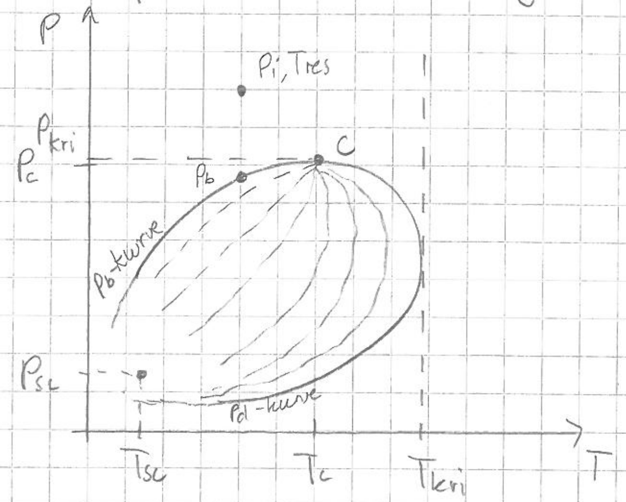
FASIT EKSAMEN
VÅR 2014
PET 120

a) 1. Oljereservoar PT - diagram



2. P_i - initielt reservoartrykk
T_{res} - reservoartemperatur
Duggpunktskurve - gir P_d for de ulike temperaturene
Kokepunktskurve - gir P_b for de ulike temperaturene
P_c, T_c - kritisk trykk og temperatur. Ved P og T nær kritiske verdier er det vanskelig å skille fasene fra hverandre
P_{sc}, T_{sc} - trykk og temperatur ved standardbetingelser
Isovolumlinjer - angir volum% gass og væske for de ulike P og T.
Krikondenterm - T_{kri} - høyeste T hvor en kan ha to faser tilstede samtidig.
Krikondenbar - P_{kri} - høyeste P hvor en kan ha to faser tilstede samtidig.
P_b - kokepunktstrykk, ved gitt T er P_b det trykk hvor den første gassboblen dannes.

b) 1. Fraksjonstrømmen av vann $f_w = \dfrac{q_w}{q_t} = \dfrac{q_w}{q_w + q_o}$

2. Fraksjonsstrømmen av olje $f_o = \dfrac{q_o}{q_t} = \dfrac{q_o}{q_o + q_w}$

3. Sammenhengen : $f_w + f_o = 1$

c) For et horisontalt reservoar, $P_c = 0$,

$$q = -\frac{k}{\mu} A \frac{dP}{dL}$$

Vis at fraksjonsstrømmen av vann for et horisontalt reservoar kan skrives:

$$f_w = \frac{1}{1 + \frac{k_{ro}}{k_{rw}} \frac{\mu_w}{\mu_o}}$$

$$f_w = \frac{q_w}{q_o + q_w}$$

$k_o = k_{ro} \cdot k$
$k_w = k_{rw} \cdot k$

$$q_w = -\frac{k_w}{\mu_w} A \frac{dP}{dL} = -\frac{k_{rw} \cdot k}{\mu_w} A \frac{dP}{dL}$$

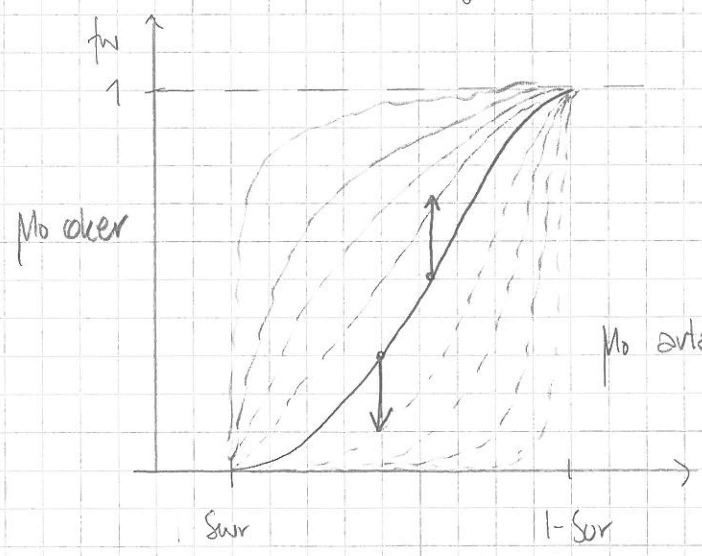
$$q_o = -\frac{k_o}{\mu_o} A \frac{dP}{dL} = -\frac{k_{ro} \cdot k}{\mu_o} A \frac{dP}{dL}$$

