



## 50 MW Isobutan (R600a) varmepumpe til fjernvarme

Der er beregnet energibalance for en varmepumpe med kølemidlet isobutan (R600a) med følgende antagelser:

- 4 anlæg i parallel der gradvist opvarmer fjernvarme vandet fra 40C til 70C
- Fordamper ydelse 50 MW (inden ekstra underkøling til 5C) ved fordampningstemperaturen -2.5C
- Hvert anlæg består af to centrifugal kompressorer i serie, isentrop virkningsgrad 85% og 1% mekanisk tab i gearet. Der er ingen overhedningsfjerner da kompressionen kører meget tæt på mætningskurven. Virkningsgraden for det kombinerede anlæg med tryktab er justeret så effektforbruget svarer til kompressionsarbejdet. Kompressor data er beregnet ved hjælp af COMPAL fra ConceptsNREC, antaget  $N_s = 0.7$  og 40 grader backsweep.
- Tryktab i gas rørledning beregnet ud fra
  - o Lav tryks trin: diameter som indsugning til kompressor, høj tryks trin 25% større diameter end indsugningsdiameter. Relativ ruhed 0.015 svarende til rustfrit stål, længde 2 m og to 90 graders bøjning med tabskoefficient 0.2 hver.
- Tryktab i varmevekslere dimensioneres typisk til 1-2 grader, i beregningerne er benyttet 1.5C tab for gassen. Udgående temperaturforskel for vandet gennem varmevekslerne er sat til 2C.
- Ejektorer antages at kunne designes med en virkningsgrad på 30 – 40%.
- Ved underkøling til 5C antages at det sker med et eksternt køleanlæg

Resultaterne er vist på de næste figurer

Figur 1 Samlet energibalance for anlæg med ekstra underkøling til 5C – samt anlæg uden ekstra underkøling Figur 6.

Fig 2 – 5 Kompressions forløbet for hvert af de fire anlæg

Tabel 1 De vigtigste overordnede data for kompressorerne

### Summary

Overordnet set kan det ikke betale sig at underkøle længere ned end den temperatur der kan udnyttes af fjernvarme returen. Godt nok stiger fordamper kapaciteten; men det forøger ikke den del af kondensator effekten der kan udnyttes til opvarmning ved hjælp af varmepumpen.

