

TKP4120
Prosjektoppgave
Metanolsyntesen
Vår 2022

Om prosjektoppgaven

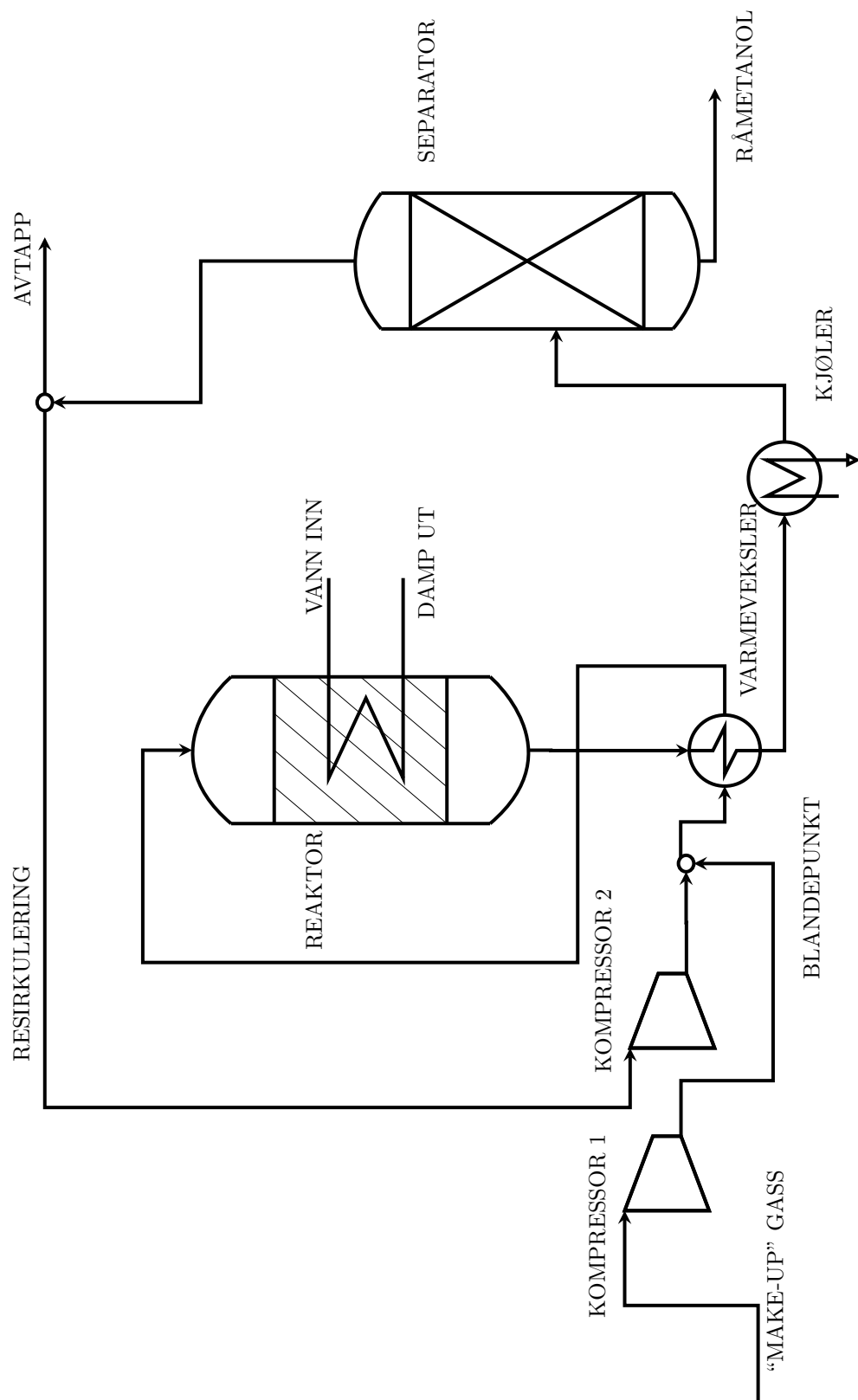
Beregninger utføres for selve synteseloopen der metanol lages (se figur 1). Det skal regnes på en forenklet metanolsyntese. Prosjektoppgaven er delt inn i fire deler:

1. Del 1 omhandler kjemien og prosessen bak metanolsyntesen.
2. Del 2 omhandler massebalanser. Her skal hele prosessen simuleres ved hjelp av `Python`.
3. Del 3 omhandler energibalanser.
4. Del 4 er rapportskriving; arbeidet som er utført skal presenteres i en rapport.

