



DATO: 23. SEPTEMBER 1999

EKSAMEN I: TE 195 Reservoarteknikk 1

VARIGHET: kl 09.00–14.00

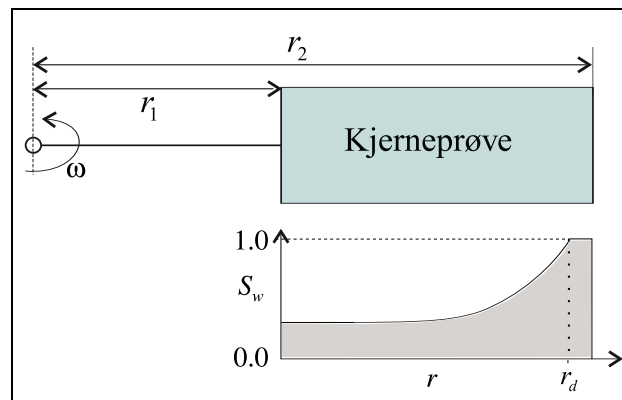
TILLATTE HJELPEMIDLER: Kalkulator

OPPGAVESETTET BESTÅR AV: 5 sider

MERKNADER: Ingen

Oppgave 1

Figuren viser skjematisk en kjerneprøve med lengde $r_2 - r_1$ som roterer i en sentrifuge med vinkelfrekvensen ω . Avstanden fra et vilkårlig punkt langs kjerneprøven og inn til omdreiningssaksen betegnes med r . Luft er trengt inn i prøven til en avstand r_d , tilsvarende terskeltrykket p_d . Metningsprofilen til vann er skissert under kjerneprøven.



Figur 1: Kjerneprøve som roterer i en sentrifuge; skisse av den ene armen til en sentrifuge samt tilhørende metningsprofil.

a) Vis at trykkforskjellen i *en* fase med tetthet ρ mellom radius r_1 og r_2 er gitt ved $p_2 - p_1 = \frac{1}{2}\rho \omega^2(r_2^2 - r_1^2)$, med $p_1 = p(r_1)$ og $p_2 = p(r_2)$.

b) Anta at kapillartrykket $p_{c2} = p_c(r_2)$ ved utløpet av prøven kan settes lik 0, og vis at $p_c(r)$ er gitt ved

$$p_c(r) = \frac{1}{2}\Delta\rho \omega^2(r_2^2 - r^2), \quad \dots \dots \dots (1)$$

hvor $\Delta\rho$ er forskjell i tetthet mellom fasene, slik at kapillartrykket ved innløpet av prøven, $p_{c1} = p_c(r_1)$, er gitt ved

$$p_{c1} = \frac{1}{2}\Delta\rho \omega^2(r_2^2 - r_1^2), \quad \dots \dots \dots (2)$$

og $p_d = \frac{1}{2}\Delta\rho \omega^2(r_2^2 - r_d^2)$.

c) Bruk definisjonen på midlere vannmetning i prøven, \bar{S}_w ,

$$\bar{S}_w = \frac{1}{r_2 - r_1} \int_{r_1}^{r_2} S_w(x) dx, \quad \dots \dots \dots (3)$$

til å vise at metningen ved innløpet av prøven, $S_{w1} = S_w(r_1)$, er gitt ved

$$S_{w1} = \frac{d}{dp_{c1}}(\bar{S}_w p_{c1}), \quad \dots \dots \dots (4)$$

dersom en kan anta at kjerneprøven er kort i forhold til avstanden inn til omdreingsaksen. [Hint: Skift ut integrasjonsvariabelen x i ligning (3) med p_c fra ligning (1) og bruk deretter at r_1/r_2 tilnærmet kan settes lik 1.0.]

d) En kjerneprøve mettet med saltvann roteres i luft. Data: $r_1 = 4.46$ cm, $r_2 = 9.38$ cm, $\Delta\rho = 1.09$ g/cm³, $V_p = 8.23$ cm³.

RPM	415	765	850	915	1005	1110	1305
ΔV [cm ³]	0.00	0.00	0.10	0.15	0.30	0.50	1.10
RPM	1550	1835	2200	2655	3135	3920	4850
ΔV [cm ³]	2.20	2.90	3.61	4.21	4.72	5.24	5.75

Her betyr RPM rotasjoner per minutt og ΔV produsert volum vann.

Estimer de samnhørende verdier av kapillartrykk og metning en får fra denne måleserien for frekvensen 2200 RPM.

