

Integratie van warmtepompen

Masterclass Industriële warmtepomp

1 oktober 2026

Jera Van Nieuwenhuyse, Rien De Koster, Kris Van Hege

Ervaren energie en CO₂ consultants

Frank
Koninckx



- ingenieur elektromechanica
- +30 jaar industriële ervaring
- erkend energiedeskundige sinds 2003
- sector overschrijdend (agrovoeding, chemie, raffinaderij, ...)
- Modelleren & strategie

Aldo
Peeters



- ingenieur elektromechanica
- +20 jaar industriële ervaring
- erkend energiedeskundige sinds 2006
- Technologie expert
- Bijzondere kennis over e-mobiliteit

Mieke
Dams



- Chemisch en biochemisch doctor ingenieur
- +20 jaar industriële ervaring
- erkend energiedeskundige sinds 2013
- petrochemische sector
- ISO50001-, energie- en CO2-strategie

Rien
De Koster



- Energie ingenieur
- +10 jaar industriële ervaring
- erkend energiedeskundige sinds 2016
- sector overschrijdend (agrovoeding, chemie, ...)
- Data, modellering en strategie

Kris
Van Hege



- Metallurgisch en biochemisch doctor ingenieur
- +20 jaar industriële ervaring
- erkend energiedeskundige sinds 2022
- sector overschrijdend (agrovoeding, metallurgisch, ...)
- ISO50001 en CO2

Jera Van
Nieuwenhuyse



- ingenieur elektromechanica
- doctor in mechanical engineering
- energie efficiëntie in industriële processen
- Industriële (hoge temperatuur) warmtepompen

CO₂ roadmap

een CO₂-roadmap schetst historische broeikasgas-emissies, kwantificeert de werkelijke emissieniveaus en werkt scenario's voor de toekomst uit, op basis van activiteits- en groeiaannames. Enersangi staat in voor het opstellen van uw CO₂-roadmap, identificeert en berekent maatregelen voor emissiereducties en zorgt voor een adequate en nauwkeurige rapportage voor interne of externe belanghebbenden.

Energiemanagement

Energiemanagement is een multidisciplinair onderwerp geworden. Enersangi ondersteunt u met haar expertise op het gebied van implementatie van energiebeheer (bv ISO 50001), gegevensbeheer, energieregulering, interne en externe rapportage en verificatie van energiefacturen.

Energieplan

Een energieplan is een must voor kosteneffectieve verbeteringen van energie-efficiënte, voor rapportage en naleving van regelgeving. Met hun expertise op vlak van energieaudits, data-analyse, productieprocessen, nutsvoorzieningen, massa- en energiebalansen, alsook de identificatie en kwantificering van energiebesparende maatregelen zorgt Enersangi voor het opzetten van uw energieplan op maat.

Projectrealisatie

Een succesvolle energietransitie met tastbare resultaten vraagt om het realiseren van innovatieve projecten. Enersangi heeft een brede ervaring in alle aspecten – zowel technisch als operationeel – van projectrealisatie in nutsvoorzieningen, productieprocessen of duurzame energieproductie.

ook op vlak van logistiek

Contents

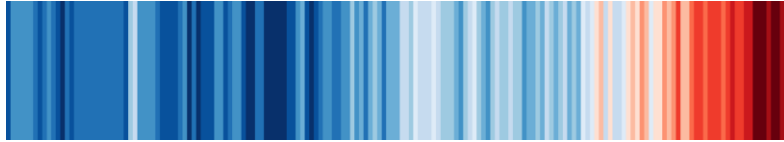
- Waarom?

- Wanneer?

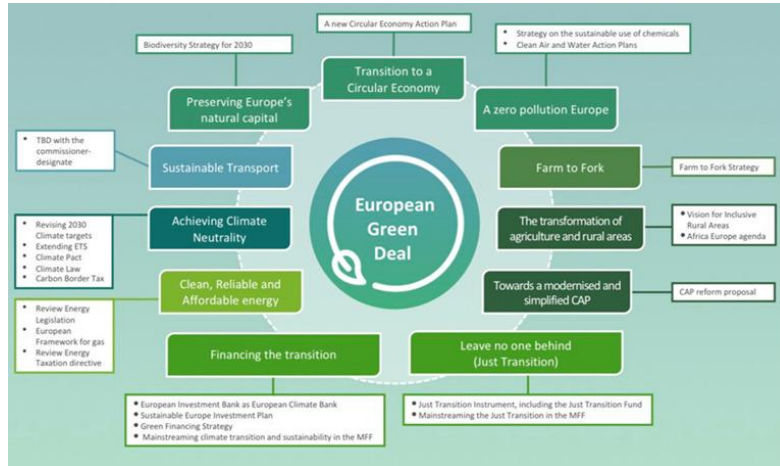
- Voorbeelden uit de praktijk

Waarom? → EU Green Deal & Fit for 55

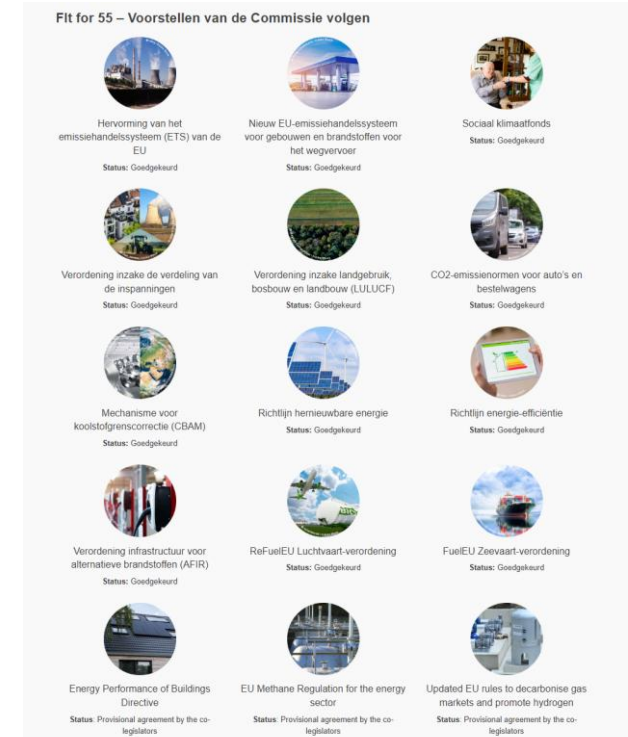
• Klimaatverandering



→ EU doelstellingen → EU maatregelen



→ EU maatregelen → EU regelgeving



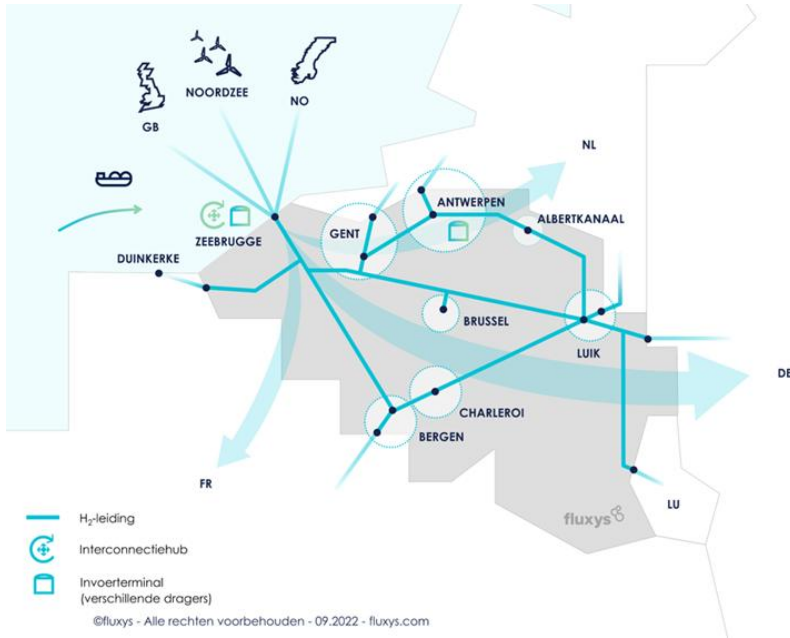
-50% tov 2020 = Uitdaging voor 2030 !

(of -50% over 10 jaar)

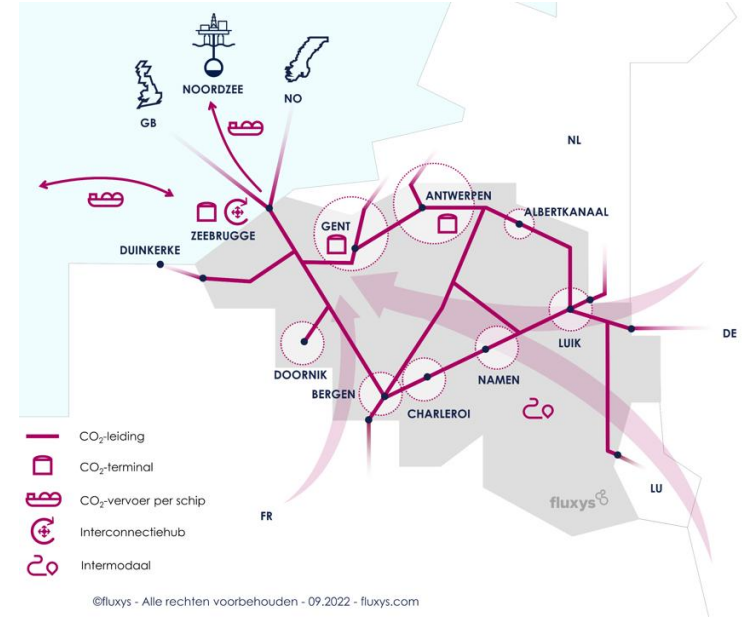
- Enorme uitdaging tegen 2030 voor de industrie in EU
 - ... en dus zeker voor een industriële regio Vlaanderen (België)/ Nederland
- Methoden om CO₂ te reduceren in de industrie
 - Processen die rechtstreeks CO₂ uitstoten wijzigen zodat ze geen CO₂ meer uitstoten
 - CCS = CO₂ capteren als ze wordt uitgestoten en terug onder de grond steken
 - Elektrificatie (Elektriciteit = of hernieuwbaar of binnen EU ETS en dus target wordt gehaald)
 - Biomassa (Bepaalde niche sectoren)
 - Waterstof (+ eventueel andere moleculen)
 - ...

Sectoren met grote energie intensieve bedrijven

• H₂

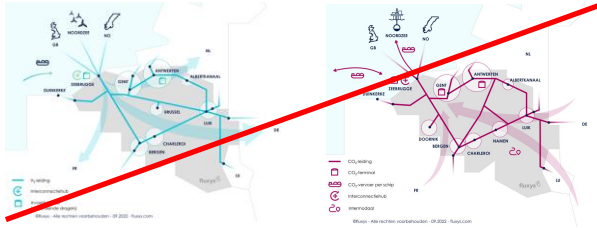


• CCS



Middelgrote & kleine energie-intensieve bedrijven

- $\text{CO}_2 \leftrightarrow$ **WARMTEPRODUCTIE**
- $\text{CCS} + \text{H}_2 \Rightarrow$ beperkt buiten industriële clusters



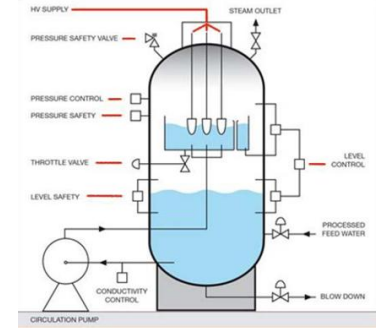
-50% tov 2020 = Uitdaging voor 2030 !

(of -50% over 10 jaar)

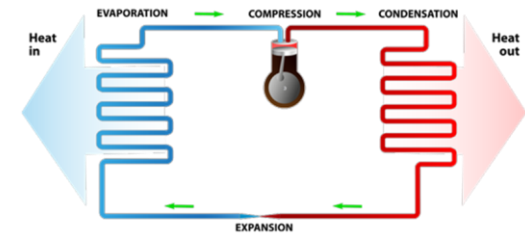
- Enorme uitdaging tegen 2030 voor de industrie in EU
 - ... en dus zeker voor een industriële regio Vlaanderen (België) / Nederland
- Methoden om CO_2 te reduceren in de industrie
 - Processen die rechtstreeks CO_2 uitstoten wijzigen zodat ze geen CO_2 meer uitstoten
 - $\text{CCS} = \text{CO}_2$ capteren als ze wordt uitgestoten en terug onder de grond steken
 - Elektrificatie (Elektriciteit = of hernieuwbaar of binnen EU ETS en dus target wordt gehaald)
 - Biomassa (Bepaalde niche sectoren)
 - Waterstof (+ eventueel andere moleculen)

➔ elektrificatie!