Rapporten er resultatet av oppgaven og skal vise hvordan dere tenker. Om det er behov for antagelser skal det nevnes hvilke antagelser som blir gjort og disse skal testes i ettertid.

Innhold

1	Del 1: Kjemien bak metanolsyntesen	3
2	Del 2: Simulering av metanolprosessen: molbalanser	4
3	Del 3: Energibalanser	4
4	Del 4: Rapport	5
A	Data og vedlegg	6
A.1	Strømdata	6
A.2	Metanolmodulus	6
B	Prosedyre for utledning av balanseligninger	8
B.1	Symboler og forkortelser	11
C	Rapportveiledning	12
C.1	Rapportens struktur	12
C.2	Noen rapporttekniske detaljer	13



Figur 1: Forenklet prosessflytskjema for selve synteseloopen av metanolsyntesen.

1 Del 1: Kjemien bak metanolsyntesen

I denne oppgaven skal kjemien og prosessen bak metanolsyntesen undersøkes.

- 1.1 Beskriv kort prosessen fra naturgassen kommer fra feltet, blir omdannet til syntesegass, og går inn i metanol-loopen. Nevn bruksområder for metanol.
- 1.2 Hva er forskjellen mellom hoved- og bireaksjoner? Hvilke hovedreaksjoner finner sted? Nevn også noen bireaksjoner som kan føre til dannelsen av etanol, dimetyleter og metylformat.
Vi ser bort i fra bireaksjonene i resten av prosjektet.
- 1.3 Hvor mange uavhengige reaksjoner er det? Husk å vise fremgangsmåte for å finne antall uavhengige reaksjoner. *Se seksjon 3.7 i læreboka, side 81-83.*
- 1.4 Hvilken type katalysator benyttes?
- 1.5 Hva bestemmer valg av trykk og temperatur i reaktor for prosessen?
- 1.6 Ta utgangspunkt de to hovedreaksjonene. Skriv en funksjon `ReactionData()` som tar inn en skalar; temperatur T i Kelvin, og returnerer følgende pakket inn i `endict`:

- $\Delta_{r1}H(T), \Delta_{r2}H(T)$
- $\Delta_{r1}S(T), \Delta_{r2}S(T)$
- $\Delta_{r1}G(T), \Delta_{r2}G(T)$
- $K_1(T), K_2(T)$

Du må i disse beregningene gjøre en antagelse om varmekapasitetens avhengighet av temperatur, ikke glem å beskrive denne. Data hentes fra SI, for en enklere implementering kan dere også bruke filen `enthalpyData.py`. Bruk funksjonen for ulike temperaturer, $T = 298K$, $T = 528K$ og minst en til. Kommenter resultatet. *Tips: Læreboka, side 153-156.*

- 1.7 Bruk de reelle prosessdataene og finn reaksjonsomfangene for de to hovedreaksjonene og omsetningsgraden av begrensede reaktanter i reaktoren. *Tips: vurder om karbon eller hydrogen er mest tilgjengelig ved hjelp av metanolmodulsen.*
- 1.8 Er hovedreaksjonene nær likevekt ved utløpet av reaktoren?

2 Del 2: Simulering av metanolprosessen: molbalanser

I denne delen er det greit å kun ta hensyn til seks komponenter; de fem som inngår i hovedreaksjonene, samt metan.