$$\underline{\underline{f_w}} = \frac{q_w}{q_o + q_w} = \frac{-\frac{k_{rw} k}{\mu_w} A \frac{dP}{dL}}{-\frac{k_{ro} k}{\mu_o} A \frac{dP}{dL} - \frac{k_{rw} \cdot k}{\mu_w} A \frac{dP}{dL}} = \underline{\underline{\frac{1}{1 + \frac{k_{ro}}{k_{rw}} \frac{\mu_w}{\mu_o}}}}$$

SSV

d) Dersom relative permeabiliteter er gitt

1. Viskositeten til oljen påvirker f_w:



Når μ_o avtar vil f_w iflg. formelen for f_w over avta. Oljen flyter lettere.

Når μ_o øker vil f_w iflg formelen over øke. Oljen flyter dårligere.

(3)

2. Dersam μ_o øker, μ_w er uendret, så vil oljen flyte dårligere og øke sjansen for at vannet fingrer gjennom oljen og fortrengningseffektiviteten blir dårligere.

$$M = \frac{\lambda_w}{\lambda_o} = \frac{k_w/\mu_w}{k_o/\mu_o}$$ M er høyere

3. Dersam μ_o avtar, μ_w er uendret, oljen flyter lettere. Mer stabil fortrengning fordi vannet lettere holder seg bak oljen. Fortrengningseffektiviteten øker.

M er lavere.

M > 1 : Ustabil fortrengning
M < 1 : Stabil fortrengning

e) 1. Hvor mye olje har blitt produsert før t_{BT} etter 1 år?

Olje produsert : $N_p = \frac{q_o \cdot t}{B_o} = \frac{q_w \cdot 365d}{B_o}$

$$\underline{\underline{N_p}} = \frac{2000\,\cancel{m^3}/\cancel{d} \cdot 365\,\cancel{d}}{1.2\,\cancel{m^3}/Sm^3} = \underline{\underline{608\,333\ Sm^3}}$$

2. Ved vanngjennombrudd, t_{BT} :

$\underline{\underline{f_{wf} = 0.8}}$

$\underline{\underline{f_{of}}} = 1 - f_{wf} = 1 - 0.8 = \underline{\underline{0.2}}$

3. Ved vanngjennombrudd, t_{BT} :

$\underline{\underline{S_{wf} = 0.40}}$

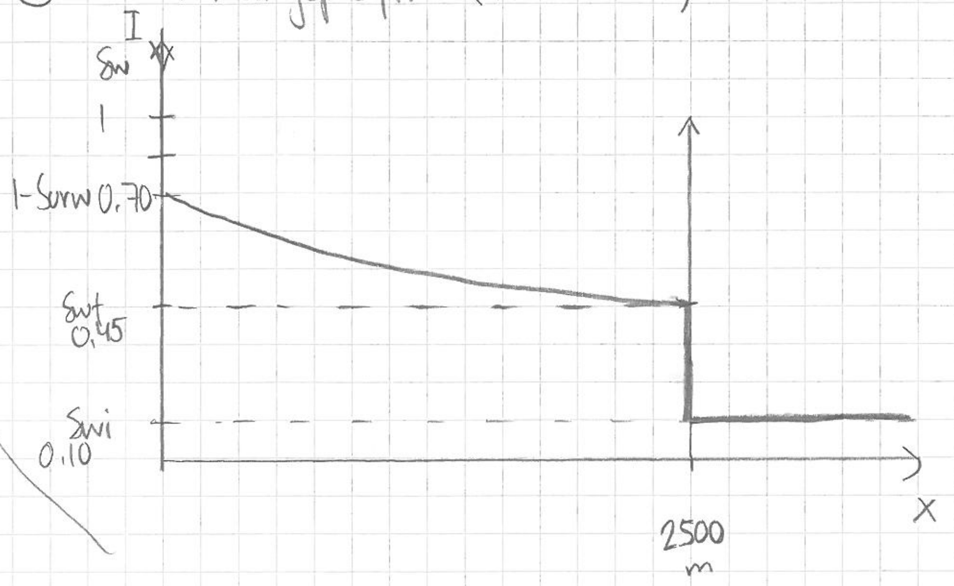
$\underline{\underline{\bar{S}_w = 0.475}}$

