

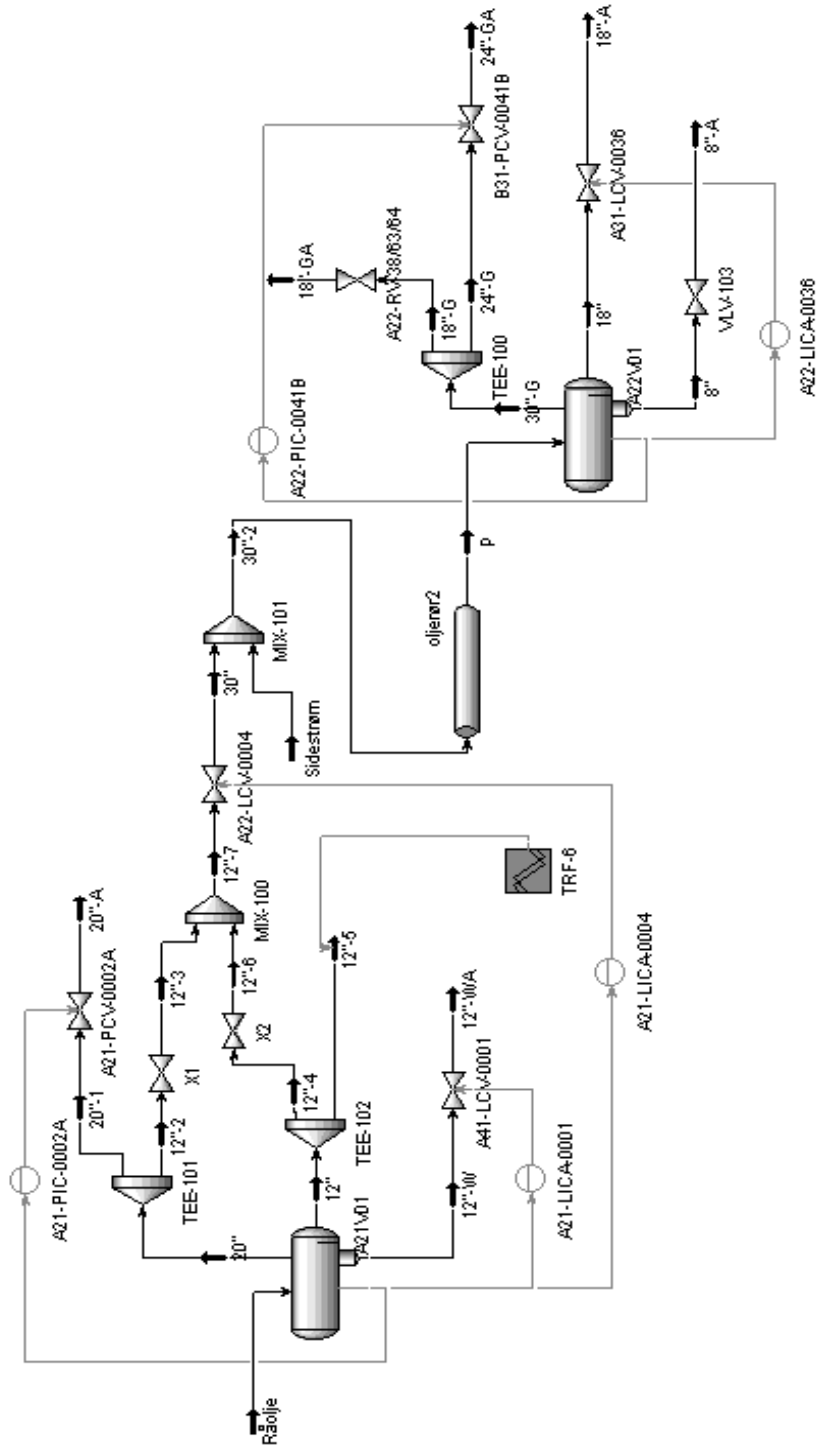
Bilag

Innhold

BILAG 1 FLYTSKJEMA.....	57
B1.1 MODELL 1	57
B1.2 MODELL2	58
B1.3 MODELL 3	59
B1.4 MODELL 4	60
BILAG 2 DIMENSJONER PÅ UTSTYR.....	61
B2.1 DIMENSJONER FOR MODELL 1-3	61
B2.2 MODELL 4	62
BILAG 3 SAMMENSETNING.....	63
B3.1 RÅOLJE.....	63
B3.2 'SIDESTRØM' OG PROFES-RØR.....	64
B3.3 SAMMENSETNING INN PÅ 'OLJERØR2'.....	65
B3.4 PSEUDOKOMPONENTER	66
BILAG 4 BAKGRUNN FOR MODELL 1.....	67
BILAG 5 SIMULERINGSRESULTATER FOR MODELL 2.....	69
BILAG 6 HASTIGHETER BEREGNET AV PROFES.....	74
BILAG 7 METAN.....	75
BILAG 8 EFFEKT AV NIVÅ PÅ TRYKK	76
BILAG 9 INNVIRKNING AV TRYKK PÅ 'SIDESTRØM'	78
BILAG 10 KONTROLLBEREGNINGER.....	79
B10.1 MASSESTRØM UT AV 'OLJERØR2'	79
B10.2 VOLUMSTRØM FØR 'OLJERØR2'.....	82