- Elektrische ketels



- Warmtepompen & MVR



Waarom? → Geopolitieke onafhankelijkheid



Contents

- Waarom?

- Wanneer?

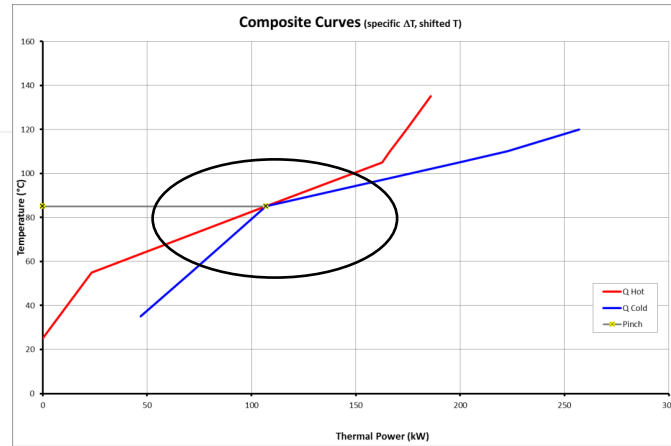
- Voorbeelden uit de praktijk

Warmtepompen: wanneer heeft het zin?

- Integratie in proces/afdeling/site → pinch analyse
 - Geeft inzicht in temperatuurniveaus en warmtevraag
 - Geeft inzicht in het thermodynamisch gedrag van een proces en hoe een warmtepomp daarin zou kunnen passen
 - Helpt bij de keuze en/of het ontwerp van een warmtepomp
 - En ook
 - Geeft inzicht in het thermodynamisch gedrag van een proces zodat warmtepompen misschien niet nodig zijn...
- Kosten – baten analyse
 - Afhankelijk van CAPEX (incl. **integratiekosten**), onderhoud, COP, draaiuren, energieprijzen, CO₂ prijzen, warmtevraag, piekvermogen, mogelijke subsidies ...
 - Trade-off tussen CAPEX en uitgespaarde OPEX

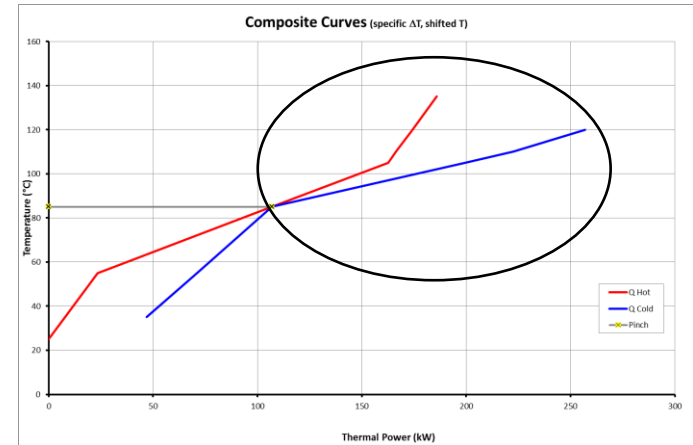
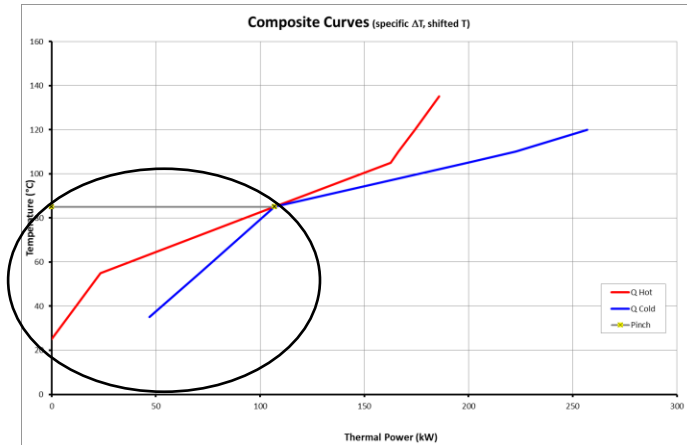
Pinch analyse

Over de pinch →
geen warmte-overdracht

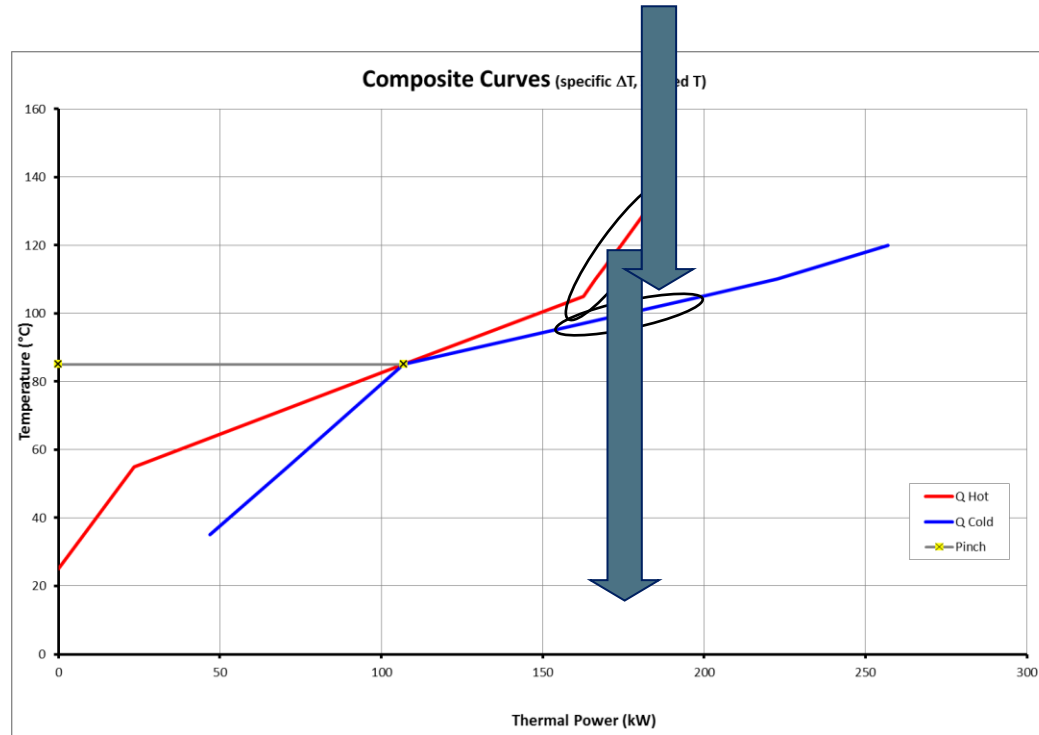


Boven de pinch →
geen koeling

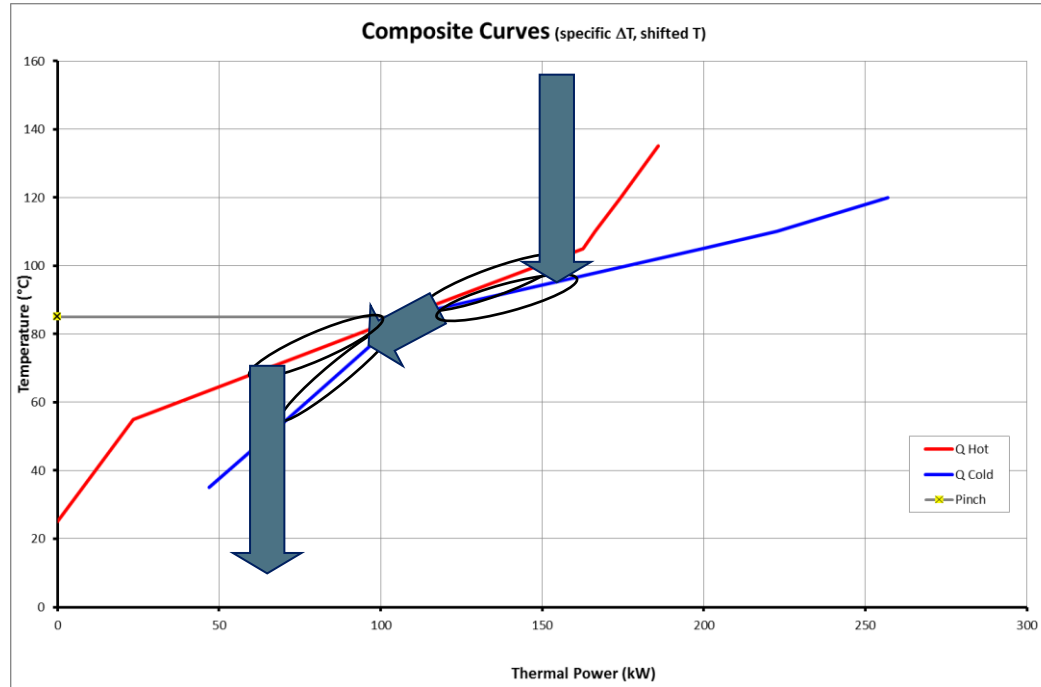
Onder de pinch →
geen verwarming



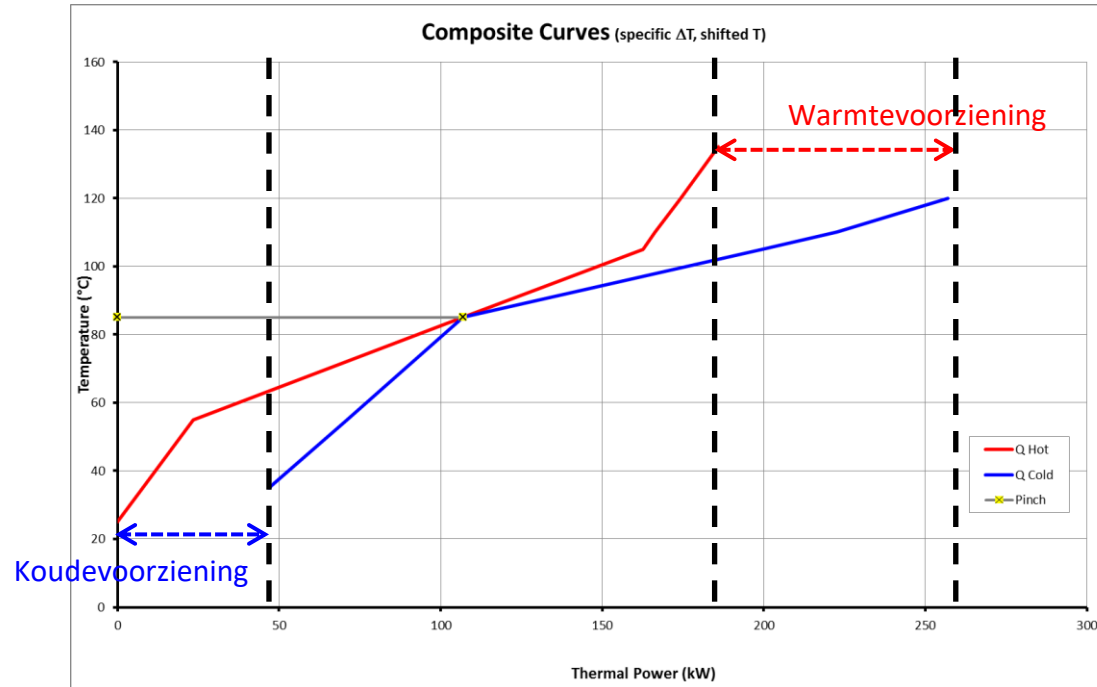
Pinch analyse: geen koeling boven de pinch