- 2.1 Sett opp total- og komponentbalanser for hver av prosessenhetene (kompressor 1 og 2, varmeveksler, blandepunkt, reaktor, kjøler, separator og avtapp). Bruk prosedyren gitt i læreboka på side 49. Kontroller de reelle prosessdataene ved å regne over hver av prosessenhetene. Kommenter eventuelle avvik.
- 2.2 For varmeveksler og kjøler: bruk prosessdataene og molbalansene til å lage en forenklet splittfraksjon for hver av komponentene.
- 2.3 For separator: bruk prosessdataene og molbalansene til å lage en forenklet splittfraksjon for hver av komponentene som dere skal bruke i simulatoren. Splittfraksjonene må ha mer enn en desimal!
- 2.4 For avtapp: bruk prosessdataene og molbalansene til å lage en avtappfraksjon (lik for alle komponenter) som dere skal bruke i simulatoren.
- 2.5 Regn ut fraksjon tap for kompressor 1 og 2.
Igjen: Ikke glem å vise hvordan dere tenker, molbalanser må settes opp i rapporten. Tallsvar i seg selv viser ikke hvordan dere tenker, de må henge sammen med en ligning. Avvik skal kommenteres og diskuteres.
- 2.6 Bruk ligningsløser i `Python` til å simulere metanol-loopene der make-up gass antas gitt, sammen med reaksjonsomfangene dere fant i 1.7 og splitt- og separasjonsfaktoren(e) dere fant i 2.3 og 2.4.
 - For denne delen anbefales det å tegne et forenklet prosessflytskjema der kun enhetene som er relevante for molbalanser inngår (altså ikke varmevekslere og kompressorer), dette skal gi et prosessflytskjema med 7 hovedstrømmer (anta gjerne her null tap i kompressorer).
 - Bruk samme basis som de reelle prosessdataene, altså kmol/h. Sett opp komponentbalanser over alle enhetene.
 - Anta kjemisk likevekt for begge hovedreaksjonene.
 - Resultatene skal diskuteres i rapporten. Avvik og eventuelle antagelser som blir tatt skal kommenteres/diskuteres.
- 2.7 Bruk deretter simulatoren dere har laget til å beregne nye strømndata når reaksjonsomfanget for alle reaksjonene reduseres med 15% og det antas at fødestrømmen til prosessen er konstant og at separasjons- og splittfaktorene er konstante.

3 Del 3: Energibalanser

Beregn energibalanser for de viktigste prosessenhetene; en av kompressorene, varmeveksleren, kjøleren og reaktoren.

- Kompressor: Beregn W (både reversibel og reell) og η .
- Varmevexler: Beregn $T_{c,inn}$, Q og UA .
- Kjøler: Anta temperatur på kjølevannet (her brukes sjøvann) og beregn Q og UA .
- Reaktor: Beregn kjøling, Q , over reaktoren.

Bruk tabellen med data og egne antagelser for å løse oppgaven. Tips: bruk eksemplene i kap 4 – 6 for å komme i gang.

4 Del 4: Rapport

Resultatene for rapporten skal presenteres i en rapport. Se vedlagt rapportmal. Litt utdyping angående enkelte av komponentene i rapporten:

1. Figur av prosessen med strømnummer, navn på enheter, og forklaring av hva som skjer i hver komponent (f.eks i kompressor, varmeveksler ...).
2. Tabell med ΔH , ΔG , ΔS og K for reaksjonene der metanol produseres. Husk fremgangsmåte, og eksempelberegning.
3. Utledning av metanolmodulusen er ikke nødvendig, men det skal forklares hvorfor den anvendes. Det må vises hvordan dere kommer frem til reaksjonsomfangene (ikke bare referer til tallsvar). Fremgangsmåten for å bestemme om hovedreaksjonen er nær likevekt ved utløpet av reaktoren skal komme klart frem i rapporten.
4. Molbalanser (totale- og komponent) over samtlige enhetsoperasjoner må presenteres i rapporten, ikke bare tallsvar. Husk å vise fremgangsmåte og eksempelberegning.
5. Tabeller med resultatene fra molbalansene skal presenteres på en hensiktsmessig måte.
6. Total og komponentbalanser over alle enhetsoperasjoner, både for væske og gassfase. Husk å vise fremgangsmåte og eksempelberegning.
7. Tabeller over strømmene fra simulatoren.
8. Husk fremgangsmåte og antagelser når dere regner ut energibalansene i del 3.