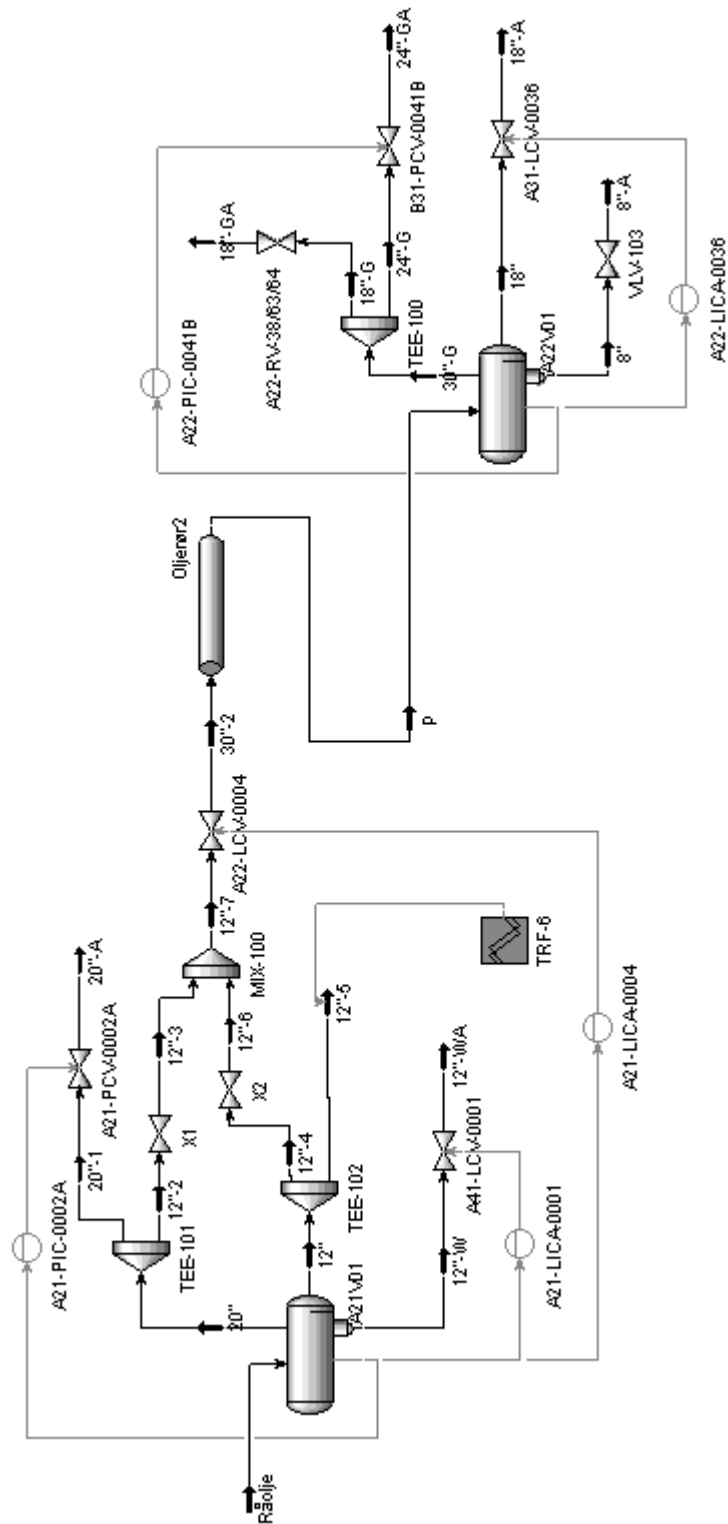
Bilag 1 Flytskjema

B1.1 Modell 1



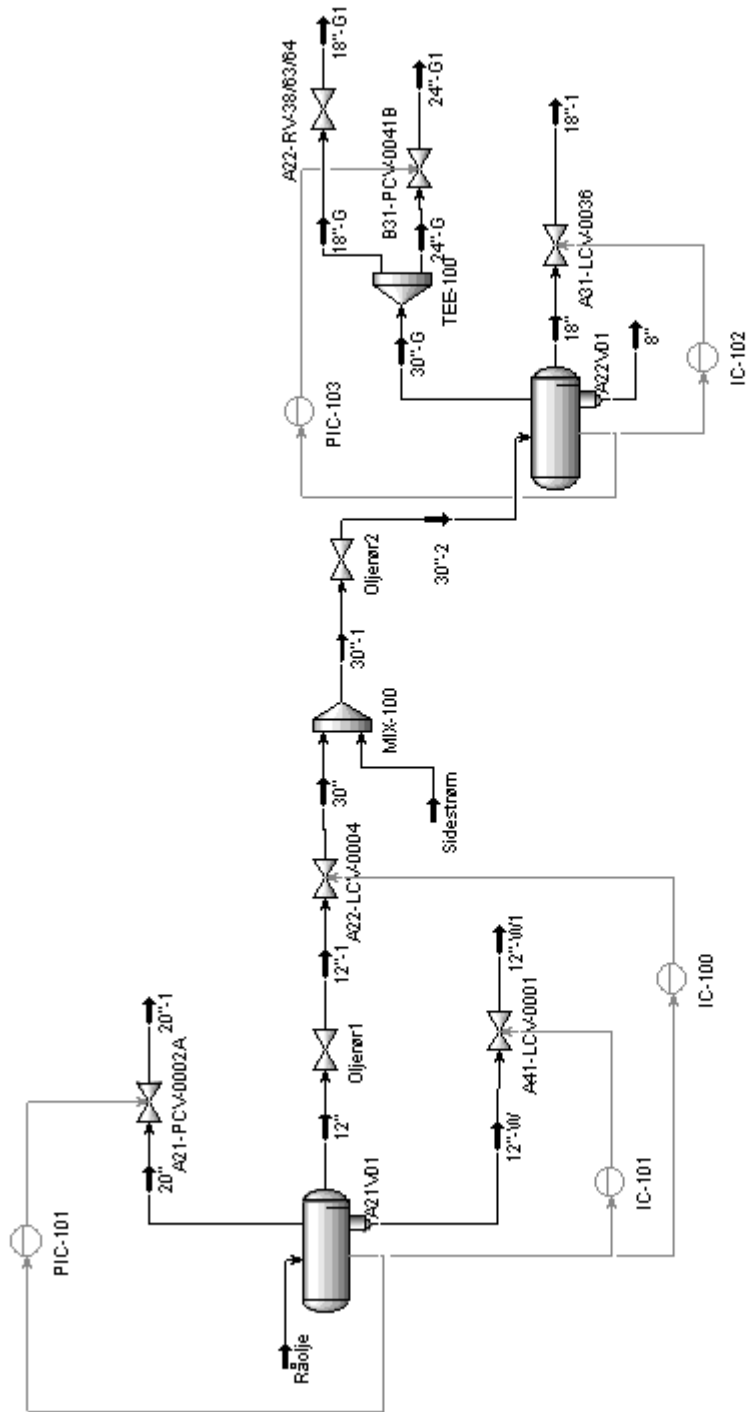
Figur B1.1 Flytskjema av modell 1

B1.2 Modell2



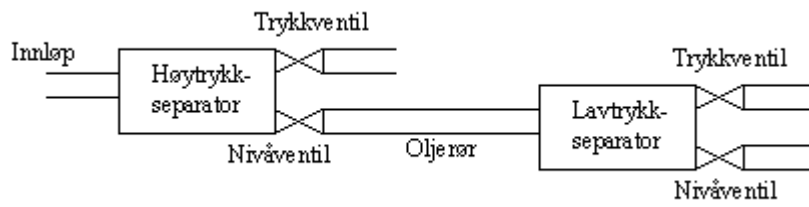
Figur B1.2 Flytskjema av modell 2

B1.3 Modell 3



Figur B1.3 Flytskjema av modell 3

B1.4 Modell 4



Figur B1.4 Flytskjema av modell 4

Bilag 2 Dimensjoner på utstyr

B2.1 Dimensjoner for modell 1-3

Dette bilaget inneholder dimensjoner på utstyr vist i bilag B1.1, B1.2 og B1.3.

Data er hentet fra *Ernstsen*⁶.

Dimensjoner på høytrykkseparatoren, A21V01, og lavtrykkseparatoren, A21V01, er gitt i tabell B2.1.

Tabell B2.1 Dimensjoner på separatore

	A21V01	A22V01
Lengde [m]	14.35	11.01
Indre diameter [m]	3.5	3.0
Volum [m ³]	138.1	77.8
Høyde, overløpsplate [m]	0.985	Ikke tilgjengelig
Posisjon overløpsplate [m]	11.63	Ikke tilgjengelig
Normalt væsknivå [m]	1.9	1.21
Nivåalarm, høy [m]	2.08	1.44
Operasjonstrykk [kPa]	760	170
Trykkalarm, høy [kPa]	1000	350

Dimensjoner på rør mellom høytrykk- og lavtrykk separator er gitt i tabell B2.2.

Tabell B.2.2 Dimensjoner på rør

	Fra A21V01 til A22-LCV-0004	Fra A22-LCV-0004 til A22V01
Rørlengde [m]	86	90
Indre diameter [m]	0.311	0.737
Volum [m ³]	6.53	38.39
Ruhet [mm]	0.045	0.045

Ventilkonstanten til nivåventilen til høytrykkseparatoren er gitt i tabell B2.3.

Tabell B2.3 Dimensjon på nivåventil

	A22-LCV-0004
Cv	2110

Alle andre ventiler er dimensjonert slik at de står ca 50% åpne under normale strømningsforhold.

Tabell B2.4 viser karakteristiske data for trykkavlastningsventilen til A22V01.

Tabell B2.4 Trykkavlastningsventil

	A22-RV-38/63/64
Åpnings trykk [kPa]	550
Fullt åpen [kPa]	572.5
Stengningstrykk [kPa]	536.5
Strømningsareal [mm ²]	36500

For mer detaljerte data henvises det til simuleringstilene vedlagt denne rapporten.

B2.2 Modell 4

Dette bilaget inneholder dimensjoner og karakteristiske data som er brukt i forbindelse med simuleringer gjort med flerfasesimulatoren OLGA. Dimensjoner til høytrykk- og lavtrykkseparatoren er gitt i figur B2.5. Flytskjema er gitt i bilag B1.4.

Tabell 2.5 Dimensjoner på separatorer og karakteristiske data

	Høytrykkseparator	Lavtrykkseparator
Lengde [m]	12.7	10
Indre diameter [m]	3.5	3.0
Volum [m]	122.2	70.7
Normalt væsknivå [m]	0.851	0.734
Nivåalarm, høy [m]	3.3	2.8
Operasjonstrykk [kPa]	1000	210
Mottrykk gassutløp [kPa]	300	100
Mottrykk oljeutløp [kPa]	-	100
Normal strømningsdiameter, trykkventil	0.124	0.06228
Normal strømningsdiameter, nivåventil	0.024	0.0928

Tabell B2.6 viser karakteristiske data for røret mellom høytrykk- og lavtrykkseparatoren.

Tabell B2.6 Karakteristiske data for rør

	Fra A21V01 til A22-LCV-0004
Rørlengde [m]	200
Indre diameter [m]	0.737
Ruhet [mm]	0.045

Bilag 3 Sammensetning

Komponentene merket med stjerne er pseudokomponenter. Disse er definert i bilag B3.4.

B3.1 Råolje

Sammensetningen inn på førstetrinn separatoren brukt i bilag B1.1, B1.2 og B1.3 er gitt i tabell B3.1. Sammensetningen er hentet fra *Ernstsen*⁶.

Tabell B3.1 Sammensetning, 'Råolje'

Komponent	Molfraksjon
Vann	0.01940
Karbondioksid	0.00240
Nitrogen	0.00200
Metan	0.15520
Etan	0.04600
Propan	0.08520
i-Butan	0.02390
n-Butan	0.06360
i-Pentan	0.02820
n-Pentan	0.03710
C6*	0.04540
C7*	0.05140
C8*	0.05210
C9*	0.02950
C10*	0.03340
C11*	0.02430
C12*	0.02010
C13*	0.02240
C14*	0.02240
C15*	0.02060
C16*	0.01660
C17*	0.01770
C18*	0.01430
C19*	0.01080
C20+*	0.10700
Syklopentan	0.00160
Msyklopentan	0.00800
Benzen	0.00030
Syklohekan	0.01090
Msykloheksan	0.01700
Toluene	0.00220
Esykloheksan	0.00320
E-Benzen	0.00090
p-Xylene	0.00490

B3.2 'Sidestrøm' og ProFES-rør

Sammensetningen til 'sidestrøm' brukt i bilag B1.1 og B1.3 er gitt i tabell B3.2. Denne strømmen har samme sammensetning som fluidet ut av oljeutløpet til høytrykkseparatoren før 'gas blowby'. Det er også denne sammensetningen som er brukt til å generere termodynamiske tabeller i ProFES.

