

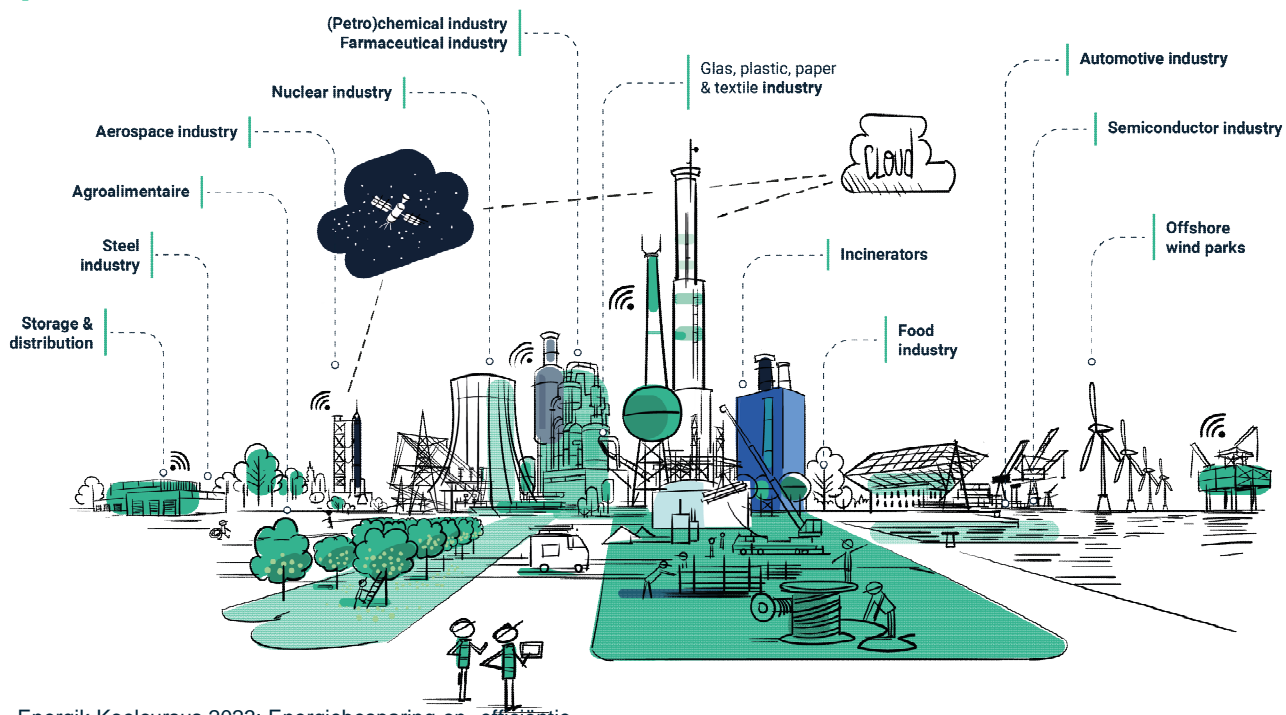


Energik Koelcursus

Energiebesparing en -efficiëntie

OUR SECTORS – INDUSTRY

High-performance, reliable and durable industrial plants



OUR EXPERTISES AND SOLUTIONS



Electrical, mechanical & electromechanical installations



Instrumentation, **automation & process control**



Mechanics & **industrial pipelines**



Industrial, mechanical & electromechanical maintenance



Information & communication systems



Climate control techniques (HVAC))



Commercial & industrial **cooling systems**



Security & fire protection



Local **green energy** production



Nuclear services



Energy efficiency projects



Energy performance



Digitalisation of interfaces and objects



Multi-technical & multi-site **operations and maintenance**

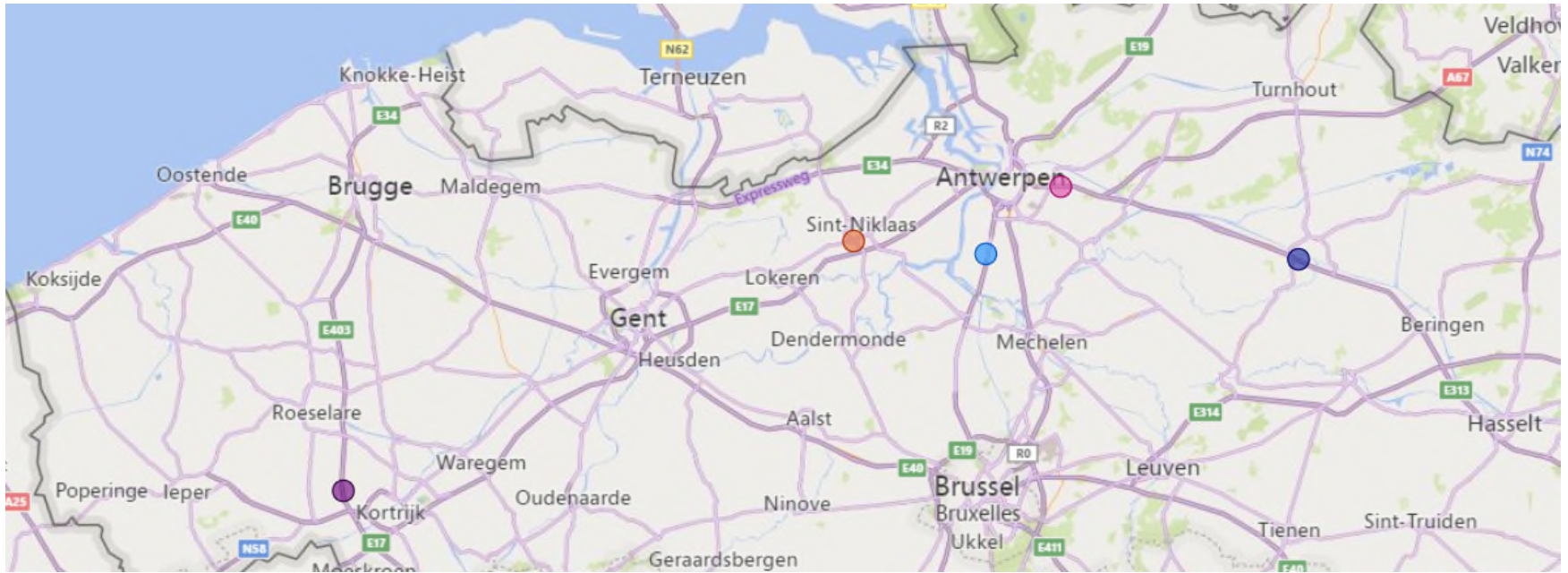


Advice, engineering, financing, building, operations and maintenance

Equans – HVAC & Cooling North

Industrial AC, climatization, refrigeration systems and heat pumps

- Design
- Skid construction
- Integrator
- **Premium maintenance partner**



Inhoud

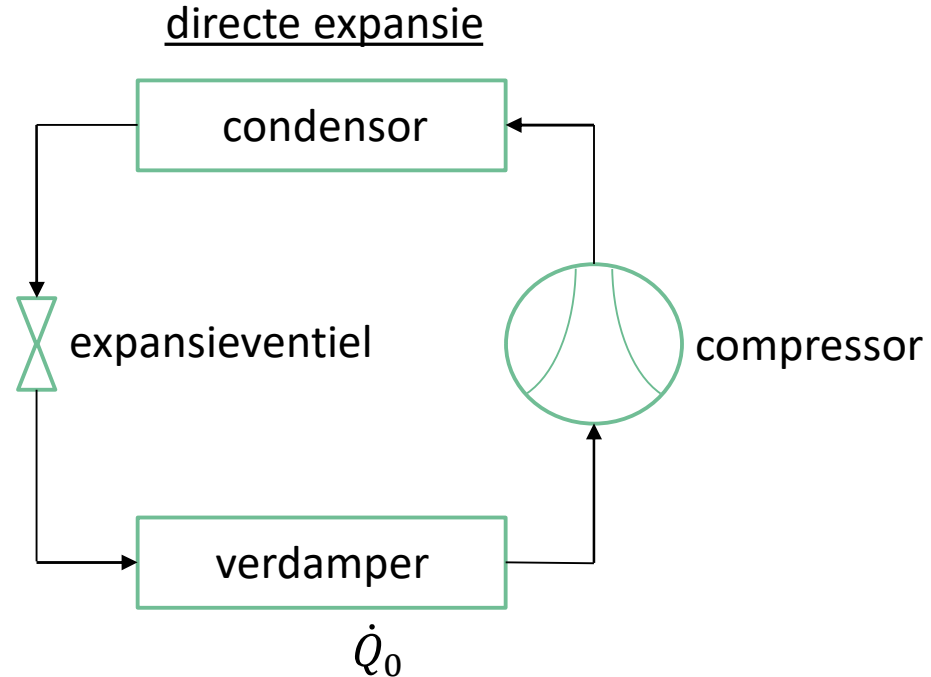
- 01 Compressiekoeling
- 02 Systeemoptimalisatie
- 03 Componentoptimalisatie
- 04 Bedrijfsvisie
- 05 CFD-simulatie
- 06 Warmterecuperatie en warmtepomp

Compressiekoeling

- Koudemiddel in gesloten cyclus
- Verdamer
- Compressor
- Condensor
- Expansie-orgaan

- Koudemiddelen
 - Natuurlijk: NH_3 , CO_2 , KWS
 - Synthetisch (F-gas wetgeving!)

- Directe expansie
 - Eenvoudig
 - Kleinere vermogens

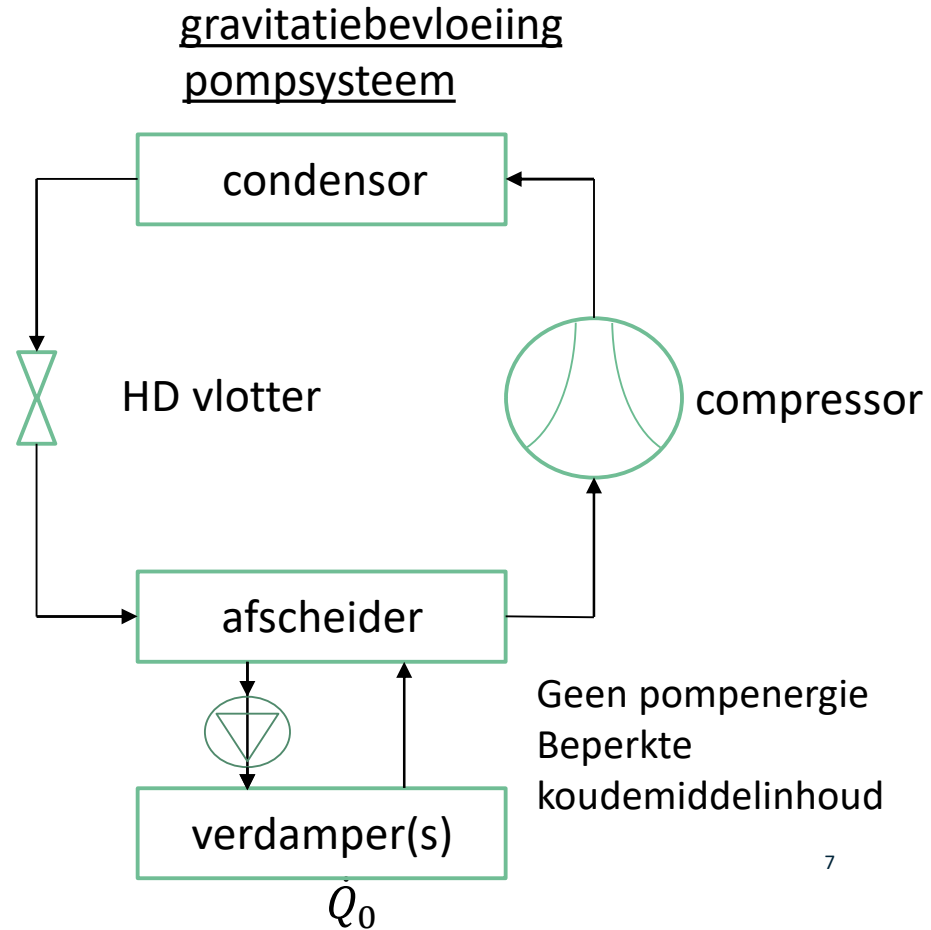


Compressiekoeling

- Koudemiddel in gesloten cyclus
- Verdamer
- Compressor
- Condensor
- Expansie-orgaan

- Koudemiddelen
 - Natuurlijk: NH_3 , CO_2 , KWS
 - Synthetisch (F-gas wetgeving!)

