

# Øving 6 – 2022

## Oppgave 1: Separasjon; design / analyse

En separator for olje og gass er under konstruksjon, og følgende spesifikasjoner er oppgitt (alle egenskaper er ved separatorbetingelser):

Orientering:	Horisontal	
Liquid flow:	12 000 m <sup>3</sup> /d	
$\gamma_L$ :	0.6508	
GOR:	183 Sm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
$\gamma_g$ :	0.628	
$z_g$ :	0.90	
Væsknivå:	1/2 full	(Designverdi)
T:	34°C	
p:	50 bar	(Absolutt-trykk)

a) Dimensjoner separatoren mhp. indre diameter. Sjekk både væske- og gasskapasitet under forutsetning av at  $L/D = 5$ .

b) (**Mer detaljerte analyse mhp dråpeutfellingskriteriet**): En konkurrerende leverandør har foreslått en separator med dimensjonene  $D = 2.4$  m,  $L = 12.2$  m, også denne horisontal med designverdi for væsknivå på 1/2-full.

- I: Hva blir gjennomsnittlig fasehastighet for gassen i horisontal retning for denne separatoren ?
- II: Hva blir liquid retention time ?
- III: Hvor store dråper vil teoretisk kunne nå utløpet, dersom dragkoeffisienten  $C_D = 1$  ?

## Oppgave 2: Separasjon; flash-beregning

a) Last ned regnearket LP-flash.xls som følger med læreboka [1], fra forlagets nettside:

(<https://www.elsevier.com/books-and-journals/book-companion/9780128093740>)

Dataene fra **Example Problem 10.1** er satt inn som default. Prøv ut regnearket, og sjekk at resultatene stemmer. I tillegg vil regnearket vise de teoretiske fasesammensetningene for oljen og gassen som kommer ut av separatoren ( $x_i$  og  $y_i$ ).

Merk følgende:

- De fleste programvareapplikasjoner inneholder små feil (bugs), så også noen av disse regnearkene. I dette aktuelle arket er en av parametrene i en av formlene feil i forhold til originalreferansen [2].
- Mange av regnearkene inneholder makroer, dvs. en automatisert kjede av operasjoner som kan kjøres ved å trykke på en knapp. I praksis er dette innebygde programsekvenser. Når regnearket åpnes for første gang etter nedlasting vil det komme spørsmål om man vil tillate at dette aktiveres ("Enable editing", "Enable content", etc.), og muligens noen warnings. Her må man bare svare "yes" og "OK" på alt.

## ENP100: Prosess og produksjon, Høst 2022

- Regnearkene er i det gamle ".xls"- formatet. Det er mulig at noen systemer krever at man konvertere filene til ".xlsx", eller ".xlsm"; det siste står for "macro enabled spread sheet" etter nedlasting.

b) Flashberegning på separasjon av "Reservoir oil" (dette er den samme sammensetningen som fasekonvoluttene i tilhørende Powerpoint er beregnet fra):

Reservoir oil:		
Comp	Mw	Mole %
N2	28	0.30
CO2	44	1.99
C1	16	57.09
C2	30	4.43
C3	44	3.06
iC4	58	0.55
nC4	58	1.37
iC5	72	0.52
nC5	72	0.75
nC6	86	1.05
C7+	270	28.89
$T$	34 °C	
$p$	50 bar	

- Husk å konvertere trykket til psi, temperaturen til °F, og prosent til fraksjon.
- **NB:** Ignorer "Gas z-factor" (input-verdi i Excel-arket). Denne påvirker ikke flashberegningen, men trengs for å beregne gasstetthet- og volum, samt GOR. z-faktoren er selv en funksjon av gass-sammensetningen. For å finne denne må man først utføre flashberegning med `LP-flash.xls`, så kan man ta verdien for "Specific gravity of gas phase" og beregne z-faktoren vha f.eks. `Hall-Yarborough-Z.xls` (men det er altså ikke tema i denne oppgaven).

c) (**Ekstra utfordring for de som liker programmering:**) Det går an å programmere Excel på egenhånd til å utføre en flashberegning, uten bruk av macroer. Oppskriften er grovt sett slik:

- Legg inn sammensetningen (molfraksjonene,  $z_i$ ) i en kolonne; lag så en kolonne med  $K$ -verdiene ( $k_i$ ), og til slutt en kolonne med leddene i ligning (10.19) fra læreboka. I den siste kolonnen er parameteren  $n_V$  felles for alle ledd, og man bare velger den til en vilkårlig verdi mellom 0 og 1. Legg så summen av alle disse leddene i en celle. (Dette er helt likt det ferdige regnearket, se cellerad 51 - 66)
- Gå så inn på "Data - What-if Analysis - Goal Seek..." og sett cellen med summen i til value = 0 ved å endre cellen med  $n_V$  i.

Her kan man bruke Standing sine formler for  $k_i$  (ligning (10.4) - (10.8) i læreboka), men denne metoden benytter seg av spesialparametre, og er begrenset til en håndfull komponenter listet i originalreferansen [2].

Et enkere alternativ er å beregne  $K$ -verdier fra Wilson's korrelasjon:

$$K_i = \frac{p_{ci}}{p} \exp \left( 5.37 \cdot (1 + \omega_i) \cdot \left( 1 - \frac{T_{ci}}{T} \right) \right)$$

Denne benytter kun renkomponentdata man kan finne i standard oppslagsverk; noen av de vanligste er gjengitt i Tabell 1:

## ENP100: Prosess og produksjon, Høst 2022

Comp.	$T_c$ [K]	$p_c$ [bar]	$\omega$ [-]	Comp.	$T_c$ [K]	$p_c$ [bar]	$\omega$ [-]
Nitrogen	126.2	33.9	0.039	iso-Pentane	460.4	33.9	0.227
CO2	304.1	73.8	0.239	n-Pentane	469.7	33.7	0.251
H2S	373.2	89.4	0.081	n-C6	507.5	30.1	0.299
Oxygen	154.6	50.4	0.025	n-C7	540.3	27.4	0.349
Methane	190.4	46.0	0.011	n-C8	568.8	24.9	0.398
ethane	305.4	48.8	0.099	n-C9	594.6	22.9	0.445
Propane	369.8	42.5	0.153	n-C10	617.7	21.2	0.489
iso-Butane	408.2	36.5	0.183	Methanol	512.6	80.9	0.556
n-Butane	425.2	38.0	0.199	Toluene	591.8	41.0	0.263

Tabell 1: Renkomponentdata for noen utvalgte komponenter som finnes i råolje- og gass

## Referanser

- [1] Guo, B., Liu, X., Tan, X.: *Petroleum Production Engineering*, 2nd Ed., Gulf Professional Publishing, 2017, ISBN 978-0-12-809374-0
- [2] Standing, M.B.: *A Set of Equations for Computing Equilibrium Ratios of a Crude Oil/Natural Gas System at Pressures Below 1000 psia* Trans. AIME, Vol. 31, pp 1193 - 1195