Tabell B3.2 Sammensetning, 'Sidestrøm'

Komponent	Molfraksjon
Vann	0.002002
Karbondioksid	0.000801
Nitrogen	0.000139
Metan	0.024649
Etan	0.021821
Propan	0.069786
i-Butan	0.024723
n-Butan	0.069585
i-Pentan	0.034216
n-Pentan	0.045687
C6*	0.058388
C7*	0.067094
C8*	0.068534
C9*	0.038953
C10*	0.044163
C11*	0.032152
C12*	0.026601
C13*	0.029649
C14*	0.029651
C15*	0.027269
C16*	0.021974
C17*	0.023431
C18*	0.018930
C19*	0.014297
C20+*	0.141644
Syklopentan	0.002004
Msyklopentan	0.010320
Benzen	0.000387
Syklohekan	0.014126
Msykloheksan	0.022263
Toluene	0.002886
Esykloheksan	0.004219
E-Benzen	0.001187
p-Xylene	0.006467

B3.3 Sammensetning inn på 'oljerør2'

Tabell B3.3 viser sammensetningen i HYSYS inn på 'oljerør2' før 'gas blowby' og 50 sekunder etter starten av 'gas blowby' for modell 1 og modell 2 gitt i bilag B1.1 og B1.2. Sammensetningen inn på 'oljerør2' før 'gas blowby' er like for disse to modellene.

Tabell B3.3 Sammensetning inn på 'oljerør2' før og etter 'gas blowby'

Komponent	Molfraksjon før 'gas blowby'	Molfraksjon etter 'gas blowby' for modell 1	Molfraksjon etter 'gas blowby' for modell 2
Vann	0.002002	0.021476	0.028564
Karbondioksid	0.000801	0.005266	0.007117
Nitrogen	0.000139	0.004385	0.006190
Metan	0.024649	0.341857	0.475712
Etan	0.021821	0.098175	0.129291
Propan	0.069786	0.151576	0.182823
i-Butan	0.024723	0.031913	0.034213
n-Butan	0.069585	0.074742	0.075324
i-Pentan	0.034216	0.022445	0.017271
n-Pentan	0.045687	0.027147	0.019181
C6*	0.058388	0.023930	0.009756
C7*	0.067094	0.023247	0.005398
C8*	0.068534	0.021495	0.002438
C9*	0.038953	0.011600	0.000542
C10*	0.044163	0.012903	0.000274
C11*	0.032152	0.009309	0.000084
C12*	0.026601	0.007678	0.000037
C13*	0.029649	0.008541	0.000018
C14*	0.029651	0.008534	0.000008
C15*	0.027269	0.007846	0.000003
C16*	0.021974	0.006321	0.000001
C17*	0.023431	0.006740	0
C18*	0.018930	0.005445	0
C19*	0.014297	0.004112	0
C20+*	0.141644	0.040740	0
Syklopentan	0.002004	0.001053	0.000652
Msyklopentan	0.010320	0.004102	0.001549
Benzen	0.000387	0.000154	0.000058
Syklohekan	0.014126	0.005340	0.001745
Msykloheksan	0.022263	0.007410	0.001376
Toluene	0.002886	0.000939	0.000149
Esykloheksan	0.004219	0.001282	0.000093
E-Benzen	0.001187	0.000358	0.000023
p-Xylene	0.006467	0.001940	0.000109

B3.4 Pseudokomponenter

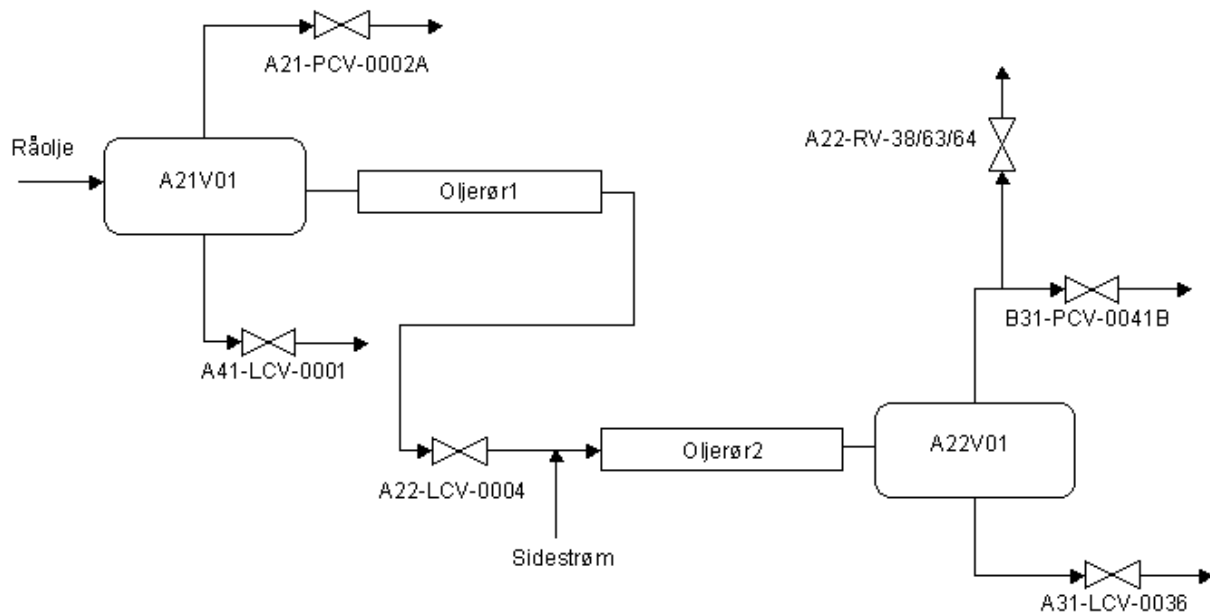
Pseudokomponentene i bilaget 3 er definert i tabell B3.4.

Tabell B3.4 Pseudokomponenter

Komponent	Normal kokepunkt [C°]	Molar masse [kg/kmol]	Væske- tetthet [kg/m ³]	Kritisk temperatur [C°]	Kritisk trykk [kPa]	Kritisk volum [m ³ /kmol]	Acentricity [-]
C6*	66.81	85	669.00	234.25	3034.10	0.3692	0.2783
C7*	90.12	93	729.00	267.65	3131.86	0.3788	0.2972
C8*	112.95	104	747.20	293.79	2916.77	0.4212	0.3333
C9*	138.18	116	775.30	324.32	2799.40	0.4571	0.3691
C10*	158.01	130	795.50	349.02	2683.51	0.4924	0.3945
C11*	177.85	146	809.20	371.66	2527.99	0.5361	0.4265
C12*	193.02	159	824.60	389.95	2456.86	0.5641	0.4435
C13*	212.17	172	837.30	407.60	2339.39	0.6019	0.4764
C14*	231.35	186	847.8	424.64	2224.68	0.6418	0.5106
C15*	249.55	201	850.9	442.17	2162.33	0.6695	0.5455
C16*	266.69	215	859.10	458.81	2037.41	0.7217	0.5692
C17*	284.15	232	862.6	472.06	1844.13	0.8038	0.6014
C18*	299.80	246	874.6	486.82	1745.98	0.8602	0.6229
C19*	313.86	258	874.6	501.42	1689.77	0.9014	0.6390
C20+*	459.54	418	922.8	625.07	1013.37	1.6168	0.8969

Bilag 4 Bakgrunn for modell 1

I utgangspunktet var det tenkt å bygge opp separasjonstoget i HYSYS som vist på figur B4.1.