- Pompsysteem
 - Grotere vermogens
 - Efficiëntere werking



Compressiekoeling

Toepassingen

- Klimatisatie van burelen, fabriekshallen, ...
- Chillers
- Gekoelde en geklimatiseerde ruimtes
- Vriezers
- ULO- or CA-gecontroleerde ruimtes



Compressiekoeling

Sectoren

- Voeding
- Retail & handel
- Nucleair & elektriciteitsproductie
- Chemie & petrochemie
- Opslag & distributie & koel- en vrieshuizen
- Diensten, scholen, ziekenhuizen, hotels, kantoren
- Farmaceutische sector
- Ferro, non-ferro, textiel, papier
- Plastic en aanverwanten, bouwmaterialen
- Elektro en machineproductie
- Ontspanning
- Overheid



Papierindustrie

Systemoptimalisatie

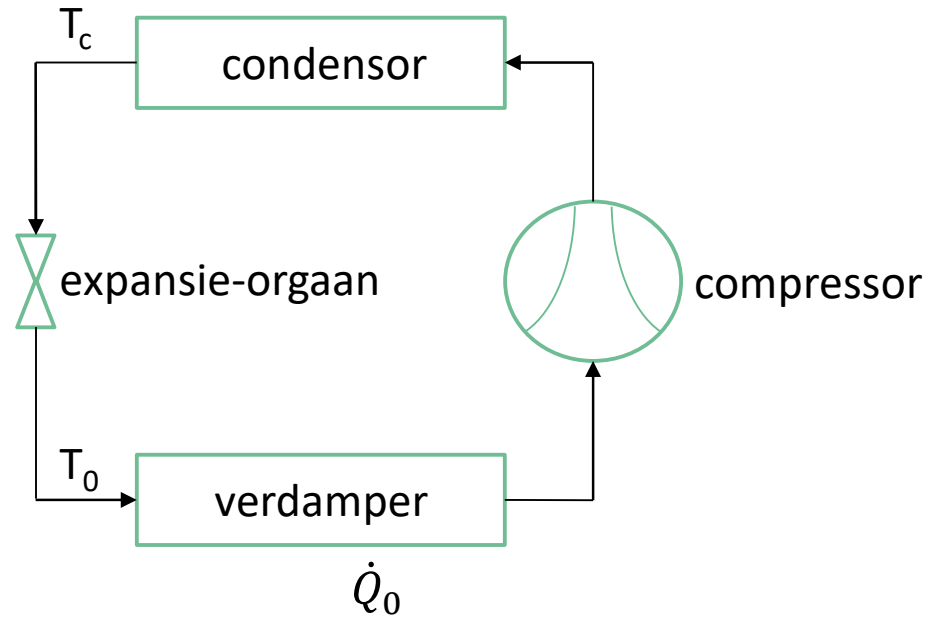
Systemoptimalisatie

$T_0 - 1 \text{ }^\circ\text{C} \rightarrow$ verbruik compressor + 3%

$T_c + 1 \text{ }^\circ\text{C} \rightarrow$ verbruik compressor + 2%

Voorbeeld

- $T_0/T_c = -10/45 \text{ }^\circ\text{C}$
- $Q_0 = 1000 \text{ kW}$
- NH_3



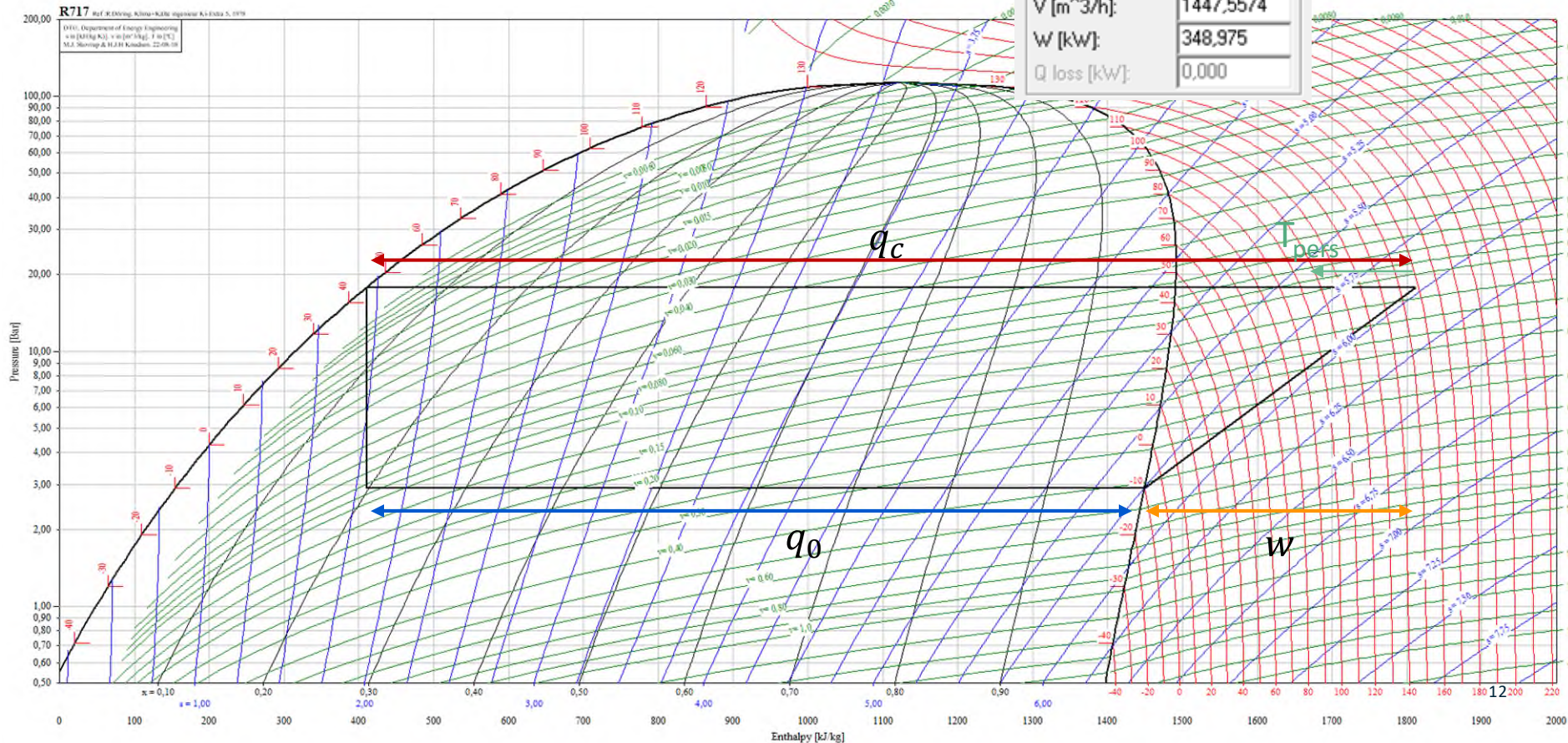
Systemoptimalisatie

COP = 2,87

REFERENTIE

Dimensioning:

Q _e [kW]:	1000,000
Q _c [kW]:	1348,975
m [kg/s]:	0,96265663
V [m ³ /h]:	1447,5574
W [kW]:	348,975
Q loss [kW]:	0,000



Systemoptimalisatie

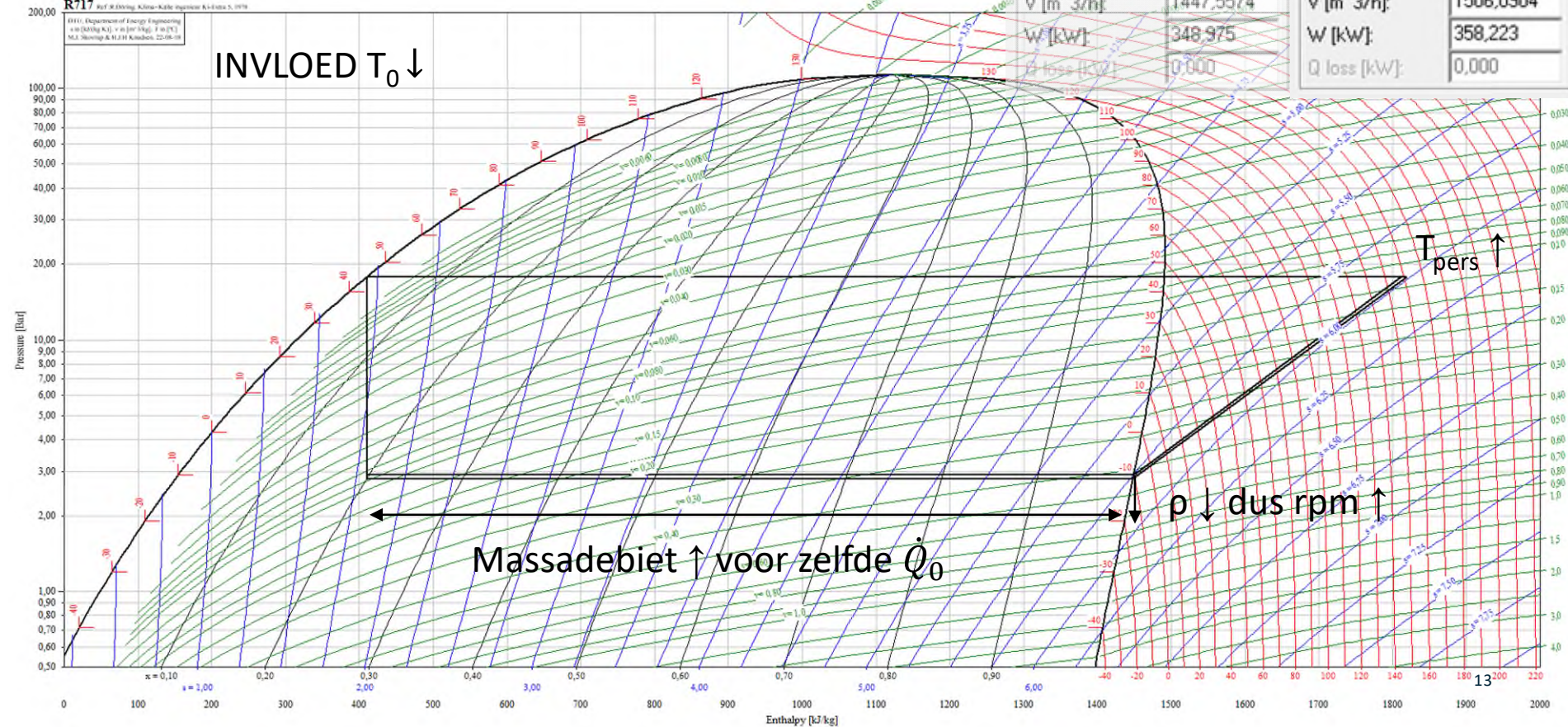
COP = 2,79
-2,6%

Dimensioning:	REF	Dimensioning:	REF
Qe [kW]:	1000,000	Qe [kW]:	1000,001
Qc [kW]:	1348,975	Qc [kW]:	1358,224
m [kg/s]:	0,96265663	m [kg/s]:	0,96378621
V [m ³ /h]:	1447,5574	V [m ³ /h]:	1506,0904
W [kW]:	348,975	W [kW]:	358,223
Q loss [kW]:	0,000	Q loss [kW]:	0,000

R717 Prof. Dr. Erhard Klotz - Kälte- und Kälteanlagen K1-Ersta 5, 1978

ETH Zürich, Department of Energy Engineering
© 2013, Prof. Dr. Erhard Klotz, ETH Zürich, Kälte- und Kälteanlagen K1-Ersta 5, 1978

INVLOED $T_0 \downarrow$



Systemoptimalisatie

COP = 2,80
-2,2%

Dimensioning:	REF	Dimensioning:	
Qe [kW]:	1000,000	Qe [kW]:	1000,000
Qc [kW]:	1348,975	Qc [kW]:	1356,878
m [kg/s]:	0,96265663	m [kg/s]:	0,96716638
V [m ³ /h]:	1447,5574	V [m ³ /h]:	1454,3388
W [kW]:	348,975	W [kW]:	356,878
Q loss [kW]:	0,000	Q loss [kW]:	0,000

