

Fakultet for teknisk – naturvitenskapelige fag

Emne: BIP 140, Reservoarteknikk

Dato: 12. desember 2012

Tid: 09.00-13.00

Tillatte hjelpemidler: Enkel kalkulator

Oppgavesettet består av: 5 sider pluss 2 vedlegg. NB: Oppgave 1 og 2 blir vektet likt med Oppgave 3.

Oppgave 1.

Følgende reservoar og fluid data er gitt:

Bulk volum: 10^6 m^3

$\Phi = 0.23$

$S_{wi} = 0.15$

$P_i = 350 \text{ bar}$, $(Z_g)_i = 1.107$

$P_d = 201 \text{ bar}$

$T_{res} = 115 \text{ }^\circ\text{C}$

Data fra konstant volum avlastning analyse (CVD-analyse):

$V_{celle} = 950 \text{ cm}^3$ ved P_d og T_{res} .

P_{res} (bar)	ΔV (cm ³)	V_1 (% av V_d)	Z_g
201	0	0	0.771
170	170	6.2	0.794
136	220	8.2	0.805
102	340	10.1	0.835
68	550	7.9	0.875
34	1000	7.1	0.945

Komposisjon av brønnstrøm i mol%:

P_{res} (bar)	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7+
201	75.2	7.7	4.4	3.1	2.2	2.2	5.2
170	78.3	7.7	4.3	2.8	1.9	1.6	3.4

Separasjonsbetingelser:

Komponentene C1-C4 blir til gass og C5-C7+ blir til STO.

$\rho_{\text{STO}} = 775 \text{ kg/m}^3$ og $M_{\text{STO}} = 143$ i trykkintervallet $P_i - P_d$.

$\rho_{\text{STO}} = 750 \text{ kg/m}^3$ og $M_{\text{STO}} = 138$ i trykkintervallet $P_d - 170 \text{ bar}$.

a.

1. Gi en karakteristik av reservoarfluidet relatert til et PT-diagram.
2. Gi en kort beskrivelse av en CVD-analyse.

b.

I trykkintervallet $34 < P_{\text{res}} < 350 \text{ bar}$ skal en lage skisser som viser:

1. $\text{GOR} = f(P_{\text{res}})$
2. mol% C1 og C7+ i brønnstrømmen som funksjon av P_{res} .
3. Væskevolum som funksjon av P_{res} .

c.

Vis at: GOR ved P_d er $1206.6 \text{ Sm}^3/\text{Sm}^3$ og GOR ved $P=170 \text{ bar}$ er $1733.8 \text{ Sm}^3/\text{Sm}^3$.
Hva blir GOR ved P_i ?

d.

Med basis i angitt bulk reservoarvolum og separasjonsbetingelse skal en bestemme:

1. Opprinnelig gassmengde til stedet, IGIP (Sm^3)
2. Opprinnelig mengde STO til stedet, IOIP (Sm^3)

e.

Beregn produksjonen av gass (Sm^3) og STO (Sm^3) fra reservoaret i trykkintervallet $P_i \rightarrow P_d$.

f.

CVD-analysen brukes til å beregne produksjonen når $P_{\text{res}} < P_d$. Antall mol brønnstrøm, Δn_j , som produseres fra reservoaret i trykksteget j , er gitt ved formelen:

$$\Delta n_j = (HCPV) \frac{\Delta V_j}{V_{\text{celle}}} \frac{P_j}{(Z_g)_j RT_{\text{res}}}$$

Forklar symbolene og utled formelen.

g.

1. Beregn gjenvinningen av gass (Sm^3) og STO (Sm^3) fra reservoaret i trykkintervallet $P_d \rightarrow 170 \text{ bar}$.
2. Diskuter påliteligheten av gjenvinningsberegninger basert på CVD-analysen når endepunktsmetningene fra gass-olje relative permeabilitetsdata er:
 $S_{\text{or}} = 0.17$ og $S_{\text{gr}} = 0.20$.

Oppgave 2.

Gitt et reservoar hvor en antar B-L likningen gjelder.

$$v_{S_w} = \frac{q_t}{\phi A} \left(\frac{df_w}{dS_w} \right)_{S_w}$$

Fraksjonstrømkurven av vann er gitt i Vedlegg 2.
Følgende reservoar data er gitt:

$$\begin{aligned} (Q_w)_{inj} &= 1500 \text{ Sbbl/D} & A &= 20000 \text{ ft}^2 \\ \Phi &= 0.20 & B_o &= 1.2 \text{ resbbl/Sbbl} \\ B_w &= 1.0 \text{ resbbl/Sbbl} \end{aligned}$$

Lengden mellom injeksjonsbrønn og produksjonsbrønn er 3000 ft.