Gå igjennom deloppgavene på slutten og sjekk at alle resultater blir presentert i rapporten på en hensiktsmessig måte.

A Data og vedlegg

A.1 Strømdata

Se xls-fil på Blackboard under prosjektet Metanol.

A.2 Metanolmodulus

Methanol as an energy carrier and motor fuel has been discussed for decades [144] [194] [420], lately as fuel for fuel cells. Methanol may play an increasing role for synfuels alone, via dimethylether directly or via zeolites to gasoline or as an agent for trans-esterification of fatty oils into biodiesel.

So far, methanol has been used primarily for petrochemical purposes giving a higher $\Delta\varphi$ (refer to Section 1.1). Methanol is converted directly into formaldehyde. It is used as a reactant with CO for acetic acid and potentially for methyl formate and dimethyl carbonate [338], which might be used as a gasoline additive. Methanol is also an active alkylation agent in reactions with aromatics. It is one of the reactants for MTBE banned in many countries.

Dimethylether (DME) can easily be made from methanol by dehydration [527] [529] or in an integrated methanol/DME synthesis [170] (see below) (refer to Section 2.6.4) and it may play a role in the energy sector as a replacement for LNG for gas turbines or for LPG as domestic fuel. DME can also be used as a pollution-free diesel substitute in existing diesel engines. This would, however, require a special infrastructure for supply of DME.

Gasoline can be made via DME in the MTG process [531] or in an integrated methanol/DME/gasoline loop in the TIGAS process [492] (refer to Section 2.6.4).

The methanol-based routes are made feasible by low methanol costs. Again, the economy of scale and low gas prices are decisive factors as illustrated in Figure 1.23. Today, natural gas-based plants are running at capacities of 5000 t/d and being designed for capacities of 10000 t/d [3].

If such units are built, there may be potential for an integration with GTL plants.

2.6.2 Methanol plant

Since 1970 the methanol synthesis has been based almost exclusively on a $\text{Cu/ZnO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ catalyst [65]. A natural gas-based methanol plant consists of three parts: syngas preparation, synthesis and distillation. The syngas part typically represents about 60% of the investments.

The synthesis gas for methanol should ideally have the same stoichiometry as the final product. This is expressed by the module $M = (\text{H}_2 - \text{CO}_2) / (\text{CO} + \text{CO}_2)$ which should be close to 2 as shown in Table 1.6.

Note

The expression for M is derived from simple stoichiometric calculations.



With initial amounts: a , b , and c , for CO , CO_2 and H_2 , respectively. The amounts of CO and H_2 after full reverse shift are $a+b$ and $c-b$, respectively, so that the final ratio H_2/CO is:

$$M = \frac{\text{H}_2 - \text{CO}_2}{\text{CO} + \text{CO}_2} = 2 \quad (2.13)$$

$M > 2$ means too much, whereas $M < 2$ means too little hydrogen in the syngas. It is preferred to operate the synthesis slightly above 2 as a module slightly below 2 easily results in side products (higher alcohols). Steam reforming of natural gas results in M close to 3 resulting in a surplus of hydrogen, which is recycled to the tubular reformer as fuel.

Combined steam and CO_2 reforming can meet the correct stoichiometry. The reaction



forms the basis for a 3,000 MTPD methanol plant in Iran [240]. Liquid hydrocarbons have a lower H/C ratio than CH_4 , meaning that less CO_2 is needed to meet the module $M=2$. The feasibility of CO_2 reforming depends strongly on the price (and pressure) of the CO_2 source. Many natural gas resources as well as biogas contain large quantities of CO_2 .