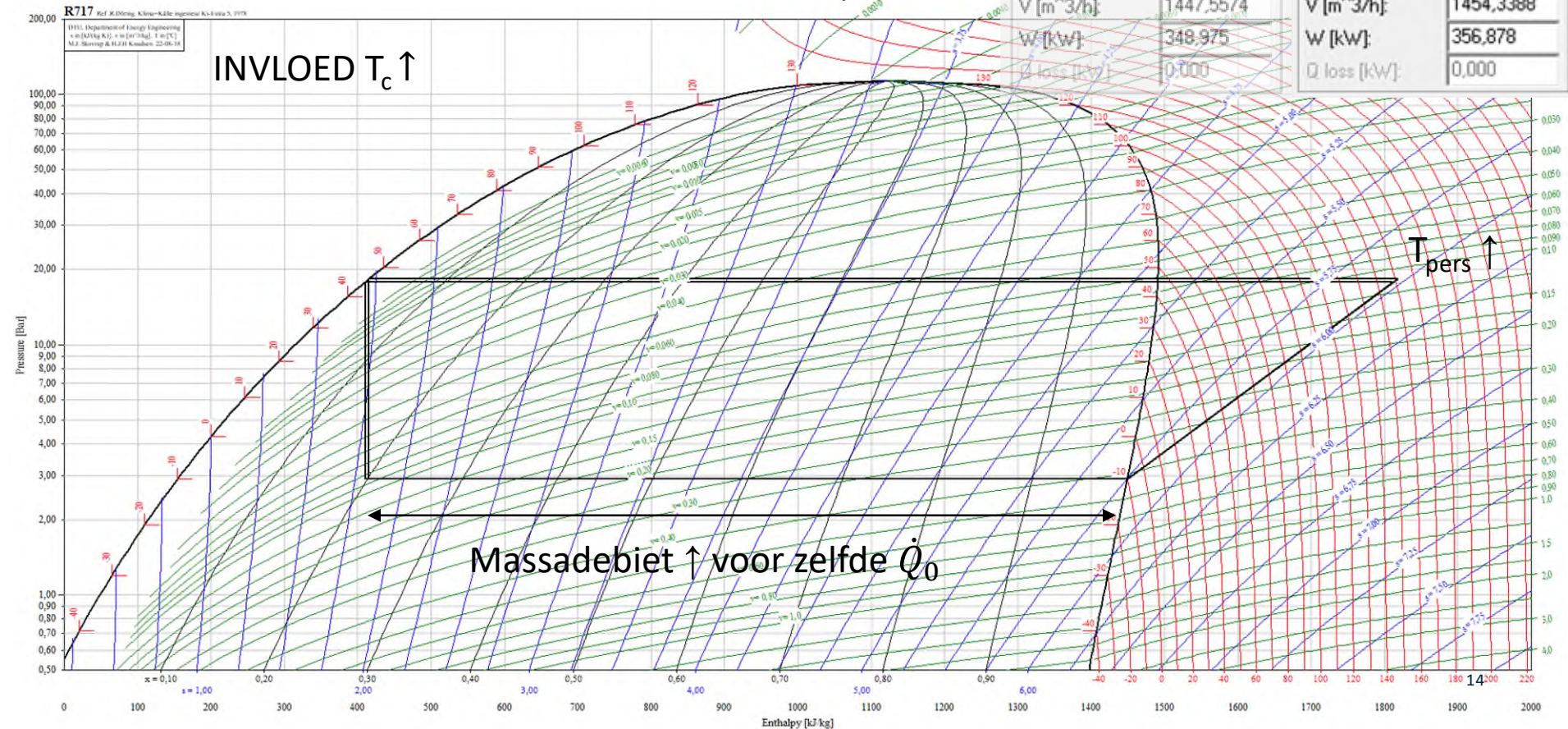
R717 Ref. J. Ding, Kluwer Academic Publishers, 2005

DfE, Department of Energy Engineering
= (Khalid Al-Jarrah) - via Prof. (Hadi) - 1-10-17
M.J. Starring & H.E.H. Knaflitz 22-08-18

INVLOED $T_c \uparrow$

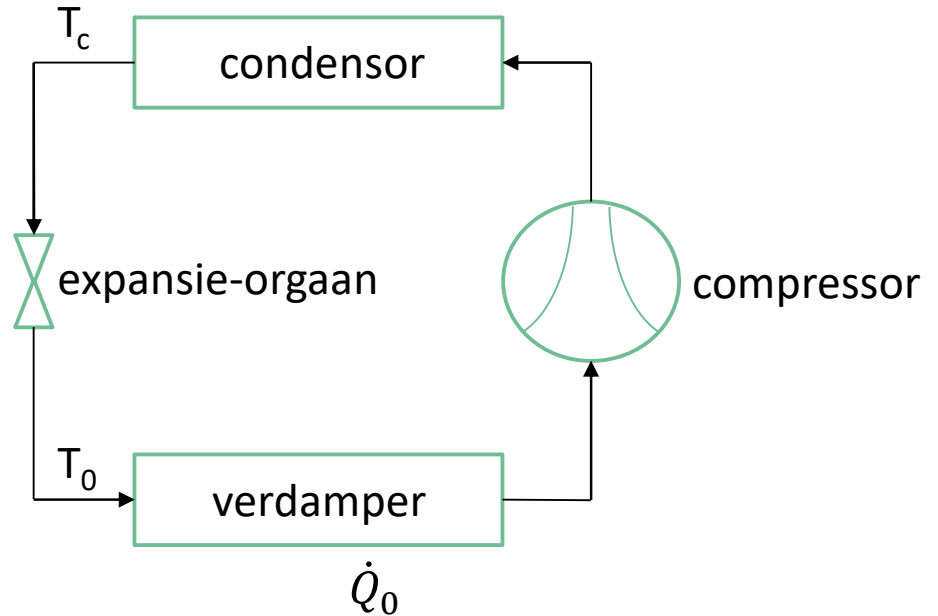
$T_{pers} \uparrow$

Massadebiet \uparrow voor zelfde \dot{Q}_0



Systemoptimalisatie

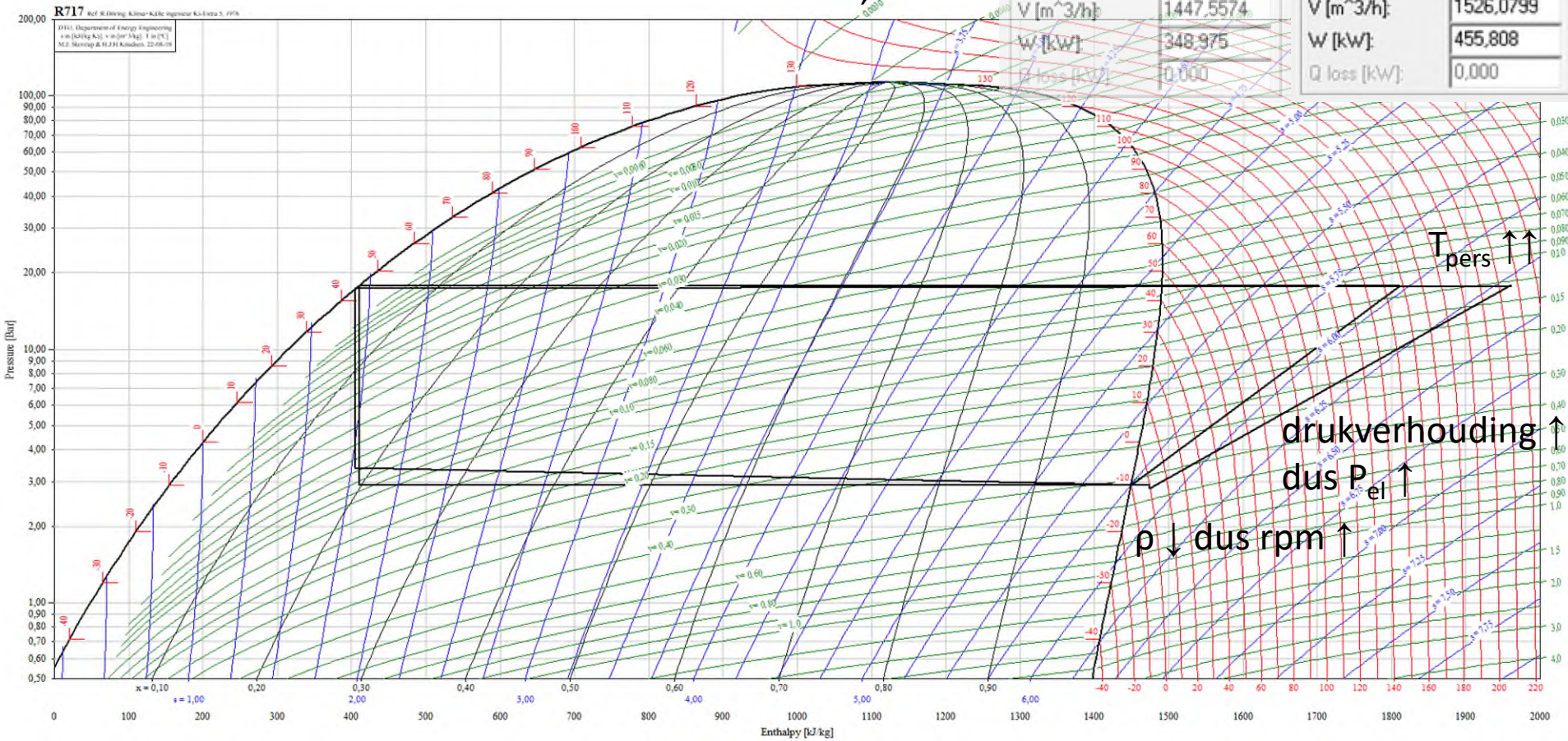
- Invloed van drukval
 - Verdamer
 - (Zuig- en pers)leidingen
 - Condensor
 - Kleppen compressor
 - ...



Systemoptimalisatie

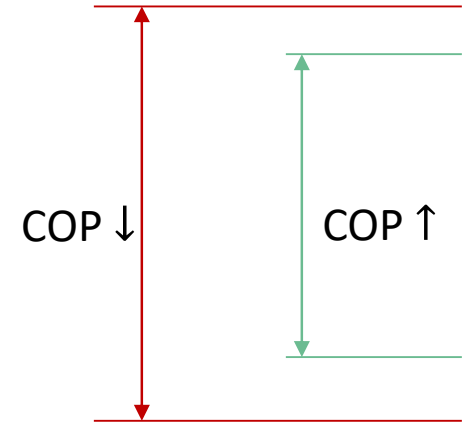
COP = 2,19
-23,7%

Dimensioning:	REF	Dimensioning:	
Qe [kW]:	1000,000	Qe [kW]:	1000,000
Qc [kW]:	1348,975	Qc [kW]:	1455,808
m [kg/s]:	0,96265663	m [kg/s]:	0,93560767
V [m ³ /h]:	1447,5574	V [m ³ /h]:	1526,0799
W [kW]:	348,975	W [kW]:	455,808
Q loss [kW]:	0,000	Q loss [kW]:	0,000



Systeemoptimalisatie

- Optimalisatie COP $\rightarrow T_0 \uparrow$ en $T_c \downarrow$
 - Beperk Δp over leidingen en appendages
 - Werkingsgebied compressor
 - Producteisen
 - Voldoende drukval over vlotters
 - Smering o.b.v. Δp bij kleine schroefcompressoren
 - Omgevingstemperatuur
 - Type condensor
 - Voldoende grote condensor en verdamper



Systemoptimalisatie

Directe expansie

- Kleine systemen
- 👍 Goedkoop
- ✗ Inefficiënt gebruik van koeler, groot oppervlakte voor gassen
- ✗ Lagere COP

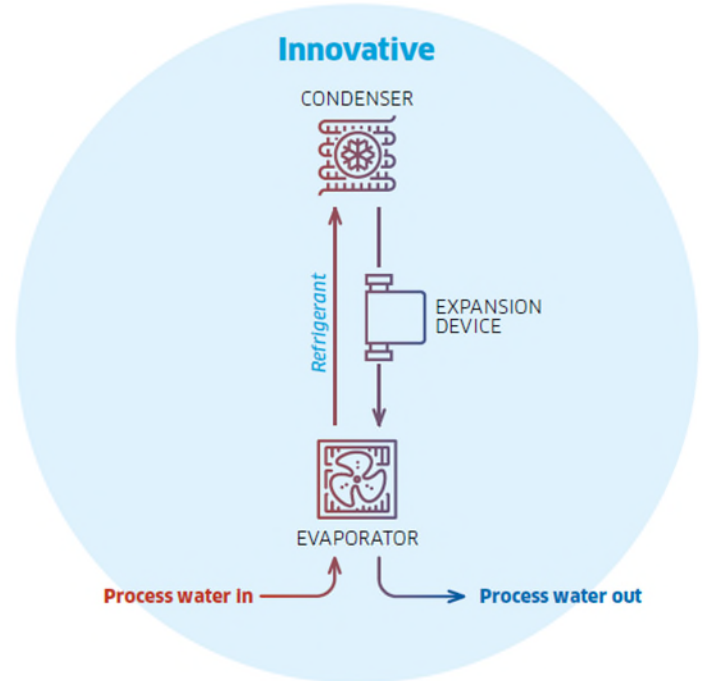
Pompsysteem / gravitatiebevoeiing

- Grotere systemen
- ✗ Duurder
- 👍 Efficiënt gebruik van koeler, volledige oppervlakte voor verdamping
- 👍 Hogere COP

→ TCO-analyse

Systemoptimalisatie

- Thermosifon-koeling
 - Hoge T koeling: $T > 15\text{ °C}$
 - Compressor staat uit bij lage omgevingstemperaturen
 - COP $\uparrow\uparrow$
 - Direct op koudemiddel
↔ traditionele dry-cooler