④ Vannmetning og oljemetning foran vannfronten: ④

$\underline{\underline{S_w}} = S_{wi} = \underline{\underline{0.10}}$

$\underline{\underline{S_{oi}}} = 1 - S_{wi} = 1 - 0.10 = \underline{\underline{0.90}}$

⑤ Metningsprofil (S_w mot x)



tatt ut

⑤ Tid til vanngjennombrudd?

$$\text{fart} = \frac{\text{lengde}}{\text{tid}}$$

$$t_{BT} = \frac{L}{v_{S_{wf}}} = \frac{L}{\frac{q_t}{\phi A}\left(\frac{df_w}{dS_w}\right)_{S_{wf}}} = \frac{2500\ \cancel{m}}{\frac{2000\,m^3/d}{0.25 \cdot 15000\,m^2} \cdot 2.67} = \underline{\underline{1756\,d}}$$

(4,8 år)

Finner stigningstallet til tangenten i punktet (S_{wf}, f_{wf}) grafisk fra kurven

$$\frac{0.8 - 0}{0.4 - 0.1} = \frac{0.8}{0.3} = 2.67$$

⑥ $$\underline{N_p} = \frac{q_o \cdot t_{BT}}{B_o} = \frac{2000\,m^3/d \cdot 1756\,d}{1.2\,m^3/Sm^3} = \underline{\underline{2\,926\,667\ Sm^3}}$$

eller

$$N_p = \frac{\Phi A L(\bar{S}_w - S_{wi})}{B_o} = \frac{0.25 \cdot 15000\,m^2 \cdot 2500\,m \cdot (0.475 - 0.10)}{B_o}$$

$$\underline{\underline{N_p = 2\,929\,687\ Sm^3}}$$

7) $$IOIP = \frac{\Phi A L(1 - S_{wi})}{B_o} = \frac{0.25 \cdot 15000\,m^2 \cdot 2500\,m\,(1 - 0.10)}{1.2\ m^3/Sm^3}$$

$$\underline{IOIP = 7\,031\,250\ Sm^3}$$

% Produksjon av IOIP = $N_p / IOIP \cdot 100\%$

$$= \frac{2\,929\,687}{7\,031\,250} \cdot 100\% = \underline{\underline{41.7\ \%}}$$

8) WOR = 20

$$WOR = \frac{Q_w}{Q_o} = \frac{\frac{q_w}{B_w}}{\frac{q_o}{B_o}} = \frac{q_w \cdot B_o}{q_o \cdot B_w} = \frac{\cancel{q_t} \cdot f_{wp} \cdot B_o}{\cancel{q_t} \cdot (1 - f_{wp}) \cdot B_w} = \frac{f_{wp} \cdot B_o}{(1 - f_{wp})\,B_w}$$

$$WOR(1 - f_{wp}) = \frac{f_{wp} \cdot B_o}{B_w}$$

$$\frac{1 - f_{wp}}{f_{wp}} = \frac{B_o}{B_w \cdot WOR}$$

$$\frac{1}{f_{wp}} - \frac{f_{wp}}{f_{wp}} = \frac{B_o}{B_w \cdot WOR}$$

$$\frac{1}{f_{wp}} = \frac{B_o + B_w \cdot WOR}{B_w \cdot WOR}$$

$$f_{wp} = \frac{B_w \cdot WOR}{B_o + B_w \cdot WOR} = \frac{1.0\ m^3/Sm^3 \cdot 20}{1.2 + 1.0 \cdot 20} = \underline{0.943}$$