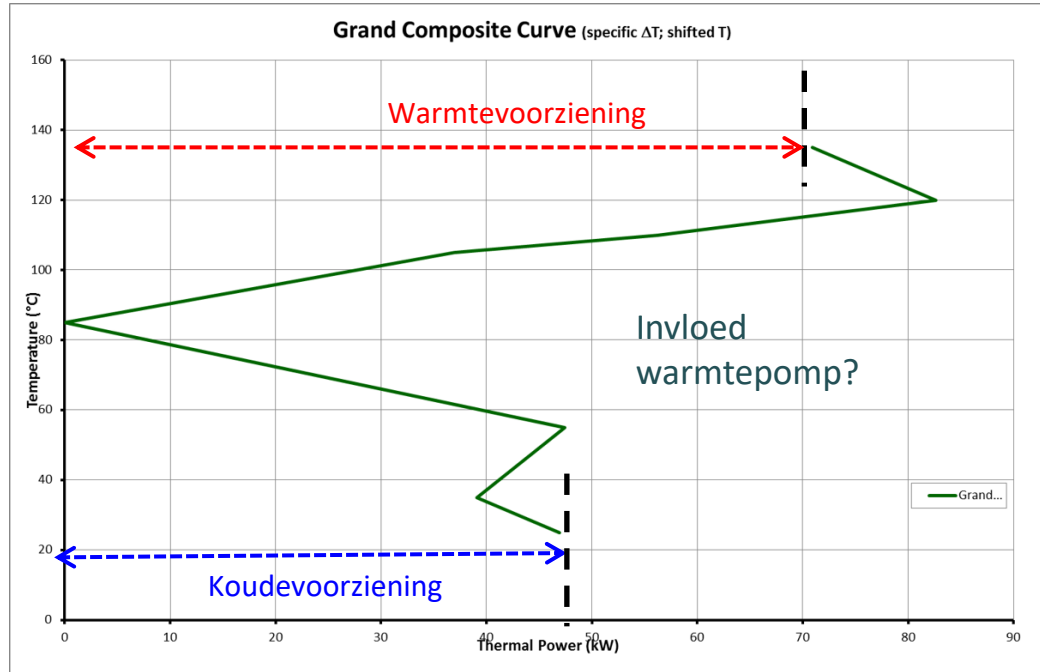
Pinch analyse: geen warmteoverdracht over de pinch



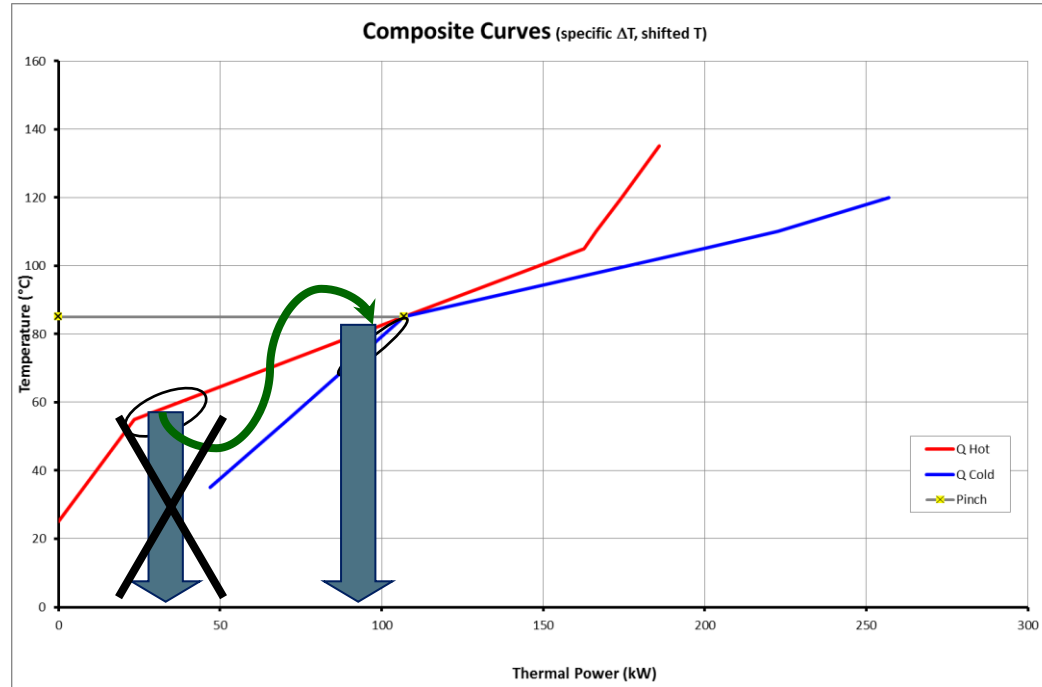
Pinch analyse: indicatie van min. benodigde nutsvoorzieningen



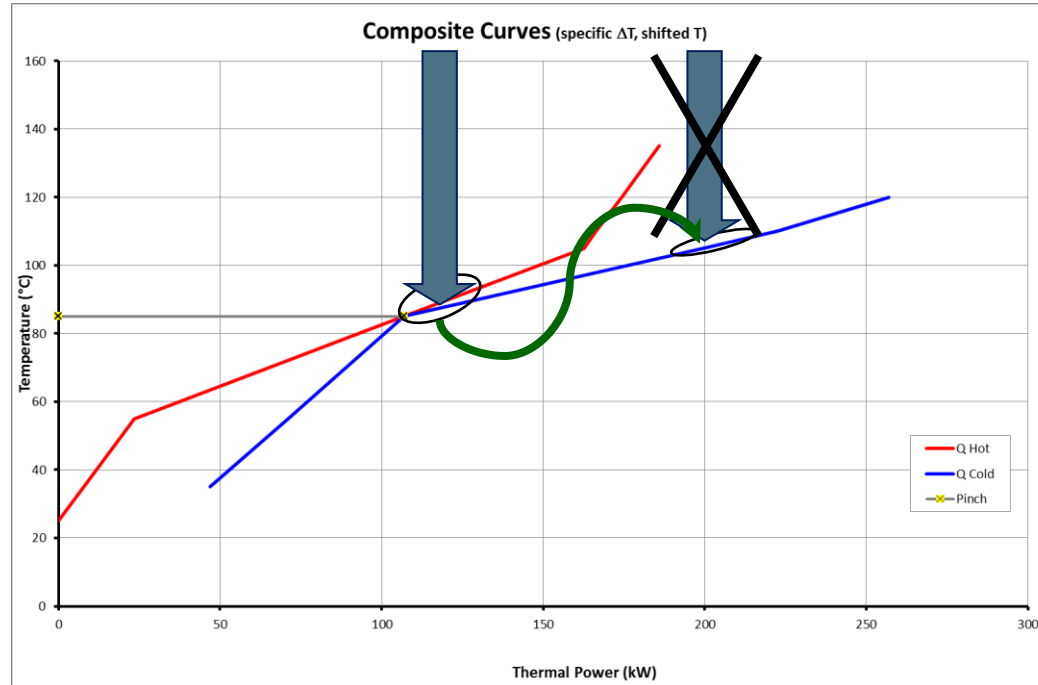
Pinch analyse: indicatie van min. benodigde nutsvoorzieningen



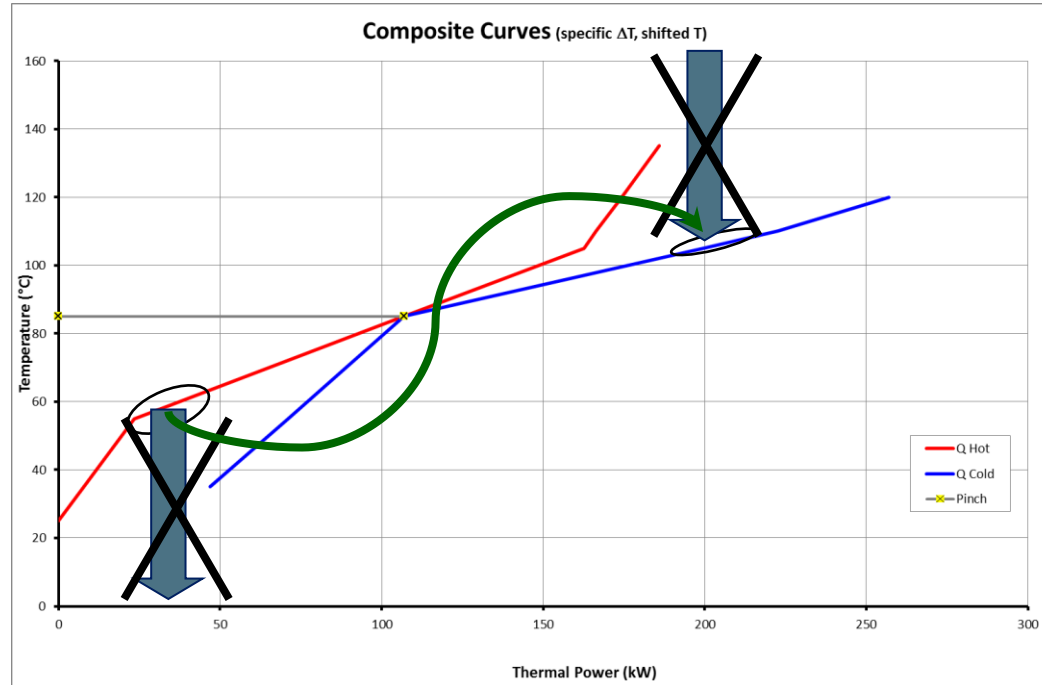
Pinch analyse: met warmtepomp onder de pinch



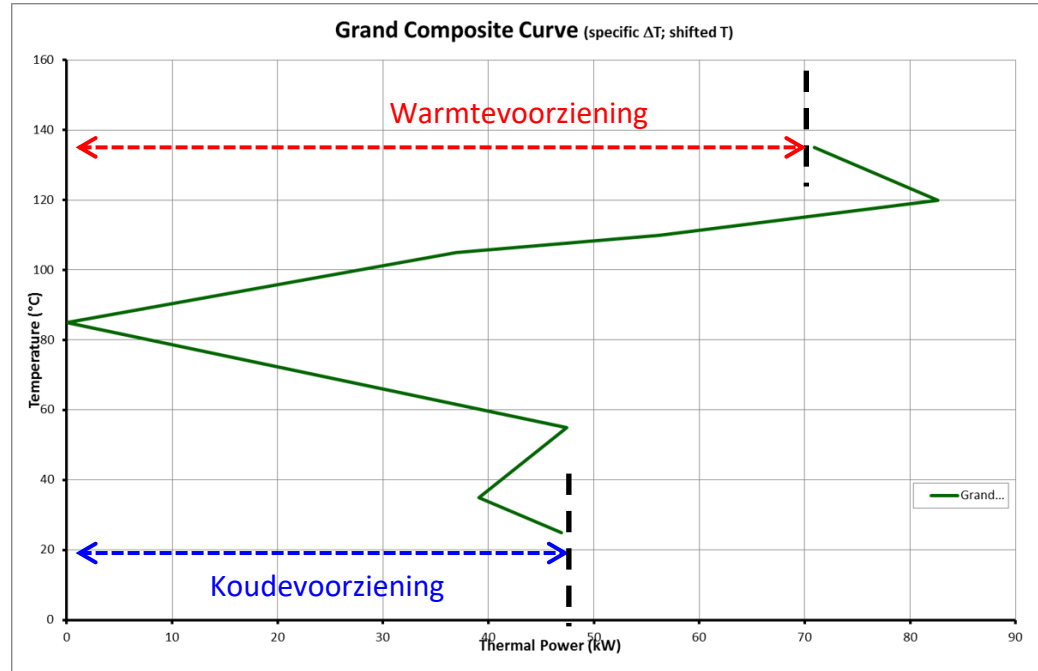
Pinch analyse: met warmtepomp boven de pinch



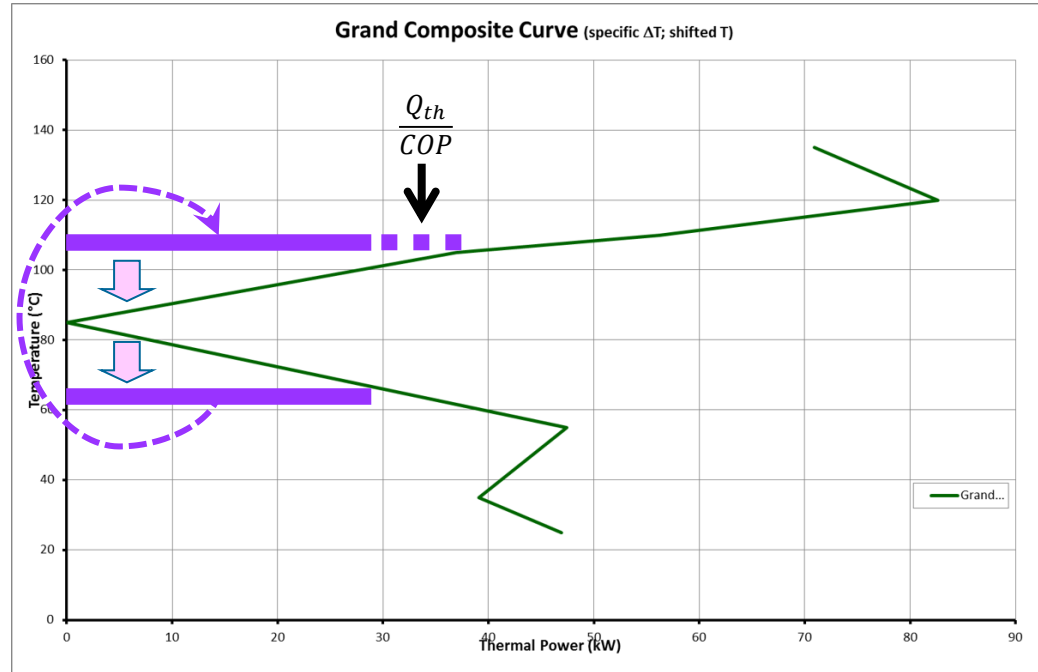
Pinch analyse: met warmtepomp over de pinch