Compressor **does not operate**
at low outside temperatures

Systemoptimalisatie

- Verschillende temperaturen afscheiders/verdamper

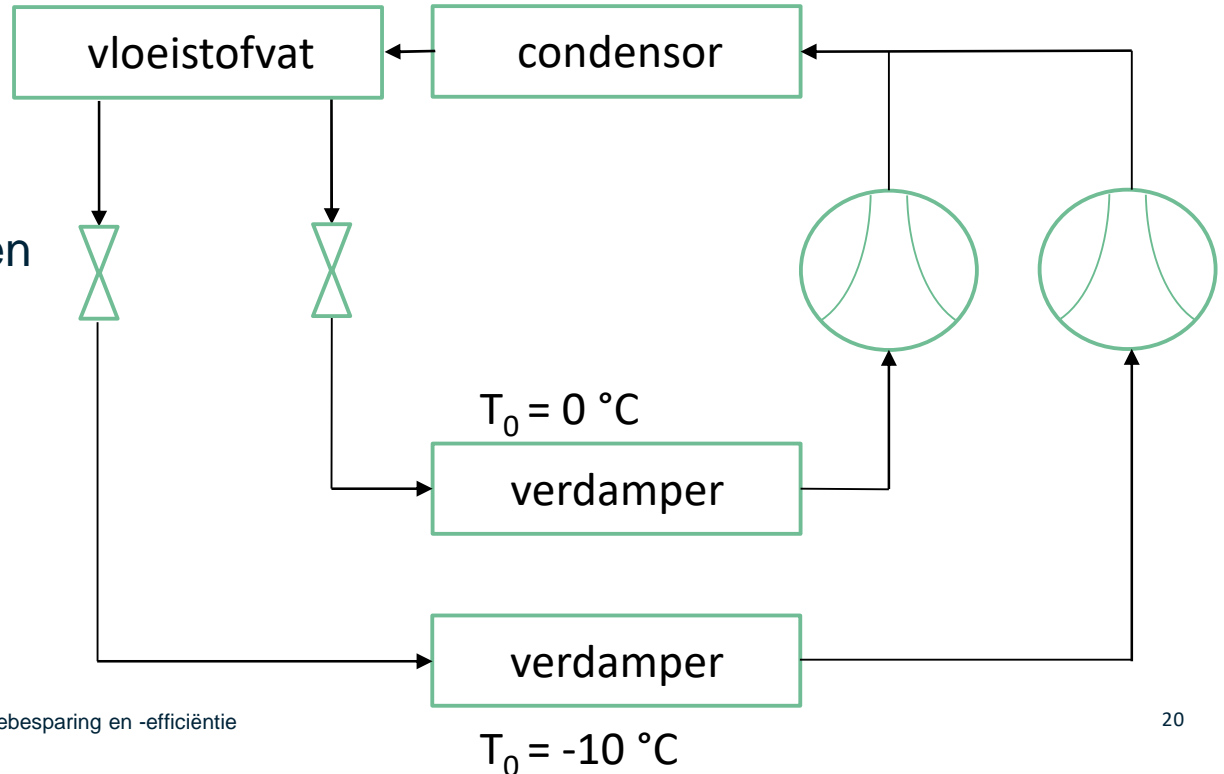
👍 COP

👍 Producteisen

✗ Kostprijs

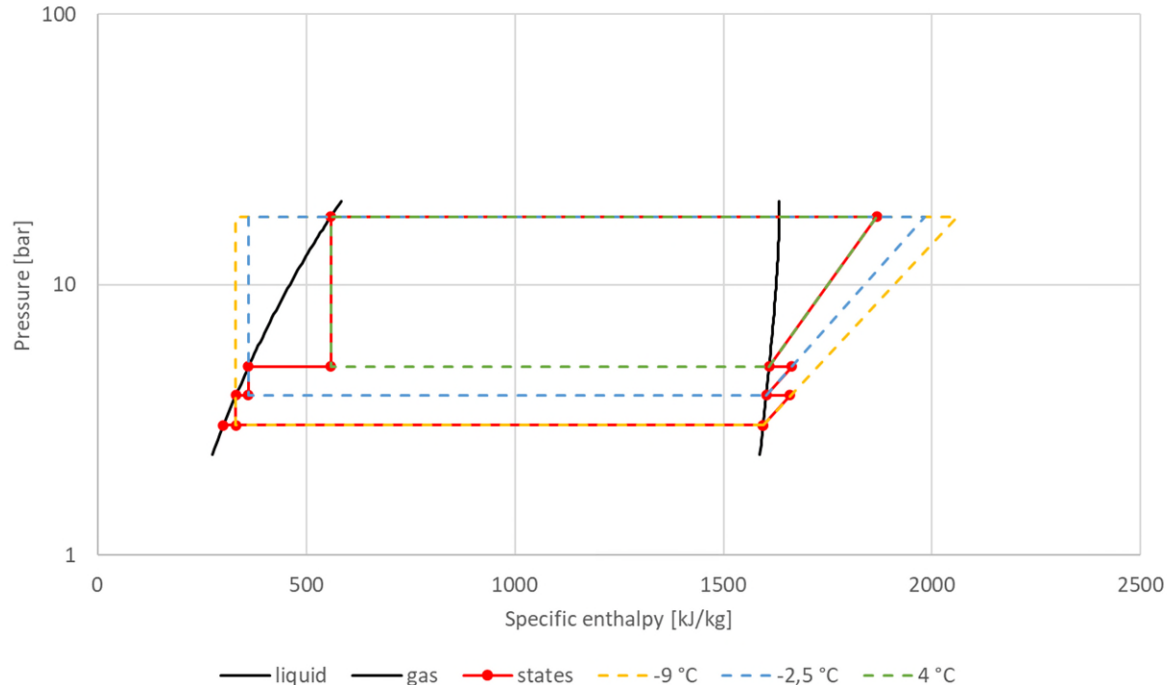
✗ # Componenten

➔ TCO-analyse



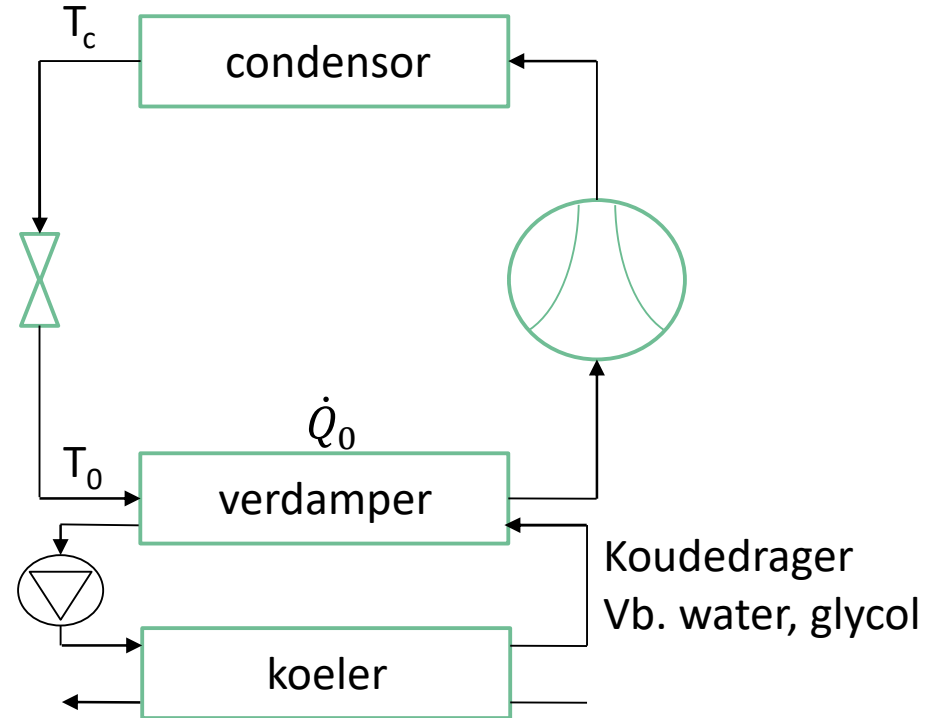
Systemoptimalisatie

- Verschillende temperaturen afscheiders/verdamper



Systemoptimalisatie

- Indirect \Leftrightarrow direct
 - Om hetzelfde product te koelen:
 - ✗ Lagere T_0
 - ✗ Lagere COP
 - ✗ Pompvermogen (secundair)
 - ✗ Grotere compressor en condensor
 - ✗ Grotere koelers
 - 👍 Beperkte koudemiddelinhoud
 - 👍 Geen koudemiddel in productieruimtes



Systemoptimalisatie

- Lucht in de installatie (NH_3)
 - $p_0 < 1 \text{ atm}$
 - Onderhoud
 - Bijvullen
 - ...
- ✗ Hogere persdruk
- ✗ Snellere slijtage compressoren door hoge T_{pers}
- ✗ Hoger energieverbruik condensorventilatoren
- ✗ Slechtere warmteoverdracht

→ Tijdig ontlichten: air purger !!



Wijbenga

Systemoptimalisatie

- Vocht in de installatie
 - Onderhoud
 - Bijvullen
 - Vocht in geleverde componenten
 - Te hoog watergehalte in koudemiddel
 - ...
- ✗ Lagere p_0
- ✗ Eigenschappen van ammoniak veranderen
- ✗ Snellere slijtage compressoren door vervuilde olie
- ✗ Hoger energieverbruik

➔ Water purger !!



Wijbenga

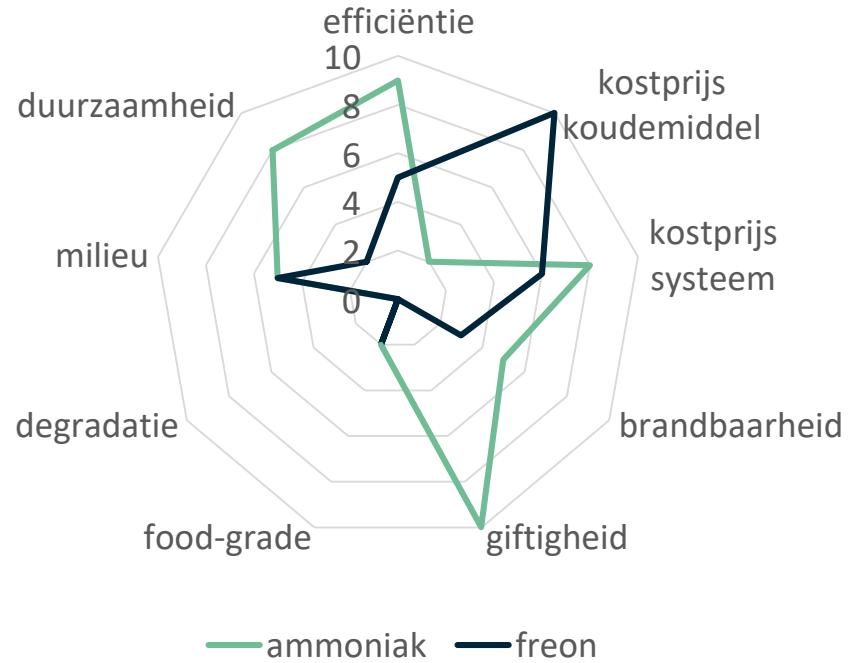
Systeemoptimalisatie

- Intelligente PLC-sturing ↔ aparte sturing per component
- Regelingen
 - Zuigdruk i.f.v. de koudevraag
 - Condensordruk
 - Ontdooiing
 - T_0 -regeling o.b.v. drukval over platenkoelers
 - Vorstbeveiliging
 - COP-optimalisatie
 - Verhouding debiet primair/secundair
 - ...