$S_{wp} = 0.52$

$$tid = \frac{lengde}{fart} = \frac{L}{v_{S_{wp}}} = \frac{L}{\frac{q_t}{\Phi A}\left(\frac{df_w}{dS_w}\right)_{S_{wp}}}$$

$$\underline{\underline{t}} = \frac{2500\ m}{\frac{2000\ m^3/d}{0.25 \cdot 15000\ m^2} \cdot \left(\frac{1-0.943}{0.60-0.52}\right)} = \underline{\underline{6579\ d = 18,0\ år}}$$

Stigningstallet finnes fra grafen $\frac{1-0.943}{0.60-0.52} = 0.71$

9. Produsert olje ved WOR = 20

$$N_p = \frac{\Phi A L(\bar{S}_w - S_{wi})}{B_o} = \frac{0.25 \cdot 15000\ m^2 \cdot 2500\ m(0.60 - 0.10)}{1.2\ m^3/Sm^3}$$

$\underline{N_p = 3906250\ Sm^3}$

10. % produksjon av produserbar olje

Produserbar olje : $\frac{\Phi A L(1 - S_{wi} - S_{or})}{B_o}$

$$\frac{0.25 \cdot 15000\ m^2 \cdot 2500\ m(1 - 0.10 - 0.30)}{1.2\ m^3/Sm^3} = 4\ 687\ 500\ Sm^3$$

$$\%\ produsert = \frac{3\ 906\ 250}{4\ 687\ 500} \cdot 100\% = \underline{\underline{83.3\ \%}}$$

11. Etter 30 år, bestem % IOIP utvinning (7)

En vannmetning S_{wp} vil da ha gått lengden L i tiden $t = 30$ år $= 30 \cdot 365 = 10950$ dager. Da kan vi finne hastigheten til S_{wp}-metningen.

$$v_{S_{wp}} = \frac{L}{t}$$

$$\frac{q_t}{\phi A}\left(\frac{df_w}{dS_w}\right)_{S_{wp}} = \frac{L}{t}$$

$$\left(\frac{df_w}{dS_w}\right)_{S_{wp}} = \frac{L}{t} \cdot \frac{\phi A}{q_t} = \frac{2500\,m}{10950\,d} \cdot \frac{0.25 \cdot 15000\,m^2}{2000\,m^3/d} = 0.428$$

Finner stigningstallet til linjen i S_{wp}, f_{wp} $\frac{0.428}{10} = 0.043$ per $0.1\ S_w$