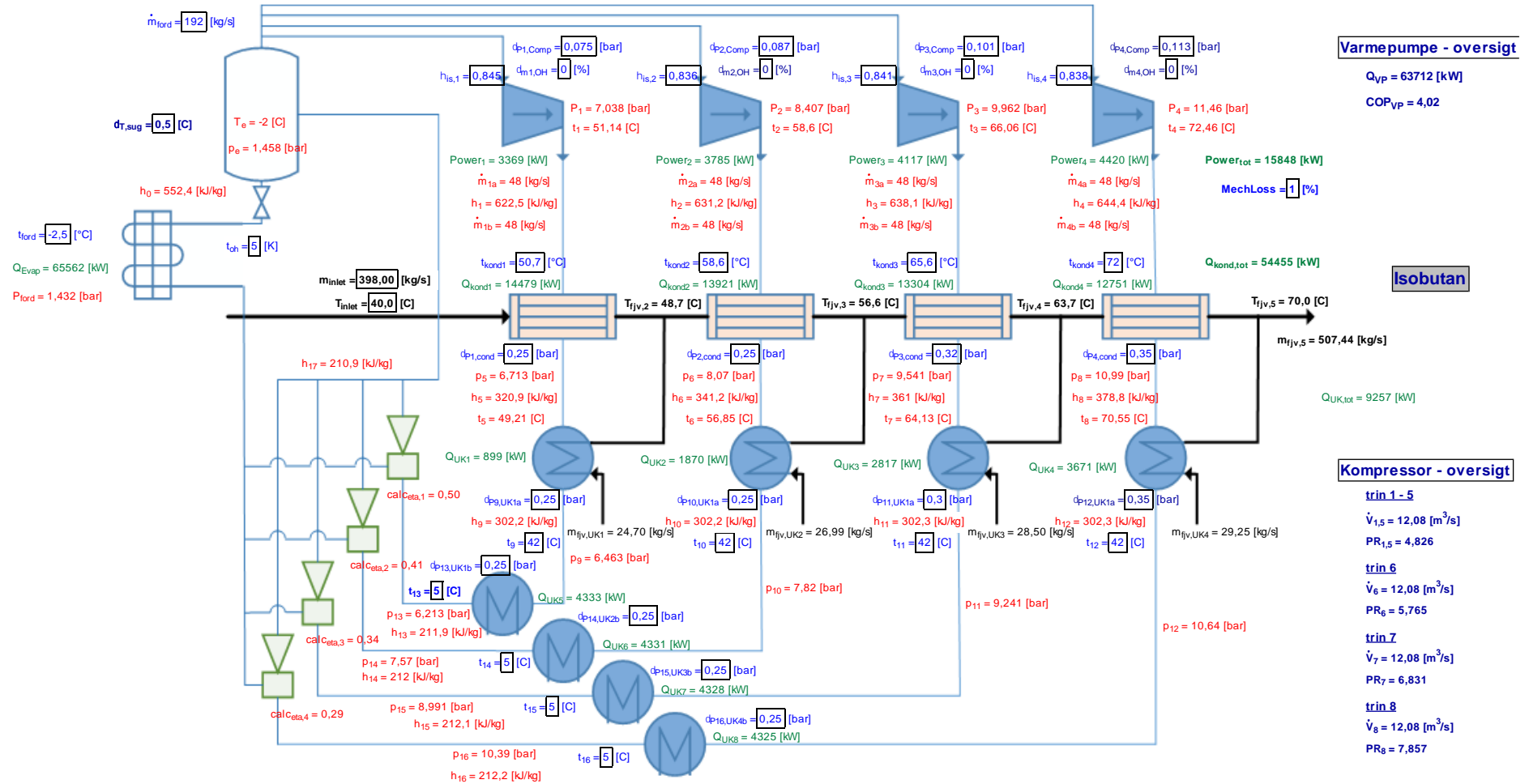


Den samlede COP for anlægget med underkøling til 5C er beregnet til 4.02

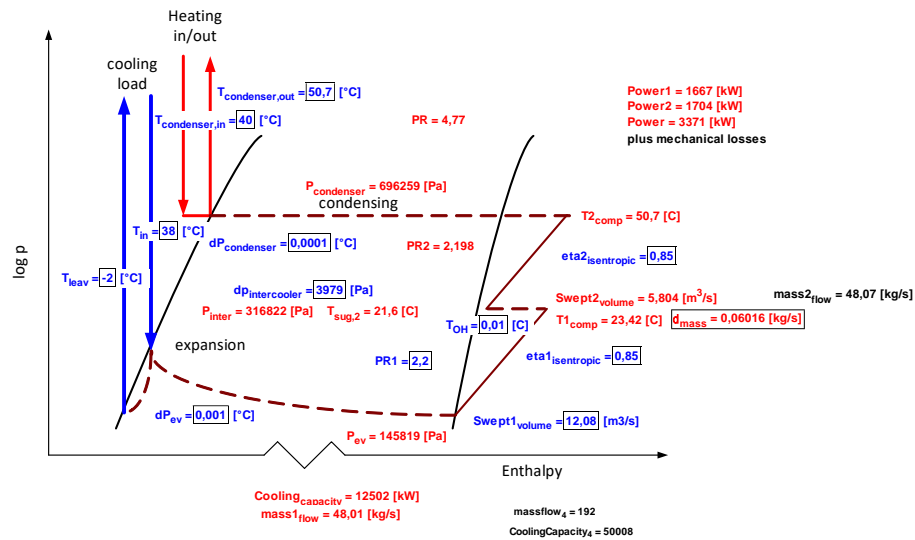
Der er også til sammenligning lavet en hurtig beregning hvor den ekstra underkøling er fjernet. Det giver en lidt bedre COP alene på baggrund af at der er mere entalpi til rådighed for ejektorerne som derved er i stand til at hæve sugetrykket til kompressorerne. Kondensator ydelsen er som nævnt uændret i forhold til opvarmning af fjernvarmevandet.