Figur B4.1 Skisse av separatorstoget på Draugen

I tillegg skulle simuleringsprogrammet ProFES kobles mot HYSYS for å simulere 'oljerør1', 'oljerør2' og nivåventilen, A22-LCV-0004. Det viste seg imidlertid å være vanskelig å koble et rør fra ProFES direkte med en separator fra HYSYS. Det var umulig å oppnå stasjonære forhold, og det gikk maksimalt et par sekunder før ProFES simuleringen krasjet. Resultatet var at både HYSYS og ProFES ble lukket uten å gi noe mer informativ informasjon om hva som gikk galt. Etter å ha diskutert problemet med leverandøren ble det konkludert med at det var nødvendig å ha en ventil med et betydelig trykkfall, det vil si 1-2 bar, mellom separatoren og ProFES-røret. Men det oppsto nye problemer da nivå reguleringsventilen, A22-LCV-0004, skulle kobles til 'oljerør1'. Trykktapet over ventilen oscillerte selv om reguleringen var slått av. Som en følge av dette var det umulig å koble til et nytt ProFES-rør nedstrøms denne ventilen. Dette problemet ble forsøkt løst på to måter. Den første var å endre steglengden, men det fjernet ikke oscillasjonene. Den andre var å simulere reguleringsventilen i ProFES istedenfor i HYSYS. Men det førte til nye numeriske problemer. Trykktapet over reguleringsventilen er relativt stort, det vil si ca 8 bar. For å få til et slikt trykktap må arealet i ventilen velges lite. ProFES har problemer med å takle en slik drastisk innsnevring i strømningsarealet.

På bakgrunn av dette ble det besluttet å simulere 'oljerør1' uten bruk av ProFES. Dette kan gjøres ved å legge inn diameter, lengde og ruhet i en HYSYS-ventil. Dette valget gjorde det også mulig å simulere 'oljerør2' ved stasjonære betingelser. Reguleringsventilen og 'oljerør1' virket som den buffersonen som var nødvendig mellom separatoren og ProFES røret. Med dette oppsettet ble det forsøkt å simulere 'gas blowby'. Det ble gjort ved å åpne nivå reguleringsventilen, A22-LCV-0004. Men i dette tilfellet krasjet ProFES simuleringen ved gjennombrudd av gass til oljerørledningen. Det viste seg at det oppstod numeriske problemer når overgangen fra oljestrøm

til gasstrøm skjedde for raskt. For å få en mer gradvis overgang ble det besluttet å bygge om hele modellen. Den nye modellen er vist i bilag B1.1. Under stasjonære betingelser er ventilen X1 lukket, X2 åpen og massestrømmen til '12"-5' er satt til null. Væsken vil da gå som normalt fra høytrykk- til lavtrykkseparatoren.

'Gas blowby' simuleres ved å åpne X1, lukke X2 og sette massestrømmen til '12"-5' lik massestrømmen til '12"' under stasjonære forhold. Gassen vil da bli ledet inn på oljerøret, samtidig som væsken ledes ut av høytrykkseparatoren.

For at ikke gjennombruddet av gass skal skje for raskt er alle disse endringene gjort som førsteordensresponser med tidskonstanter på 3 sekunder.

Bilag 5 Simuleringsresultater for modell 2

Dette bilaget viser resultater fra simuleringer av 'gas blowby' gjort med modell 2 gitt i bilag B1.2.

Etikettene på grafene som presenteres i dette kapittelet har følgende betydning:

ProFES m/faseoverføring:

Simulert med ProFES-HYSYS link, hvor ProFES er brukt til simuleringer av 'oljerør2'. Regner med faseoverføring i 'oljerør2'.

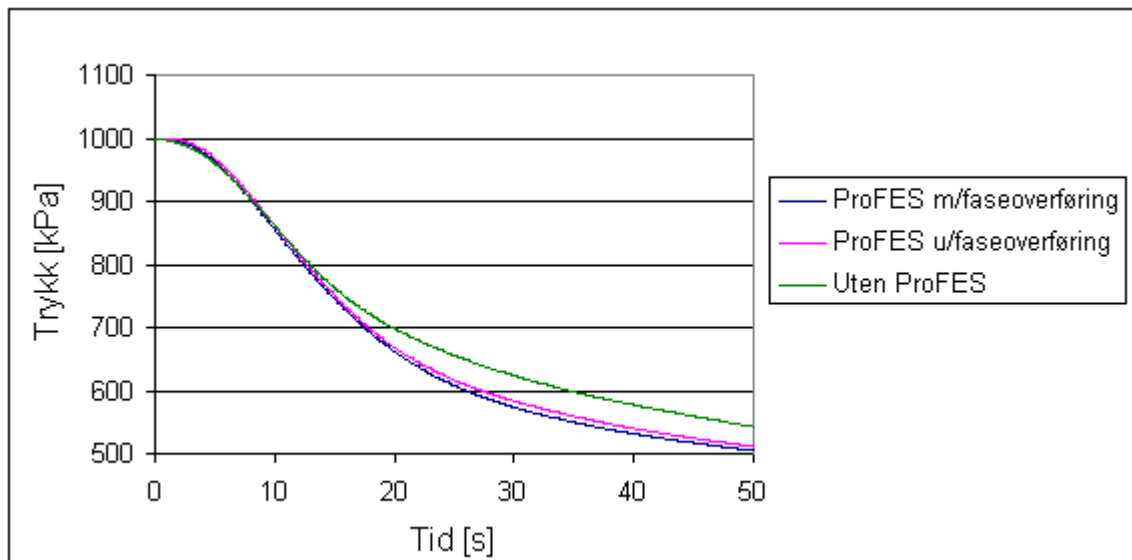
ProFES u/faseoverføring:

Simulert med ProFES-HYSYS link, hvor ProFES er brukt til simuleringer av 'oljerør2'. Masseoverføringen i ProFES er slått av.

Uten ProFES

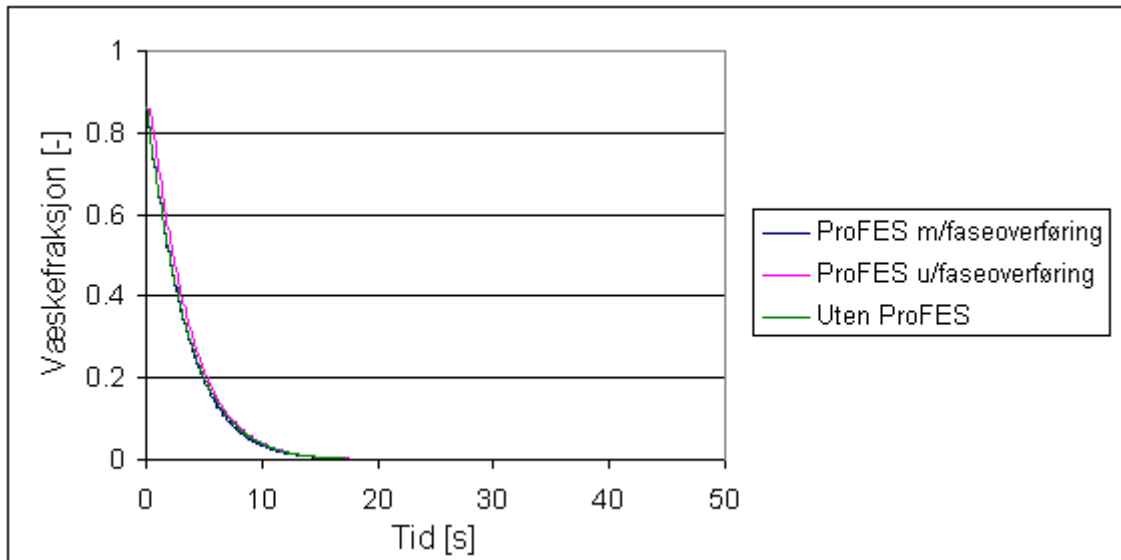
Alt er simulert i HYSYS, inkludert 'oljerør2'. Tar ikke hensyn til tofasestrømning.

Figur B5.1 viser trykket i høytrykkseparatoren, A22V01, som en funksjon av tiden.

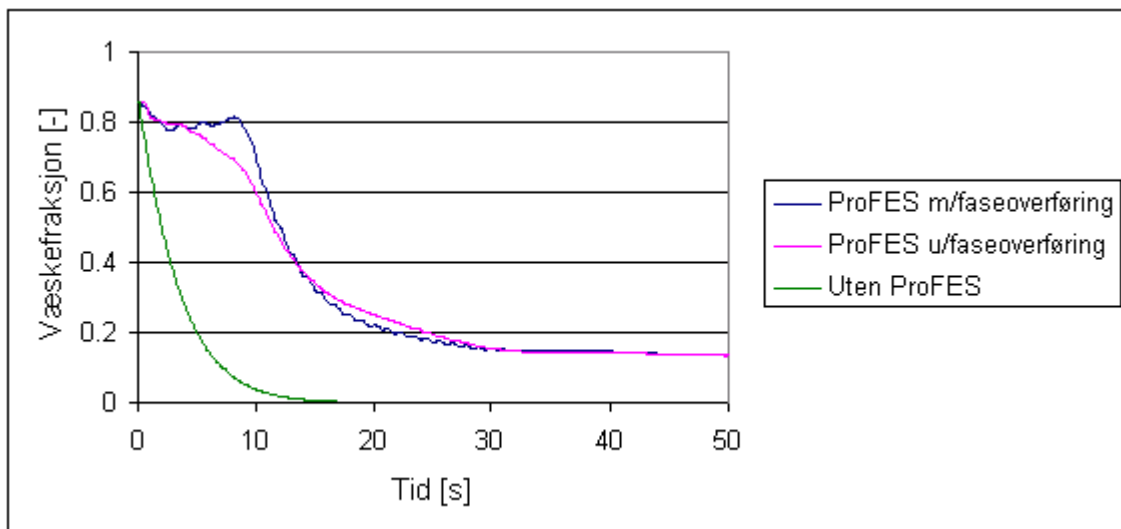


Figur B5.1 Trykk A22V01

Væskefraksjonene på molar basis ved innløp og utløp til 'oljerør2' er gitt i henholdsvis figur B5.2 og figur B5.3.