Tegner en linje med dette stigningstallet og forskyver til tangering

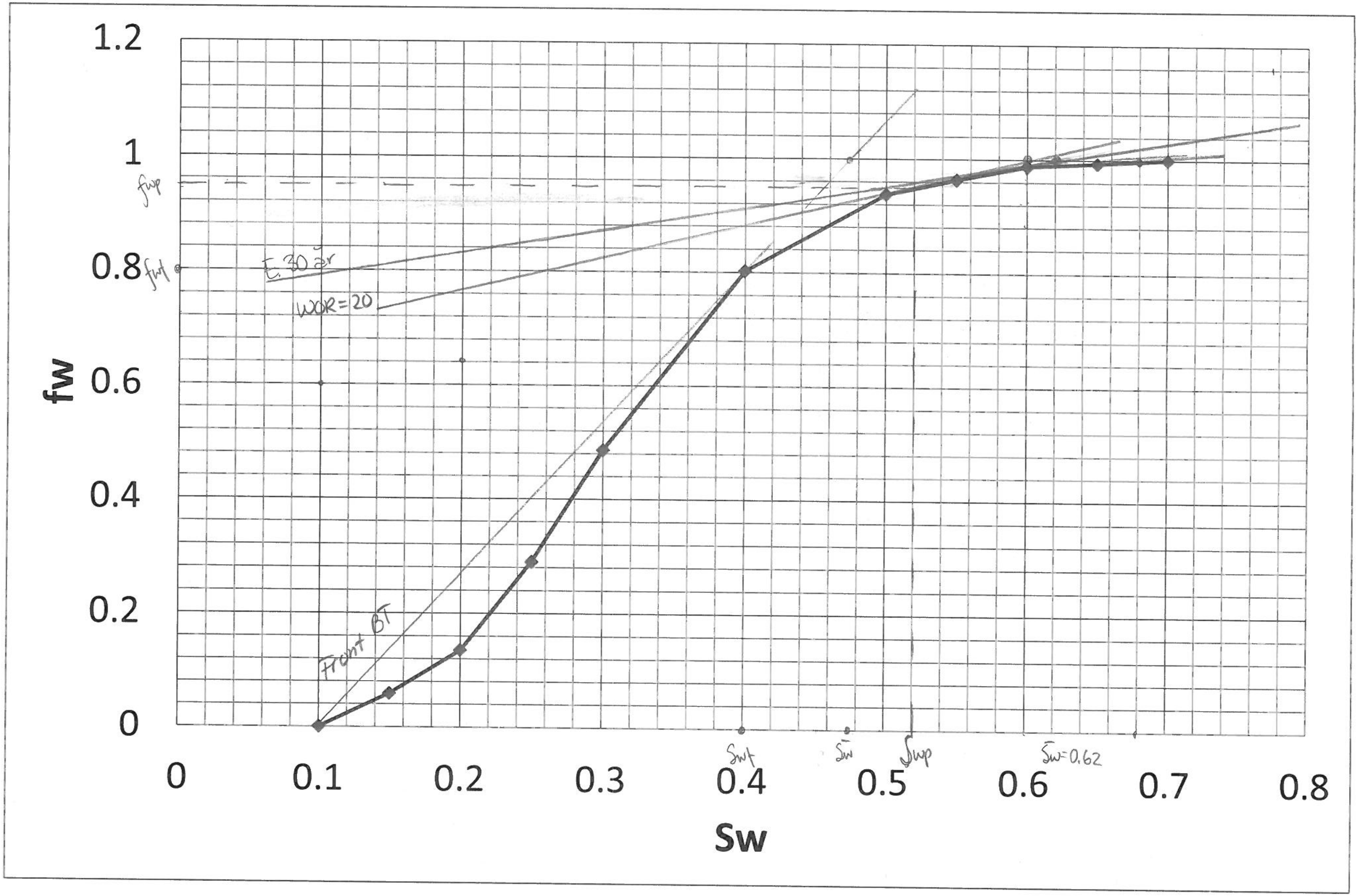
$f_{wp} = 0.985$

$S_{wp} = 0.60$

$\bar{S}_w = 0.62$

$$\frac{N_p}{IOIP} \cdot 100\% = \frac{\phi AL(\bar{S}_w - S_{wi})/B_o}{\phi AL(1 - S_{wi})/B_o} \cdot 100\% = \frac{0.62 - 0.1}{1 - 0.10} \cdot 100\%$$

$$= \underline{\underline{57{,}8\ \%\ IOIP}}$$



1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
fw
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
Sw
fwp
fwt
E. 30 ar
WOR=20
Front BT
Swt
Sw
Swp
Sw=0.62

Besvarelse oppgave 2

a) $k = 1D$ når $u = 1\,\text{cm/s}$ $\mu = 1\,\text{cP}$ $dp/dx = 1\,\text{atm/cm}$

$10^{-2}\dfrac{\text{m}}{\text{s}} = \dfrac{k}{10^{-3}\,\text{Pa}\cdot\text{s}} \cdot \dfrac{101328\,\text{Pa}}{\text{m}}$ gir $k = 0{,}987\,(\mu\text{m})^2$ da 1 atm/cm = 101328 Pa/m