Den samlede COP for anlægget med underkøling til 42C er beregnet til 4.16

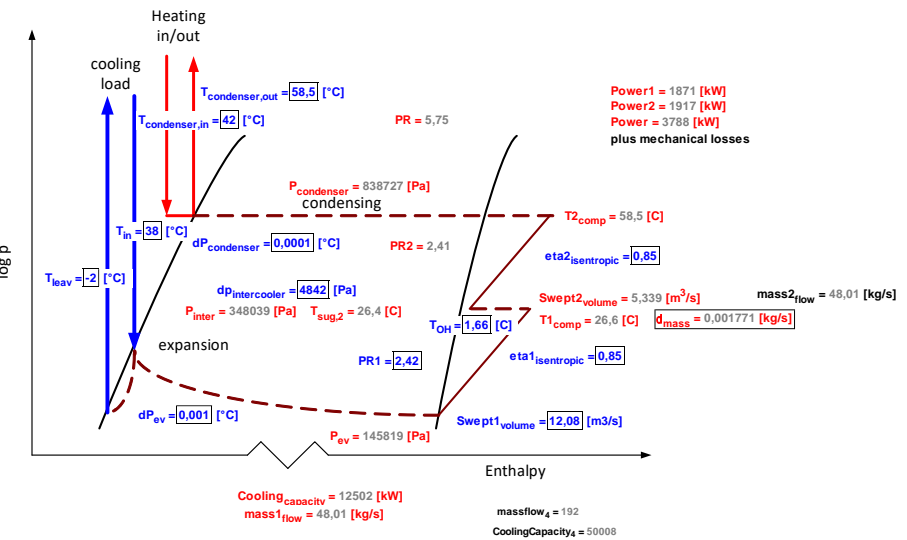
Den ekstra underkøling vil derimod være en klar fordel til køleanlæg – hvor det er den kolde side der udnyttes – f.eks. til store fjernkøle anlæg. Vi er ikke stødt på anlæg hvor der benyttes et køleanlæg til at underkøle, og det vil givetvis være noget kølemiddel afhængigt – men potentialet vil være stort for netop isobutan pga stofegenskaberne.