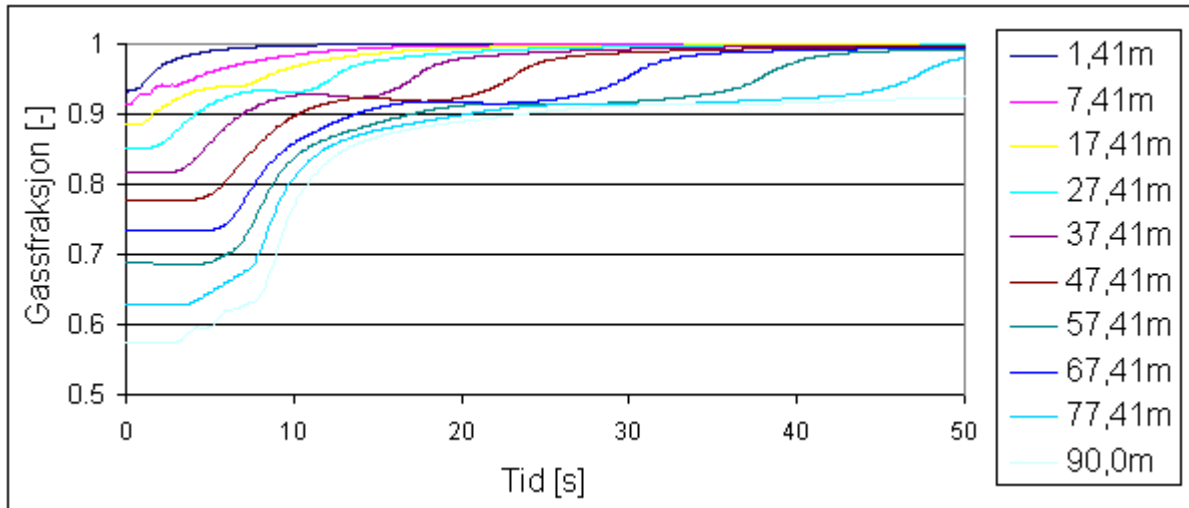


Figur B5.2 Væskefraksjon på molar basis ved innløp til 'oljerør2'

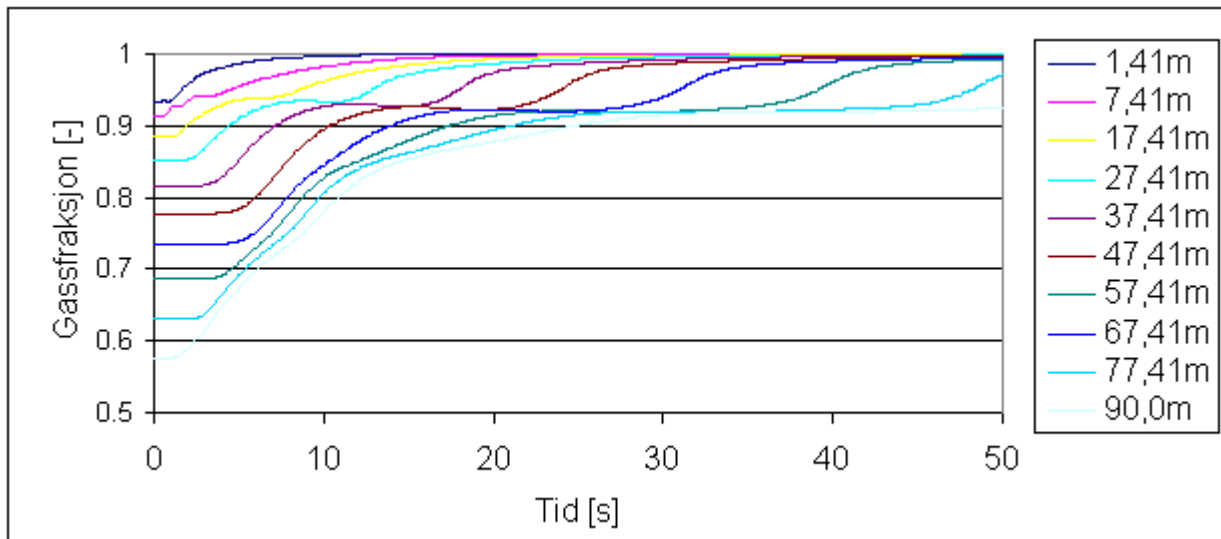


Figur B5.3 Væskefraksjon på molar basis ved utløp til 'oljerør2'

Gassfraksjoner på volumbasis ved forskjellig posisjoner i 'oljerør2' for simuleringer med og uten hensyn til masseoverføring mellom fasene er gitt i henholdsvis figur B5.4 og figur B5.5. Etikettene på de to figurene angir avstanden fra innløpet til 'oljerør2'. '90,0m' representerer utløpet.

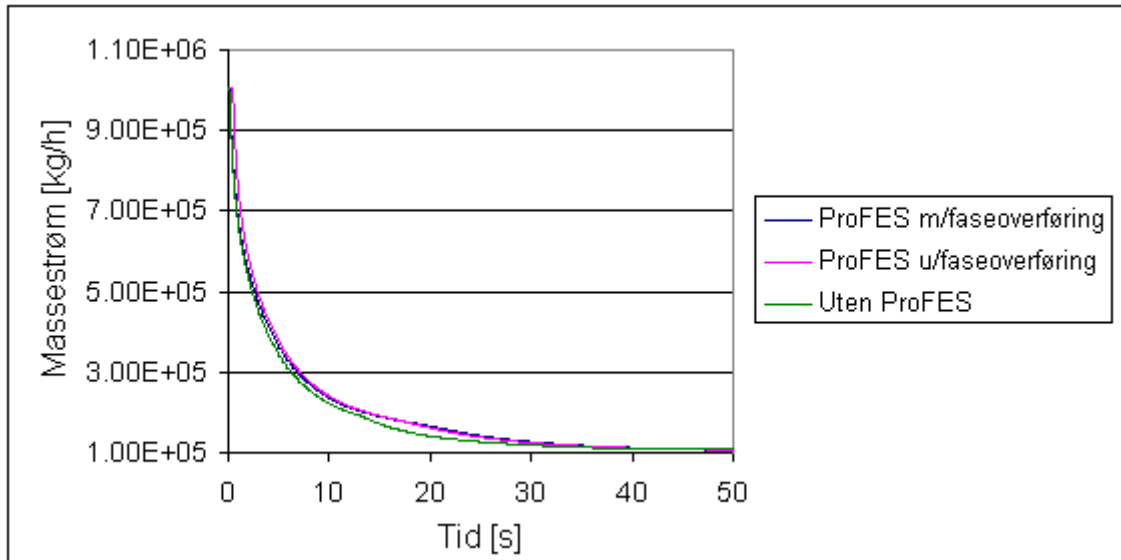


Figur B5.4 Gassfraksjoner i ProFES-rør for simulering med faseoverføring

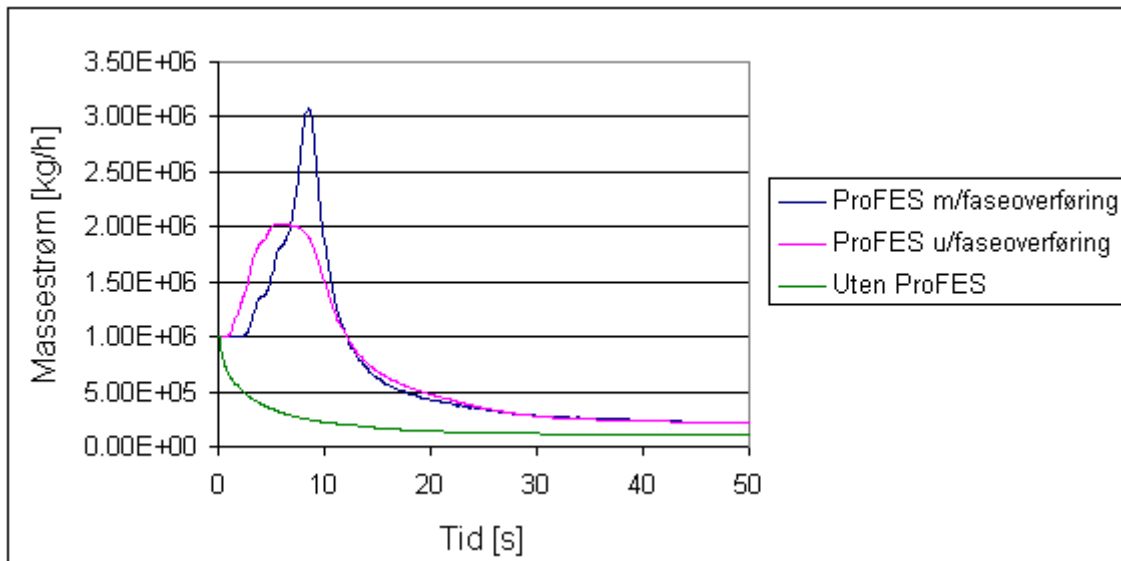


Figur B5.5 Gassfraksjoner i ProFES-rør for simulering uten faseoverføring

Massestrømmer ved innløp og utløp til 'oljerør2' er gitt i figur B5.6 og figur B5.7.