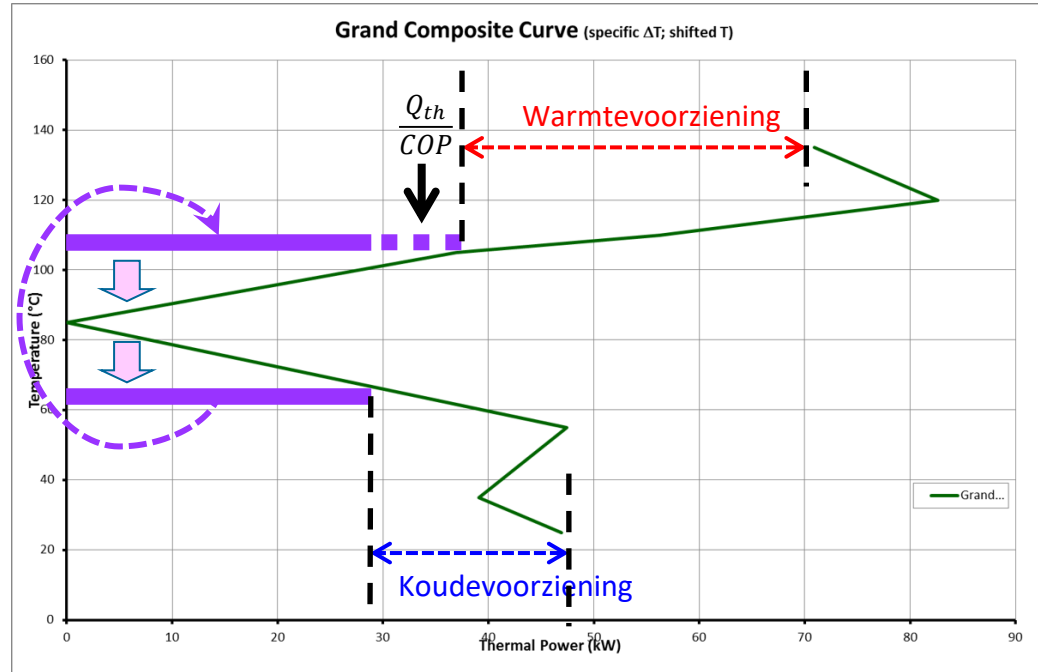
Pinch analyse: met warmtepomp over pinch



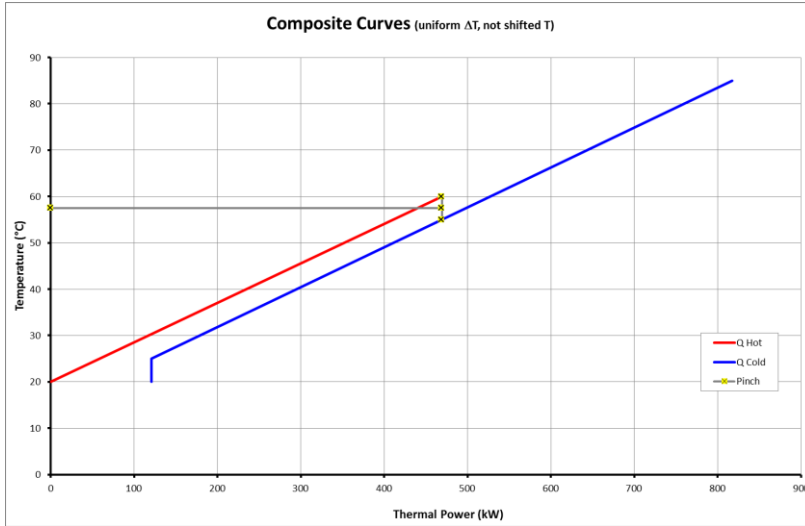
Pinch analyse: met warmtepomp over pinch



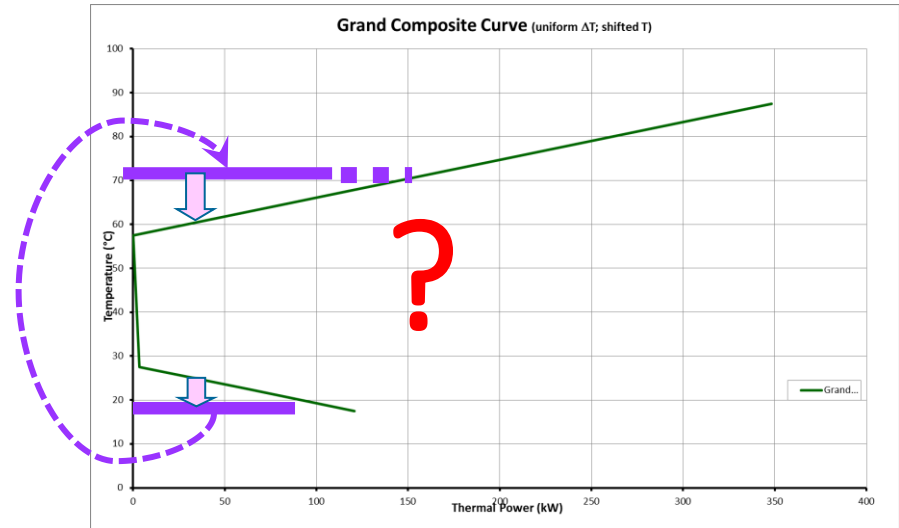
Pinch analyse: met warmtepomp over pinch



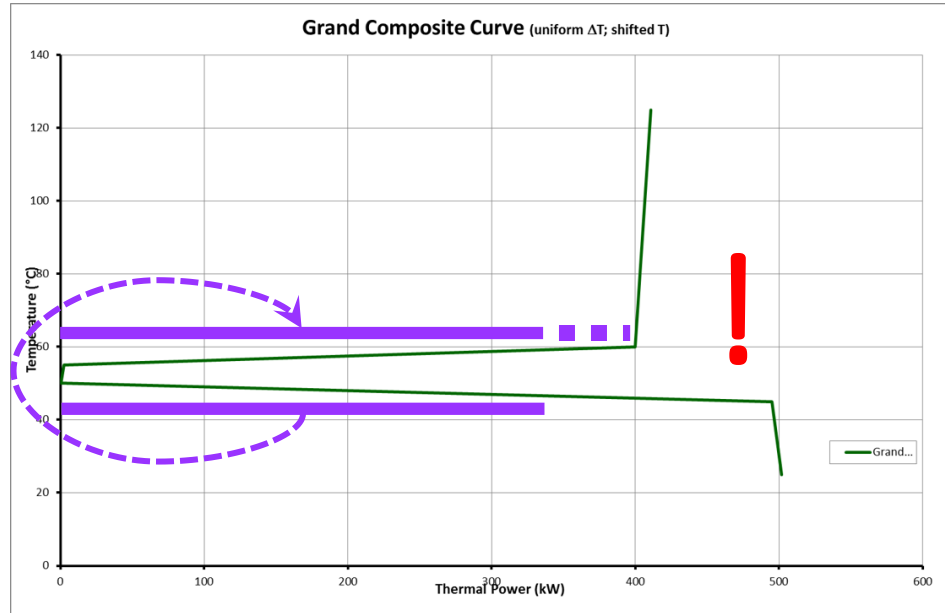
Pinch analyse: met warmtepomp over pinch



Grote delta T;
warmtepomp waarschijnlijk niet zinvol

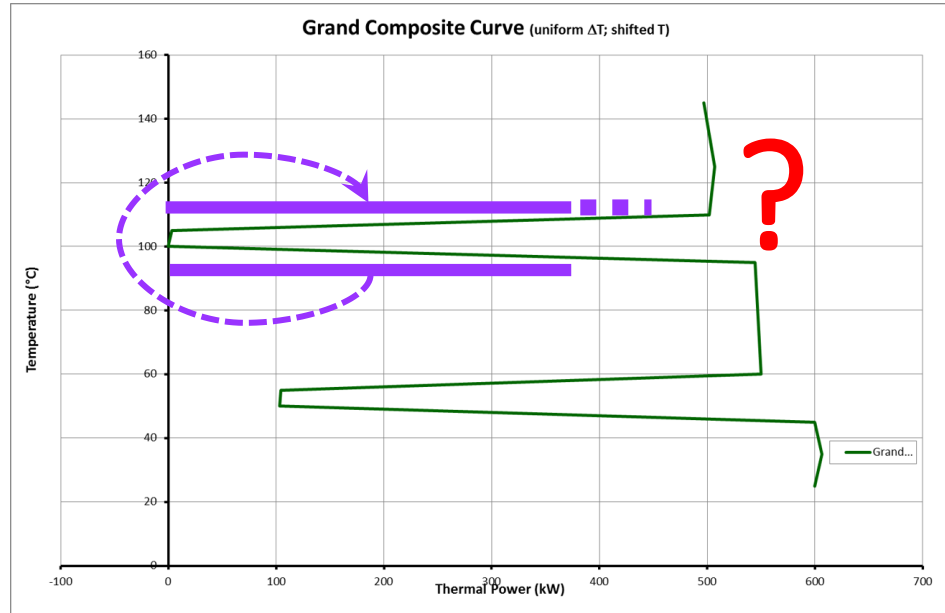


Pinch analyse: met warmtepomp over pinch

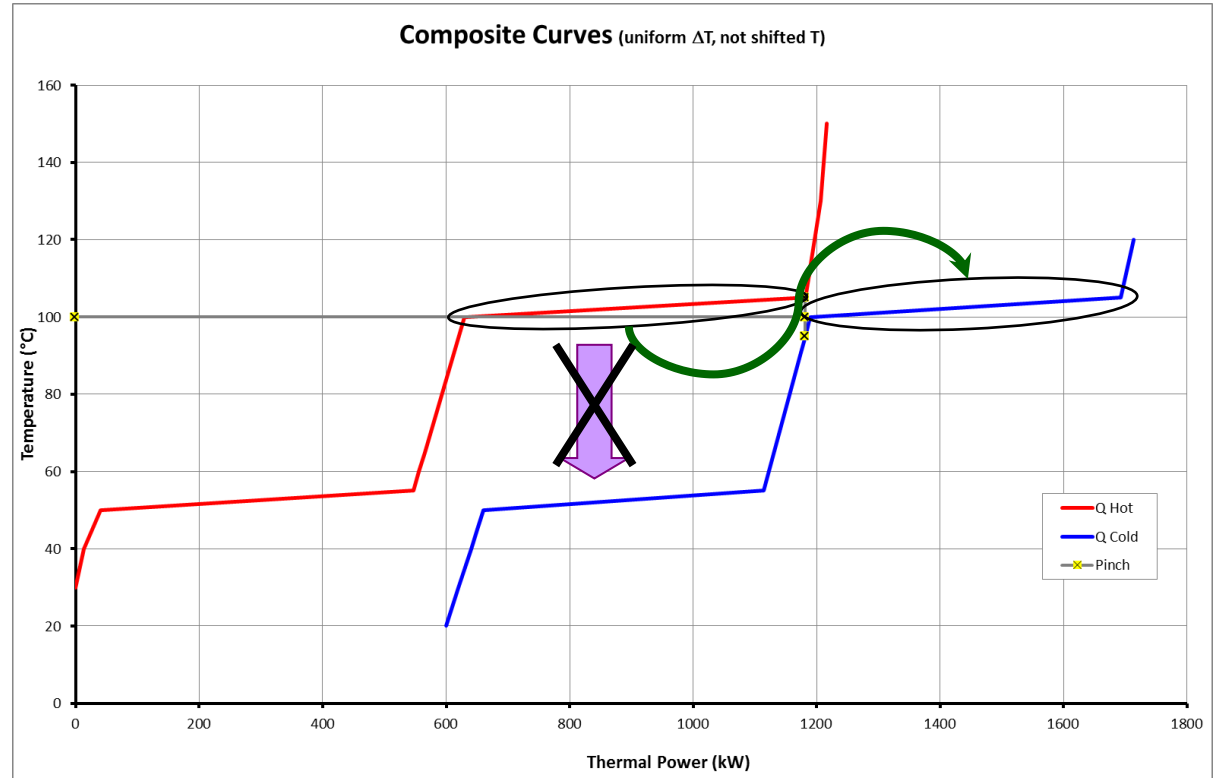
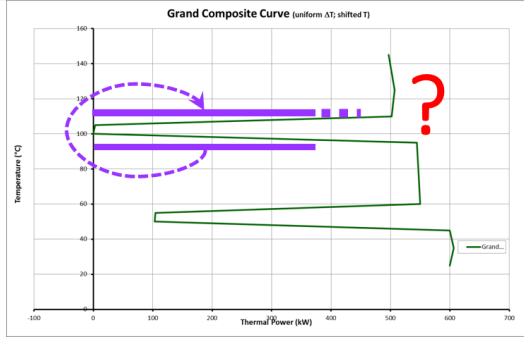


Kleine delta T; warmtepomp waarschijnlijk wel zinvol!