Systemoptimalisatie

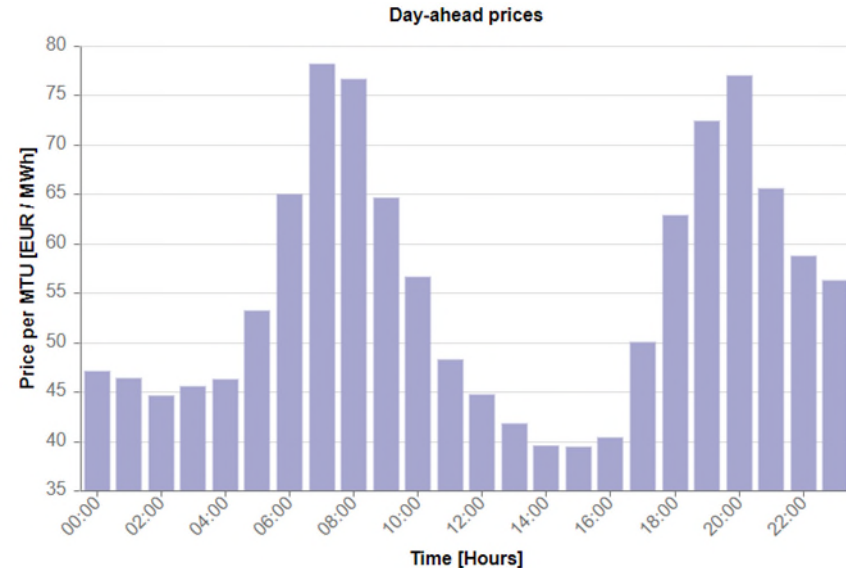
- Koudemiddel en koudedragers
 - ➔ Bedrijfsfilosofie
 - ➔ TCO

Schaal
0: weinig
10: veel



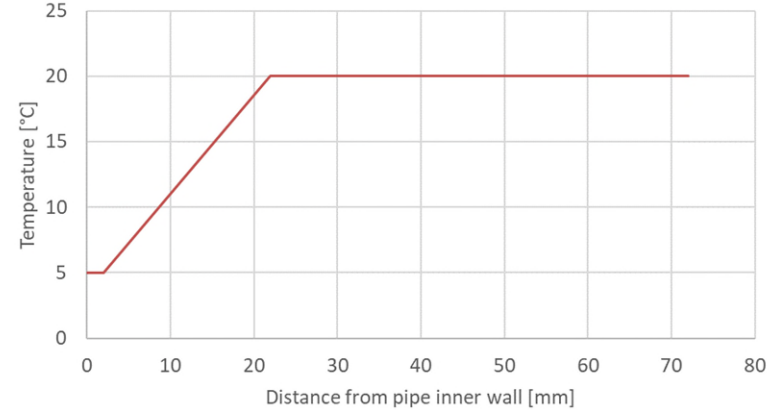
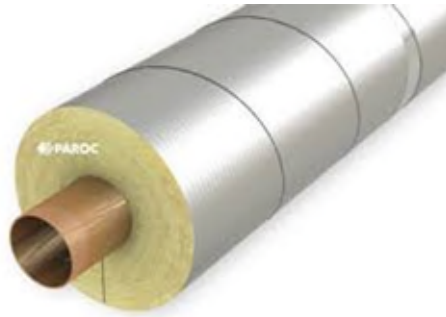
Systemoptimalisatie

- Koudeopslag in vriesruimtes
 - Overschot aan elektriciteit (PV-panelen)
 - Lagere elektriciteitsprijzen (lagere T_0 tijdens de nacht)
 - Goedkoper dan elektrische opslag



Systemoptimalisatie

- Isolatie
 - Gekoelde ruimte: isolatie en dampdicht (vb. sandwichpanelen)
 - Leidingen, componenten & appendages



Systemoptimalisatie

- Hydraulisch
 - Inregeling kranen
 - Vermijd menging warm/koud
 - Vermijd onnodige circulatie
 - Frequentiegestuurde pompen
 - Afstemming productietemperatuur en afnametemperatuur

Systemoptimalisatie

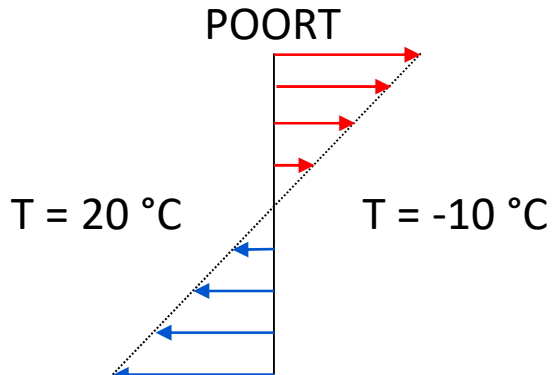
- Temperatuurzonering
 - Product, personeel, ...
- Beïnvloed luchtpatroon door onder- en overdruk
- Luchtdichtheid van gekoelde ruimtes
- Beperk vochtindringing
 - Condensvorming (gladde vloeren)
 - Rijpvorming (efficiëntie ↓)
- Beperk directe zonne-instraling op gekoelde ruimtes



Masterveil

Systemeoptimalisatie

- Beperk openstaande deuren en poorten naar gekoelde ruimtes
 - Vocht- en warmte-inbreng!
 - Automatisch sluiten o.b.v. tijd
 - Snellooppoort
 - Luchtgordijn
 - Drogers



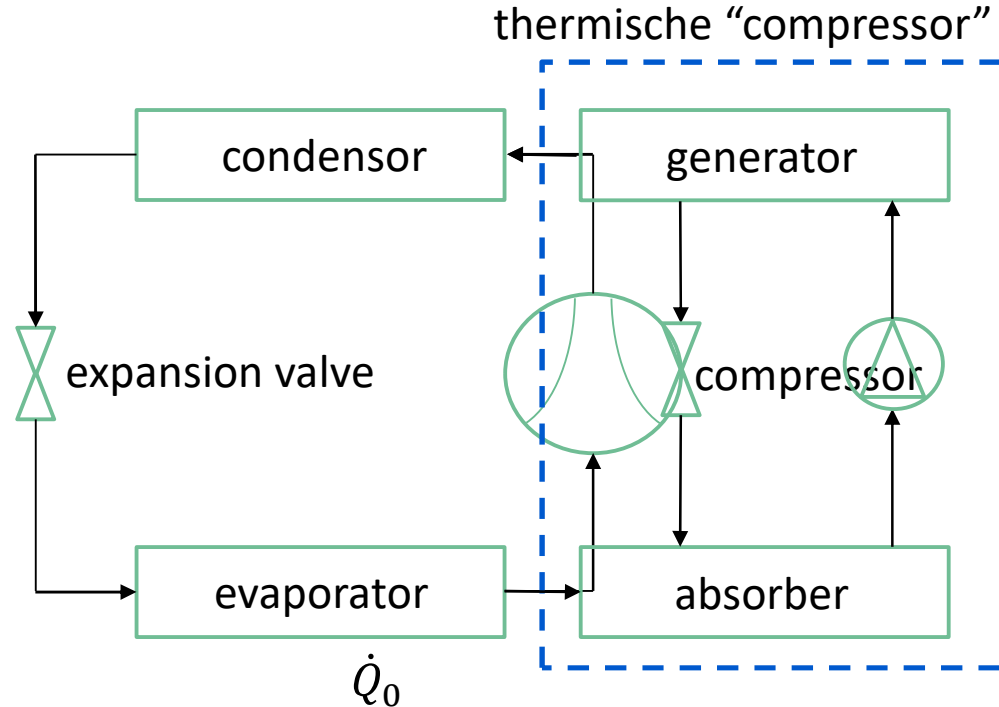
Visser



Masterveil

Systemoptimalisatie

- Absorptiekoeling
 - Restwarmte beschikbaar ($T > 85 \text{ }^\circ\text{C}$)
 - COP~0,5-0,65
 - Absorbent/koudemiddel
 - LiBr/water ($T > 0 \text{ }^\circ\text{C}$)
 - Water/ NH_3 ($T < 0 \text{ }^\circ\text{C}$)
 - Laag elektriciteitsverbruik
 - Enkel pomp



Systemoptimalisatie

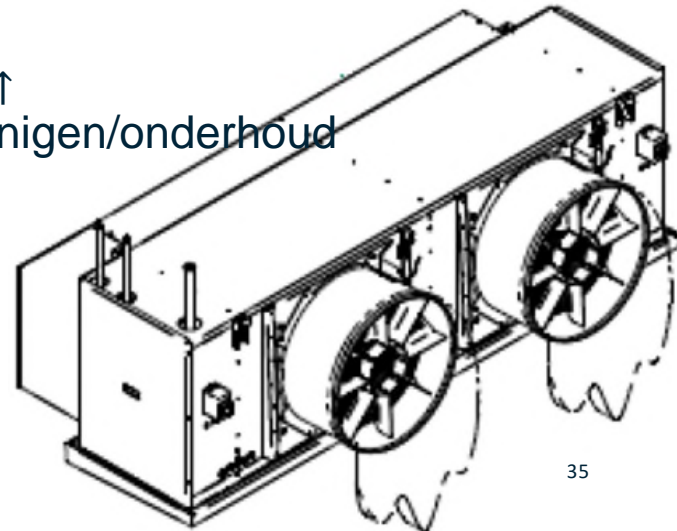
- Absorptiekoeling



Componentoptimalisatie

Componentoptimalisatie

- Verdampers/luchtkoelers
 - Vlnafstand
 - 4 mm – 7 mm – 12 mm
 - Vb. ontvochtigen sas: 7 mm i.p.v. 4 mm
 - Zuigend / blazend
 - Beperken vochtverlies: blazende koeler (bron: LuVe)
 - Betere luchtverdeling over het blok \leftrightarrow zuigende koeler
 - EC \leftrightarrow AC
 - EC: regelen van debiet $\rightarrow P_{el} \sim \text{rpm}^3$
 - Over-dimensionering \rightarrow kleinere $\Delta T \rightarrow \text{COP} \uparrow$
 - Scharnieren op ventilatoren \rightarrow makkelijk reinigen/onderhoud
- Selectie = f(toepassing)
 - Wel of niet ontvochtigen
 - Blast vriezer
 - Bewaarcel
 - ...

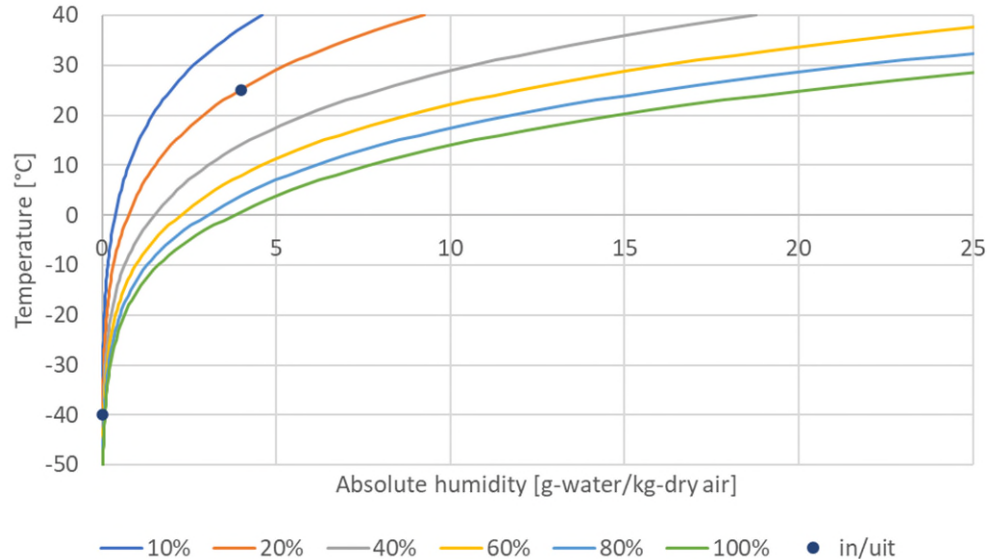


Componentoptimalisatie

- Verdampers/luchtkoelers

Voorbeeld vochtinbreng

- $T_1 = 25 \text{ °C}$, $RV_1 = 50\%$
- $T_2 = -40 \text{ °C}$, $RV_2 = 90\%$
- $157 \text{ m}^3/\text{u}$ lucht door deur
- $\sim 2 \text{ kg/u}$ vochtinbreng



Systeme optimalisatie

- Efficiënt ontdooien
 - Ontdooikap en ontdooisok → houdt warmte in de koeler
 - Beperk de ontdooitijd
 - Temperatuur koelerblok
 - Sublimatie-ontdooiing bij kleine koelsystemen
 - Persgas ↔ elektrisch
 - Persgas: ontdooiing van binnen naar buiten (efficiënt)
 - Elektrisch: meer opwarming van de koelerblok (minder efficiënt)
+ extra plaats nodig voor weerstanden
 - Dooiwater opvangen en recupereren

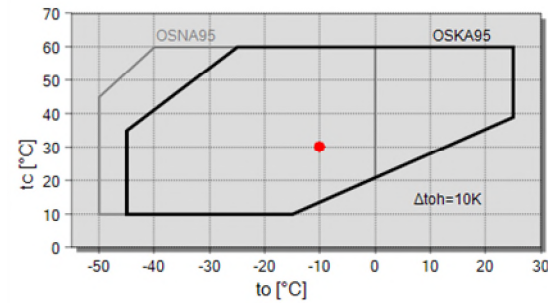
Componentoptimalisatie

- Vloeistofafscheimers
 - Opvangen fluctuaties in belasting
 - Optimalisatie L en D naar prijs en efficiëntie
 - Vermijd druppels naar de compressoren !
 - Respecteer minimumniveau
 - Demister → minder materiaal
- Voorkeurvast
 - Thermosifon-oliekoeling



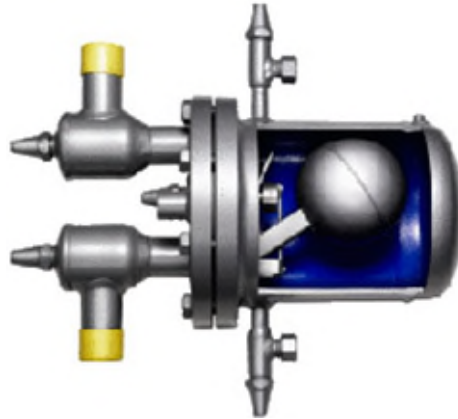
Componentoptimalisatie

- Compressoren
 - Werkingsgebied
 - Selectie
 - Min. deellast en vollast
 - Identieke types voor makkelijk onderhoud ⇔ andere types / grootte voor optimale deellastwerking
 - Schroef voor vollast + zuiger voor deellast
 - Min. en max. T_c
 - (tijdelijke) verhoging T_c voor extra warmterecuperatie
 - Ecoport bij schroefcompressoren
 - Beperk # start/stops:
 - Frequentiedrive
 - Kleplichting
 - By-pass (kortstondig)