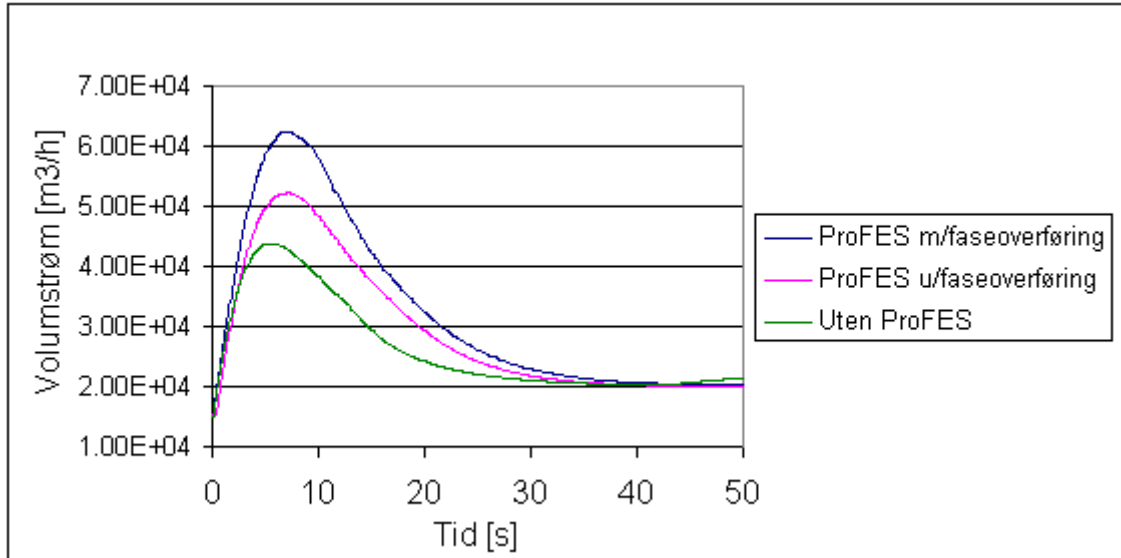


Figur B5.6 Massestrøm ved innløp til 'oljerør2'

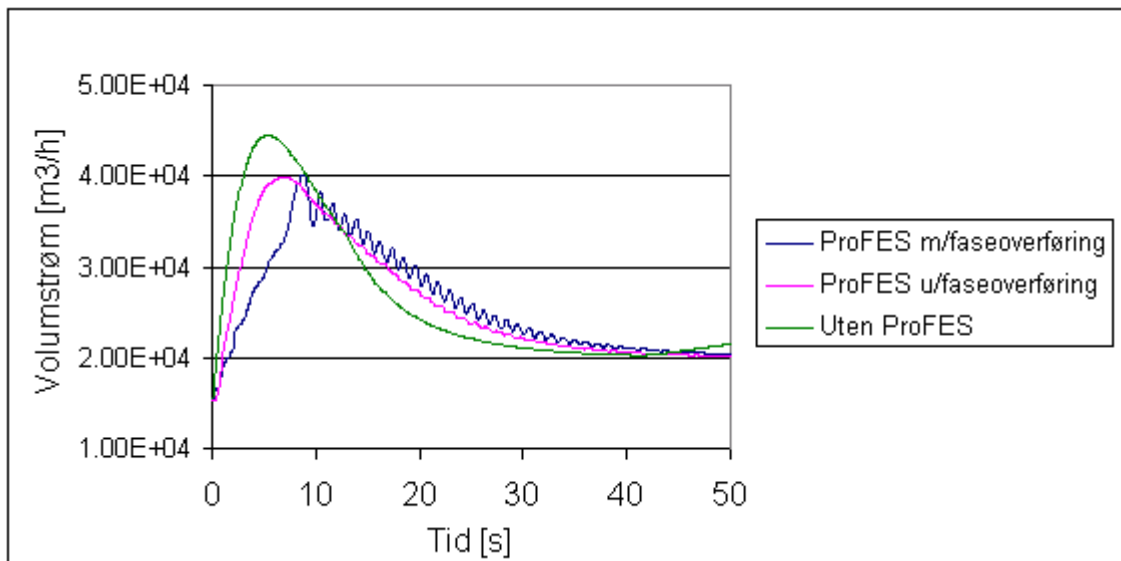


Figur B5.7 Massestrøm ved utløp til 'oljerør2'

Figur B5.8 og figur B5.9 viser volumstrømmen ved innløp og utløp til 'oljerør2'.



Figur B5.8 Volumstrøm ved innløp til 'oljerør2'



Figur B5.9 Volumstrøm ved utløp til 'oljerør2'

Bilag 6 Hastigheter beregnet av ProFES

Tabell B6.1 og tabell B6.2 viser hastigheten til fluidet ved innløp og utløp til 'oljerør2' beregnet av ProFES ved forskjellige tidspunkter. Det er valgt å hente resultater fra modell 1 hvor det er tatt hensyn til masseoverføring mellom fasene i 'oljerør2'.

Tabell B6.1 Hastigheter ved innløp til 'oljerør2' beregnet av ProFES

	Før 'gas blowby'	10 sekund etter start av 'gas blowby'	50 sekund etter start av 'gas blowby'
Gasshastighet [m/s]	11.6	29.3	13.5
Væskeshastighet [m/s]	14.8	3.2	2.69

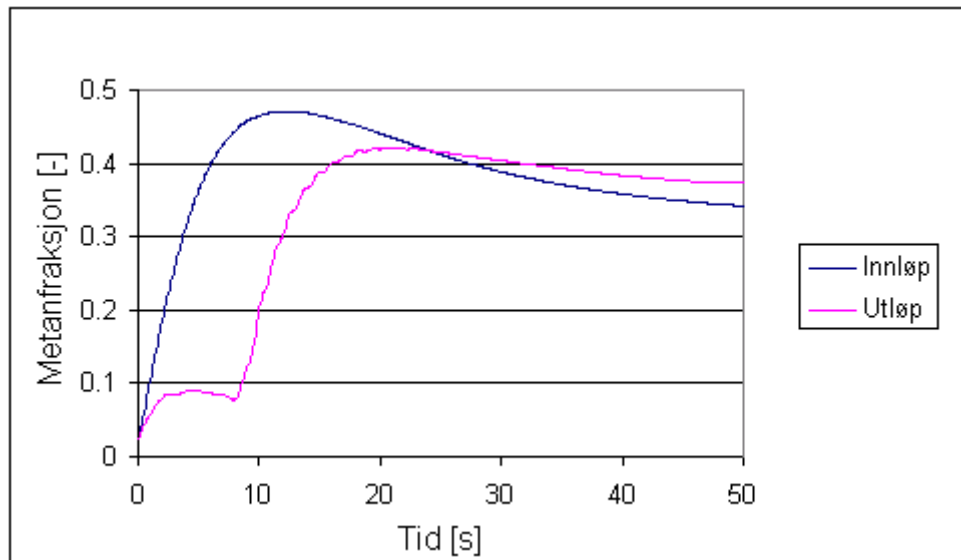
Tabell B6.1 Hastigheter ved utløp til 'oljerør2' beregnet av ProFES

	Før 'gas blowby'	10 sekund etter start av 'gas blowby'	50 sekund etter start av 'gas blowby'
Gasshastighet [m/s]	18.4	21.3	15.1
Væskeshastighet [m/s]	2.31	6.7	1.3

Ingen av hastighetene i ProFES-røret vil overstige 30 m/s. Tabellene viser også at gassen vil strømmen raskere enn væsken under 'gas blowby'.

