Skisse til løsning
Eksamen i Reservoarteknikk 1
4. juni, 2002

Oppgave 1

a)

$$p_c = 2\sigma / R.$$

b) Se forelesningene.

c) I tilfelle (i) står vann-olje skilleflaten høyere i røret enn i karet og krummer nedover. I tilfelle (ii) står skilleflaten lavere i røret og krummer oppover.

d)

$$p_c = 2\sigma \cos\theta / r.$$

e) Se forelesningene.

f) Se forelesningene.

g) Det er lik nivået til skilleflaten i karet.

Oppgave 2

a) og b) I dette tilfellet er $m > 0$ og vi antar at all produksjon skjer fra oljesonen. Etterhvert som trykket synker så ekspanderer gasskappen ned i oljesonen og legger etter seg residuell oljemetning S_{org} i den invaderte sonen.

$$
\begin{aligned}
\text{SCF gass i gasskappen initielt}: & \; G = \frac{mNB_{oi}}{B_{gi}} \\
\text{Oljevolum totalt}: & \; (N - N_p)B_o \\
\text{Porevolum av oljesonen initielt}: & \; \frac{NB_{oi}}{1 - S_{wc}} \\
\text{Gassvolum ekspandert ned i oljesonen}: & \; G(B_g - B_{gi}) \\
\text{Gassmetning i invadert sone}: & \; 1 - S_{wc} - S_{org} \\
\text{Porevolum av invadert sone}: & \; \frac{G(B_g - B_{gi})}{1 - S_{wc} - S_{org}} \\
\text{Oljevolum i invadert sone}: & \; S_{org}\frac{G(B_g - B_{gi})}{1 - S_{wc} - S_{org}} \\
\text{Oljevolum i gjenværende oljesone}: & \; (N - N_p)B_o - S_{org}\frac{G(B_g - B_{gi})}{1 - S_{wc} - S_{org}} \\
\text{Porevolum av gjenværende oljesone}: & \; \frac{NB_{oi}}{1 - S_{wc}} - \frac{G(B_g - B_{gi})}{1 - S_{wc} - S_{org}} \\
\text{Oljemetning i gjenværende oljesone}: & \; \frac{(N - N_p)B_o - S_{org}\frac{G(B_g - B_{gi})}{1 - S_{wc} - S_{org}}}{\frac{NB_{oi}}{1 - S_{wc}} - \frac{G(B_g - B_{gi})}{1 - S_{wc} - S_{org}}}
\end{aligned}
$$

c)

- Volum gass i gasskappen, G, er gitt ved $G = mNB_{oi}/B_{gi} = (0.25 \cdot 400 \cdot 10^6 \cdot 1.5)/0.001 = 150 \cdot 10^9$ scf.

- Porevolum av rest-oljesone, V_{po}, er lik porevolum av opprinnelig oljesone minus porevolum av invadert sone,

$$V_{po} = \frac{NB_{oi}}{1 - S_{wc}} - \frac{G(B_g - B_{gi})}{1 - S_{wc} - S_{org}} = 200 \cdot 10^6 \text{ rb.}$$

- Oljevolum i rest-oljesone, V_{oo}, er lik ikke-produsert oljevolum minus residuell oljevolum i invadert sone,

$$V_{oo} = (N - N_p)B_o - S_{org}\frac{G(B_g - B_{gi})}{1 - S_{wc} - S_{org}} = 90 \cdot 10^6 \text{ rb.}$$

- $S_o = V_{oo}/V_{po} = 0.45$.
- Volum frigjort gass tilbake i rest-oljesonen, V_{go} er gitt ved $V_{go} = V_{po}S_g = V_{po} \cdot (1 - S_o - S_{wc}) = 200 \cdot 10^6 \cdot 0.30 = 60 \cdot 10^6$ rb.

Dette kan også finnes direkte på følgende måte: Gassvolumet i oljesonen, V_{go}, er lik volum gass som er kommet ut av løsning minus gass produsert, i rb ved trykk p: $V_{go} = NB_g(R_{si} - R_s) - N_pB_g(R_p - R_s) = (400 \cdot 0.003 \cdot (1000 - 600) - 200 \cdot 0.003 \cdot (260000/200 - 600)) \cdot 10^6 = 60 \cdot 10^6$ rb.

Oppgave 3

a) Se forelesningene.

b) Se forelesningene.

c) Se forelesningene.

d) Trykkløsningen er summen av trykkfallet fra brønnen og fra en speilbrønn i avstand $2d$ fra brønnen,

$$\begin{aligned} p_D &= \frac{1}{2}\,\mathrm{ei}\left(\frac{1}{4t_D}\right) + \frac{1}{2}\,\mathrm{ei}\left(\frac{(2d)^2}{4t_D \cdot r_w^2}\right) \\ &= \frac{1}{2}\,\mathrm{ei}\left(\frac{1}{4t_D}\right) + \frac{1}{2}\,\mathrm{ei}\left(\frac{d^2}{t_D \cdot r_w^2}\right). \end{aligned}$$

e) For små verdier av t kan vi bruke logarimetilnærmelsen på den første ei-funksjonen,

$$p_D = -\frac{1}{2}\ln\left(\frac{\gamma}{4t_D}\right) + \frac{1}{2}\mathrm{ei}\left(\frac{d^2}{t_D r_w^2}\right),$$

og den siste ei-funksjonen er tilnærmet lik null for små verdier av t, se plottet av ei-funksjonen. Det vil si at $p_D \propto 1/2\ln t_D$. For store verdier av t kan vi også bruke logaritmetilnærmelsen på den andre ei-funksjonen og får

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

altså at $p_D \propto \ln t_D$, det vil si en dobling av stigningsforholdet for den rette linjen som fås ved å plotte p_D mot t_D.

f) Vi setter de to rette linjene lik hverandre for å finne skjæringspunktet:

$$-\frac{1}{2}\ln\left(\frac{\gamma}{4t_D}\right) = -\frac{1}{2}\ln\left(\frac{\gamma}{4t_D}\right) - \frac{1}{2}\ln\left(\frac{\gamma d^2}{t_D r_w^2}\right),$$

eller

$$\ln\left(\frac{\gamma d^2}{t_D r_w^2}\right) = 0,$$

$$\frac{\gamma d^2}{t_D r_w^2} = 1,$$

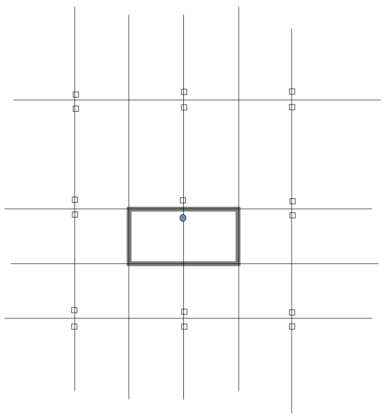
$$d^2 = \frac{t_{xD} r_w^2}{\gamma} = 0.000264\frac{kt_x}{1.781\mu c\phi},$$

$$d^2 = 1.48 \cdot 10^{-4}\frac{kt_x}{\phi\mu c}.$$

g) Beregner først f.eks. k fra stigningsforholdet til den første rette linjen og så avstanden d fra spm d). Arealet kan da enkelt regnes ut siden en nå kjenner målestokken til rektangelet.

h) Den nest-nærmeste speilbrønnen ligger i en avstand 14d og en kan sette inn denne avstanden i linjekildeløsningen med ei-funksjonen og regne ut om det blir noe merkbart trykkfall fra denne.

i)



Figur 1: Utsnitt av brønnplassering av speilbrønner (firkanter) i planet for å modellere et lukket reservoar.