

DATO: 18. SEPTEMBER 1997

EKSAMEN I: TE 195 Reservoarteknikk 1

VARIGHET: kl 09.00 – 14.00

TILLATTE HJELPEMIDLER: Kalkulator

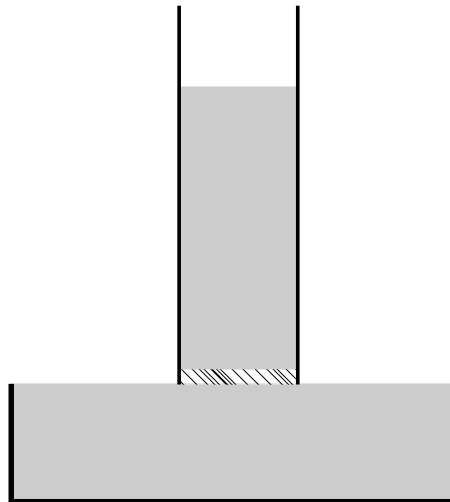
OPPGAVESETTET BESTÅR AV: 5 sider

MERKNADER: Ingen

---

## Oppgave 1

Figur 1 viser et kar fylt til randen med vann. Et vertikalt, gjennomsiktig rør med tverrsnitt  $A$  stikker såvidt ned i vannet. I den nedre enden av røret er det en høyde  $h_s$  med sand som blir holdt på plass av en rist. Karet og røret er åpne til atmosfæren. Vann helles med konstant rate  $q$  oppi røret. Vannet renner gjennom sanden og over kanten på karet. Ved stasjonær strøm står vannet i røret opp til høyden  $h_v$ .



Figur 1: Kar fylt med vann, rør med sand til høyde  $h_s$  og vann til høyde  $h_v$ .

- Bruk Darcy's lov til å finne et uttrykk for vannraten  $q$  som funksjon av den høyden  $h_v$  som vannet står opp i røret.
- Vannet skrus nå av og en observerer at vann-luft nivået i røret bruker 400 sekunder på å falle fra 100 cm til 80 cm. Hva er permeabiliteten til sanden dersom  $h_s = 5$  cm?

c) Røret fylles til topps med sand og mettes med vann. Vanntilførselen stenges. Hvor lang tid vil det nå ta for luft-vann nivået i røret å falle fra 100 cm til 80 cm? Angi hvilke antagelser som eventuelt blir gjort i beregningen.

d) Skisser vannmetningen i sanden som funksjon av høyden over vannet i karet etter at vannet har sluttet å renne. Poengter karakteristiske trekk i metningsprofilen. Hvordan vil profilen endres dersom nå hele røret sakte senkes ned i vannet?

e) Forklar hvordan en med kjennskap til kapillartrykkskurven kan beregne vannmetningen som funksjon av høyden i et oljereservoar. Redegjør spesielt for hvordan en i praksis skal kunne fastsette det frie vannivå for: (i) primær drenering og (ii) imbibering som følge av vanninnfluks fra bunnen av reservoaret.

### Oppgitt:

Data: Tetthet av vann,  $1 \text{ g cm}^{-3}$   
Viskositet til vann, 1 cp  
Tyngdens akselerasjon,  $980 \text{ cm s}^{-2}$

Enheter: 1 atm tilsvarer  $1.01325 \cdot 10^6 \text{ dyn cm}^{-2}$   
1 dyn tilsvarer  $1 \text{ g cm s}^{-2}$   
1 cp tilsvarer  $10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$   
1 md tilsvarer  $9.869 \cdot 10^{-16} \text{ m}^2$

## Oppgave 2

Dataene i tabell 1 er hentet fra en RFT-test ("Repeat Formation Tester") av en ukomplettert brønn. Dybden er referert til rotasjonsbordet som er 610 m over midlere havnivå.

Dybde (m)	Trykk (MPa)
2475	20.074
2500	20.133
2525	20.182
2550	20.339
2575	20.535
2600	20.721
2625	20.947
2650	21.202
2675	21.467

Tabell 1: RFT-data fra ukomplettert brønn

a) Bestem tetthetene til de fluidene som er tilstede i formasjonen.

