left( \frac{(B_o - B_{oi}) + (R_{si} - R_s)B_g}{B_{oi}} + m \left( \frac{B_g}{B_{gi}} - 1 \right) \right).$$

c) Ved produksjon fra oljesonen reduseres det midlere reservoartrykk fra initielt trykk  $p_i$  til et lavere trykk  $p$ . Gasskappen ekspanderer ned i oljesonen og legger etter seg restoljemetningen  $S_{org}$ . Bruk følgende data til å bestemme opprinnelig oljevolum  $N$  i reservoaret:  $N_p = 200 \cdot 10^6$  stb,  $G_p = 260 \cdot 10^9$  scf,  $m = 0.25$ ,  $S_{wc} = 0.25$ ,  $S_{org} = 0.25$ ,

Ved initielt trykk $p_i$	Ved trykk $p$
$B_{oi} = 1.5$ rb/stb	$B_o = 1.2$ rb/stb
$B_{gi} = 0.001$ rb/scf	$B_g = 0.003$ rb/scf
$R_{si} = 1000$ scf/stb	$R_s = 600$ scf/stb.

d) Beregn reservoarvolumene (i rb) av gass, olje og vann både i gassone, invadert sone og oljesone ved trykk  $p$ .

## Oppgave 4

Linjekildeløsningen (“line source solution”) i praktiske trykktestingsenheter og med skinfaktor  $S$  inkludert, er gitt ved

$$p_{wf} = p_i - \frac{162.6 Q \mu B}{kh} \left[ \log \left( \frac{kt}{\phi \mu c r_w^2} \right) - 3.23 + 0.87S \right] \dots \dots \dots (1)$$

Praktiske enheter	
$p$ : psi	$h$ : ft
$Q$ : stb/d	$t$ : timer
$q$ : rb/d	$c$ : psi <sup>-1</sup>
$B$ : rb/stb	$r$ : ft
$k$ : mD	$\mu$ : cp

a) Vis at skinfaktoren  $S$  er gitt ved

$$S = 1.151 \left( \frac{p_i - p_{1HR}}{m} - \log \left( \frac{k}{\phi \mu c r_w^2} \right) + 3.23 \right) \text{ med}$$

$$m = \frac{162.6 Q \mu B}{kh},$$

og hvor  $p_{1HR}$  er trykket etter 1 time, fra den ideelle kurven gitt ved linjekildeløsningen.

b) Forklar hva som menes med halvstasjonær periode (“pseudo-steady state” eller “semi-steady state) og vis ved en enkel materialbalansebetragtning at  $p_{wf}$  i denne perioden er gitt ved

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

hvor  $V_p$  er porevolumet.

c) Følgende data er hentet fra en trykkfallstest:  $Q = 800$  stb/d,  $\mu = 1$  cp,  $\phi = 0.1$ ,  $h = 8$  ft,  $r_w = 0.328$  ft,  $B = 1.25$  rb/stb,  $c = 17.7 \cdot 10^{-6}$  psi<sup>-1</sup>, og

$p_{wf}$ , psia	$t$ , timer
1900	0
1849	10
1784	20
1726	40
1661	80
1595	150
1508	300
1421	500
1320	800
1211	1200
1131	1500
986	2000
856	2500
718	3000

Beregn permeabilitet, skinfaktor og porevolum.

d) Dersom reservoaret har form av et kvadrat med brønnen i sentrum, skisser hvordan en kan finne den generelle trykløsningen ved hjelp av speilbrønner.