Componentoptimalisatie

- Vlotter
 - Nodige drukval
 - Vollast / deellastwerking
 - HD vlotter / LD vlotter (condensaat bij persgasontdooiing)



Componentoptimalisatie

- Condensors
 - Type afhankelijk van toepassing
 - Luchtgekoeld
 - Adiabatisch
 - Verdampingscondensator
 - Watergekoeld (+ koeltoren)

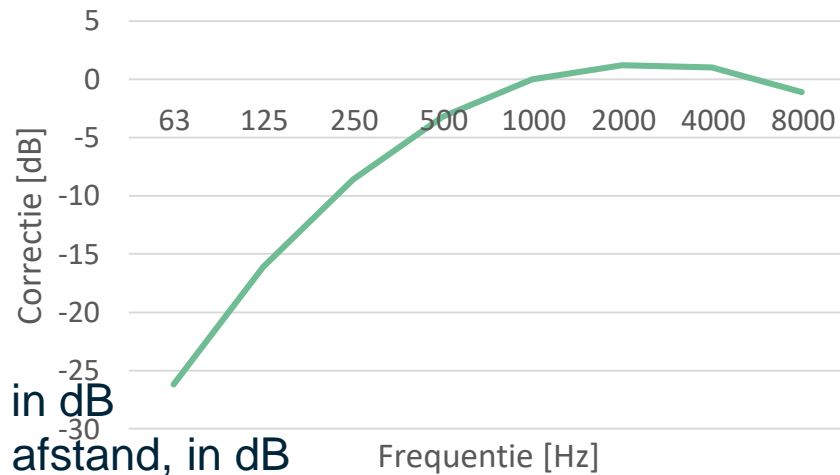
Componentoptimalisatie

- Condensors
 - Vinafstand
 - ALMg vinnen → langere levensduur
 - EC ⇔ AC
 - Scharnieren op ventilatoren → makkelijk reinigen/onderhoud
 - Stof en vuil → lagere efficiëntie
 - Dieptereiniging
 - Filters



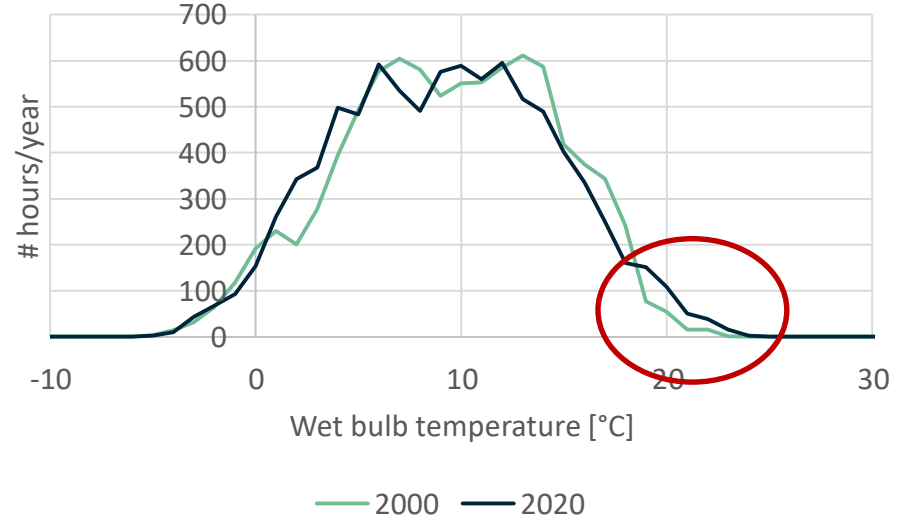
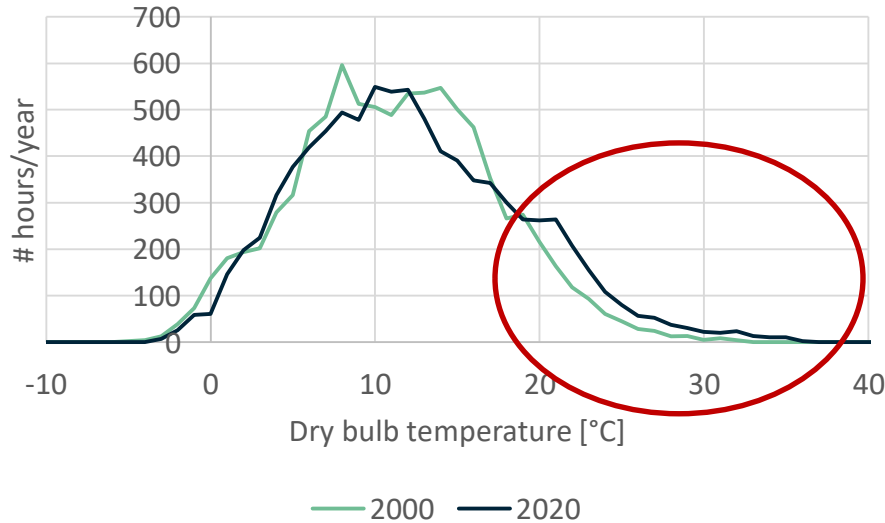
Componentoptimalisatie

- Condensors
 - Geluid
 - + 3 dB → dubbel zo luid!
 - Geluidsvermogen: bij de bron, in dB
 - Geluidsdruk: op een bepaalde afstand, in dB
 - dB(A) → filter op basis van gehoor
 - Oplossingen
 - Aftoeren / grotere diameter
 - Demper inlaat → (hoger E-verbruik)
 - Demper uitlaat centrifugaalventilatoren (hoger E-verbruik)
 - Waterverdeling bij koeltorens
 - Overslaan van resonantiefrequenties (trillingen)
 - Afscherming e.d.



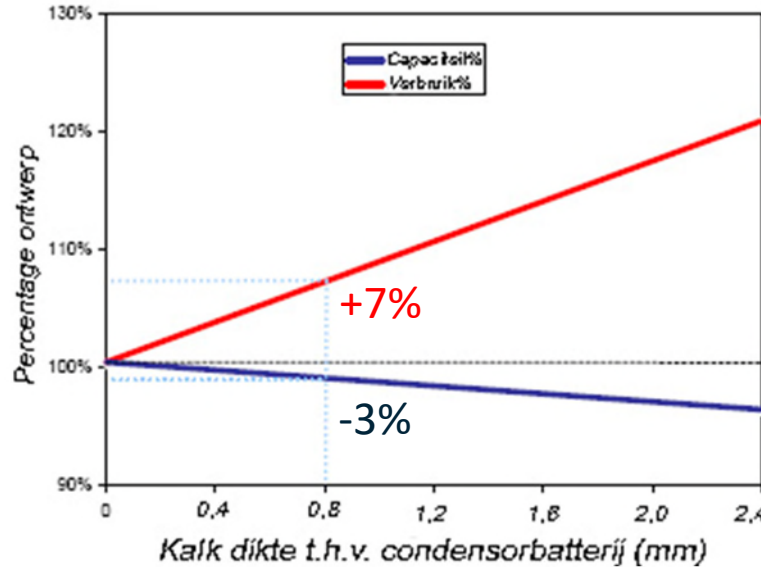
Component optimalisatie

- Condensors
 - Dimensionering



Componentoptimalisatie

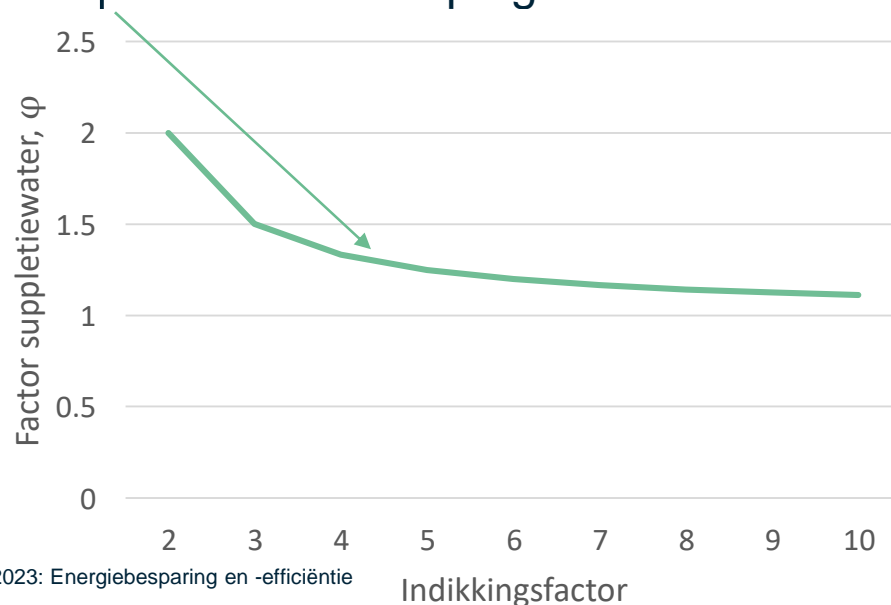
- Verdampingscondensers / koeltorens
 - Gebruik digitale sturing (0-1) voor waterpomp
 - Normale werking bij 80% → 50% P_{el}
 - Werking bij 100% op warme dagen → 100% P_{el}
 - Invloed van kalk ($T_0/T_c = -18/35$ °C), biologische afzetting



→ waterbehandeling

Componentoptimalisatie

- Verdampingscondensoren / koeltorens
 - Waterbehandeling: indikkingsfactor \leftrightarrow energieverbruik
 - Suppletie = waterverdamping + spui (+ spatverlies)
 - Suppletie = φ x waterverdamping



Componentoptimalisatie

- Oliesysteem
 - 👍 Smering lagers, schroefcompressor, asafdichtingen, ...
 - ✗ Lagere efficiëntie door olie in warmtewisselaars
 - ✗ Olie blijft voornamelijk achter op koudste plaatsen
 - ✗ Uiteenvallen van olie bij hogere temperaturen
 - ✗ Oplosbaarheid (freon, CO₂) of geen oplosbaarheid (NH₃)
- Olieafscheiders → beperking olie-uitstoot compressoren
 - (Secundaire, tertiaire) olieafscheiders
- Oliekoeling
 - Thermosifon, glycol, water, ...

Componentoptimalisatie

- Olieterugvoer
 - Handmatig of automatisch
 - $\text{NH}_3 \rightarrow$ olie zakt naar beneden
 - Persgas-retoursysteem
 - “Bleeding”: Koudemiddel dampst uit en olie wordt via persgas teruggestuurd naar de compressoren
 - Oliefiltering \Leftrightarrow olie-aftap + nieuwe olie



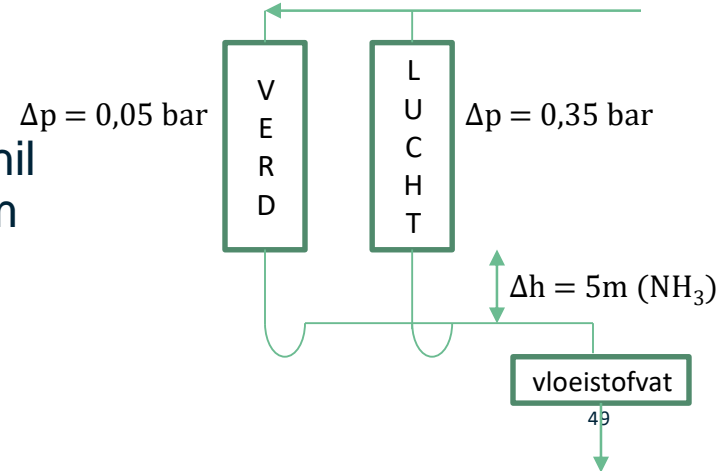
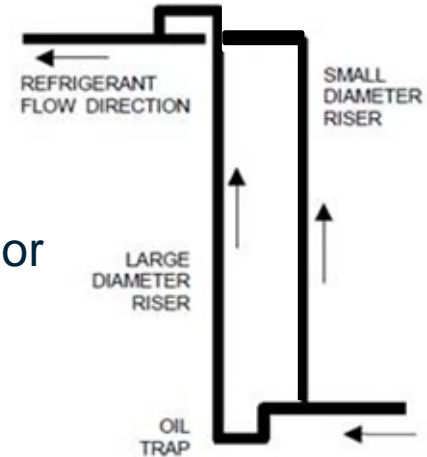
Wijbenga