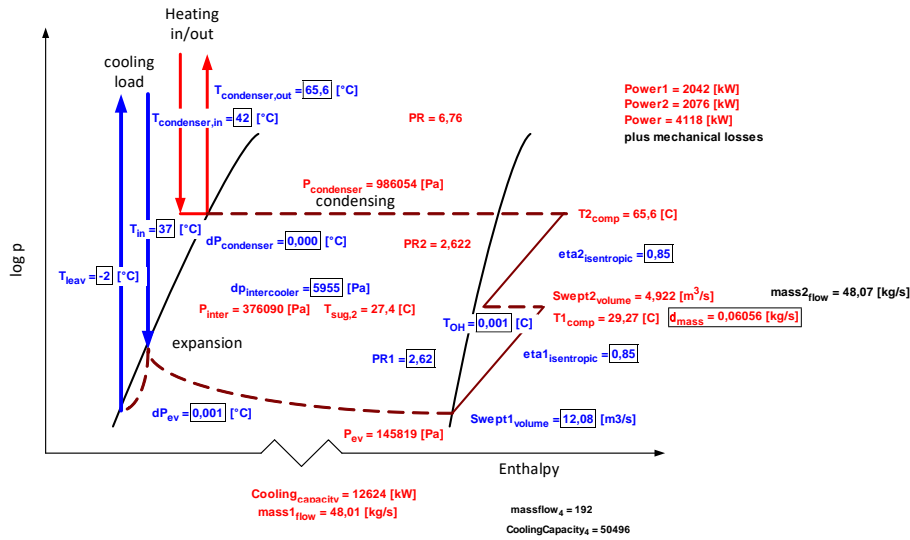
Figur 1 Energibalance for varmpumpe



Figur 2 1. kompressions anlæg

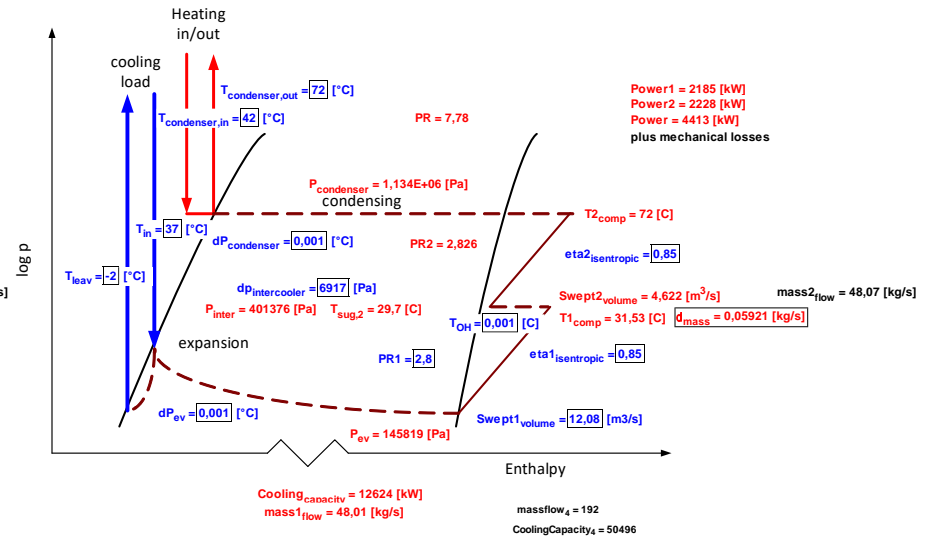


Figur 3 2. kompressions anlæg



Figur 4

3. kompressor anlæg



Figur 5

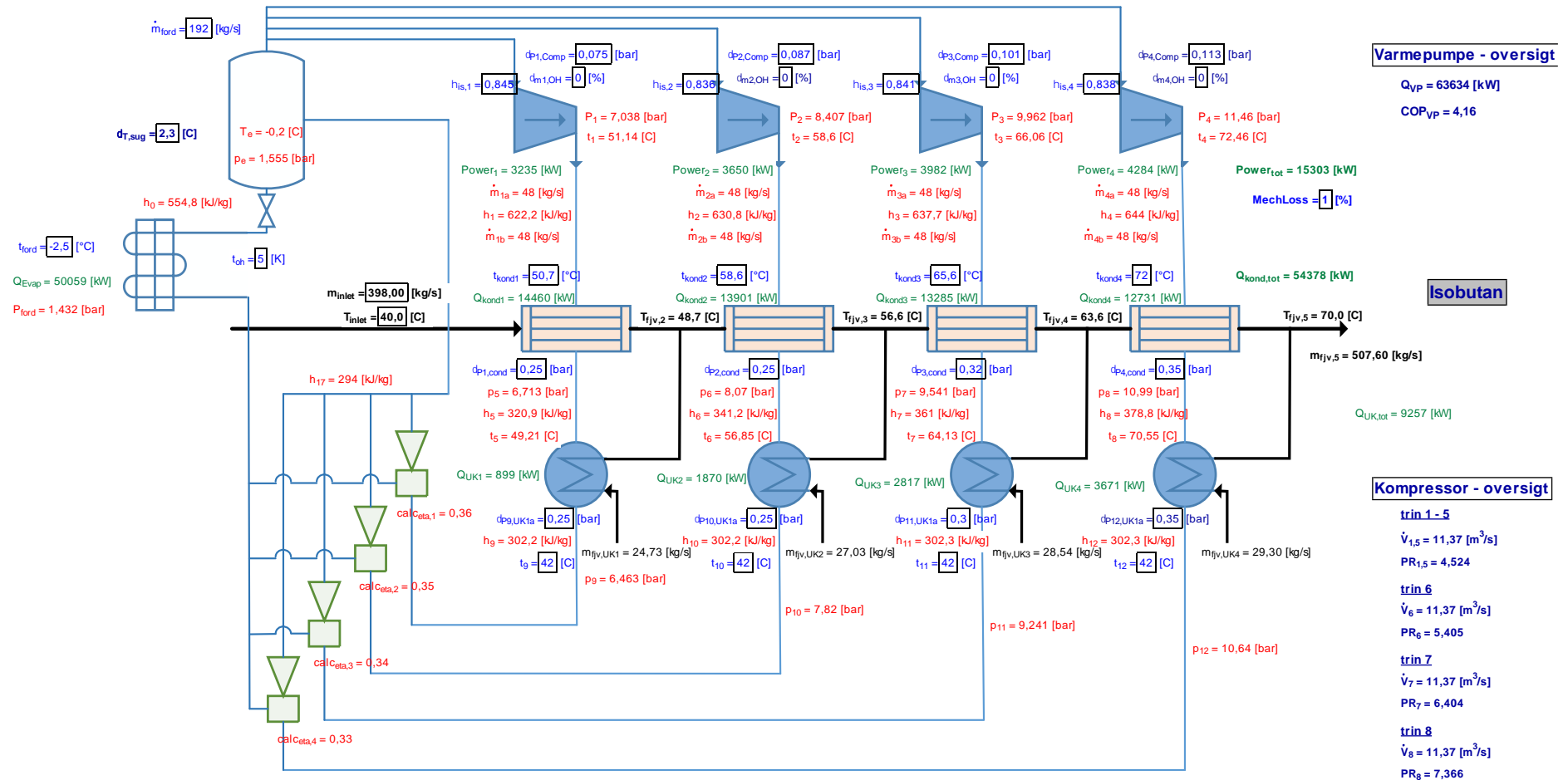
4. kompressor anlæg



Tabel 1 – nøgletal for kompressor systemet

Kompressor trin	P inlet	Volume flow	R1 inlet radius	R2 impeller radius	N Omdrejningstal	U tip Tip hastighed	V inlet pipe	Dp inlet	Dp unit	PR tt
	bar a	m <sup>3</sup> /s	Mm	mm	rpm	m/s	m/s	bar	bar	
No 1 lavtryk	1,46	12,08	252	455	4624	220	51	0,035		2,200
No 1 højtryk	3,17	5,804	172	310	7052	230	40	0,040	0,075	2,196
No 2 lavtryk	1,46	12,08	247	442	5057	234	53	0,039		2,420
No 2 højtryk	3,48	5,339	161	288	8122	245	38	0,048	0,087	2,410
No 3 lavtryk	1,46	12,08	243	433	5412	245	55	0,041		2,620
No 3 højtryk	3,76	4,922	151	270	9115	258	44	0,060	0,101	2,622
No 4 lavtryk	1,46	12,08	239	425	5753	256	57	0,044		2,800
No 4 højtryk	4,02	4,619	144	257	9779	270	46	0,069	0,113	2,826

Masseflow er 48 kg/s per compressor. Den beregnede virkningsgrad lå mellem 84 – 86% i alle tilfælde afhængig af den detaljerede tabsmodel – så antagelserne om 85% virkningsgrad er realistiske.



Figur 6 Energibalace for varmepumpe uden ekstra underkøling