Pinch analyse: met warmtepomp over pinch

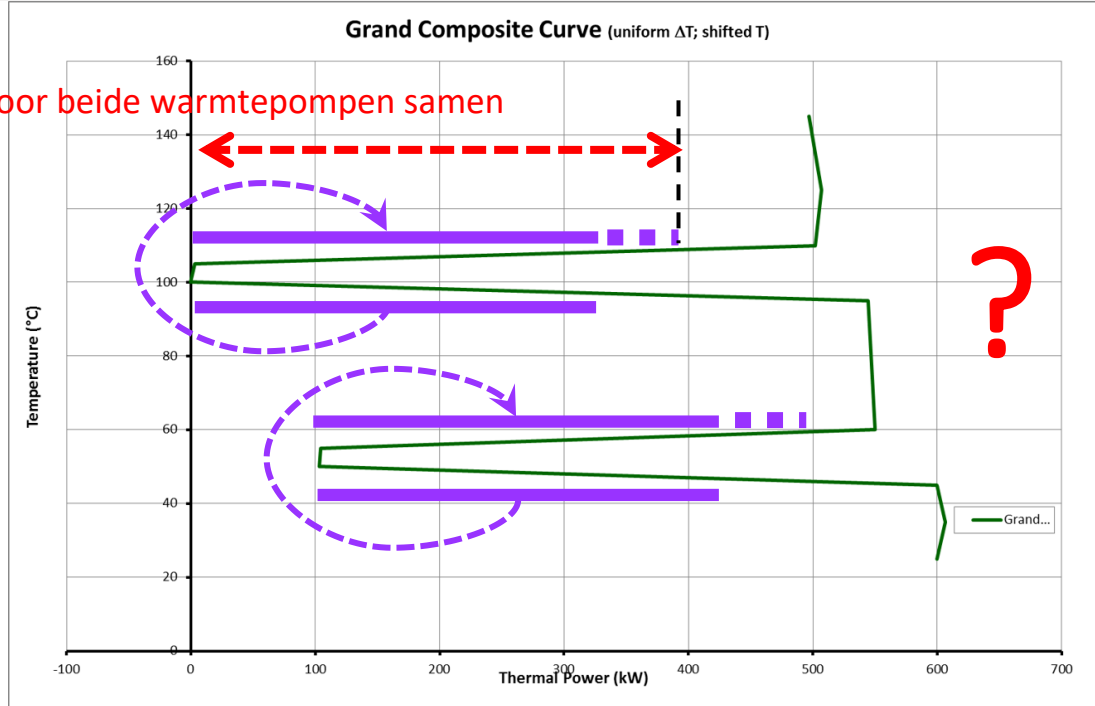


Pinch analyse: met warmtepomp over pinch



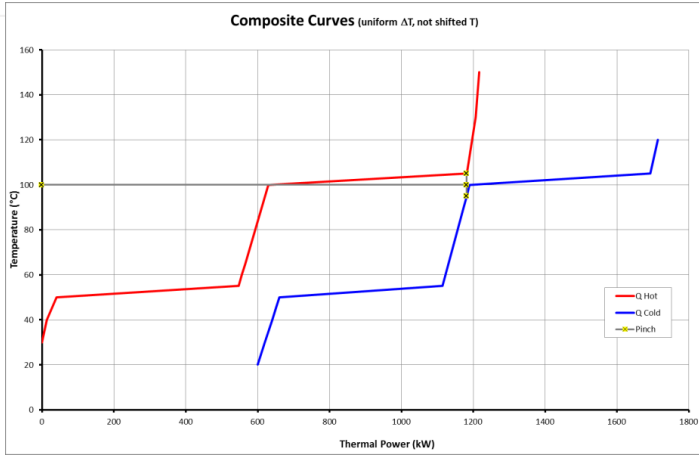
Pinch analyse: met warmtepomp over pinch

Besparing voor beide warmtepompen samen

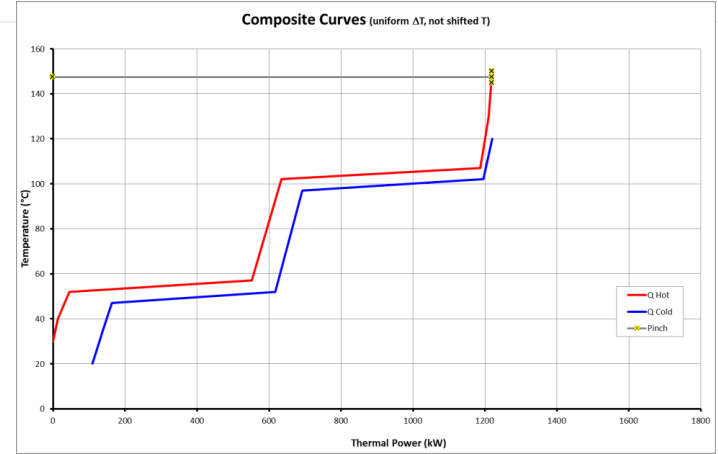
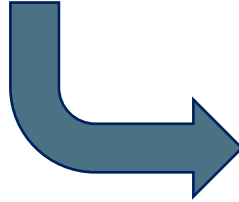


Overschat de besparingen niet!

Pinch analyse: met warmtepomp over pinch



Hot streams						
	Stream Name	Supply Temperature °C	Target Temperature °C	Heat Duty kW	dT Min Contrib °C	k kW/m²
H1	stream H1	130	55	37,5	5	2
H2	stream H2	55	50	500,0	5	2
H3	stream H3	50	30	26,7	5	2
H4	stream H4	150	105	22,5	5	2
H5	stream H5	105	100	550,0	5	2
H6	stream H6	100	40	80,0	5	2
H7						
H8						
Cold streams						
	Stream Name	Supply Temperature °C	Target Temperature °C	Heat Duty kW	dT Min Contrib °C	k kW/m²
C1	stream C1	20	50	30,0	5	2
C2	stream C2	50	55	450,0	5	2
C3	stream C3	55	120	43,3	5	2
C4	stream C4	20	100	80,0	5	2
C5	stream C5	100	105	500,0	5	2
C6	stream C6	105	120	10,0	5	2
C7						
C8						



Hot streams						
	Stream Name	Supply Temperature °C	Target Temperature °C	Heat Duty kW	dT Min Contrib °C	k kW/m²
H1	stream H1	130	57	36,5	2,5	2
H2	stream H2	57	52	500,0	2,5	2
H3	stream H3	52	30	29,3	2,5	2
H4	stream H4	150	107	21,5	2,5	2
H5	stream H5	107	102	550,0	2,5	2
H6	stream H6	102	40	82,7	2,5	2
H7						
H8						
Cold streams						
	Stream Name	Supply Temperature °C	Target Temperature °C	Heat Duty kW	dT Min Contrib °C	k kW/m²
C1	stream C1	20	47	27,0	2,5	2
C2	stream C2	47	52	450,0	2,5	2
C3	stream C3	52	120	45,3	2,5	2
C4	stream C4	20	97	77,0	2,5	2
C5	stream C5	97	102	500,0	2,5	2
C6	stream C6	102	120	12,0	2,5	2
C7						
C8						

Warmtepompen: wanneer heeft het zin?

- Integratie in proces/afdeling/site → pinch analyse
 - Geeft inzicht in temperatuurniveaus en warmtevraag
 - Geeft inzicht in het thermodynamisch gedrag van een proces en hoe een warmtepomp daarin zou kunnen passen
 - Helpt bij de keuze en/of het ontwerp van een warmtepomp
 - En ook
 - Geeft inzicht in het thermodynamisch gedrag van een proces zodat warmtepompen misschien niet nodig zijn...
- Kosten – baten analyse
 - Afhankelijk van CAPEX (incl. **integratiekosten**), onderhoud, COP, draaiuren, energieprijzen, CO2 prijzen, warmtevraag, piekvermogen, mogelijke subsidies ...
 - Trade-off tussen CAPEX en uitgespaarde OPEX

Wanneer heeft het elektrificatie financieel zin ?

- Variabele kost warmte van een ketel op aardgas

$$Kost_Warmte_{Gas+CO2} = \frac{1}{\eta_{Gas}} \times Kost_{Gas+CO2}$$

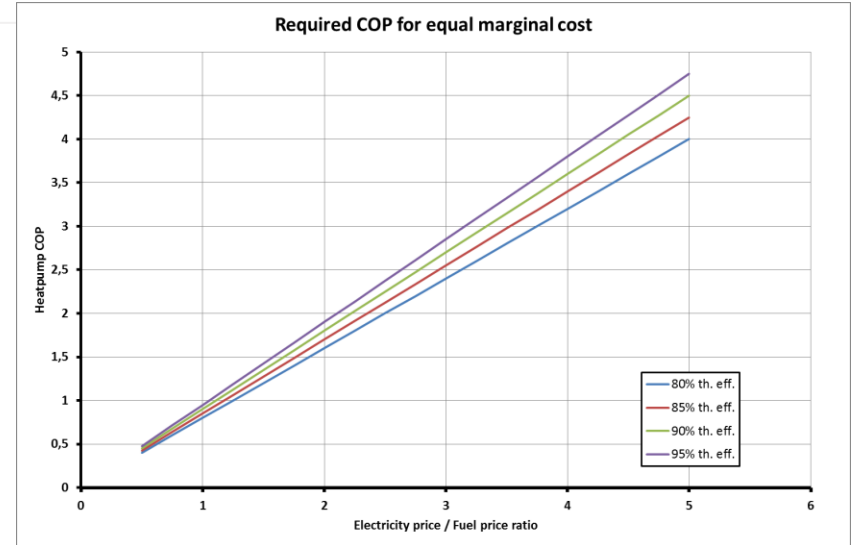
- Variabele kost elektrisch geproduceerde warmte

$$Kost_Warmte_{WP} = \frac{1}{COP_{WP}} \times Kost_{Elektriciteit}$$

- Het heeft zin als

$$\frac{1}{\eta_{Gas}} \times Kost_{Gas} \geq \frac{1}{COP_{WP}} \times Kost_{Elektriciteit}$$

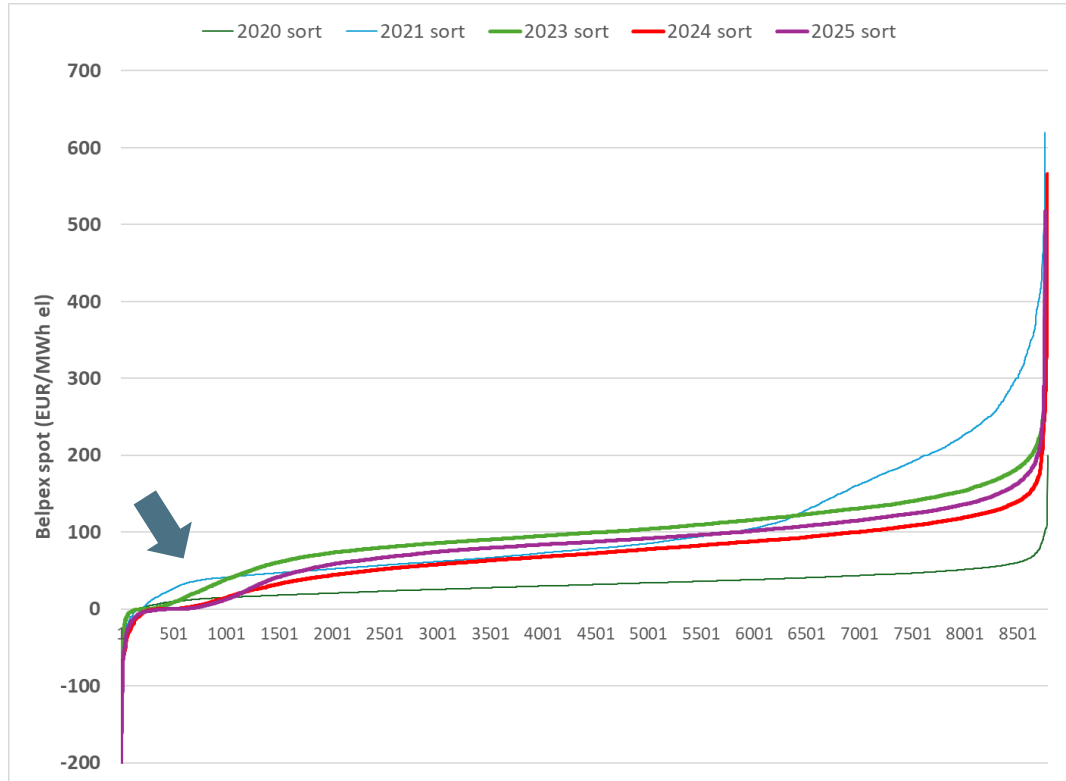
$$\rightarrow \frac{COP_{WP}}{\eta_{Gas}} \geq \frac{Kost_{Elektriciteit}}{Kost_{Gas}}$$



Wat is "de" kost van elektriciteit ?

