

DATO: 24. NOVEMBER 2001

EKSAMEN I: TE 6192 Reservoarsimulering, innføring

VARIGHET: kl 09.00 – 14.00

TILLATTE HJELPEMIDLER: Kalkulator

OPPGAVESETTET BESTÅR AV: 3 sider

MERKNADER: Alle delspørsmål gis lik vekt

Oppgave 1

a) Utled kontinuitetsligningen

$$\frac{\partial}{\partial x}(\rho_o u_o) = -\frac{\partial}{\partial t}(\phi \rho_o) \quad \dots \dots \dots (1)$$

for strøm av olje gjennom et porøst medium i en dimensjon ved å bruke massebevarelse på et volumelement $\Delta V = A\Delta x$. Her er ρ_o tetthet, u_o Darcyhastighet, ϕ porøsitet og A tverrsnitt.

b) Vis at tettheten ρ_o av umettet olje ved reservoarforhold er gitt ved

$$\rho_o = b_o(\rho_o^s + \rho_g^s R_{so}), \quad \dots \dots \dots (2)$$

hvor ρ_o^s og ρ_g^s er de konstante tetthetene av olje og gass ved overflateforhold, R_{so} oppløst gass-olje forhold og b_o invers volumfaktor, alle størrelser i et konsistent sett av enheter.

c) Et kildeledd i form av en volumrate q_o^s med benevning overflatevolum olje per tidsenhet kan introduseres ved å bruke den diskretiserte form av ligning 1. Vis at ligningen da blir

$$\frac{\Delta_x \left(\frac{k_x b_o}{\mu_o} \frac{\partial p_o}{\partial x} \right)}{\Delta x} + \frac{q_o^s}{\Delta V} = \frac{\Delta_t(\phi b_o)}{\Delta t}, \quad \dots \dots \dots (3)$$

hvor Δ_x er differanseoperator i avstand og Δ_t i tid.

d) Ligning 3 uttrykker nå bevarelse av overflatevolum olje i stedet for masse. Forklar hvorfor det er greitt.

e) Skriv ned, uten utledning, hvordan ligning 3 blir for strøm av olje i tre dimensjoner.

f) Gi et begrunnet svar på om ligning 3 er tilstrekkelig til å simulere strøm inn mot en brønn dersom oljetrykket passerer gjennom kokepunktstrykket når oljen strømmer inn mot brønnen.

Oppgave 2

Gitt et lineært ligningssett med konstante koeffisienter a_i, c_i, d_i på formen

$$a_i x_{i-1} + x_i + c_i x_{i+1} = d_i, \quad \dots \dots \dots (4)$$

hvor i løper fra 1 til N og $a_1 = 0, c_N = 0$.

- a) Skisser en Fortran subrutine som løser ligningssettet ved eliminasjon.
- b) Skisser en Fortran subrutine som løser ligningssettet med den iterative metoden SOR, Suksessive OverRelaksasjoner.

Oppgave 3

a) Lag en grov skisse av strukturen til et dataprogram i Fortran som skal simulere strøm av en fase i en dimensjon. Skissen skal gi rekkefølgen av og mulige forgreninger mellom følgende kodeelementer, her angitt i vilkårlig rekkefølge:

- tidsstegsløyfe
- materialbalanse
- innlesing og utskrift av inngangsdata
- oppdatering av “gamle” størrelser
- initiell trykklikevekt
- deklarerer av variable

- kall til løsningsrutine av lineært ligningssett
- kall til subrutine som setter opp koeffisientmatrisen
- kall til subrutine som gir fluidegenskaper
- sløyfe for iterasjoner på ulinære ledd
- åpning og lukking av filer

b) Vis hvor du i programstrukturen under spørsmål a) vil sette inn følgende kodeelementer:

- omforming av k og ϕ for radielt system
- sjekk av maksimal trykkendring over tidssteget
- logikk for rateendring
- beregning av brønntrykk for radielt system
- beregning av gravitasjonsledd for hellende reservoar
- generering av intern tabell for fluidegenskaper

c) Forklar hvordan en i Fortran 90 kan få til variabel dimensjonering av matriser ved hjelp av inngangsdata. Forklar også hvilke to måter som brukes til å utveksle verdier av variable mellom hovedprogram og subrutiner.

d) Dersom fluidegenskapene foreligger tabulert som funksjoner av trykk, så er det vanlig å omforme til en intern, ekvidistant tabell i trykk. Hvorfor gjøres dette?