AWP OF

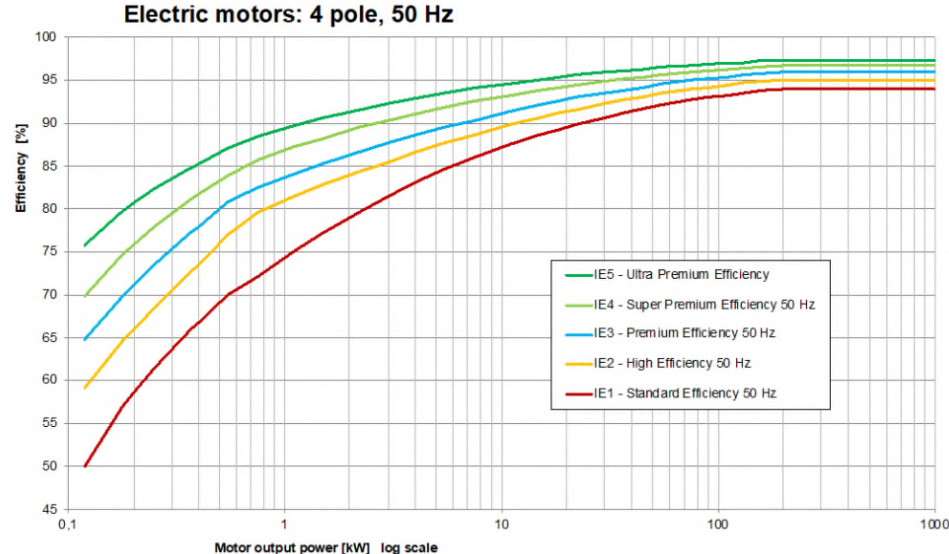
Component optimalisatie

- Leidingontwerp
 - “dubbele riser” → voldoende snelheid voor olieterugvoer naar de compressoren
 - Olietrap → opvang olie
 - Meerdere verdamper op centrale zuigleiding
 - Lange persleiding
 - ...
 - “wandelstokken” → egalisatie drukverschil condensors door statische vloeistofkolom



Component optimalisatie

- Motor stuk → vervang door IE4 of IE5

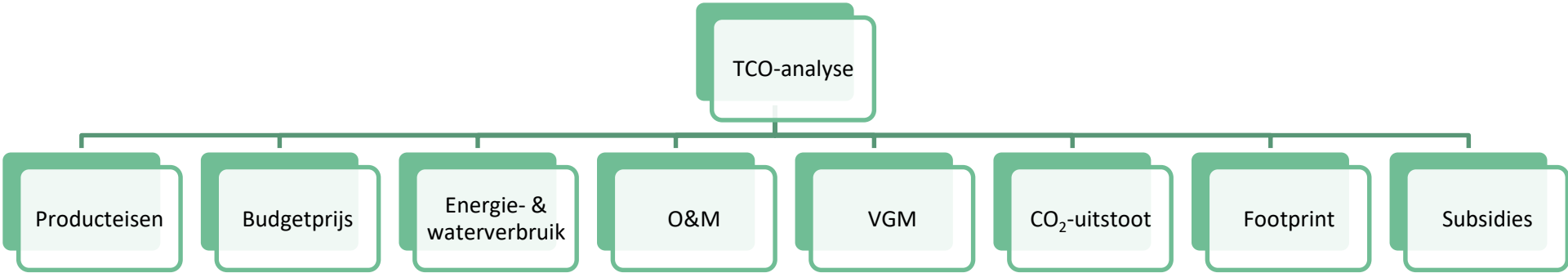


- Gebruik frequentiedrive bij sterke deellastwerking ($\eta \sim 97\%$)

Bedrijfsvisie

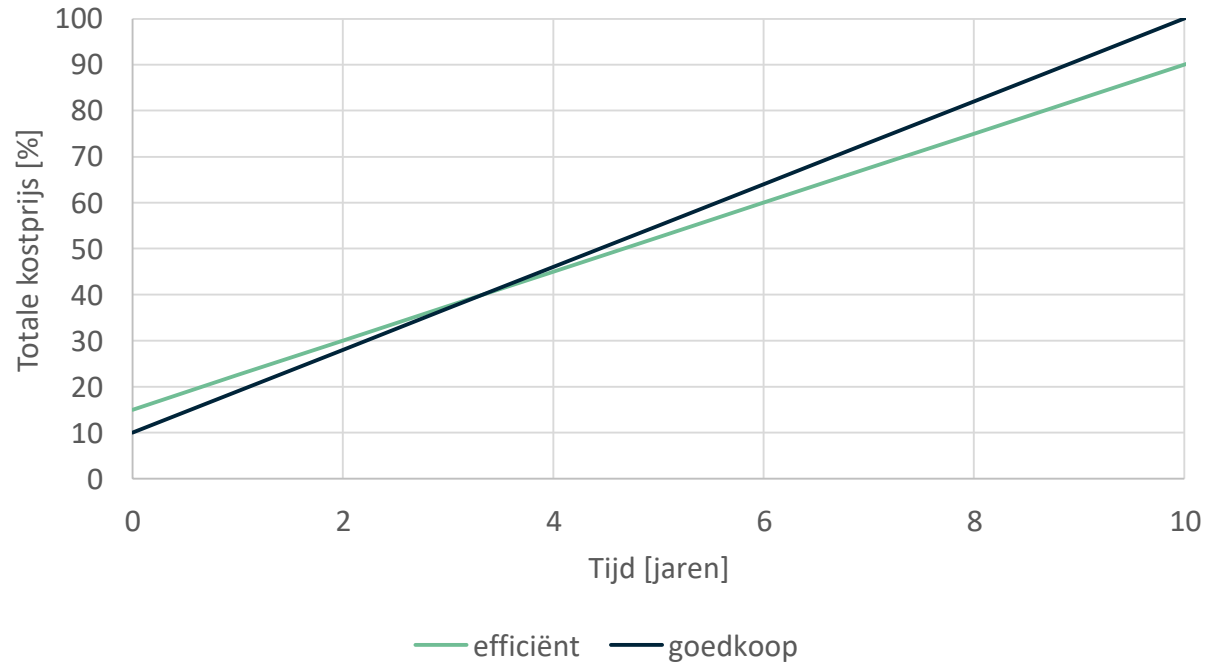
TCO-analyse

TCO = Total Cost of Ownership



TCO-analyse

Investeringskost << totale kosten koelinstallatie



Begrippen

Terugverdientijd: TVT of Return on Investment: ROI

- Vergelijken met iets dat weg gaat of niet meer wettelijk toegelaten is (gas, type koudemiddel, ...)
- Korte termijnvisie! → niet (altijd) het juiste begrip !



Total cost of ownership: TCO

Total equivalent warming impact: TEWI

Levenscyclusanalyse: LCA

Duurzaamheid: people, planet, profit: PPP

...

“Groen”?

- Is koeling noodzakelijk?
- Koudemiddel, koudedragers
- Elektriciteitsverbruik en opwekking van elektriciteit → CO₂-uitstoot (klimaat)
- Materialen, materiaalontginning & -bewerking → LCA
- Duurzaamheid, hernieuwbaarheid, bio-afbreekbaarheid, ...
- Impact op mens en milieu
- ...

CFD-simulatie

Temperatuursbeeld
Stromingsbeeld

Diverse sectoren

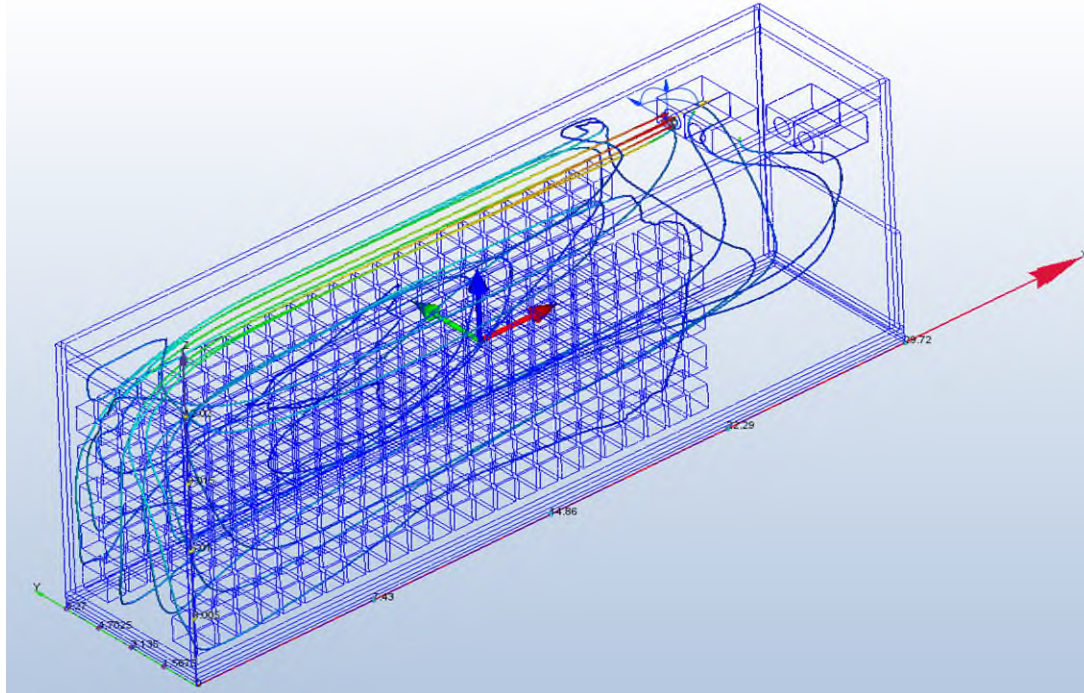
Vriesruimte – Farmaceutische sector

Doelstelling

- Luchtverdeling/steunventilatoren?
- Temperaturen: hot & cold spots
- Productkwaliteit
- Besparing tijd en middelen tijdens uitvoering
- Bevestiging door thermal mapping

Vriesruimte – Farmaceutische sector

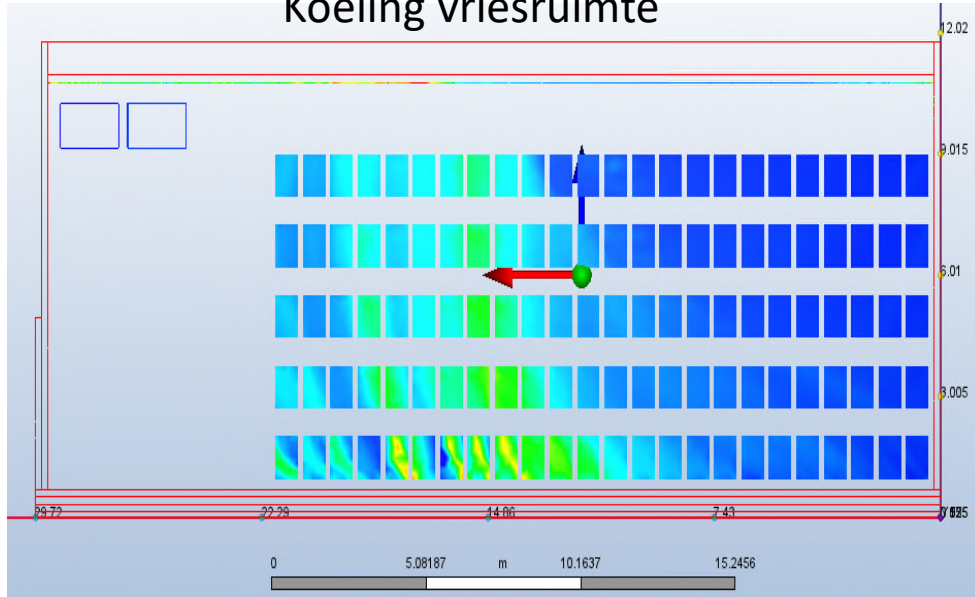
Luchtworp is voldoende → geen steunventilatoren