1D: omtrent dimensjonen på en pore

b) Stasjonær væskestrøm: $\partial p / \partial t = 0$ for alle r og t. $p = p_e =$ konstant for $r = r_e$

$$q = \frac{k \cdot A}{\mu} \cdot \frac{dp}{dr} \text{ hvor } A = 2\pi r h$$

$$\int_{p_{wf}}^{p} dp = \frac{(Q_o \cdot B_o) \cdot \mu_o^R}{2\pi k h} \int_{r_w}^{r} \frac{dr}{r} \text{ som gir } p_{wf} = p(r) - \frac{(Q_o B_o) \cdot \mu_o^R}{2\pi h k} \ln\left(\frac{r}{r_w}\right)$$

c) Informasjoner: *k, S, V_p* samt informasjon om geometrisk form (som vi ikke rakk å gjennomgå)
Transient periode: perioden før trykkbølgen når reservoarets yttergrense; reservoaret føles da uendelig i utstrekning (IA: infinite acting)
Antagelser: i) sylinderformet reservoar med brønn i sentrum ii) konstant rate iii) en fase iv)homogent/isotropt reservoar v)neglisjerbart gravitasjonsledd vi) perforert gjennom hele reservoaret vii) ln-tilnærmelse

$$m = 2{,}1206\frac{(Q_o \cdot B_o) \cdot \mu_o^R}{kh} = 410\,\text{kPa/dekade som gir } k = 0{,}242\,(\mu\text{m})^2$$

d) Ved å sette inn for p_{wf}(1 time) og løse mhp *S* fås

$$S = 1{,}1513\left[\frac{p_i - p_{wf}(1\,\text{time})}{\text{m}} - \log\frac{k}{\varphi \cdot \mu_o^R \cdot c \cdot r_w^2} + 2{,}092\right]$$

Innsatt: *S* = 4,12

$$\Delta P_{skin} = \alpha \cdot S \cdot \frac{(Q_o \cdot B_o) \cdot \mu_o^R}{2\pi h k}$$ der α = 11,57 for SI-enheter (som studenten må beregne)

$$\Delta P_{skin} = 1468\,\text{kPa}$$

e) Siden reservoaret er umettet er *m* = 0 og siden vi bare har en fase som strømmer har vi ingen vannproduksjon. Da er

$$N_P B_o = N \cdot B_{oi}\left[\frac{B_o - B_{oi}}{B_{oi}} + \frac{c_w \cdot S_{wc} + c_f}{1 - S_{wc}} \cdot \Delta p\right]$$

$$c_o = -\frac{1}{V_o}\left(\frac{\partial V_0}{\partial p}\right)_T = -\frac{V_o^S}{V_o^R} \cdot \left(\frac{\partial B_o}{\partial p}\right)_T = -\frac{1}{B_o}\left(\frac{\partial B_o}{\partial p}\right)_T$$

Herav $c_o \cdot \Delta p = \dfrac{B_o - B_{oi}}{B_{oi}}$ da c_o = konstant over Δp og $c_o \cdot \Delta p << 1$

Da fås ligningene (6) og (7) i oppgaven

N_P: kumulativ oljeproduksjon (Sm^3) *N*: Opprinelig olje til stede (Sm^3) $B_o = \dfrac{V_o^R}{V_o^S} \dfrac{(\text{Rm}^3)}{(\text{Sm}^3)}$

f) Halvstasjonær periode: $\dfrac{dp}{dt} = \text{konstant for alle } r \text{ og } t$

I denne perioden gjelder at

$$(Q_o \cdot B_o)dt = N \cdot B_{oi} \cdot c_e d\overline{p} = V_P \cdot (1 - S_{wc}) \cdot c_e d\overline{p}$$

$$\frac{d\overline{p}}{dt} = -\frac{(Q_o \cdot B_o)}{V_P \cdot c} \text{ der } c = c_o \cdot S_o + c_w \cdot S_w + c_f$$

V_p = 1,51 x 10^5 m^3

Dreneringsareal: V_b/h =($V_P/\varphi \cdot h$)=1,37 x 10^5 m^2

Radius: 209 m

g) $$S_o = \frac{V_o}{V_P} = \frac{(N - N_P) \cdot B_o}{(N \cdot B_{oi})/(1 - S_{wc})} = \frac{(N - N_P) \cdot B_o \cdot (1 - S_{wc})}{N \cdot B_{oi}}$$

$$S_g = 1 - S_o - S_{wc}$$