- Commodity & (Flexibiliteit)
- Capaciteitstarief

"de" kost van elektriciteit/ Commodity



	2023	2024	2025
aantal <0	222	408	519
aantal <10	524	881	932
aantal <20	680	1.111	1.124
aantal <30	852	1.409	1.276
aantal <40	1.020	1.783	1.443
aantal <50	1.219	2.347	1.715
aantal <60	1.463	3.176	2.078
avg 500 laagste	-3 EUR/MWh el	-13 EUR/MWh el	-15 EUR/MWh el
avg 1000 laagste	10 EUR/MWh el	-4 EUR/MWh el	-5 EUR/MWh el
avg 1500 laagste	24 EUR/MWh el	6 EUR/MWh el	6 EUR/MWh el
avg 2000 laagste	35 EUR/MWh el	14 EUR/MWh el	17 EUR/MWh el
avg 2500 laagste	43 EUR/MWh el	21 EUR/MWh el	26 EUR/MWh el
avg aantal	97 EUR/MWh el 8.760	70 EUR/MWh el 8.784	83 EUR/MWh el 8.760

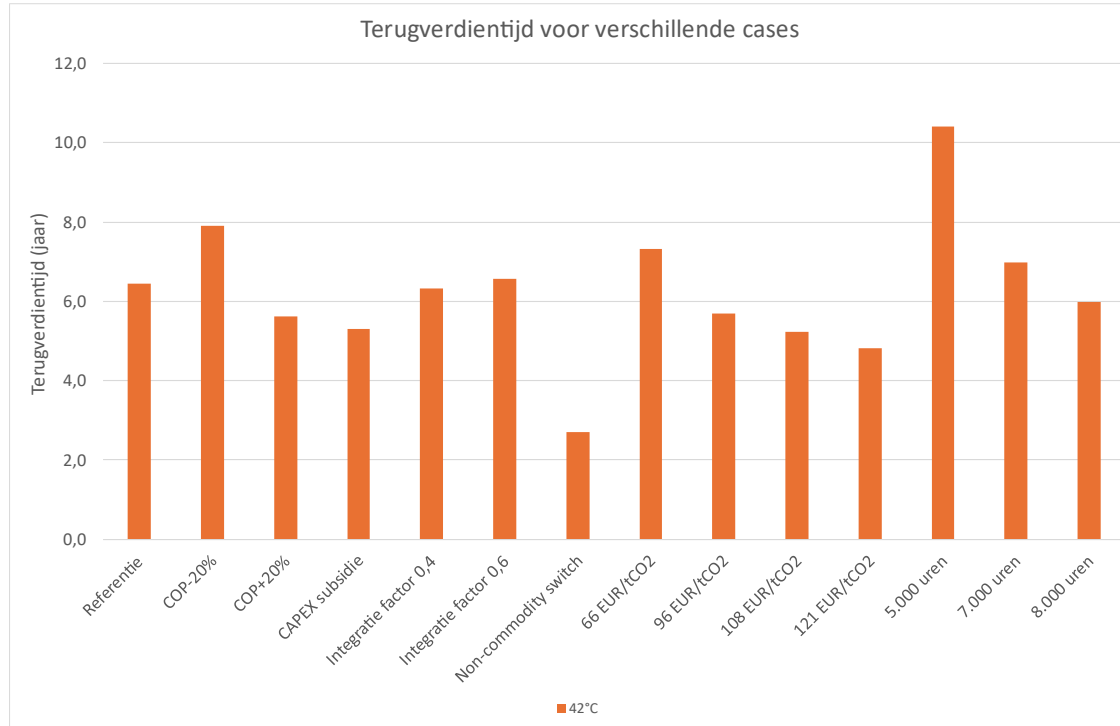
High-level kosten-baten analyse

- Data-analyse procesparameters: baseload, piekvragen, temperaturen, debieten, beschikbare restwarmte,... o.b.v. representatief jaarprofiel
- Bepalen gemiddelde COP o.b.v. procesparameters: temperaturen aan verdamper en condensor → Carnot COP → Carnot efficiëntie → realistische COP (of o.b.v. info leverancier bij concretere projecten)
- In kaart brengen andere voordelen en vergelijken met (fossiel alternatief) bv. uitgespaard verbruik op verdampingscondensors, koelwater, ...
→ netto besparing/meerverbruik aardgas en elektriciteit
- Inschatting maken O&M en CAPEX kosten (of o.b.v. info leverancier bij concretere projecten)

Operationele uren	hr	7.500
Aardgas: commodity	EUR/MWh hhv	25
Aardgas: non-commodity	EUR/MWh hhv	3,0
Aardgas: commodity + non-commodity	EUR/MWh hhv	28
Elektriciteit: commodity	EUR/MWh el	70
Elektriciteit: non-commodity afname	EUR/MWh el	30
Elektriciteit: non-commodity piek afname	EUR/kWp.yr	80
Elektriciteit: commodity + non-commodity	EUR/MWh el	100
CO2-prijs	EUR/tonCO2	0
CO2-prijs: aardgasequivalent	EUR/MWh hhv	0
Spread		3,6
Clean spark spread		3,57
Besparing op aardgas	kW lhw MWh hhv kEUR/jaar	720 5.976 167
Besparing op CO ₂	tCO2/hr tCO2 kEUR/jaar	0,15 1.090 0
Meerverbruik elek	kWel MWh el kEUR/jaar	140 1.053 -105
Piek elek	kWel kEUR/jaar	140 -11
O&M	kEUR/jaar	-7
Bruto besparing	kEUR/jaar	51
Netto besparing incl. O&M	kEUR/jaar	44
CAPEX warmtepomp	kEUR	477
CAPEX omkasting	kEUR	91
CAPEX buffervat	kEUR	20
CAPEX leidingen	kEUR	170
CAPEX integratiefactor	[-]	0,50
CAPEX integratie	kEUR	85
CAPEX bruto	kEUR	843
investeringsubsidie	kEUR	0
CAPEX netto	kEUR	843
operationele subsidie	kEUR/jaar	0
Netto besparing incl. ops subsidie	kEUR/jaar	44
Simpele terugverdientijd	jaren	19,3
COP	[-]	5,28
Draaiuren	hr	7.500

Sensitiviteitsanalyse

- Verschillende simulaties voor variatie in: energieprijzen, draaiuren, COP, CAPEX, ...



Impact subsidies

VLAIO: GREEN investeringssteun

- investeringen in vergroening / energie-efficiëntie
- KMO & GO in Vlaanderen → EBO doelgroep = EBO verplicht
- Aanvraag voorafgaand aan de investering
- GO: 20% (eco B) tot 30% (eco A) van de ecologische meerkost t.o.v. standaard-investering, vanaf 50kEUR, max. 1MEUR/3 yr

<https://www.vlaio.be/nl/subsidies-financiering/green-investeringssteun>

VLAANDEREN: Verhoogde Investeringsaftrek

- investeringen in hernieuwbare energie, energiebesparing of met gunstige impact op het klimaat
- VEKA attest toe te voegen aan jaarrekening
- al naargelang type onderneming en type investering 15% tot 40% van de investering aftrekbaar van belastbare winst

<https://www.vlaio.be/nl/subsidies-financiering/subsidi databank/investeringsaftrek>

VLAIO: Klimaatsprong operationele steun

- momenteel **geen call open -> 2027 (?)**
- investeringen in grootschalige e-boilers en warmtepompen
- Veilingprocedure op basis van steun per vermeden ton CO₂
- steunniveau gekoppeld aan biedbedrag

<https://www.vlaio.be/nl/subsidies-financiering/transitiecontracten-klimaatsprong>

EU: EU subsidies

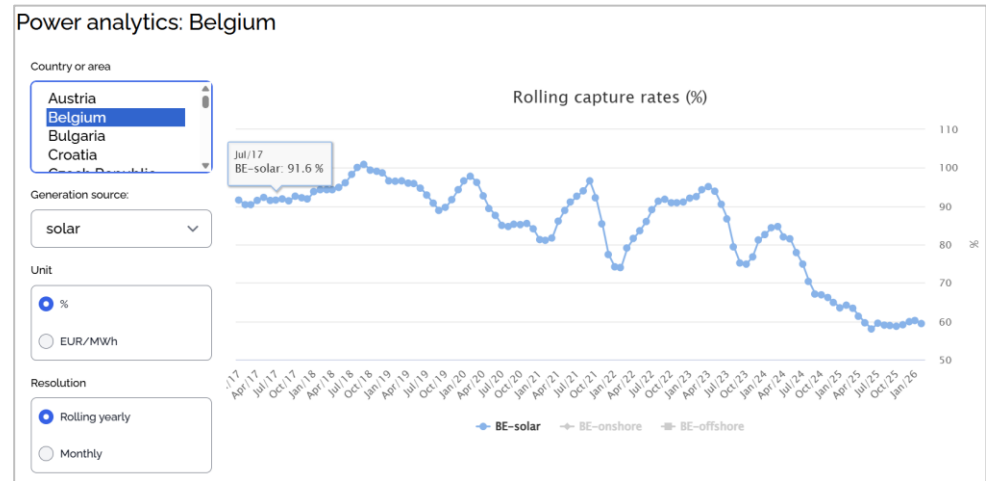
- Innovation Fund: investeringssteun voor klein-, midden- of grootschalige projecten
- Heat Auction: operationele steun (5yr) voor projecten, Veilingprocedure op basis van steun per vermeden ton CO₂

https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-funding-climate-action/innovation-fund_en

Andere driver: PV verplichting

- Verplichting voor gebouwen met elektriciteitsafname van meer dan 1 GWh/jaar
- Basisverplichting
 - 12,50 Wp/m² tegen 01/04/2026
 - 18,75 Wp/m² tegen 01/01/2030
 - 25,00 Wp/m² tegen 01/01/2035
- Alternatieve technologieën
 - wind, WKK, thermisch, CSP
 - **warmtepomp**
 - proceswarmte: kW th = kWp PV * 0,167
 - ruimteverwarming: kW th = kWp PV * 1

Bij hoge CAPEX van PV (bv. versterking dak vereist), bestaande PPA met groene elektriciteit of dynamisch contract met variabele prijzen, kan een warmtepomp als alternatief voor de PV-verplichting een interessante case zijn!



Contents

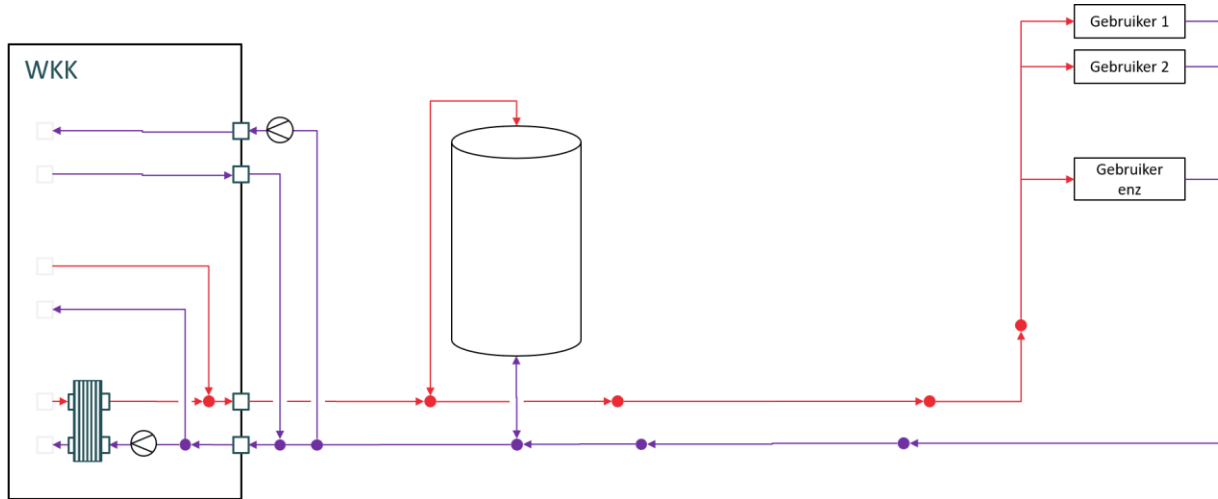
- Waaron?