Figure 2.24 shows the H_2/CO ratio and the module M obtained from lean natural gas by autothermal reforming (ATR) as a function of the steam-to-carbon ratio (S/C) and the exit temperature. Although certain adjustments are possible, direct production by ATR of a gas with a module $M=2$ is impossible. Such gases are best produced by a combination of steam reforming and oxygen fired autothermal reforming

B Prosedyre for utledning av balanseligninger

Tabell 2.2: Prosedyre for utledning av balanseligninger

1. **Tegn et forenklet flytskjema over prosessen med strømmer og blokker for de ulike enhetene.** (En skisse gir oversikt!)
2. **Velg basis.** Dette betyr at man spesifiserer mengden av en strøm, f.eks. kan en strøm være gitt. Et "lurt" valg av basis kan forenkle beregningene, men der er ikke noe kritisk valg siden vi senere skal se på prosessen (se punkt 10).
3. **Skriv inn strømdata og andre gitte opplysninger på flytskjemaet og gi symboler på ukjente variable.** Generelt er en strøm spesifisert ved at man gir mengden av de c komponentene, pluss ytterligere to opplysninger, f.eks. temperatur og trykk ($c+2$ uavhengige opplysninger):

$$\text{Strømdata} = \begin{bmatrix} \text{totalmengde} \\ \text{sammensetning (c - 1 stk.)} \\ \text{temperatur} \\ \text{trykk} \end{bmatrix}$$

Det er da enkelt å identifisere manglende data.

- Vi her har valgt å spesifisere total mengde og sammensetning, men vi kan alternativt gi mengdene for de c komponentene.
 - Ofte oppgis entalpi i stedet for temperatur fordi det generelt er en mer entydig spesifikasjon (se side 270).
 - Hvis vi kun er interessert i massebalansen trengs ofte ikke opplysninger om temperatur og trykk.
4. **Kvantifiser andre gitte opplysninger som ikke er inntegnet på flytskjemaet.** Dette kan være data for kjemiske reaksjoner og deres forløp (f.eks. omsetningsgrad, likevektkonstant eller hastighet) og data for separasjonsenheter.
 5. **Få alt på konsistente enheter.** For massebalansene betyr dette massebasis eller molbasis. For å regne om vil man typisk trenge tettheter og molvekter.
 6. **Ta en rask analyse på om problemet er løsbart.** Du bør ikke gå for langt her, men det kan være fornuftig å tenke litt på om og hvordan problemet skal løses (se side 59) før du setter i gang med å definere kontrollvolumer og skrive balanser.
 7. **Definer kontrollvolumer.** Typisk vil det være flere siden man vanligvis har ett rundt hver enhet (blokk).
 - Blandepunkter kombineres ofte med etterfølgende ("nedstrøms") enhet.
 - Ofte brukes totalbalanser rundt hele prosessen (kontrollvolumet er rundt alle blokkene), som da erstatter balansene over en av enkeltenhetene.
 8. **Formulér balansene** for total masse, komponentmasser, energi, etc. over hvert enkelt kontrollvolum. Pass på at du ikke setter opp ligninger som er avhengige (dvs. som kan utledes fra andre ligninger og derved ikke inneholder noen ekstra informasjon); f.eks. er den totale massebalansen lik summen av alle komponentbalansene.
 9. **Løs ligningene med hensyn på de ukjente.** Man bør selvfølgelig først sjekke at ligningssystemet er løsbart, dvs. at antall uavhengige ligninger = antall ukjente (se side 50).
 10. **Eventuelt skalér løsningen til en annen ønsket mengde.** Dette gjøres ved å anvende samme skaleringsfaktor på alle ekstensive variable (mengder, varme etc.), og forutsetter at virkningsgradene for prosessen er uavhengig av skalering.

ving med 10
en sendes til
krystalliseres
holder 20 %

(Svar. 0.44

salt (T) som
for å hindre
de resirkulert.

s restmengde
rør" tilstand
mensetningen
eksempel med

en medisin ved
in tapper så ut
ste sats. Første
sats 1.11 mg/l;

onær verdi selv
op en stasjonær
ukket i hver sats
0 l = 1.111 mg/l

ing av

ing av balanser.
e opp prosessens
etsoperasjonene)
For å få oversikt
; temperatur og
ller ekvivalent på
vanlig. I enkelte
i (tørr, dry) basis,
ferk at det er de
nene som angis på
er, f.eks. for max.
enheter.
flytskjema er den
ukket elementær

ssebalansen
eratur eller

i ønsker å se

Tabell 2.3: Rask analyse av om et problem er løsbart

I tillegg til ligningene for masse- og energibalanser for hver prosessenhet trenger man følgende informasjon for å kunne beregne alle strømmer for et gitt problem:

- **Fødestrømmer:** Må kjenne "alt" – dvs. mengder av alle komponenter og eventuelt temperatur og fasesammensetning.
- **Blandere (mixer):** Trenger ikke mer data (masse- og energibalanser gir alt).
- **Reaktorer:** Trenger informasjon for å kunne beregne hvor langt hver enkelt *uavhengige* reaksjon har gått, f.eks. fra en gitt omsetningsgrad, reaksjonsomfang eller likevektskonstant for hver uavhengige reaksjon. (se side 71 for bestemmelse av antall uavhengige reaksjoner).
- **Splitter** med to utstrømmer med lik sammensetning som føden: Trenger én opplysning (splittfaktoren f).
- **Separator** (destillasjon, flash, krystallisasjon, etc.) med to utstrømmer som med ulik sammensetning: Trenger n_c opplysninger der n_c er antall komponenter som separeres ulikt. Hvis vi f.eks. har en separator med innstrøm 0 og utstrømmer 1 og 2, er det tilstrekkelig å kjenne splittfraksjonen f_i for hver komponent. Vi har da

$$n_{i,1} = f_i n_{i,0}; \quad n_{i,2} = (1 - f_i) n_{i,0}$$

der mengden i strøm 2 følger av massebalansen.

- **Varmeveksler:** Trenger én opplysning for å bestemme overført varmemengde.
- **Kompressor/turbin/pumpe:** Trenger én opplysning for å bestemme tilført/utført arbeid (hvis man skal beregne eller har gitt trykk trenger man også en opplysning om virkningsgraden).

En **rask analyse** er da:

Hvis man mangler en eller flere av disse opplysningene så må de erstattes med tilsvarende antall andre uavhengige opplysninger (f.eks. kan sammensetningen av en produktstrøm være gitt i stedet for sammensetningen av en fødestrøm eller i stedet for en omsetningsgrad).

Trykk: I tillegg til det som er listet ovenfor må man ha informasjon om trykket i alle enhetene (der det er nødvendig for beregningene).

Merk. Hvis man skal regne dynamisk må man, i tillegg til de opplysningene som er nevnt i Tabell 2.3, kjenne alle mengdene lagret i systemet (beholdningene) ved et gitt starttidspunkt (initialtilstandene) – for stasjonære beregninger trengs ikke dette siden alle beholdningene antas konstante.

B.1 Symboler og forkortelser

Tabell 1: Symbol, enhet og beskrivelse for størrelser brukt i denne rapporten.

symbol	enhet	beskrivelse
a	-	aktivitet
C_p	J K^{-1}	varmekapasitet (konstant trykk)
c_p	$\text{J kg}^{-1}\text{K}^{-1}$	varmekapasitet (konstant trykk)
$C_{p,m}$	$\text{J mol}^{-1}\text{K}^{-1}$	varmekapasitet (konstant trykk)
C_v	J K^{-1}	varmekapasitet (konstant volum)
c_v	$\text{J kg}^{-1}\text{K}^{-1}$	varmekapasitet (konstant volum)
$C_{v,m}$	$\text{J mol}^{-1}\text{K}^{-1}$	varmekapasitet (konstant volum)
H_v	J K^{-1}	entalpi
h_v	$\text{J kg}^{-1}\text{K}^{-1}$	entalpi
$H_{v,m}$	$\text{J mol}^{-1}\text{K}^{-1}$	entalpi
k_H	systemavhengig	Henry's konstant
K	systemavhengig	equilibrium constant
m	kg	masse
\dot{m}	kg s^{-1}	masserate
M_w	g mol^{-1}	molvekt
N	mol	moltall
p	Pa	trykk
p_i	Pa	partialtrykk for komponent i
q, Q	J mol^{-1} , J	varme
R	$\text{J mol}^{-1}\text{K}^{-1}$	universell gasskonstant
t	s	tid
T	K	temperatur
u, U	J mol^{-1} , J	indre energi
U_a	$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$	varmeoverføringskoeffisient
V	m^3	volum
w, W	J mol^{-1} , J	arbeid
x	-	molfraksjon
γ	-	forholdstall mellom varmekapasitetene, c_p/c_v
η	-	termodynamisk virkningsgrad
ξ	-	reaksjonsomfang
ρ	kg m^{-3}	massetetthet
ω	-	massefraksjon
$\Delta_f H$	J	dannelsesentalpi (standardtilstand må spesifiseres)
i	-	komponent i
j	-	strøm j
0	-	initielt
*	-	ren komponent
rev	-	reversibelt