- b) Bestem dybden til gass-olje og olje-vann kontaktene og dermed tykkelsen av oljesonen.
- c) Avgjør om vannsonen har normalt (geo-hydrostatisk) trykk.
- d) Følgende data er kjent for dette reservoaret fra en PVT-analyse: Volumfaktoren  $B_o$  for olje, tetthetene  $\rho_{os}$  og  $\rho_{gs}$  for olje og gass ved overflaten og oppløst gass-olje forhold  $R_{so}$ . Hvordan kan en da kontrollere den oljetettheten som er funnet under spm. a)?

### Oppgave 3

Leverett's J-funksjon er definert ved

$$J(S) = \frac{P_c(S)}{\sigma \cos \theta} \sqrt{\frac{k}{\phi}}, \quad \dots \dots \dots (1)$$

hvor  $S$  er metning og  $P_c$  er kapillartrykk. Parametrene som inngår er:  $\sigma$  overflatespenning,  $\theta$  kontaktvinkel,  $k$  permeabilitet,  $\phi$  porøsitet. Enhetene velges innen samme målesystem, f.eks. SI-systemet og  $J$  er dimensjonsløs.

J-funksjonen er å oppfatte som en dimensjonsløs kapillartrykkskurve som gjelder for en hel sedimentologisk enhet selv om parametrene varierer innen denne.

For et reservoar som kan betraktes som en sedimentologisk enhet ble det laget en J-funksjon som vist i tabell 2 ved å midle data fra mange kjerneprøver. Reservoaret har

$S$	$J(S)$
1.000	0.00
0.950	0.22
0.900	0.31
0.750	0.55
0.600	1.02
0.450	1.66
0.300	2.84
0.250	3.80
0.235	4.23
0.235	5.29

Tabell 2: J-funksjonen for et reservoar

ellers midlere egenskaper som vist i tabell 3. Se ellers under oppg. 1 for enheter.

- a) Beregn høyden av den kapillare overgangssonen mellom vann og olje og mellom olje og gass.

midlere porøsitet	$\phi$	=	0.20
midlere permeabilitet	$\bar{k}$	=	200 md
overflatespenning vann-olje	$\sigma_{wo}$	=	30 dyn/cm
kontaktvinkel vann-olje	$\theta_{wo}$	=	35°
overflatespenning gass-olje	$\sigma_{go}$	=	5 dyn/cm
kontaktvinkel gass-olje	$\theta_{wo}$	=	10°
tetthet av olje	$\rho_o$	=	850 kg/m <sup>3</sup>
tetthet av gass	$\rho_g$	=	120 kg/m <sup>3</sup>
tetthet av vann	$\rho_w$	=	1050 kg/m <sup>3</sup>

Tabell 3: Andre midlere egenskaper til reservoaret

## Oppgave 4

I denne oppgaven betrakter vi et umettet oljereservoar.

a) Utled materialbalanseligningen

$$N_p B_o = N(B_o - B_{oi} + E_{f,w}), \quad \dots \dots \dots (2)$$

hvor

$$E_{f,w} = B_{oi} \left( \frac{c_w S_w + c_f}{1 - S_w} \right) \Delta \bar{P},$$

og  $\bar{P}$  er midlere reservoartrykk.

b) Vi ser nå på en brønn i senter av reservoaret som kan betraktes som sylindrisk. Den klassiske linjekildeløsningen for tolking av trykktester er

$$P_D = \frac{1}{2} \ln \left( \frac{4t_D}{\gamma} \right),$$

med

$$P_D = \frac{2\pi kh}{q\mu} (P_i - P_{wf}),$$

$$t_D = \frac{kt}{\phi \mu c_t r_w^2}.$$

Disse uttrykkene er i SI-enheter og  $\gamma = 1.781$ . For halvstasjonær tilstand gjelder følgende form av Darcy's lov for dette problemet,

$$\bar{P} - P_{wf} = \frac{q\mu}{4\pi kh} \ln \left( \frac{4A}{\gamma C_A r_w^2} \right),$$

hvor  $A$  er dreneringsarealet og Dietz' formfaktor er  $C_A = 31.6$ . Uttrykk  $\bar{P}$  ved  $P_i$  og vis at overgangen fra transient til halvstasjonær periode skjer ved  $t_{DA} = t_D r_w^2 / A \approx 0.1$  og forklar hvordan testen må planlegges for å gi informasjon om porevolumet. Forklar også hvordan et slikt anslag kan kontrolleres ved hjelp av ligning 2.