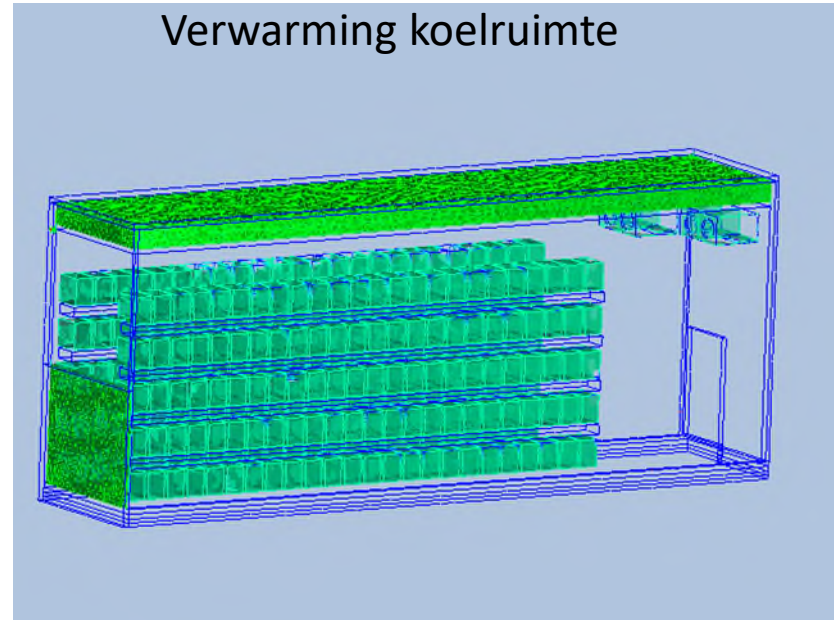
Vriesruimte – Farmaceutische sector

Temperatuursverdeling binnen toleranties

Koeling vriesruimte



Verwarming koelruimte

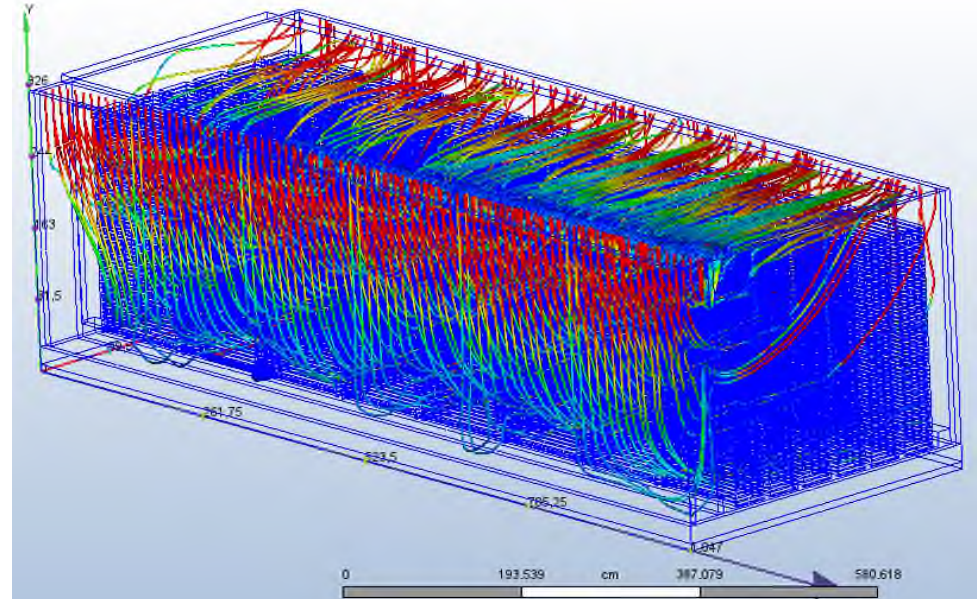


Droogkamer – Voeding

Doelstelling

- Optimalisatie luchtverdeling
- Productkwaliteit

Slechte luchtverdeling

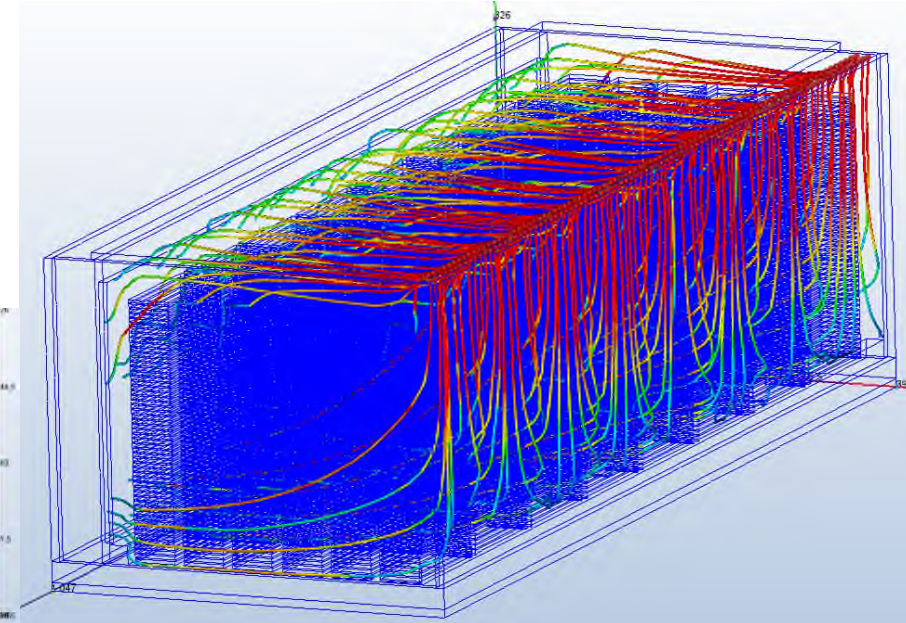
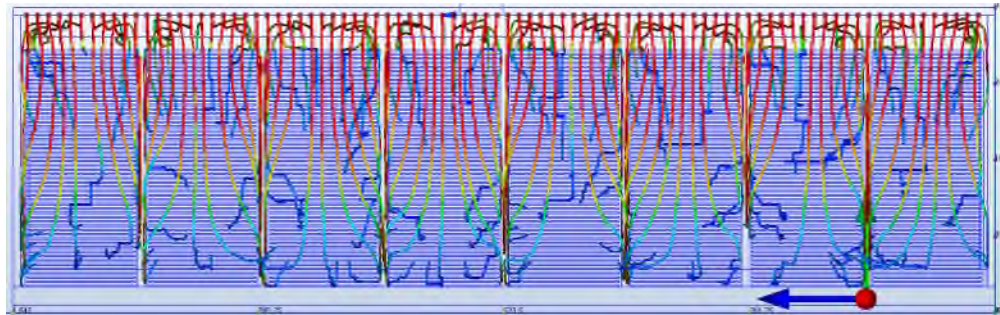


Droogkamer – Voeding

Doelstelling

- Optimalisatie luchtverdeling
- Productkwaliteit

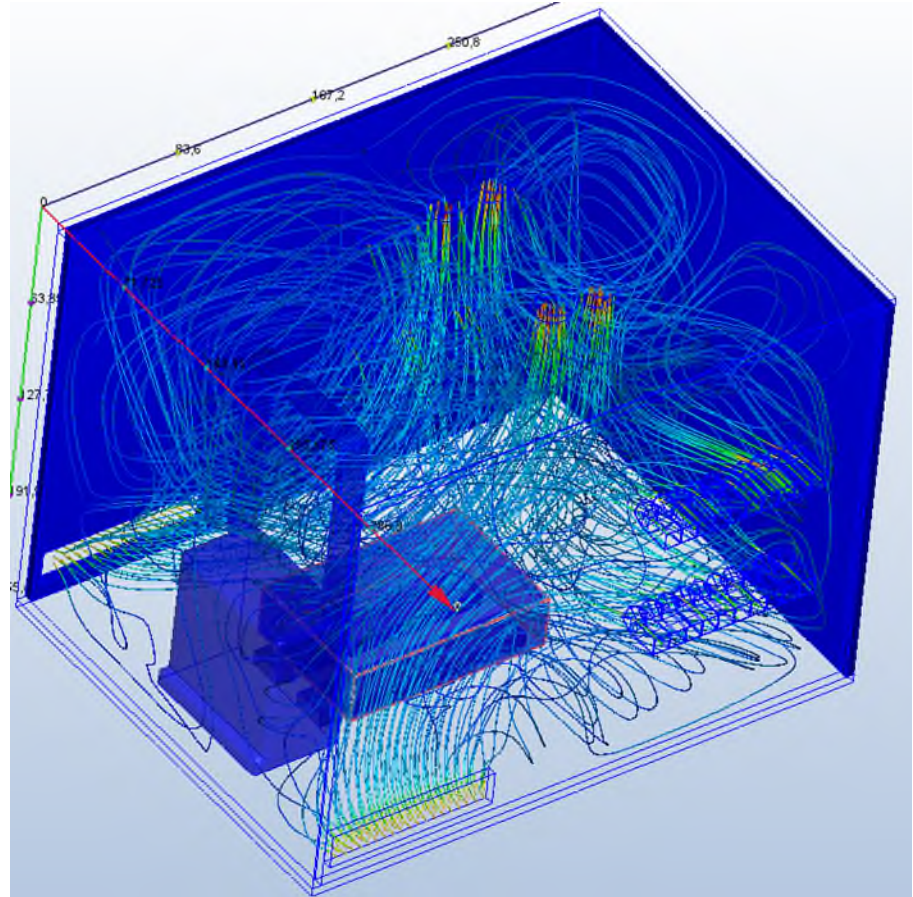
Goede luchtverdeling



Luchtkamer – Farmaceutische sector

Doelstelling

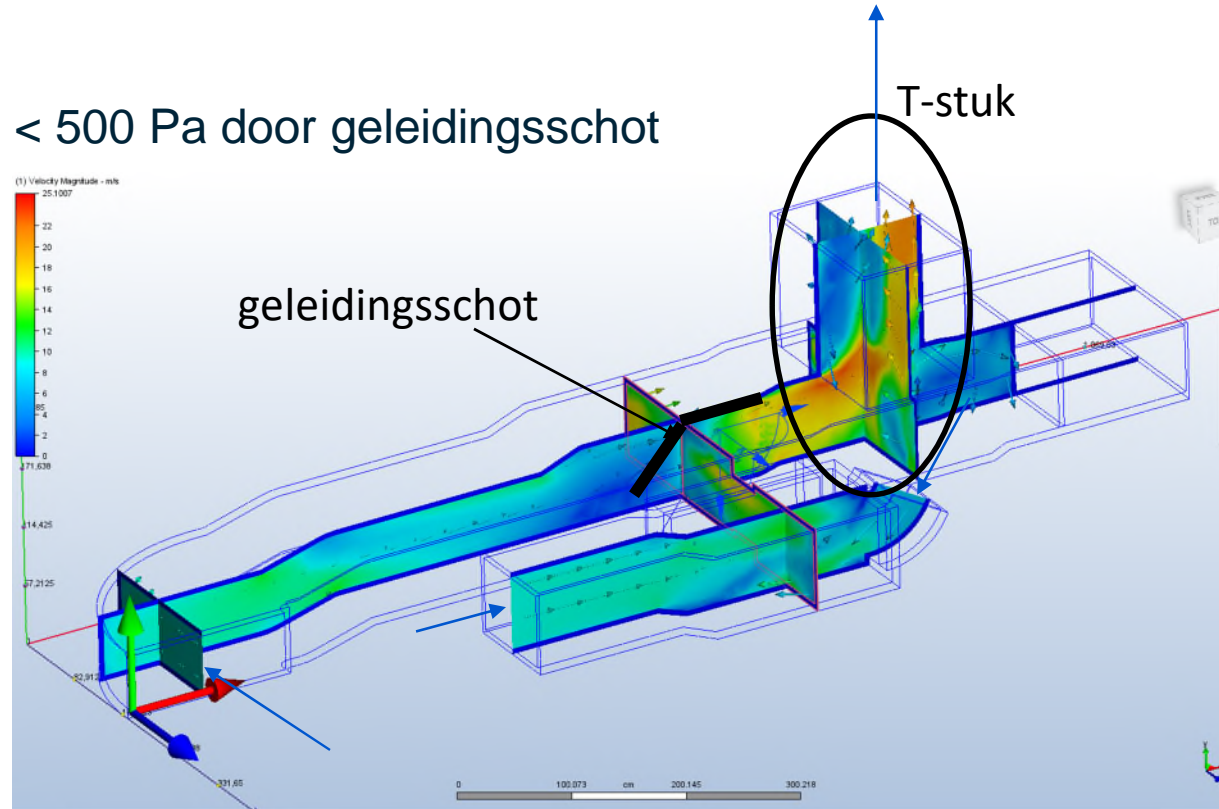
- Luchtdouche van materiaal
- Clean operations



Luchtkanaal – Chemie

Doelstelling

- Drukval T-stuk uitlaat < 500 Pa door geleidingschot
- Energieoptimalisatie



Warmterecuperatie & warmtepomp

Warmterecuperatie

- Beschikbare warmte
 - Persgassen: klein vermogen $\rightarrow T_{\text{water}} \sim 70 \text{ }^\circ\text{C}$
 - Condensor: groot vermogen $\rightarrow T_{\text{water}} \sim 30\text{-}35 \text{ }^\circ\text{C}$
 - Onderkoeling: efficiëntie \uparrow , klein vermogen $\rightarrow T_{\text{water}} \sim 20\text{-}30 \text{ }^\circ\text{C}$
 - Oliekoeler: klein vermogen $\rightarrow T_{\text{water}} \sim 45 \text{ }^\circ\text{C}$
 - Andere bronnen?
- Zomer/wintercondities
- Warmterecuperatie en warmteverbruikers
 - Gelijktijdigheid \rightarrow buffer?
 - Afstand \rightarrow haalbaarheid project?

👍 Gasverbruik \downarrow

👍 Rendement koelinstallatie \uparrow

Warmterecuperatie

- Toepassingen
 - CIP-water/kuiswater
 - Sanitair warm water
 - Verwarmingsbatterij
 - Vloerverwarming
 - Rijskasten
 - Chocoladetanks
 - Proceswarmte
 - ...



Warmtepomp

- ENGINEERING, INSTALLATEUR & ONDERHOUD
 - Direct op persgassen
 - Add-on
 - Aparte installatie
- INTEGRATOR & ONDERHOUD
 - Mechanische damprecompressie
 - Absorptie
 - Adsorptie
 - Reversed Sterling
 - Warmtetransformator
 - ...





Thomas De Cuyper, Account manager, HVAC & Cooling North
thomas.decuypere@equans.com