- Wanneer?

- Voorbeelden uit de praktijk

Case study 1

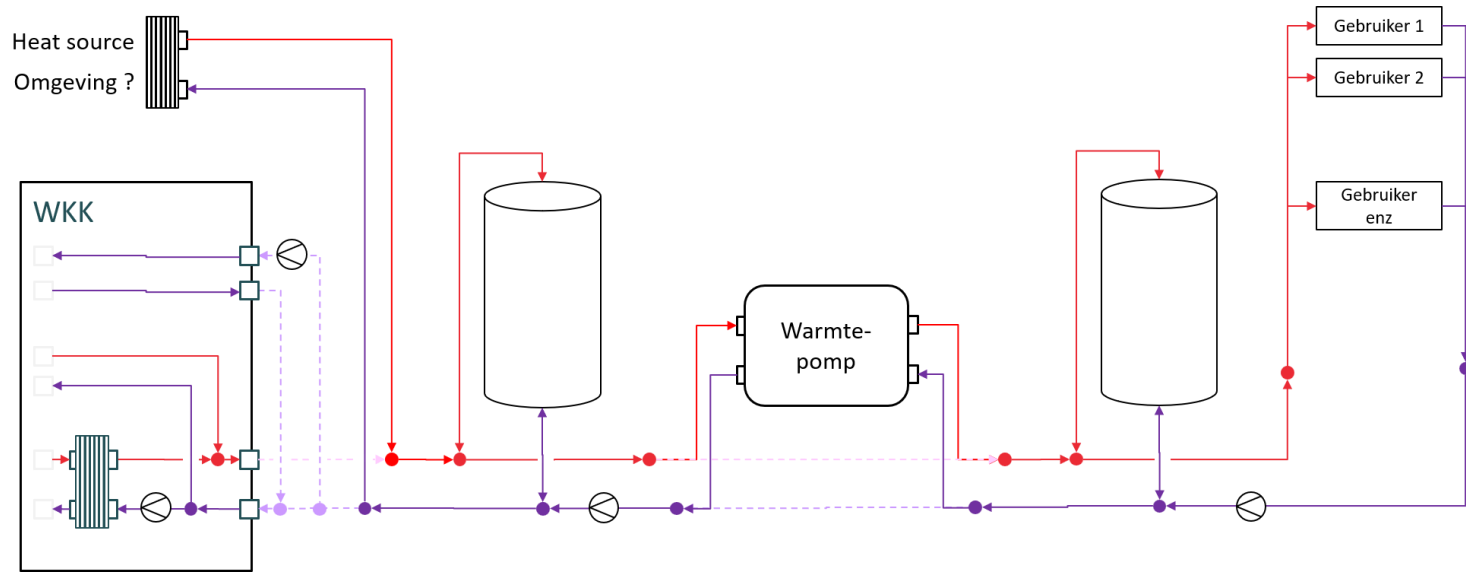
- Bedrijf x beschikt over een warm water circuit gekoppeld aan de WKK die warm water voorziet voor verschillende procesinstallaties (670 kW op 75-60°C)



- Verder is er weinig restwarmte ter beschikking (veel kleine installaties verspreid over de fabriek; geen centraal punt met zinvolle hoeveelheid restwarmte)

Case study 1

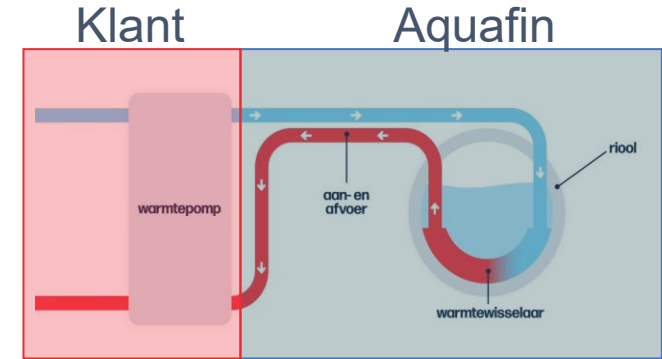
- In de toekomst: WKK zal steeds minder en minder draaien, alternatief nodig om in warmte te voorzien: warmtepomp op omgevingslucht of op riothermie (afvalwater) mogelijk?



Case study 1

Voordelen/nadelen riothermie vs omgevingslucht:

- Goedkopere warmtepomp (water-water)
- Bijkomende OPEX kost onderhoud collector
- Bijkomende CAPEX kost installatie collector
- Hogere COP (stabielere en hogere brontemperaturen)



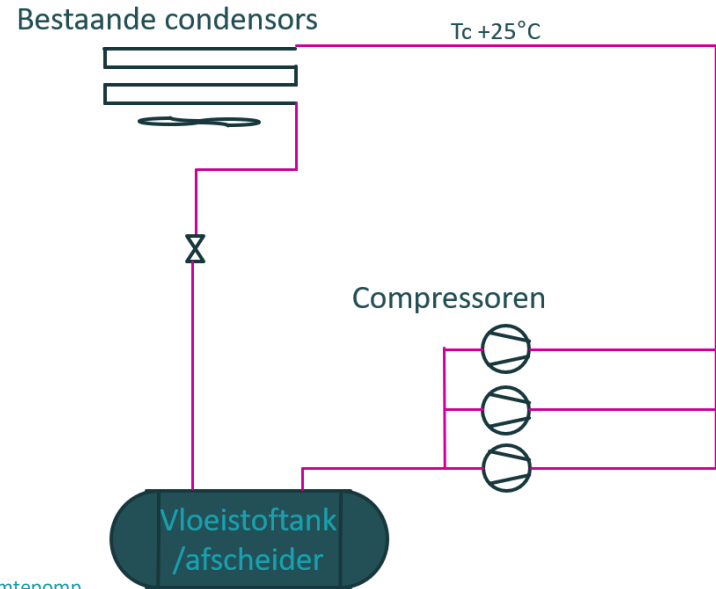
Maar: beide types warmtepompen bleken niet interessant, o.a. door relatief lage COP van 2,5 en hoge CAPEX (door hoge delta T cascade systeem nodig)

→ Zonder ETS2 kost, subsidie of lagere elektriciteitsprijs t.o.v. gasprijs geen TVT

→ Combinatie van bovenstaande kan TVT verlagen tot 6-7 jaar

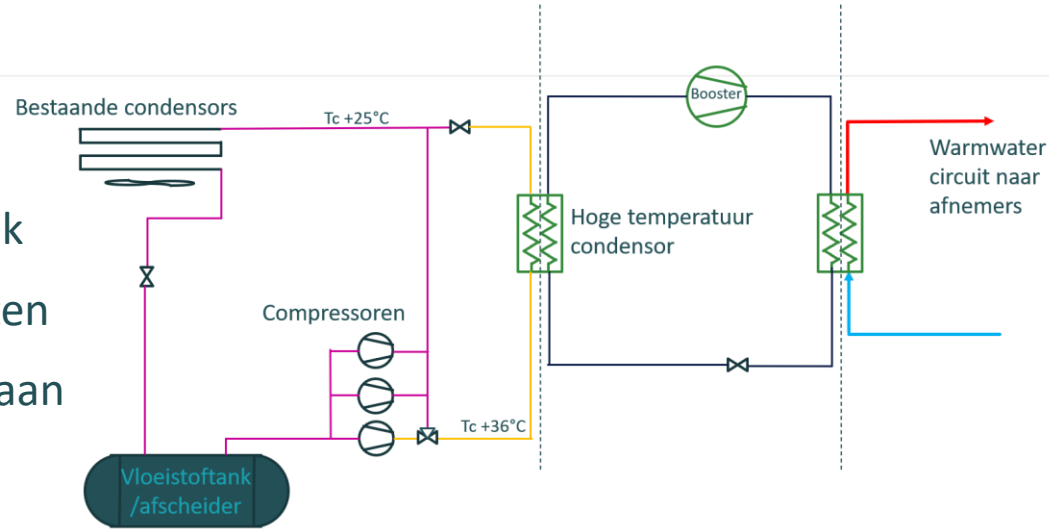
Case study 2

- Bedrijf y gebruikt stoom voor productie van warm water voor verschillende processen en reinigingsinstallaties (660 kW op 85°C)
 - Bedrijf y beschikt over een ijswaterinstallatie, waar een grote hoeveelheid warmte (op ongeveer 25°C) wordt weg gekoeld met verdampingscondensors
- gemiddeld 1100 kW ter beschikking



Case study 2

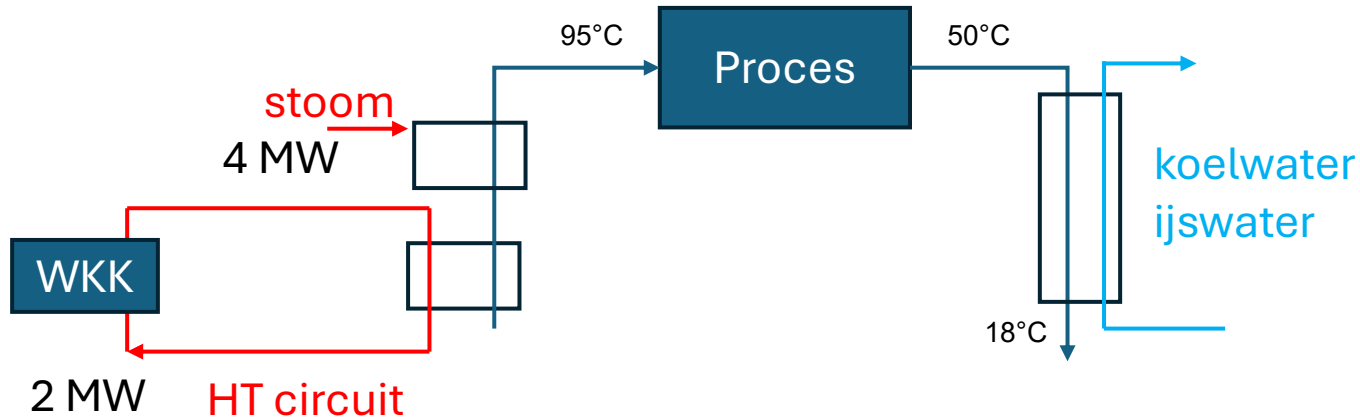
- Integratie van warmtepomp op ijswaterinstallatie
- Hogere COPs (en kleinere WP) mogelijk door (deel van) compressoren ijswaterinstallatie op hogere druk te laten werken en zo restwarmte op hogere temperatuur ter beschikking te stellen aan warmtepomp
- Maar: trade-off met COP van ijswaterinstallatie (die naar hogere druk moet comprimeren)
- Ideaal scenario bij 42°C
- Bijkomend voordeel: minder belasting op bestaande verdampingscondensators
- Realistische terugverdientijd (i.g.v. ETS2) van 6 jaar



Condensatietemperatuur	COP warmtepomp
25°C	3,45
36°C	4,45
42°C	5,28

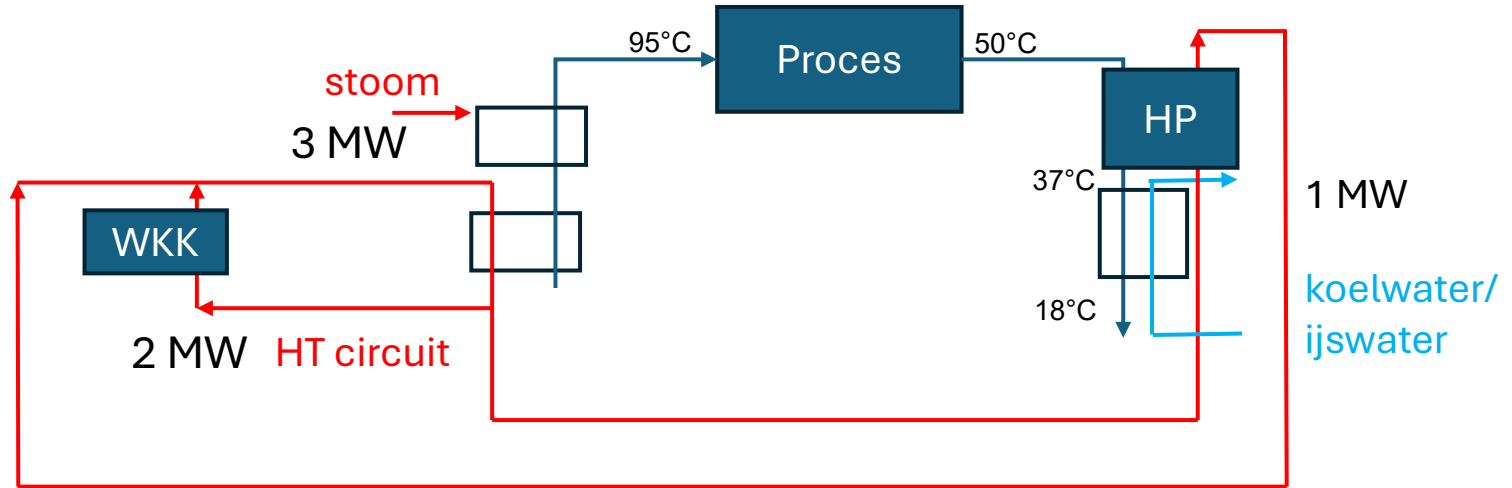
Case study 3

- Bedrijf z beschikt over een warm water circuit gekoppeld aan een WKK die warm water voorziet voor een proces (2 MW)
- Warmtevraag proces kan niet volledig gedekt worden met warm water circuit. Er wordt 4 MW aan stoom toegevoegd om het water verder te verwarmen tot 95°C