Oppgave 2

Gitt et reservoar med oljesone, gasskappe og neglisjerbar vanninnfluks.

a) Forklar hvorfor oljesonen bør produseres før gasskappen.

b) Vi at materialbalanseligningen for dette tilfellet er

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

c) Produksjonen skjer fra oljesonen. Gasskappen ekspanderer ned i oljesonen og danner en invadert sone slik at reservoaret kan deles inn i en rest-oljesone, en invadert sone og en gasskappe.

Vannmetningen er S_{wc} og oljemetningen i invadert sone er S_{org} . Vis at oljemetningen S_o i rest-oljesonen er gitt ved

$$S_o = \frac{(N - N_p)B_o - S_{org} \frac{G(B_g - B_{gi})}{(1 - S_{wc} - S_{org})}}{\frac{NB_{oi}}{(1 - S_{wc})} - \frac{G(B_g - B_{gi})}{(1 - S_{wc} - S_{org})}},$$

hvor $G = mNB_{oi}/B_{gi}$ er volum gass initielt i gasskappen.

d) Gitt følgende data for reservoaret:

$$\begin{array}{lll} N = 400 \cdot 10^6 \text{ stb} & N_p = 200 \cdot 10^6 \text{ stb} & G_p = 260 \cdot 10^9 \text{ scf} \\ m = 0.25 & S_{wc} = 0.25 & S_{org} = 0.25 \end{array}$$

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

All produksjon skjer fra oljesonen. Beregn antall rb frigjort gass som er tilbake i rest-oljesonen ved trykk p samt oljemetningen i rest-oljesonen.

e) Anta nå at 50% av gassen i spørsmål d) har migrert fra rest-oljesonen til invadert sone fram til trykk p . Dersom en antar samme totale gassproduksjon, hva er da oljemetningen i rest-oljesonen ved trykk p ?

f) Vurder om antagelsen om lik total gassproduksjon i de to tilfellene d) og e) er rimelig ved å sammenligne gassmetningene ved trykk p .

Oppgave 3

For en trykkfallstest av en brønn i et uendelig reservoar gjelder linjekildeløsningen

$$p_{wf} = p_i + \frac{q\mu}{4\pi kh} \left[\ln \left(\frac{\gamma\phi\mu cr_w^2}{4kt} \right) - 2S \right], \quad \dots \dots \dots (5)$$

hvor $\gamma = 1.78$. Ligningen er i Darcy enheter.

a) Vis i detalj at ligning (5) omgjort til praktiske enheter blir

$$p_{wf} = p_i - \frac{162.6Q\mu B}{kh} \left[\log \left(\frac{kt}{\phi\mu cr_w^2} \right) - 3.23 + 0.87S \right] \dots \dots \dots (6)$$

Praktiske enheter	
p : psi	h : ft
Q : stb/d	t : timer
q : rb/d	c : psi ⁻¹
B : rb/stb	r : ft
k : md	μ : cp

Oppgitt
1 ft : 30.48 cm
1 atm : 14.65 psi
1 bbl : 159 liter

b) En brønn produseres med rate Q_1 i tid t_1 og deretter med rate Q_2 i tid Δt , en to-rate test. Bruk ligning (6) til å vise at trykløsningen blir

$$p_{wf} = p_i - \frac{162.6Q_2\mu B}{kh} \left[\log \left(\frac{k}{\phi\mu cr_w^2} \right) - 3.23 + 0.87S \right] - \frac{162.6Q_1\mu B}{kh} \left[\log \left(\frac{t_1 + \Delta t}{\Delta t} \right) + \frac{Q_2}{Q_1} \log(\Delta t) \right],$$

og forklar at p_{wf} plottet mot siste hakeparentes blir en rett linje.

c) Beregn permeabiliteten til formasjonen fra en to-rate test med følgende data:

$Q_1 = 250$ stb/d	$c = 17 \cdot 10^{-6}$ psi ⁻¹
$Q_2 = 125$ stb/d	$r_w = 0.198$ ft
$\mu = 0.8$ cp	$h = 69$ ft
$B = 1.136$ rb/stb	$\phi = 0.039$
$p_i = 4400$ psia	$t_1 = 184.7$ timer

Δt , timer	p_{wf} , psia
2.79	3868
4.01	3882
5.78	3891
8.32	3897
12.0	3901
17.3	3906
24.9	3911
35.8	3914
51.5	3918
74.2	3920