Bilag 7 Metan

Figur B7.1 viser molfraksjonen av metan inn og ut av 'oljerør2' under 'gas blowby' for simuleringer av modell 1, gitt i bilag B1.1. Simuleringene inkluderer masseoverføring mellom fasene i ProFES-røret.

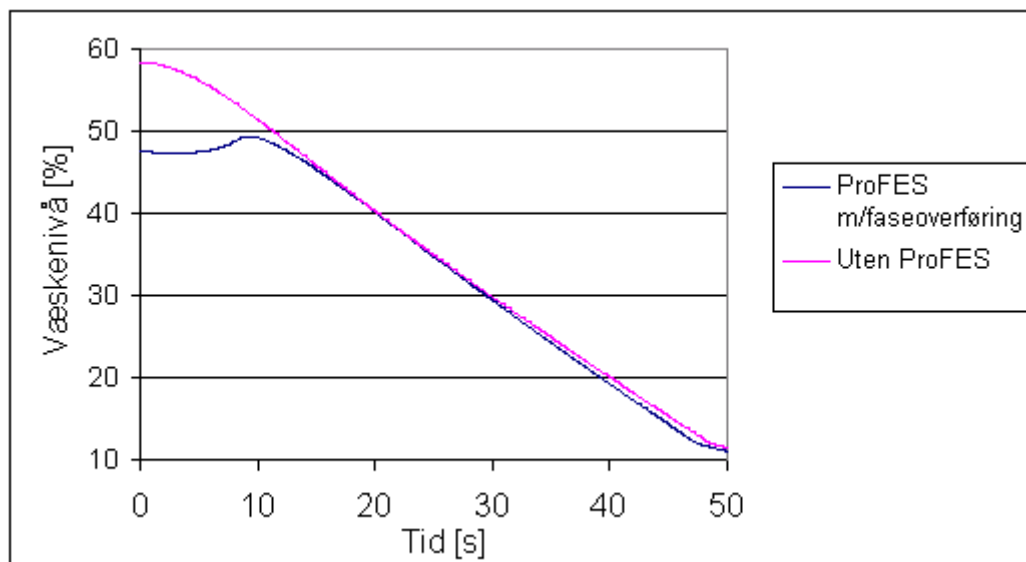


Figur B7.1 Molfraksjon av metan inn og ut av 'oljerør2'

Figur B7.1 viser at molfraksjonen av metan vil begynne å stige i samme øyeblikk ved innløp og utløp. Ved utløpet vil imidlertid ikke molfraksjonen overstige 0.1 de første 7-8 sekundene. Det er fordi det fortsatt er en del væske igjen i 'oljerør2' og væskefasen inneholder lite metan. Etter 7-8 sekunder vil det meste av væsken være ute av 'oljerør2' og molfraksjonen av metan vil stige kraftig.

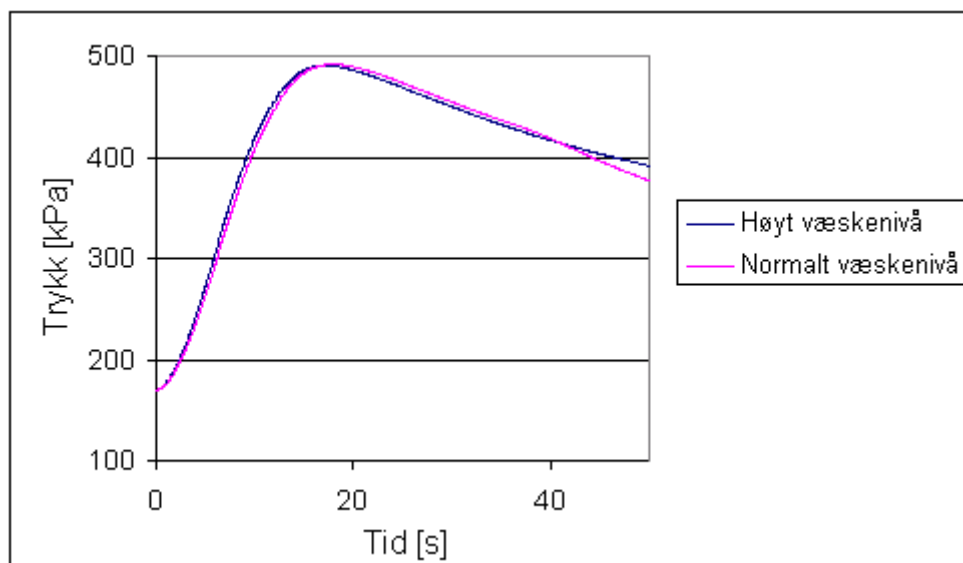
Bilag 8 Effekt av nivå på trykk

Dette bilaget inneholder resultater fra simuleringer av modell 1 gitt i bilag B1.1. I rørene modellert i ProFES er det tatt hensyn til volum. Under 'gas blowby' vil væsken bli blåst ut og som en følge av det vil væskennivået i lavtrykkseparatoren stige. I modellene uten ProFES vil denne effekten mistes. For å undersøke effekten av dette er det forsøkt å heve væskennivået i simuleringene gjort uten ProFES. Nivået er hevet slik at det skal være omtrent like høyt som nivået i simuleringene gjort med ProFES-HYSYS linken under 'gas blowby'. Et eksempel på det er vist i figur B8.1. Væskevolumet før 'gas blowby' er hevet fra 47.5% til 58.4%.



Figur B8.1 Væskevolum i A22V01

I figur B8.2 er trykket i A22V01 sammenlignet for simuleringer gjort uten ProFES for henholdsvis høyt og normalt væskennivå.

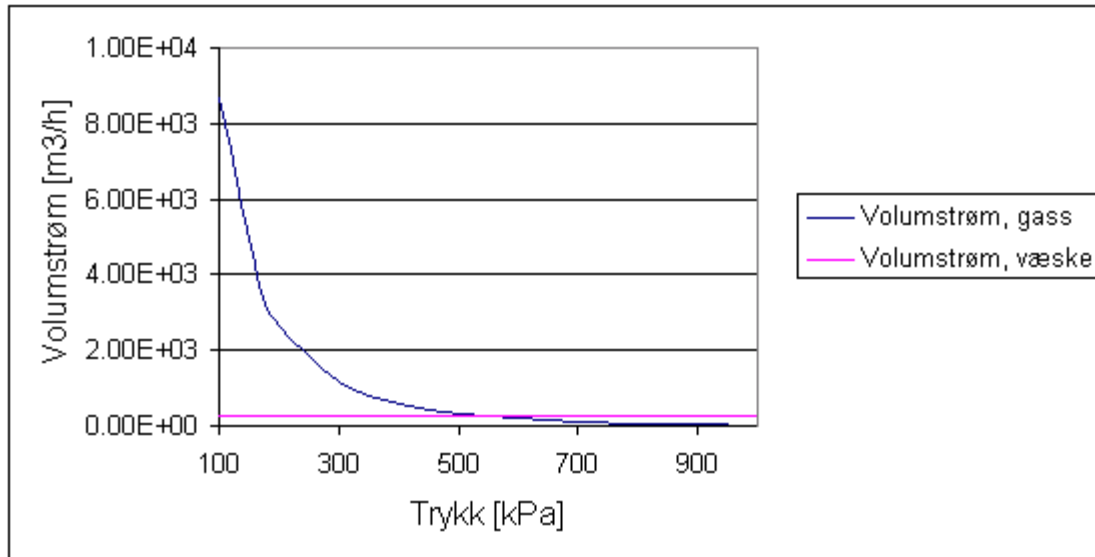


Figur B8.2 Trykk i A22V01 for simuleringer gjort i HYSYS

Figur B8.2 viser at økningen av væskevolumet i A22V01 har svært liten innvirkning på trykket.

Bilag 9 Innvirkning av trykk på 'sidestrøm'

Sidestrømmen inn på 'oljerør2' i modell 1 og modell 3 gitt i bilag B1.1 og B1.3 har en molar strømningsrate som er konstant lik 1400 kmol/h. Volumstrømmen vil derimot være avhengig av trykket. Figur B9.1 viser volumstrømmen av gass og væske som en funksjon av trykket. Sammensetningen til 'sidestrøm' er gitt i bilag B3.2.



Figur B9.1 Volumstrømmer til 'oljestrøm' som funksjon av trykket

Figur B9.1 viser at økt trykk fører til en kraftig reduksjon av volumstrømmen til gass. Volumstrømmen av væske vil være tilnærmet konstant.