C Rapportveiledning

C.1 Rapportens struktur

Forside

Navn på oppgaven, navn på alle studentene i gruppen og gruppenummer, og evt. figur av Tjeldbergødden

Sammendrag

Sammendraget er en oppsummering av de ulike delene i rapporten. Det skal inneholde hvorfor rapporten er skrevet, hvilke metoder som er brukt, resultater og konklusjoner. Sammendraget skal stå på en egen side.

Innholdsfortegnelse

1 Introduksjon

Innledningen skal introdusere leseren for temaet og sette rapporten i inn i en sammenheng. Kort introduksjon av industrien rundt Tjeldbergødden og prosessen. Seksjonen avsluttes med å forklare i hvilken sammenheng rapporten er skrevet og en direkte innledning til det som kommer i resten av rapporten. Husk kildehenvisning!

2 Prosessbeskrivelse

Her besvares hovedparten av del 1 av oppgaven. Beskriv prosessen under hovedoverskriften og bruk følgende undertitler:

2.1 Prosessflytskjema

Husk å ta med en oversikt over hva som skjer i hver enhet!

2.2 Kjemiske reaksjoner i metanolsyntesen

2.3 Uavhengige reaksjoner

2.4 Viktige faktorer i prosessen

Noen elementer å huske på i dette kapitlet: Kildehenvisninger, Figurer og tabeller: introduksjon i hovedtekst, plassering og innhold.

3 Metode

Her skal en presentasjon og evt. utledning av ligninger gis. Presenter eventuell generell informasjon under hovedoverskriften og bruk i tillegg følgende underkapitler:

3.1 Termodynamikk for hovedreaksjonene

3.2 Reaksjonsomfang

3.3 Likevekt

3.4 Molbalanser

3.5 Splittfraksjoner, avtappfraksjon og resirkulasjonsfraksjon

3.6 Energibalanser

3.6.1 Kompressor

3.6.2 Reaktor

3.6.3 Varmeveksler

3.6.4 Kjøler

Elementer å huske på i dette kapitlet: Kommentere hvor ligningene kommer fra (referanse til lærebok, oppgavetekst etc.), ligningsnummerering, symbolbeskrivelser, figurer og tabeller: introduksjon i hovedtekst, plassering og innhold.

4 Resultater og diskusjon

Her skal tallsvarene presenteres og diskuteres. Referer til ligningene i metodedelen (ligningsnummer) før innsetting av tall. Husk å påpeke eventuelle antagelser. De ulike resultatene kan diskuteres fortløpende. Å diskutere et resultat vil si å vurdere om resultatet er rimelig eller ikke er f.eks. er differansen mellom kmol inn i reaktor og ut av reaktor innenfor rimelig grenser? I tillegg skal spørsmål i oppgavene som ”Hva skjer når. . . ?” og ”Hvorfor. . . ?” besvares som en del av diskusjonen. Presenter eventuell generell informasjon under hovedoverskriften og bruk i tillegg følgende underkapitler:

4.1 Termodynamikk for hovedreaksjonene

4.2 Reaksjonsomfang

4.3 Likevekt

4.4 Kontroll av prosessdata

4.5 Simulering av prosessen

4.5.1 Simulering av prosessen ved originale betingelser

4.5.2 Simulering av prosessen ved redusert reaksjonsomfang

4.6 Energibalanser (med tabell)

4.6.1 Kompressor

4.6.2 Reaktor

4.6.3 Varmeveksler

4.6.4 Kjøler

5 Konklusjon

Konklusjonen skal oppsummere slutningene som er kommet fram til gjennom rapporten, ingenting nytt skal komme fram i denne delen. Hovedresultater og konklusjoner fra diskusjonen skal presenteres.

