

Oppgave 1

a) Se forelesningene.

b)

$$\begin{aligned}\frac{dp}{dr} &= \frac{\mu}{k}u \\ \rho \frac{dp}{dr} &= \frac{\mu}{k}\rho u; \quad u = \frac{q}{2\pi rh}, \quad \rho q = \rho_{\text{std}}Q; \quad Q : \text{rate ved std forh.} \\ \frac{M}{ZRT}p \frac{dp}{dr} &= \frac{\mu}{k} \frac{1}{2\pi rh} (\rho_{\text{std}}Q)\end{aligned}$$

Integrert :

$$\begin{aligned}\frac{M}{2ZRT}(p^2(r) - p_w^2) &= \frac{\mu}{k} \frac{1}{2\pi h} \rho_{\text{std}}Q \ln\left(\frac{r}{r_w}\right) \\ \rho_{\text{std}} &= \frac{Mp_{\text{std}}}{RT_{\text{std}}}, \quad Z_{\text{std}} = 1.0 \\ p^2(r) - p_w^2 &= \frac{ZTp_{\text{std}}}{T_{\text{std}}} \frac{\mu}{\pi kh} \ln\left(\frac{r}{r_w}\right)Q.\end{aligned}$$

c) Vi skriver $(p_e^2 - p_w^2) = (p_e^2 - p^2(r_s)) + (p^2(r_s) - p_w^2)$ og bruker formelen fra uttrykket ovenfor på de to delene og får

$$\begin{aligned}p_e^2 - p_w^2 &= \frac{ZTp_{\text{std}}}{T_{\text{std}}} \frac{\mu}{\pi h} Q \left[\frac{\ln(r_e/r_s)}{k} + \frac{\ln(r_s/r_w)}{k_s} \right] \\ &= \frac{ZTp_{\text{std}}}{T_{\text{std}}} \frac{\mu}{\pi h} Q \left[\frac{\ln r_e}{k} - \frac{\ln r_s}{k} + \frac{\ln r_s}{k_s} - \frac{\ln r_w}{k_s} + \frac{\ln r_w}{k} - \frac{\ln r_w}{k} \right] \\ &= \frac{ZTp_{\text{std}}}{T_{\text{std}}} \frac{\mu}{\pi h} Q \left[\frac{\ln r_e - \ln r_w}{k} + \frac{\ln r_s}{k_s} - \frac{r_w}{k_s} + \frac{\ln r_w}{k} - \frac{\ln r_s}{k} \right] \\ &= \frac{ZTp_{\text{std}}}{T_{\text{std}}} \frac{\mu}{\pi h} Q \left[\frac{\ln(r_e/r_w)}{k} + \frac{\ln(r_s/r_w)}{k_s} - \frac{\ln(r_s/r_w)}{k} \right] \\ &= \frac{ZTp_{\text{std}}}{T_{\text{std}}} \frac{\mu}{\pi h} Q \frac{1}{k} \left[\ln(r_e/r_w) + \ln(r_s/r_w)(k/k_s - 1) \right] \\ &= \frac{ZTp_{\text{std}}}{T_{\text{std}}} \frac{\mu}{\pi h} Q \frac{1}{k} \left[\ln(r_e/r_w) + \frac{k - k_s}{k_s} \ln(r_s/r_w) \right],\end{aligned}$$

som skulle vises.

d)

$$(p_e^2 - p_w^2) \left[\text{bar}^2 \cdot \left(\frac{\text{atm}}{\text{bar}} \right)^2 \frac{1}{1.01325^2} \right] =$$

$$\frac{ZT\mu \cdot 1}{288} \frac{1}{\pi k \left[\frac{\text{D}}{\text{md}} 0.001 \right] h \left[\frac{\text{cm}}{\text{m}} 100 \right]} \times \left[\ln \left(\frac{r_e}{r_w} \right) + S \right] Q \frac{\text{m}^3 \left[\frac{\text{cm}^3}{\text{m}^3} 10^6 \right]}{\text{d} \left[\frac{\text{s}}{\text{d}} 60 \cdot 60 \cdot 24 \right]},$$

som utregnet gir

$$p_e^2 - p_w^2 = 0.131 \frac{\mu ZT}{kh} \left[\ln \frac{r_e}{r_w} + S \right] Q.$$

Oppgave 2

a) Ekspansjonen av fluider og bergart fra initielt trykk p_i og ned til lavere trykk p settes lik sum av produserte og injiserte volum omgjort til trykk p .