Beregn følgende:

1. Tiden til vanngjennombrudd, t_{BT} .
2. Midlere vannmetning i reservoaret ved t_{BT} .
3. Volum av produsert STO ved t_{BT} .
4. Gjenvinnings % av IOIP; (Sbbl)
5. WOR like etter vanngjennombrudd.

PS! Vedlegg 2 må vedlegges besvarelsen.

Oppgave 3.

- a) Skriv ned Darcy's lov for en-dimensjonal strøm av en fase i et homogent, porøst medium med konstant tverrsnitt (husk gravitasjonsleddet). Definer størrelsene som inngår. Hva er definisjonsenhetene for Darcy's lov?
- b) Ta utgangspunkt i Darcy's lov på formen:

$$q = \alpha \frac{k A \Delta p}{\mu L}.$$

Hva er verdien av α i Darcy enheter? Vis at $\alpha = 0.001127$ i oil field units. (Hint: 1 atm = 14.696 psi, 1 bbl = $159 \cdot 10^3$ cm³ og 1 ft = 30.48 cm.)

- c) Anta at olje strømmer inn i en *syndrisk* oljeplugg med lengde 0.328ft, diameter 0.131ft og porøsitet 0.17. Oljetrykket er 65psi ved innløpet og 14.7psi ved utløpet, volumraten på 0.19bbl/day og oljen har en viskositet på 2.5cP. Gjør følgende:
1. Vis at permeabiliteten til kjernepluggen er 204mD
 2. Hva er Darcy hastigheten til olja (i cm/s)?
 3. Hva er den faktiske pore-hastigheten til olja (i cm/s) ?
- d) Ta utgangspunkt i Poiseuille lov for laminær strøm i et rør $q = \frac{\pi r^4}{8\mu} \Delta p/L$. Anta at kjernepluggen i forrige oppgave kan beskrives ved hjelp av en rørbundt modell som består av N sylindriske rør med lengde L , og radius r . Gjør følgende:
1. Vis at permeabiliteten til dette mediet kan uttrykkes som $k = r^2 \phi/8$
 2. Vis at sammenheng mellom Darcy hastighet og væskehastighet er $u=v \phi$.
 3. Hva blir radiusen på porehalsene til bergarten i oppgave c)? (Hint: $1D \simeq 1(\mu\text{m})^2$)
- e) Forklar kort hva som menes med olje-vann kontakten (OWC) og fritt vann-nivå (FWL). Hvordan kan man ved hjelp av en dreneringskapillartrykkskurve bestemme høydeforskjellen mellom FWL og OWC?

Vi skal nå se nærmere på et olje reservoar med en gasskappe. Vi definer følgende volumer:

Reservoir	→	Surface
ΔV_g^R	→	$\Delta V_{g,g}^S + \Delta V_{o,g}^S$
ΔV_o^R	→	$\Delta V_{o,o}^S + \Delta V_{g,o}^S$

På venstre side er det reservoarvolum av gass (ΔV_g^R) og olje (ΔV_o^R). Når en volumenhet av olje blir tatt til overflatebetingelser blir det produsert et volum olje ($\Delta V_{o,o}^S$) og et volum gass som var oppløst i oljen ($\Delta V_{g,o}^S$). Tilsvarende for gassfasen. Vi ser vekk i fra oppløst olje i gass, dvs. $\Delta V_{o,g}^S = 0$.

- f) Definer volumfaktorene B_o , B_g , oppløst gass-olje forhold R_s . Skisser B_o , B_g og R_s som funksjon av trykk i tre forskjellige grafer. Indiker på grafen hvor boblepunktstrykket for olje er.

Likningen for materialbalanse er gitt som:

$$F = N(E_o + m E_g + E_c) + W_e B_w. \quad (1)$$

Symbolene i likningen over er definert:

$$\begin{aligned} F &= N_p [B_o + (R_p - R_s) B_g] + W_p B_w \\ E_o &= (B_o - B_{oi}) + (R_{si} - R_s) B_g \\ E_g &= B_{oi} \left(\frac{B_g}{B_{gi}} - 1 \right) \\ E_c &= B_{oi} (1 + m) \left(\frac{c_w S_w + c_p}{1 - S_w} \right) \Delta p. \end{aligned} \quad (2)$$

Tabell 1: Felt PVT og produksjonsdata

Trykk (psia)	N_p 10^6 stb	R_p scf/stb	B_o rb/stb	R_s scf/stb	B_g rb/scf
3330	0	0	1.2511	510	0.00087
3150	3.295	1050	1.2353	477	0.00092
3000	5.903	1060	1.2222	450	0.00096
2400	17.703	1300	1.1822	352	0.00120