Referanser

Rapporten skal ha en referanseliste.

C.2 Noen rapporttekniske detaljer

- **Bruk av ‘vi’:** Unngå bruk av ‘vi’ i rapporter. Bruk for eksempel ‘Massestrømmen ble regnet ut fra ligning. . . ’ i stedet for å skrive ‘Vi regnet ut massestrømmen fra ligning. . . ’.
- **Kapittelnummerering:** Sammendrag, Innholdsfortegnelse og Referanser skal generelt ikke ha kapittelnummer.
- **Sidetall:** Visningen av sidetall begynner etter innholdsfortegnelsen. Det vil si at det skal ikke vises sidetall på forside, sammendrag eller innholdsfortegnelse. Disse er allikevel med i tellingen, slik at når sidetallene begynner å vises under 1 Innledning kan sidetallet være alt fra 4 og oppover.

- **Figurer, tabeller:** Figurer og tabeller skal introduseres i hovedteksten. Figurtekst skal stå under figuren. Tabelltekst skal stå over tabellen. Tabell- og figurtekst skal inneholde nok informasjon til at man ikke skal kunne trenge å lese hovedteksten for å forstå hva tabellen eller figuren inneholder/viser. Dere må referere til kilden hvis dere har med figurer som dere ikke har laget selv.
 - **Nummerering av ligninger:** Ligninger bør nummereres for å kunne henvises til i teksten. Da bør de generelle ligningene presenteres først og så kan disse refereres til ved innsetting av tall og utregninger. Det kan være lurt å ta med avsnittsnummeret i nummereringen for bedre oversikt over hvor man kan finne ligningen. Eks. ligninger i avsnitt 2 nummereres (2.1), (2.2), (2.3) osv.
 - **Symbolbeskrivelse etter ligninger:** Når nye symboler introduseres i rapporten bør det være en beskrivelse av disse etter ligningen de inngår i.
 - **Algebraiske uttrykk og innsetting av tall:** Det mest ryddige er å utlede rent algebraiske uttrykk først, for så å sette inn tall.
 - **Benevninger:** Når dere setter inn tall for symboler i ligninger, så må benevningene være med.
 - **Antall signifikante siffer:** Når man legger sammen, trekker fra, multipliserer osv. tall, kan svaret aldri bli mer nøyaktig enn det tallet som inngår i utregningen som har færrest desimaler. Eksempel: $2.475 \times 3 = 7$.
 - **Kildehenvisninger:** Kildehenvisninger skal plasseres i teksten (med et tall eller navn som refererer til kildelisten). Hvis en bestemt setning er gitt av en kilde kan kildehenvisningen plasseres foran punktum i denne setningen. Hvis et helt avsnitt kommer fra en kilde plasseres kildehenvisningen på slutten av avsnittet. Husk å referere ved bruk av tallverdier. Ulike kilder (artikler, bøker, internett etc.) skal presenteres i kildelisten på ulike måter. Det er mulig å skrive en generell henvisning hvis samme referansen gjelder for flere tilfeller. For eksempel de fleste tallverdier: 'Verdiene benyttet i dette avsnittet er hentet fra SI Chemical Data [tall]'. En kildehenvisning (referanse) må inneholde tilstrekkelig med opplysninger til at leseren kan finne frem til kilden.
- Bruk referanseverktøy slik som f.eks EndNote (Word), eller BibTeX (LaTeX)! Dette er verktøy dere vil få bruk for ved senere anledninger og holder orden på referansene deres.
- **Flyt i rapporten:** Rapporten blir best hvis de ulike delene bindes sammen ved krysshenvvisninger. For eksempel: 'Molbalansene i seksjon 3.3.2 ble brukt til å simulere prosessen...'. For dere som skriver i LaTeX er det lurt å bruke *label*.