b)

$$F = N_p [B_t + B_g(R_p - R_{si})] - W_i B_w,$$

$$E_o = B_t - B_{oi},$$

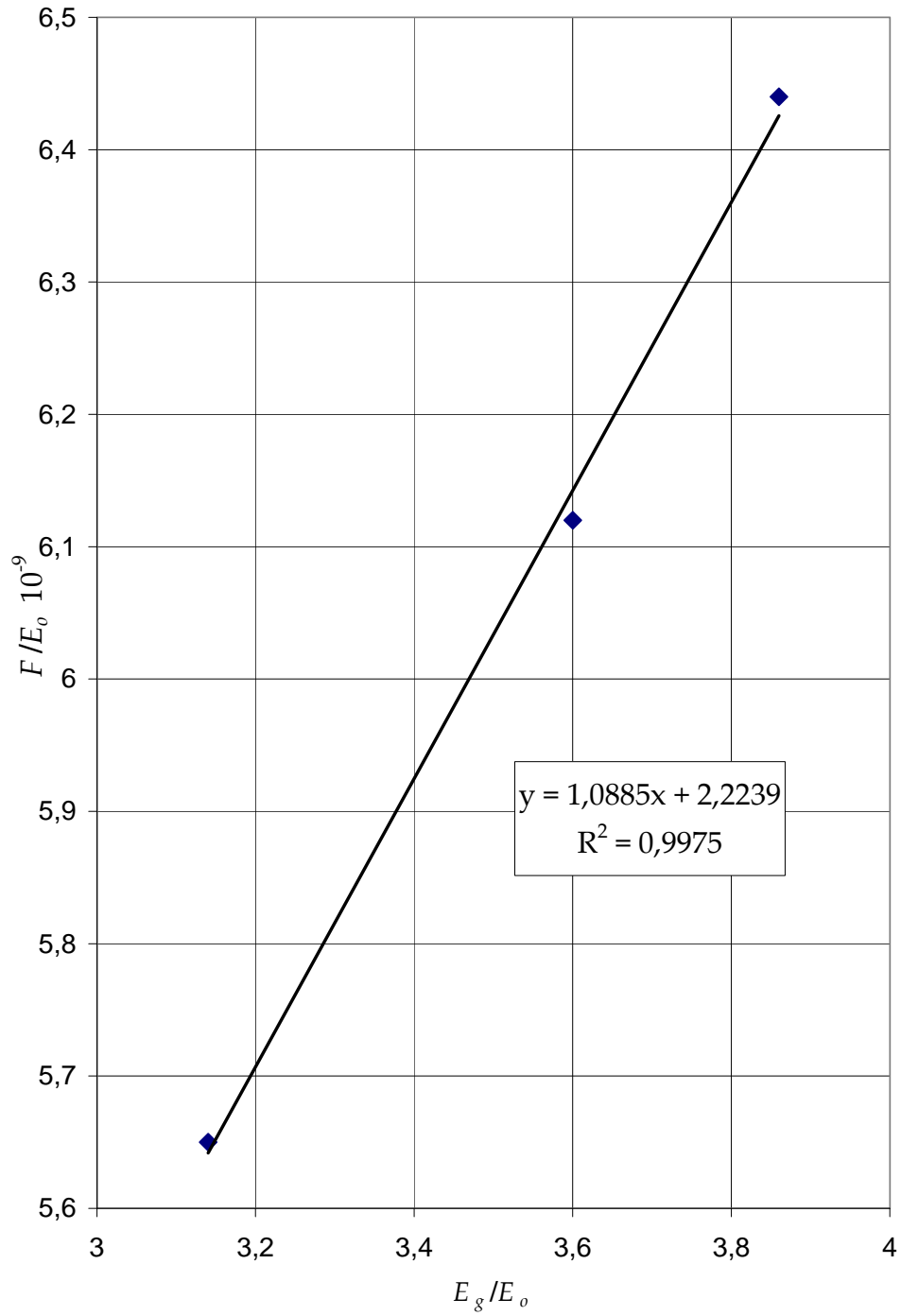
$$E_g = B_{oi}/B_{gi}(B_g - B_{gi}) = B_{oi} \left(\frac{B_g}{B_{gi}} - 1 \right).$$

$$F = N(E_o + mE_g),$$

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

Plottes altså F/E_o mot E_g/E_o så fås en rett linje, dersom finnes først N fra akseavskjæringen og så Nm og m fra helningsvinkelen.

Settes inn PVT- og produksjonsdata i ligningen så får en følgende tabell, Tabellen er plottet i Figur 1. Vi ser at $N = 2.2 \cdot 10^9$ stb, at $Nm = 1.1 \cdot 10^9$, slik at $m = 0.5$.



Figur 1: Plott av materialbalanseligningen

Trykk	F/E_o	E_g/E_o
1600	$6.44 \cdot 10^9$	3.86
1300	$5.65 \cdot 10^9$	3.14
1000	$6.12 \cdot 10^9$	3.60.

Tabell 1: Data til materialbalanseplott