Case study 3

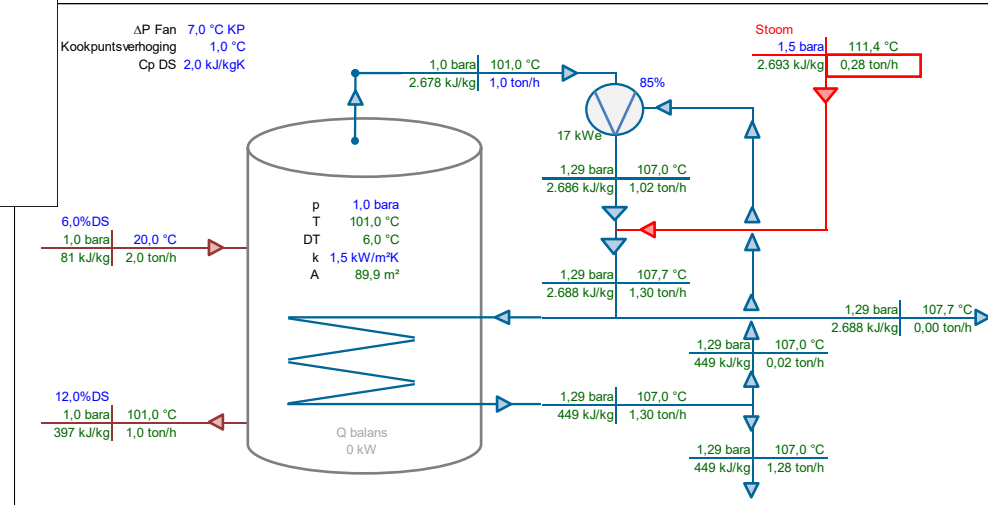
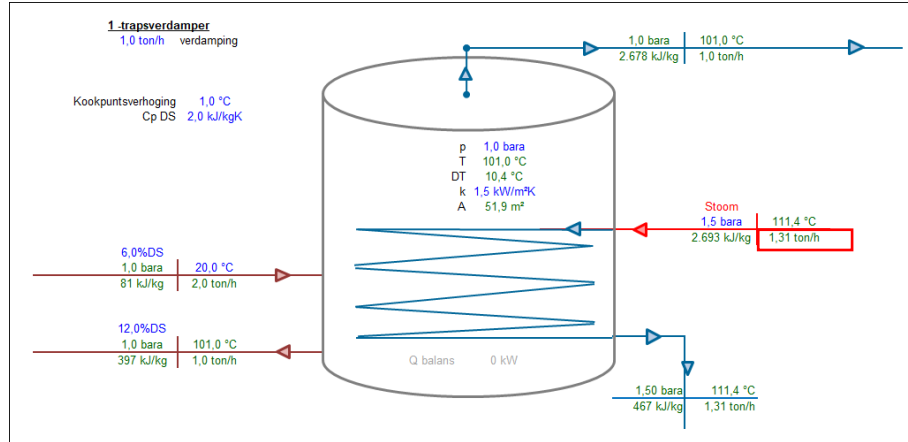
- Warmtepomp op uitgaande stroom proces gekoppeld aan warm water circuit
 → 1 MW aan warmte kan extra op warm water circuit gestoken worden
 → Besparing op stoom + bijkomende besparing op koelwater



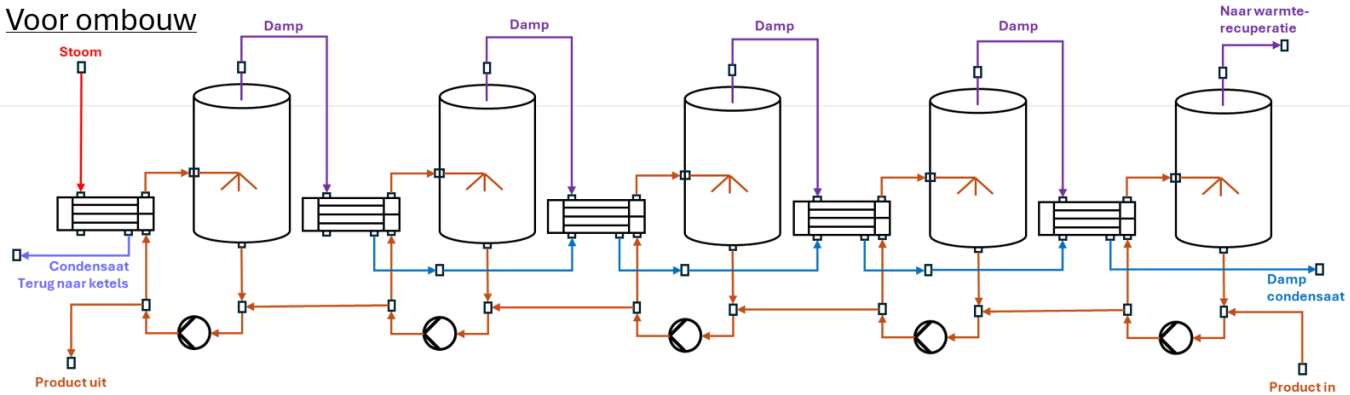
- 3 warmtepompen in serie; systeem COP van 3,1
 → TWT rond 6 jaar; geplaatst in kader van PV verplichting

MVR: open warmtepompsysteem

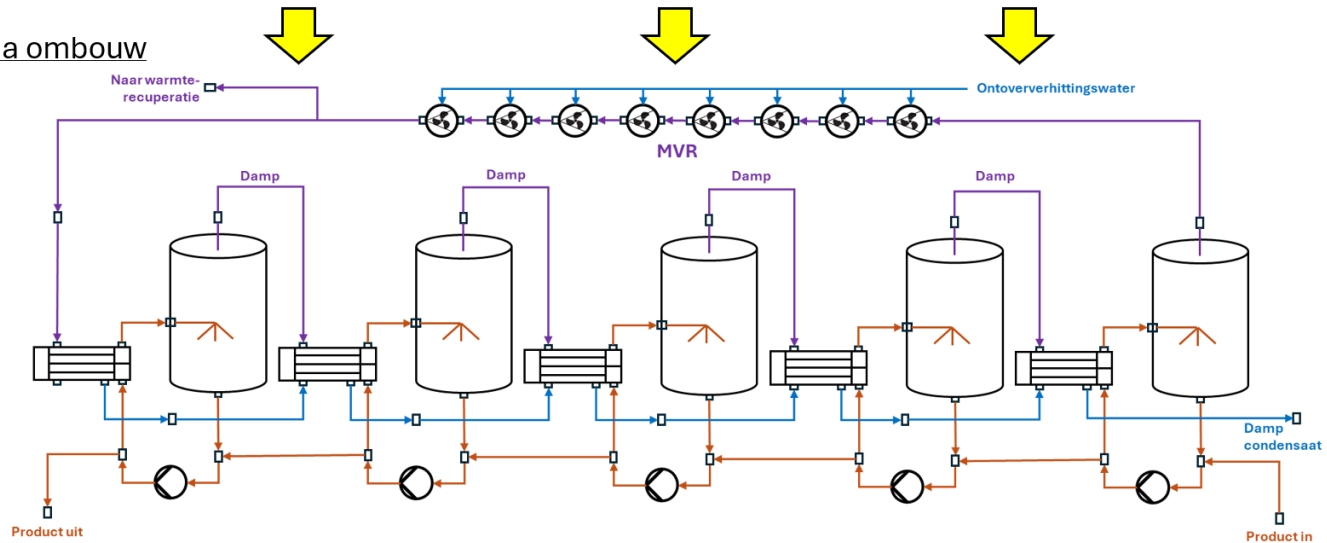
- Mechanical Vapour Recompression/Mechanische Damp Recompressie



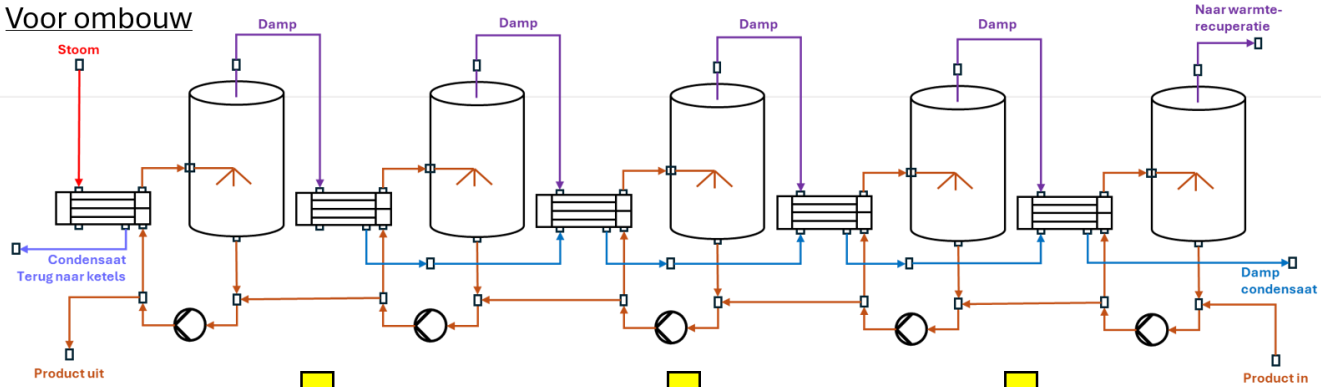
Voor ombouw



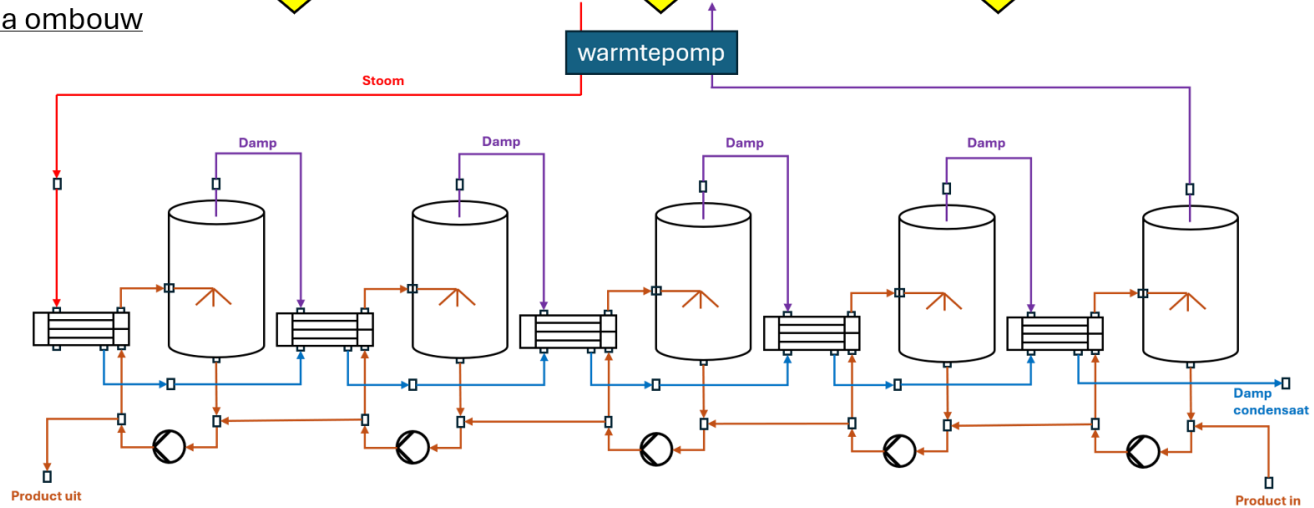
Na ombouw



Voor ombouw



Na ombouw







www.enersangi.com