Vi skal se på et reservoar der hoveddrivmekanismen er ekspansjon av olje og oppløst gass i olje. Opprinnelig gjennomsnittlig reservoartrykk var 3330 psi, kompressibilitet til formasjonen er $c_p = 8.6 \cdot 10^{-6}$ /psi, og for vann, $c_w = 3.0 \cdot 10^{-6}$ /psi, og vannmetning $S_w = 0.20$. Vi neglisjerer innstrømning av vann i reservoaret og produksjon av vann. Andre PVT og produksjonsdata er gitt i Tabell 1. Vi kan ignorere E_c . Likning (1) kan nå skrives:

$$\frac{F}{E_o} = N + N m \frac{E_g}{E_o}.$$

g) Bruk formelen over og data fra Tabell 1 til å estimere verdier for N og m .

Vi skal nå se litt nærmere på data fra en trykkfallstest i brønn.

h) I halv stasjonær periode (semi-steady state) synker trykket i brønnen med en konstant rate på 6.72psi/day, mens brønnen produserer med en konstant rate på $Q=800$ stb/day. Bruk følgende data: $\mu=1$ cP, $B=1.25$ rb/stb, $c=17.7 \cdot 10^{-6}$ psi $^{-1}$ og definisjonen på kompressibilitet:

$$c = -\frac{1}{V_p} \frac{dV_p}{dp},$$

samt et materialbalanse argument til å bestemme porevolumet til reservoaret.

Vedlegg 1.

Important formula/correlations in PVT-Analysis.

Temperature:	$^{\circ}\text{K} = 273.15 + ^{\circ}\text{C}$ $^{\circ}\text{F} = 1.8 \times ^{\circ}\text{C} + 32$ $^{\circ}\text{R} = ^{\circ}\text{F} + 459.69$
Pressure:	$1\text{atm} = 1013.250\text{ mBar} = 1.013250\text{ bar} = 101.3250\text{ kPa} = 0.1013250$ $\text{MPa} = 14.69595\text{ psia}$ $\text{psia} = 14.69595 + \text{psig}$ $1\text{ atm} = 760.002\text{ mmHg at } 0^{\circ}\text{C}$
Density:	$1\text{ g/cm}^3 = 62.43\text{ lb/ft}^3 = 350.54\text{ lb/bbl}$ $1\text{ lb/ft}^3 = 16.0185\text{ kg/m}^3$ $\rho_w = 0.999015\text{ g/cm}^3 \quad (60^{\circ}\text{F}, 1\text{ atm})$ $\rho_w = 0.9991\text{ g/cm}^3 \quad (15^{\circ}\text{C}, 1\text{ atm})$
Specific density:	For liquids: Determined relative to water at sc. For gases: Determined relative to air at sc. $\gamma_o = \frac{\rho_o}{\rho_w} = \frac{141.5}{131.5 + ^{\circ}\text{API}}$ $^{\circ}\text{API} = \frac{141.5}{\gamma_o} - 131.5$ <p>Cragoe's formula (empirical formula giving molecular weight of hydrocarbons):</p> $M_o = \frac{6084}{^{\circ}\text{API} - 5.9}$ $\gamma_g = \frac{M_g}{M_{air}} = \frac{M_g}{28.96}$
Volume:	$1\text{ bbl} = 5.615\text{ ft}^3 = 0.15898\text{ m}^3$ $1\text{ ft}^3 = 0.0283\text{ m}^3$ $1\text{ US Gallon} = 3.785\text{ litre}$ $1\text{ Imp. Gallon} = 4.546\text{ litre}$ Molar volume of gas at standard conditions: $V_m = 379.51\text{ SCF/lb mole } (60^{\circ}\text{F and } 14.69595\text{ psia})$ $V_m = 23644.7\text{ cm}^3/\text{g mole} = 23.6447\text{ m}^3/\text{kg mole } (15^{\circ}\text{C and } 101.3250\text{ kPa})$
Air:	$Z_{air} = 0.9959 \quad (60^{\circ}\text{F}, 14.69595\text{ psia})$ $M_{air} = 28.96$
Gas constant:	$R = 10.732 \quad (\text{psia}, \text{ft}^3, ^{\circ}\text{R}, \text{lb mole})$ $R = 0.082054 \quad (\text{atm}, \text{litre}, ^{\circ}\text{K}, \text{g mole})$ $R = 8.3145 \quad (\text{kPa}, \text{m}^3, ^{\circ}\text{K}, \text{kg mole})$

Vedlegg nr. 2

Kandidat nr.