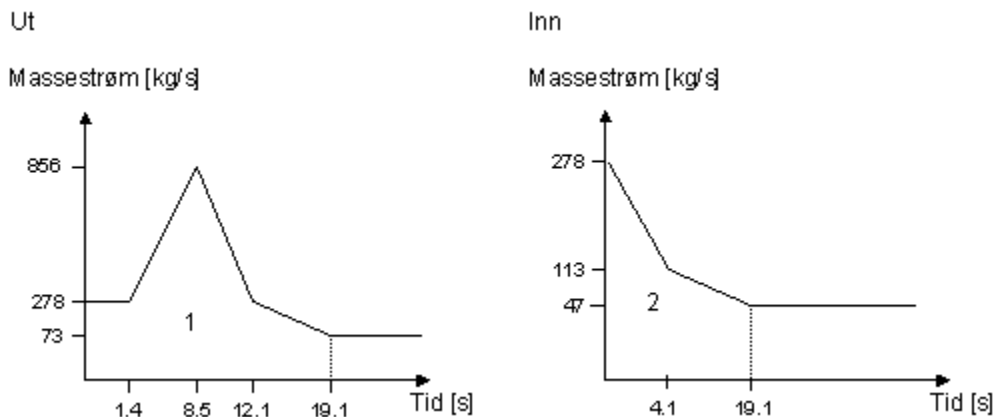
Bilag 10 Kontrollberegninger

Data brukt i dette bilaget er hentet fra simuleringsfilene vedlagt denne rapporten.

B10.1 Massestrøm ut av 'oljerør2'

'Gas blowby' vil føre til at volumstrømmen i oljerørledningen mellom høytrykkseparatoren og lavtrykkseparatoren øker. Væsken som er inne i oljerøret blåses ut og som en følge av det øker massestrømmen. I dette bilaget er det gjort kontrollberegninger av massestrømmen ut av 'oljerør2'. Det er valgt å se nærmere på modell 1, gitt i bilag B1.1, hvor det er tatt hensyn til faseoverføring i ProfES-røret.

Figur B10.1 viser forenklete profiler av massestrømmen inn og ut av 'oljerør2'. Forenklingen er gjort for å gjøre kontrollberegningene lettere. Ved å integrere arealet under grafene kan en beregne hvor stor masse som blir blåst ut av røret og hvor stor masse som kommer inn. Det er valgt å integrere fram til 19.1 sekunder fordi da begynner profilen ved utløpet å flate ut.



Figur B10.1 Forenklet massestrøm ut og inn av 'oljerør2'

Arealet 1 representerer massen som blir blåst ut av 'oljerør2' i løpet av 19.1 sekunder. Arealet 2 representerer massen som kommer inn. Kontrollberegningene av massen bygger på ligning B10.1.

$$\begin{aligned}
 & \text{Masse ut av 'oljerør2' under 'gas blowby'} \\
 & - \text{Masse inn i 'oljerør2' under 'gas blowby'} \\
 & = \text{Masse i 'oljerør2' før 'gas blowby'} \\
 & \quad - \text{Masse i 'oljerør2' etter 'gas blowby'}
 \end{aligned}
 \tag{B10.1}$$

Videre i dette bilaget følger en kontrollberegning av massestrømmen.

Areal 1

$$\begin{aligned} & \frac{(856 - 278)kg \cdot (12.1 - 1.4)s}{2} + (278 - 73.3)kg \cdot (12.1 - 1.4)s \\ & + \frac{(278 - 73.3)kg \cdot (19.1 - 12.1)s}{2} + 73.3kg \cdot (19.1 - 1.4)s + 278kg \cdot 1.4s \end{aligned} \quad \text{B10.2}$$

$$= 7685kg$$

Den totale massen ut av 'oljerør2' under 'gas blowby' er 7685 kg.

Areal 2

$$\begin{aligned} & \frac{(278 - 113)kg \cdot}{2} + (113 - 47.2)kg \cdot 4.1s + \\ & \frac{(113 - 47.2)kg \cdot (19.1 - 4.1)s}{2} + 47.2kg \cdot 19.1s \end{aligned} \quad \text{B10.3}$$

$$= 1780kg$$

Den totale massen inn til 'oljerør2' under 'gas blowby' er 1780 kg.

Masse i 'oljerør2' før og etter 'gas blowby'

Dimensjonene til 'oljerør2' er gitt i bilag B2.1. Totalt volum er 38.39 m³. Gassfraksjoner i 'oljerør2' på volumbasis er gitt i tabell B10.1.

Tabell B10.1 Gassfraksjoner rundt 'oljerør2' på volumbasis

	Gassfraksjon ved innløp til 'oljerør2'	Gassfraksjon ved utløp til 'oljerør2'
Før 'gas blowby'	0.93	0.59
Etter 'gas blowby'	1	0.92

Tettheten til væske er mye større enn tettheten til gass. Massen til gass kan dermed neglisjeres. Masse i 'oljerør2' kan da beregnes ved hjelp av ligning B10.4.

$$M_{\text{rør}} = V_{\text{rør}} \cdot (1 - \alpha) \cdot \rho_{\text{væske}} \quad \text{B10.4}$$

Her er:

- $M_{\text{rør}}$: Masse i 'oljerør2'
- $V_{\text{rør}}$: Volum til 'oljerør2'
- α : Gjennomsnittlig gassfraksjon på volumbasis i oljerør
- $\rho_{\text{væske}}$: Tettehet, væske

Både ved innløp og utløp brukes det gjennomsnittlige gassfraksjoner. Tetthet til væsken er 811 kg/m³. Massen i 'oljerør2' før 'gas blowby' er gitt ligning B10.5.

$$M_{\text{rør, før blowby}} = 38.4 \text{ m}^3 \cdot (1 - (0.92 + 0.59)/2) \cdot 810 \text{ kg/m}^3 = 7468 \text{ kg} \quad \text{B10.5}$$

Massen i 'oljerør2' etter 'gas blowby' er gitt ligning B10.6.

$$M_{\text{rør, etter blowby}} = 38.4 \text{ m}^3 \cdot (1 - (1 + 0.92)/2) \cdot 810 \text{ kg/m}^3 = 1177 \text{ kg} \quad \text{B10.6}$$

Massen beregnet i ligning B10.2, B10.3, B10.5 og B10.6 kontrolleres ved å se om av ligning B10.1 stemmer.

$$\begin{aligned} & \text{Masse ut av 'oljerør2' under 'gas blowby'} \\ & - \text{Masse inn i 'oljerør2' under 'gas blowby'} \\ & = 7685 \text{ kg} - 1780 \text{ kg} = 5905 \text{ kg} \end{aligned} \quad \text{B10.7.}$$

$$\begin{aligned} & \text{Masse i 'oljerør2' før 'gas blowby'} \\ & - \text{Masse i 'oljerør2' etter 'gas blowby'} \\ & = 7468 \text{ kg} - 1177 \text{ kg} = 6291 \text{ kg} \end{aligned} \quad \text{B10.8}$$

Svaret beregnet i ligning B10.7 avviker 6.5% fra svaret beregnet i ligning B10.8. Det ser dermed ut som om massestrømmen ut av 'oljerør2' er fornuftig. Det er imidlertid viktig å huske at forenklingene av profilene i figur B10.1 gjør beregningene svært usikre.

B10.2 Volumstrøm før 'oljerør2'

Volumstrømmen før 'oljerør2' er større i simuleringene gjort med ProFES-HYSYS linken enn i simuleringene utført uten ProFES. Dette kan forklares med at trykket før 'oljerør2' er lavere i simuleringene som involverer ProFES. I dette bilaget er det sett på et beregningseksempel fra modell 1 som tar hensyn til faseoverføring i ProFES-røret.

Beregninger

Volumstrømmen før 'oljerør2' i simuleringene gjort med kun HYSYS er størst etter 5.6 sekunder. Kontrollberegninger av volumstrømmen er gjort i dette punktet.

Tabell B10.2 Volumstrøm og trykk etter 5.6 sekunder før 'oljerør2'

	Volumstrøm [m ³ /h]	Trykk [kPa]
Beregnet m/ProFES-HYSYS	$6.07 \cdot 10^4$	236
Beregnet m/HYSYS	$4.68 \cdot 10^4$	290

Forhold mellom de to volumstrømmene:

$$V_{\text{ProFES}}/V_{\text{HYSYS}} = 6.07 \cdot 10^4 / 4.68 \cdot 10^4 = 1.29 \quad \text{B10.9}$$

I en kompresibell gasstrøm vil volumet være avhengig av trykket. Effekten av trykket på volumet kan beregnes ved hjelp av ideell gaslov.

$$\begin{aligned} V_{\text{ProFES}}/V_{\text{HYSYS}} &= (nRT/p_{\text{ProFES}}) / (nRT/p_{\text{HYSYS}}) = p_{\text{HYSYS}} / p_{\text{ProFES}} \\ &= 290 / 236 = 1.23 \end{aligned} \quad \text{B10.10}$$

Forholdene beregnet i ligning B10.9 og B10.10 er omtrent like. Det viser at forskjellen i volumstrøm kan forklares ved hjelp av forskjellige trykk.